

非球面塑料透镜的精密注塑模具设计

柳 鹏 刘明辉 尹清珍
(青岛科技大学机电学院, 青岛 266061)

摘要 介绍非球面塑料透镜制品的精度及其影响因素; 阐述了抑制塑料透镜变形所采用的注射-压缩成型技术的特点、成型过程及其模具设计的要点; 设计了成型该制品的精密注塑模具。此模具拥有液压缸压缩、二次浇口注射, 以及锥面与导柱的二次定位等特点, 能够准确地保证塑料透镜的精度。
关键词 透镜 注射-压缩成型 模具设计 聚甲基丙烯酸甲酯

近年来塑料光学制件以质轻、价廉、成本低等特点在国内外发展很快, 并且迅速扩展到社会生活的各个领域。高精度的非球面塑料光学透镜是照相、摄像仪器中的主要光学元件之一, 它可用光学级塑料注射成型, 其注射周期短、生产效率高、价格低。然而塑料透镜的中心与边缘厚度相差较大, 如果生产时采用一般的注射成型法, 不仅在冷却时会产生收缩, 而且在厚度较大的地方易产生局部收缩。所以塑料透镜的成型方法与玻璃透镜的成型方法有所不同, 须采用精密注塑模具成型, 故对这种模具的设计、制造技术及精密成型技术的要求非常高^[1]。

1 透镜结构及成型工艺分析

1.1 透镜几何形状与精度要求

图 1 为透镜三维造型。表 1 列出对透镜的精度要求。



图 1 透镜三维造型
表 1 对透镜的精度要求

形状精度/ μm	透镜外径/ mm	外径精度/ μm	中心壁厚精度/ μm	折射率误差	透镜边缘厚度/ mm	透镜中心厚度/ mm	偏心/ μm
0.3	10	30	± 30	5×10^{-6}	1.18	1.45	10

1.2 材料性能及其注塑工艺^[2]

透镜材料采用聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA), 这是一种非结晶材料, 其透光率为 92%, 密度为 1.18 g/cm^3 , 比普通硅玻璃小一半左右, 而其力学强度为普通硅玻璃的 50% 以上, 熔点为 253°C , 当此材料受热达到 260°C 以上时则有分解产物, 故加工温度范

围较窄, 必须严格控制加工温度。其注塑工艺条件见表 2。

表 2 PMMA 的注射成型工艺参数

料筒前段温度/ $^\circ\text{C}$	料筒中段温度/ $^\circ\text{C}$	料筒后段温度/ $^\circ\text{C}$	模具温度/ $^\circ\text{C}$
180 ~210	190 ~210	180 ~200	40 ~80

1.3 注射-压缩成型法

为了成型高精度的塑料透镜, 在非球面塑料透镜的模具设计中采用了抑制变形的注射-压缩成型技术。

所谓注射-压缩成型法是一种注射时使模具型腔的体积比其最终体积大, 当填充于模具型腔内的树脂因冷却而产生体积收缩时, 则可根据其收缩量从外部施加一强制的力使模具型腔的尺寸变小, 从而使收缩部分得到补偿的成型方法。此时模具型腔内的压力分布较为均匀, 所以不仅形状精度良好, 而且不会发生局部的残留应变, 以满足光学透镜要求的光学均一性。由于这些优点, 注射-压缩成型被应用于高精度非球面塑料透镜的精密注射成型^[3]。

2 模具整体结构及工作过程

2.1 模具的整体结构设计

注射-压缩成型有全面压缩法和模芯压缩法两种。本设计采用模芯压缩法, 即通过对模芯施加压力使模芯移动, 从而改变型腔的体积。具体的成型方法及模具整体结构设计如图 2 所示。

2.2 模具的工作过程

与普通的注塑模具不同, 采用注射-压缩成型技术的模具, 在注射阶段使型腔体积比其最终体积多出了相当于树脂收缩的量即模具微开量, 这一模具微开量是通过凸模底部与动模板 12 之间的间隙来设定的, 在模具微开的状态下进行熔融树脂的注

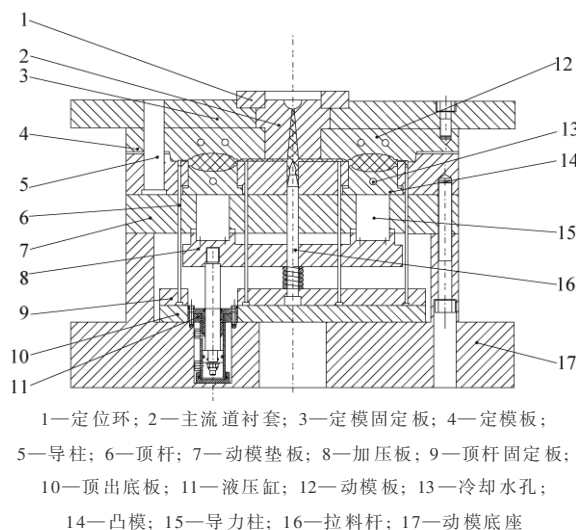
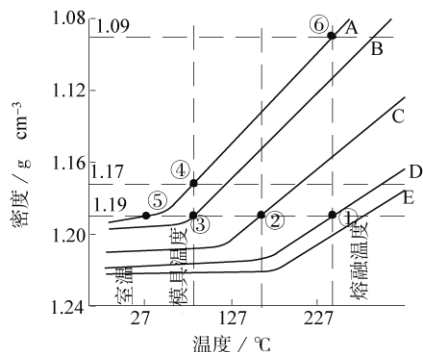


图2 塑料透镜模具结构装配图

射,使树脂充填于型腔内,待浇口封闭后即进入压缩阶段。为了通过增大压力来降低树脂的收缩率并使模具型腔中的树脂被快速压缩至最终体积,在模具设计上采用了用以锁模的液压缸11,即在动模底座上安装4个液压缸,并且采用嵌入式凸模14,以便使凸模能随着液压缸活塞杆移动,浇口封闭后,液压缸施力于加压板8上,加压板推动凸模使之沿纵向移动,从而使型腔体积缩小,并使熔融树脂上下表面附加极大的压力,此时型腔内的压力分布比较均匀,因为整个透镜表面都被施加了相同的压力,所以成型的透镜不仅形状精度良好,而且不会产生局部的残留应变。在冷却阶段,由于树脂温度降低,需要施加于透镜表面的压力渐减。因此必须对树脂的温度(T)-压力(P)-密度(ρ)的关系进行程式控制,使树脂冷却凝固。

图3为PMMA的 $T-P-\rho$ 关系曲线。从图3可以看出,PMMA在235℃时可以在很小的压力下注射到90℃的模具中,塑化状态树脂的密度为 1.09 g/cm^3 ,而冷却至模具温度时树脂的密度为 1.17 g/cm^3 ,其成型收缩率为3%。因为成型收缩率较大,所以不能满足塑料透镜的精度要求,而如果采用注射-压缩成型法,在浇口封闭后即通过设置在模具中的4个液压缸对型腔进行快速压缩,使得施加于树脂表面的压力沿⑥→①的路径瞬间增至168 MPa,然后在树脂温度由235℃降低到90℃的区间内使压力按照①→②→③的路径逐渐降低到34 MPa;当树脂温度降低到90℃时打开模具,此时模具型腔的压力沿着③→④的路径降低到大气压,透镜再次膨胀,但随着透镜的进一步冷却,树脂沿着④→

⑤的路径产生收缩,其密度的变化从 1.17 g/cm^3 增至 1.19 g/cm^3 ,从而降低了成型收缩率,成型出质量符合要求的PMMA透镜。



A—压力为0 MPa时温度与密度的关系曲线;
B—压力为34 MPa时温度与密度的关系曲线;
C—压力为100 MPa时温度与密度的关系曲线;
D—压力为168 MPa时温度与密度的关系曲线;
E—压力为200 MPa时温度与密度的关系曲线
①、②、③、④、⑤、⑥分别为在不同压力下PMMA的温度与密度的对应值

图3 PMMA的 $T-P-\rho$ 关系曲线

3 模具结构设计

3.1 液压缸结构设计

(1) 液压缸压力计算

本模具为一模八腔,施加于PMMA表面的最大压力为168 MPa,所以液压缸的最小锁模力为:

$$F_{\min} = 168 \times 62.8 \times 10^{-6} = 10.6\text{ kN}$$

取活塞杆材料为45#钢,其许用压应力为460 ~ 610 MPa,所以活塞杆最小截面积为:

$$A_{\min} = \frac{F_{\min}}{\sigma_b} = 2.1 \times 10^{-5}$$

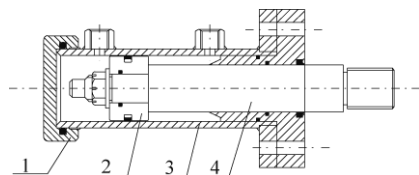
式中: $A_{\min}$ ——最小截面积, m^2 ;

σ_b ——45#钢的许用压应力,取500 MPa。

取其安全系数为3,所以活塞杆的直径取15 mm。

(2) 液压缸结构

液压缸结构如图4所示。



1—缸盖;2—活塞;3—缸体;4—活塞杆

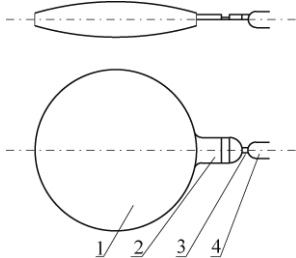
图4 液压缸结构

3.2 模具浇口设计

为了保证塑料透镜的质量,在模具设计中采取

了一系列提高透镜精度的措施, 主要有列两种:

(1) 在设计中采用了二次浇口, 其结构示意图见图 5。由图 5 可见, 第一浇口 3 较短, 截面积很小, 它连接流道 4 和第二浇口 2。而第二浇口 2 较长、较薄, 截面积相对较大, 在其中部有一狭窄的“卡口”。当熔料通过第一浇口 3 时, 由于截面积突然减小, 熔料流速加快, 从而产生了很大的剪切力, 使熔料进一步加热混炼, 经由第一浇口的熔料在第二浇口中得到扩张、减速, 最后以层流状进入型腔, 致使型腔内熔料的分子取向被大大减弱, 使得透镜制品的质量得到很大改善。



1—型腔; 2—第二浇口; 3—第一浇口; 4—流道

图 5 二次浇口结构示意图

(2) 锥面与导柱的二次准确定位

注塑透镜因精度及同心度要求较高, 成型时往

往有很大的侧向力作用。如果这种侧向力传递到导柱上, 很容易使导柱弯曲变形, 并引起模具中的成型零部件发生偏移, 甚至还会导致导柱被卡死损坏。因此设计中采用锥面定位机构, 并用它来承受成型时的侧向力^[4]。

4 结语

非球面透镜精密注塑模具是一项集光学、精密机械为一体的模具技术。成型塑料透镜所采用的注射-压缩成型技术能很好地抑制成型过程中局部收缩的发生, 提高了透镜的光学均一性和形状精度。

该模具经过三维模拟, 模具运行灵活、可靠, 浇注系统、温控系统、脱模机构使用效果良好, 透镜精度达到了设计要求, 外表面光洁, 用户认为此结构完全符合使用要求。

参考文献

[1] 辛金明. 光学塑料非球面制造技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
[2] 华山. 塑料注塑技术与实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
[3] 日裕井雅言, 矢野宏. 塑胶精密模具及成型[M]. 陈介聪, 译. 台南: 复汉出版社, 1978.
[4] 奚永生. 精密注塑模具设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.

DESIGN OF PLASTIC ASPHERIC LENS' PRECIES INJECTION MOULD

Liu Peng, Liu Minghui, Yin Qingzhen

(College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

ABSTRACT The product precision and its influence factors of the plastic aspheric lens were introduced. The characterteristic, molding process of injection-compression molding and the key points of mould design were described. The precies injection mold was designed. The mold employed fluidcylinder, secondary gate, secondary locating with pyramidal face and guide pillars, which ensured the precision of the plastic aspheric lens.

KEYWORDS lens, injection-compress molding technology, mold design, poly(methyl methacrylate)

欢迎查询有关广告

对于在我刊登的所有广告, 如读者需要查询更详细的资料或了解情况, 请填好《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料, 以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品, 我社将帮助您联系, 以保证产品质量, 争取优惠价格。欢迎各单位在我刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡

No. _____

读者姓名 _____ 单位 _____

通讯地址 _____ 电话 _____ 邮政编码 _____

欲获得《工程塑料应用》 _____ 年第 _____ 期第 _____ 页 _____

广告中有关 _____ 的详细资料。

如空位不够, 请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社

邮政编码: 250031