

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)和我们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。这些塑料制品是怎样制作的呢?

塑料是由从石油中生产出来的合成树脂加入增塑剂、稳定剂、填料等物质形成的,原料为小颗粒状或粉状。将这些小颗粒塑料加热熔化成液体,注入一个具有所需产品形状的空腔中,待塑料冷却后取出,就得到与型腔形状相同的塑料件(简称塑件),这个具有型腔的部件称为模具,因为它专门用于制作塑件,所以通常称为塑料模具。

1.2 注塑模具基本结构

下面通过一个简单的例子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空腔,其中一块金属板挖成盆外形的空腔(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空腔。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。只要把熔融的塑料从这个进料口注入空腔,待塑料冷却后打开,取出塑件就得到塑料盆。



图 1-1 塑料盆

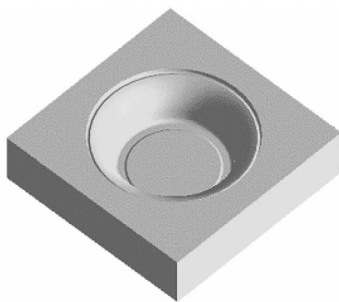


图 1-2 凹模板

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。

制作塑件要考虑的问题是怎样将凹、凸模板安装在注塑机上,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件取出来。

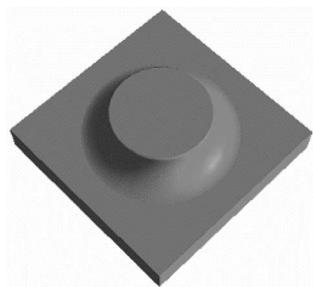


图 1-3 凸模板

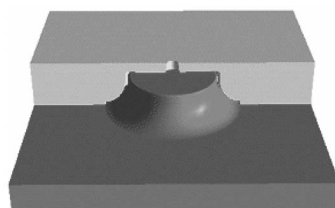
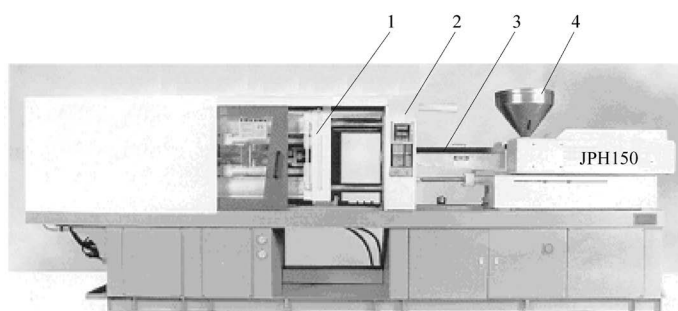


图 1-4 凹、凸合模状态剖面图



1—动模座；2—定模座；3—喷塑枪；4—料斗。

图 1-5 注塑机外形

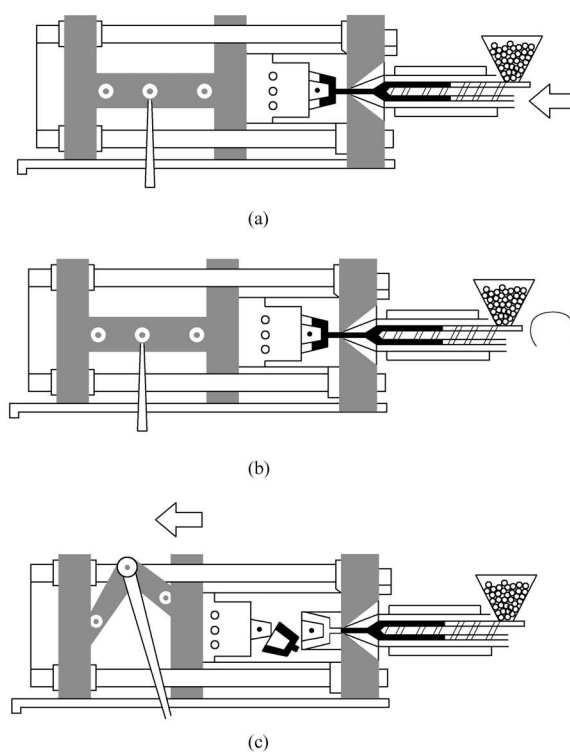


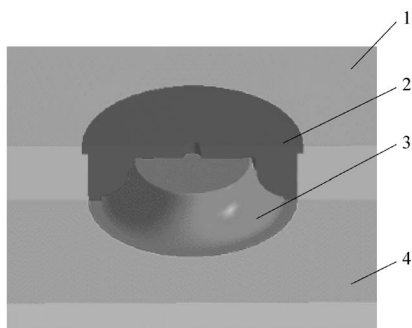
图 1-6 注塑成型过程

(a) 射出；(b) 保压, 冷却；(c) 顶出

模具结构如下。

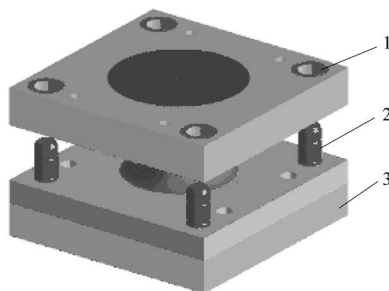
凹、凸模构成零件形状的型腔,因受高温,且与塑件摩擦,所以它的制作材料各方面性能要好,当然价格也高。为降低成本,在保证塑料制品形状大小的前提下凹、凸模板要做得尽可能小,同时分别将凹、凸模固定在较大的、价格低廉的金属板上,见图 1-7。这两块大一点的金属板分别称为凹、凸模固定板。

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



1—凹模固定板；2—凹模；3—凸模；4—凸模固定板。

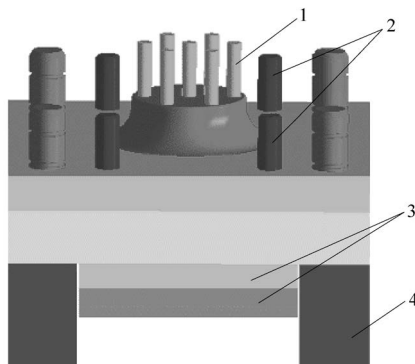
图 1-7 凹、凸模固定装置剖面图



1—导套；2—导柱；3—支承板。

图 1-8 凹、凸模准确合模

另外,由于塑件冷却时会收缩,包紧凸模,所以在凸模的一侧还应设置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,以形成顶出机构的运动空间,以便开模后将塑件顶出模具外;在合模时为了使顶料杆能返回原来的位置,还设置有回程杆,见图 1-9。

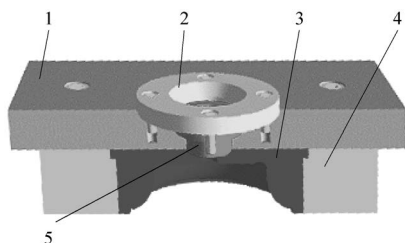


1—顶料杆；2—回程杆；3—顶料杆固定板；4—垫铁。

图 1-9 模具的顶出与回程机构

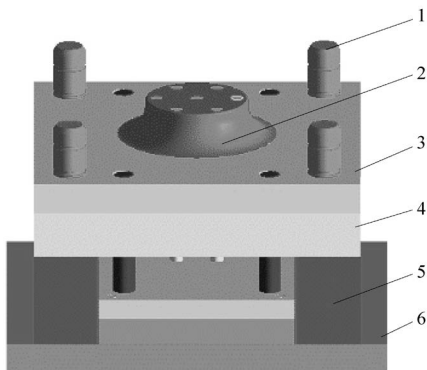
通常以凹、凸模为界,将凹模及其固定板连接在较大的金属板上(俗称定模座板),利用这块金属板将凹模及其固定板安装在注塑机的定模座上。另外,为方便安装模具,使得注塑机喷嘴与主浇套口对准,应在定模座板上安装定位环;又因为进料道与高温塑料和注塑机喷嘴反复接触和碰撞,所以应采用性能较好的材料单独制作一个主浇套,安装在定模座板内,见图 1-10。将凸模及其固定板、顶出机构一起安装在另一块较大的金属板(俗称动模座

板)上,将这块板安装在注塑机的动模座上,见图 1-11。两部分合在一起就形成一套完整的模具,见图 1-12。



1—定模座板; 2—定位环; 3—凹模;
4—凹模固定板; 5—主浇套。

图 1-10 定模



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

图 1-11 动模

为了使读者清楚地理解模具各零部件之间的装配关系,我们分别制作了模具的剖面图(见图 1-13)和爆炸图(见图 1-14)。

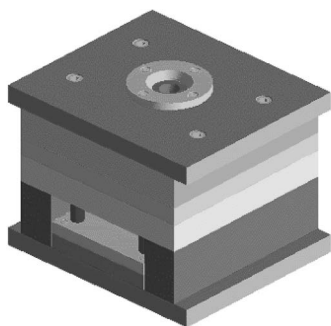


图 1-12 完整的模具

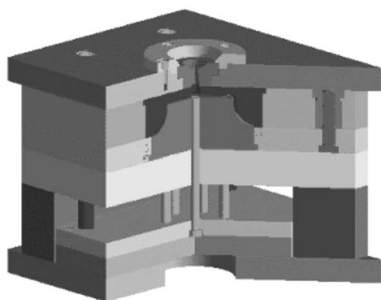
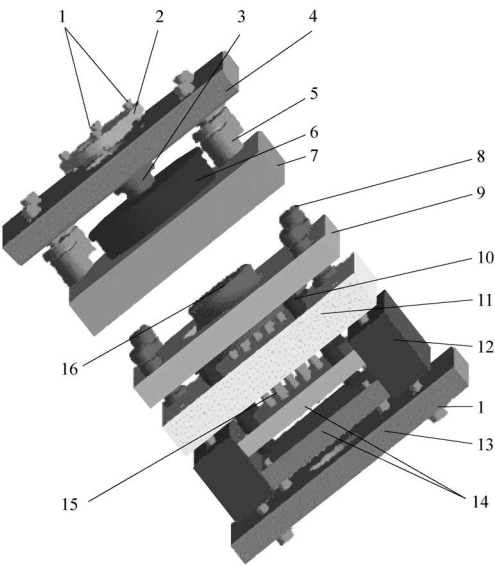


图 1-13 模具剖面图

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。

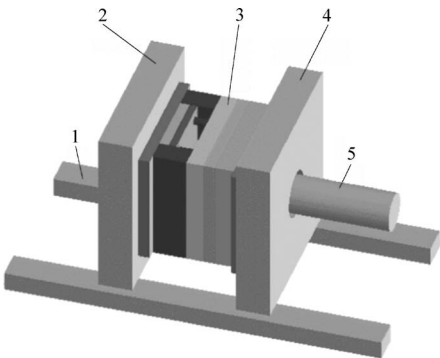
在合模状态下,注塑机将熔融的塑料以一定的压力和速度通过模具进料口注入型腔,保压与冷却一段时间后,注塑机动模座后退打开模具,带动模具的凸模部分(此时塑料件包紧凸模)退至一定位置时,注塑机动模座后面一顶杆往前推进,通过模具动模板上的孔,推动模具顶出机构将塑料件推出,见图 1-16。合模时由凹模板碰撞回程杆而使顶出机构复位。

以上介绍的是简单的注塑模具结构,工业上常用的模具结构复杂得多,但其基本组成相同。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、塑件脱模方式和塑件尺寸大小等因素选择模架类型、尺寸及一些标准配件,但凹、凸模零件要根据塑料产品的形状自行加工制造。



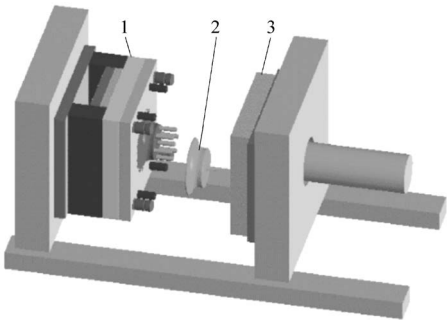
1—螺钉；2—定位环；3—主浇套；4—定模座板；5—导套；6—凹模；7—凹模固定板；8—导柱；9—凸模固定板；10—回程杆；11—支承板；12—垫铁；13—动模座板；14—顶料杆固定板；15—顶料杆；16—凸模。

图 1-14 模具爆炸图



1—注塑机导轨；2—动模座；3—模具；4—定模座；5—注塑机喷枪。

图 1-15 模具在注塑机上合模状态



1—动模；2—塑件；3—定模。

图 1-16 开模并顶出塑件示意图



动画展示

后面章节将详细介绍各种注塑模具的结构、设计方法和步骤,标准模具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。

扫描右侧二维码,可观看深圳一家玩具厂注塑车间的现场生产视频。



生产视频

1.3 塑料模具分类

由于塑料的成型方法不同,塑料成型模具的原理和结构也不同。根据成型方法,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,其基本构成和成型工艺特点前文已经介绍。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,世界上的塑料成型模具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入敞开的模具型腔(加料室)内,然后合模,塑料在热和压力作用下呈熔融状态,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呈流动状态,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。这种模具广泛用于管材、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。

习 题

- 1-1 简述注塑成型模具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上?
- 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 塑料的组成成分及分类

2.1.1 塑料的组成成分

塑料是以高分子合成树脂为主要成分,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黏合在一起。

2. 填充剂

填充剂又称填料,在塑料中起增量和改性的作用。加入填充剂后,不仅能使塑料的成本大大降低,而且还能使其性能得到显著改善。如在酚醛树脂中加入木粉,既改善了脆性,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提高。有的填充剂可以使塑料具有树脂所不具备的性能,如导电性、导磁性等。

填料按其形状分为粉状、纤维状和片状3类。粉状填料有木粉、滑石粉、石墨粉、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,会使塑料分子间的距离增加,从而削弱大分子间的作用力,可以使树脂分子在较低的温度下滑移,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、癸二酸二辛酯和磷酸三苯酯等。

4. 着色剂

着色剂又称色料,主要起装饰作用。在塑料中加入色料,还能改善塑件的耐候性,尤其是提高其抗紫外线能力。如用炭黑着色,能在一定程度上防止光老化。

着色剂包括无机颜料、有机颜料和染料3种。无机颜料(如钛白粉、铬黄、镉红、群青等)是不易溶解的固体有色物质,与被着色物以机械拼合方式结合,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。为使塑料具有特殊的光学性能,可加入珠光色料、荧光色料等。

5. 稳定剂

稳定剂是指能阻缓材料变质的物质,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

为改善塑料熔体的流动性、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
	聚砒	PSU
热固性塑料	酚醛树脂	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

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、管材等产品。

高密度聚乙烯(HDPE)的密度为 0.941~0.965g/cm³,其机械强度、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 $0.915\sim 0.935\text{g}/\text{cm}^3$,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,且其介电性能与频率、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. 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 $0.90\sim 0.91\text{g}/\text{cm}^3$),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,其耐冲击性能也较差。

聚丙烯塑料广泛用于生产食品容器、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产品。它的薄膜产品主要用作包装袋、捆扎带、编织带和绳索等。

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会发出清脆的响声。PS易燃,离开火源后会继续燃烧,有浓烟。

聚苯乙烯的密度为 $1.04\sim 1.09\text{g}/\text{cm}^3$,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 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 。它还具有一般塑料所具有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,但会失去透明性。

聚苯乙烯塑料广泛用于生产家用器皿、玩具、生活和文教用品、家电、轻工仪表的壳体、灯具等产品。发泡型的聚苯乙烯塑料用于制作防震、隔声材料及电冰箱衬里等产品。

4. 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(HPVC)是在聚氯乙烯树脂中加入少量增塑剂、稳定剂等材料后经造粒而成的。它具有高的机械强度和韧性,对水、酸、碱有极强的抵抗能力和稳定性,电气绝缘性能好。主要缺点是热稳定性和耐冲击力差,其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塑料,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。

5. 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,可经受无机酸的腐蚀。

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

6. 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物树脂为微黄色或白色不透明颗粒料,无毒无味。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℃。

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,也可用于生产板材、管材等产品。

7. 丙烯腈-苯乙烯共聚物(AS)

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AS树脂呈现微蓝的透明色,透明度达90%。它是一种质硬而强度高的材料,其机械强度、耐热性、耐油性、耐化学腐蚀性能等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、文教用品等产品,它还经常与ABS树脂掺和使用。

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~+100℃之间。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以提高抗冲击强度。

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)等产品。

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,在紫外线作用下易老化。

聚甲醛塑料广泛用于生产精密齿轮、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。

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(使用温度范围为-100~+140℃);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,耐磨性较差。