

塑料非球面透镜注射工艺的研究

徐德衍* 王书泽* 马文生 韩荣久

(应用光学国家重点实验室)

摘要: 介绍了非球面塑料透镜注射工艺的有关问题。其中包括: 模具型芯材料、成形机床及测量, 以及注射工艺中的若干技术问题。生产实践已证明, 铜材料型芯寿命已突破几千次的传统结论而达十万次。

一、前 言

关于非抛光成型非球面镜技术的主要途径及相关问题已做过叙述^[1]。其中塑料非球面注射模压成型是一项主要技术途径, 我们选择了这一途径, 对非抛光成型球面镜、非球面镜做了若干探讨。

二、超精密加工与型芯成型

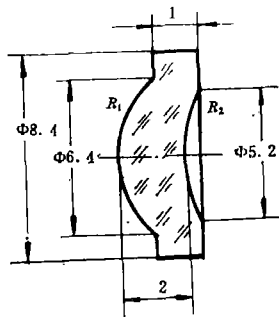
光学加工与机械超精密加工是取得塑料光学零件注塑模具型芯的两种主要方法。超精密加工目前国内仍只能加工非铁系金属材料, 而前者可加工钢材。

机械超精密加工常用手段为金刚石车削, 其常用材料有: 普通黄铜H59、H62、磷青铜及某些铝材等。这些材料除加工性能好外, 主要还要满足材质纯净均匀, 无非金属或其它金属杂质, 致密性要好, 无气孔或极少有气孔。

超精密加工所用的MSG-325双轴数控机床具有很高的精度, 其气浮主轴转速每分钟(100~3000)转, 径向跳动量为(0.03~0.1) μm , 轴向跳动量为(0.01~0.05) μm , 气浮式的纵横导轨平直度约为(0.025~0.5) $\mu\text{m}/200\text{mm}$, 位移灵敏度约为0.013 μm , 最小进给量约为(0.5~1) $\mu\text{m}/\text{r}$; 最小切入深度约为0.025 μm , 金刚石车刀锋利性小于0.1 μm , 加工一般铝、铜型芯材料面形精度可达(0.1~0.2) μm , 表面粗糙度 R_a 可达(0.008~0.01) μm 。

用这种机床加工的球面型芯所制得的透镜如图1所示, 后来 R_1 改为椭球面其非球面方程为

$$\frac{z^2}{a^2} + \frac{x^2 + y^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$



1 塑料球面/非球面透镜参数

注: *中国科学院上海光机所

其中：椭球长半轴（沿z轴） $a = 6.61889$

椭球短半轴（垂直z轴） $b = 6.22923$

椭球焦距之半（焦半径） $c = \sqrt{a^2 - b^2} = 2.09308$

椭球的偏心率 $\epsilon = c/a = 0.316228$

球面透镜型芯材料为黄铜H62；非球面透镜型芯材料分别为磷青铜、铍青铜、H62及H62铜为基底镀镍磷合金。

原图纸要求型芯两面面形误差均为 $0.3\mu\text{m}$ ，粗糙度均为 $R_a 0.025\mu\text{m}$ 。经超精密加工得到的型芯面形精度两面分别为 $0.155\mu\text{m}$ 与 $0.070\mu\text{m}$ ，粗糙度分别为 $R_a 0.010\mu\text{m}$ 与 $0.008\mu\text{m}$ ；现将其中之一检查结果示于图 2。

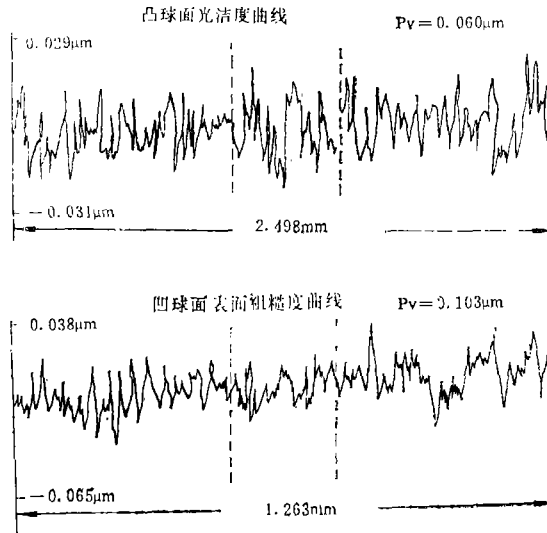


图 2 H62型芯的表面粗糙度曲线

由实践可以看出，超精密加工型芯的优点在于：（1）型芯面形精度比较一致，这在一模多腔注塑情况下非常有利和重要。在我们加工中，几对型芯面形精度仅相差 $0.07\mu\text{m}$ ，这是单件手修钢材型芯无法比拟的；（2）经超精密加工后的型芯可直接装模注塑，十分简便；（3）型芯加工速度快，在短时间即可获得型芯，这比手修光学抛光快得多。

按上述图纸要求用超精密加工的型芯，已在照相机厂注射生产达十万次以上，突破了过去认为软金属型芯仅有几千模注射寿命的传统结论。采用后为该厂降低成本，提高劳动生产率，这一技术路线，起到了重要作用。

三、注射工艺中的几个技术问题

实验及生产所用的注射机是日本住友重机械工业株式会社生产的射出成型机（NETS-TAL），所用光学塑料是日本进口的聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）。

PMMA是国内目前广泛使用的光学塑料，其折射率为1.491，透光率92%。PMMA属于热塑性塑料，具有受热软化和外力作用下流动的特性，当冷却后又能转变成固态并使原来性能不发生变化。目前，国内大庆石化总公司、锦西化工厂，上海珊瑚化工厂等都有PMMA产品。

注射过程，包括加料、塑化、注射入模、稳压冷却及脱模等几个步骤。关键在于料的烘干、温度控制（料筒各段温度控制、模具温度控制及制品退火温度控制）和压力控制（注射压力和保压压力控制）等。

1. 烘料

为防止塑料成型件表面及内部缺陷，原料必须进行适当的干燥。干燥过程是水汽的排除过程，干燥温度一般为 $(80\sim 90)^{\circ}\text{C}$ ，原则上，只要不出现熔结或分解变色倾向，控制温度偏高为宜，所以，有时温度达到 $(95\sim 100)^{\circ}\text{C}$ 。

2. 温度控制

塑料热成型是这样一个过程：通过热和力的作用，让已烘干的塑料从室温的玻璃态，经历高弹态转变为粘流态，压注入具有一定形状的封闭模腔，然后逐渐冷却，从粘流态经高弹态转回玻璃态，并得到与模腔形状一致的制品。

PMMA玻璃软化温度 105°C ，熔点为 180°C ，加工温度范围为 $240\sim 245^{\circ}\text{C}$ 。注塑过程中，塑料温度变化情况如图3所示：从1→2塑料进入高温料筒，受热后熔化温度上升；从2→3塑料全部熔化，温度保持不变；从3→4塑料在高压下高速射入模腔强烈的摩擦和剪切造成更高的温度；4→5注射完毕，冷却定型，然后脱模。

所谓温度控制，就是料筒炉温如何控制的问题，这要视实际生产情况多次试验调试决定。

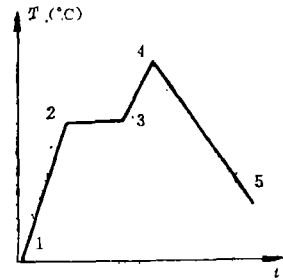


图3 注塑过程塑料的温度变化

3. 压力控制

注射压力的高低，保压时间的长短，均影响制件的质量。注射压力过低，塑料进入型腔缓慢，使塑料流动通道在很短时间变得狭窄，削弱了进入模腔的压力，结果制件表面出现波纹、缺料、气泡；若注射压力过高，在浇口附近，以湍流形式进入而发生自由喷射，夹带空气进入制件使得其表面呈云雾状的缺陷。不过，实践告诉我们，用PMMA注射光学元件，注射压力偏高，这样使得型腔内熔融体在完全冷凝前始终获得充分的压力和质量补充，既压紧塑料又使从不同方向先后充满型腔的塑料熔成一体，进而能够达到接近横断面形和粗糙度。当然，制件密度主要取决于封闭浇口时的压力，即控制保压压力。

4. 模具温度控制

模温直接影响塑料的充模和制件的定型。模温过低，熔融塑慢，料在模内流动阻力大、流速慢，甚至半途凝固，产品难以丰满；模温过高，制件在模内冷却以致完全固化的时间相对增长，延长启模时间。对于PMMA，我们工作时的模温控制在 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

上述要求和过程，在调机试车时所用的时间较长，当成型的制件质量符合要求后，在住友株式会社的NETSTAL射出成型机上，制件两模之间的相隔时间不到10秒钟。

四、影响制件质量的其它因素

成型件的质量除取决于型芯质量、注射过程一些因素外，实践告诉我们，能否取得一模四腔均为良好的制件，还与操作工人的技术水平、精心程度、责任感，以及操作环境等因素有直接关系。

例如,在试车中一组新的型芯装入模体并装在模架上后,连续数昼夜可能注射不出良好质量的制品,偶然的条件却能注射出四腔中一只或两只符合要求的制品。检验结果,四只镜片厚度之间相差(0.2~0.4)mm,鉴别率相差5~10组。从某种意义上讲,出现这类问题不在于注射机性能如何或型芯面形质量如何,而在于操作人员的高度责任感和精心的工作态度。经过反复调试和仔细的检测后,即可得到一模四腔的良好制品。

五、结 语

塑料非球面注射工艺的探讨仍在进行之中,本文只是其中的一部分。对制品质量的检验与评定,对型芯寿命的考证与研究均有待叙述。不过,通过前阶段对工艺方面的研究,对超精细加工非球面型芯/球面型芯注射成型光学透镜技术已有了初步掌握与了解,对注射成型中、低档塑料非球面透镜技术已有了一定的把握。然而,对于高档的、微型的大相对孔径塑料非球面透镜的取得,仍须做大量的、深入的研究工作,而这正是我们追求的最终目标。

参 考 文 献

- [1] 徐德衍、马文生;应用光学国家重点实验室年报,1990,49—57

Study of Injection Technology on Plastic Aspheric Lens

Xu Deyan, Wang Shuze and Ma Wensheng

Abstract

The technology of injection of making plastic spheric/aspheric lens, as well as some key problems, is presented in this paper. It is proved in practical produce that the service life of copper core have come up to 100 thousand times.