

高精度非球面光学塑料透镜注射成型 模具的CAD/CAE/CAM

勾治践

(吉林工学院化学工程系 长春 130012)

吴清文 卢 铿

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 讨论了高精度非球面光学塑料透镜的注射成型模具设计与制造的两种技术途径,并重点阐述了计算机辅助设计、计算机辅助分析和计算机辅助集成设计制造技术。

关键词 光学塑料透镜 注射成型模具 CAD/CAE/CAM

1 引言

高精度非球面光学塑料透镜是照相、摄像仪器中的主要光学元件之一,用光学塑料注射成型,一模可成型多个透镜,其注射周期短,生产效率高,价格只有玻璃的十分之一左右^[1]。

随着光学塑料材料的发展和光学塑料零件的成型工艺、成形设备、检测和镀模等相关技术的发展,目前世界各国许多公司和厂校都在从事光学塑料元件的开发与应用的研究。美国休斯公司采用塑料元件制作有线制导弹的反射镜;法国用光学塑料制成望远镜,并用光学塑料制成防原子、防化学、防生物、防激光致盲和防霜冻的潜望镜;日本采用光学塑料制成摄像机、电视机镜头和用于袖珍激光唱盘的拾音非球面镜头;原机械部杭州照相机械研究所采用光学塑料制成“135”小型照相机和7倍望远镜的混合物镜^[2]。与国外技术发达国家相比,我国在高精度非球面光学塑料透镜的开发与应用方面比较落后,开展高精度非球面光学塑料透镜注射模具设计、制造及透镜成型技术的研究无疑是非常重要的。

非球面光学塑料透镜的设计计算与非球面玻璃透镜的设计计算基本一样,但塑料透镜的成型方法有所不同,它要依靠金属模具,对模具的设计制造技术和塑料成型技术要求相当高,

如何批量生产高精度、高质量的非球面光学塑料透镜是我国当前乃至 21 世纪光学行业所必须要解决的问题之一。

2 注射成型光学塑料透镜应满足的要求

2.1 透镜的材料选择

光学塑料是光学零件三大基本材料(玻璃、晶体、塑料)之一,也是我国近年来大力推广应用的一种新型材料。塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料两种,热塑性光学塑料注射成型方便,有透光率好、耐冲击强度高优点。常用的有 PMMA、PS、PC 等,其中聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA),它有优良的光学性能,可以与光学玻璃媲美,其透光率为 90%,加速老化 24 小时后的透光率仍达 90%,在室外十年后仅降至 87%,其折射率为 1.492。镀增透膜后的透光率可达 96%。PMMA 的注射成型温度范围较宽,为 180- 250 ,用悬浮聚合法生产的 PMMA 适合于注射成型。

2.2 透镜的性能要求

为了保证光学头寻道快速准确,物镜质量应小于 0.05g;为达到光盘存储的高精度、高密度,聚焦光斑应控制在微米级内,因此物镜要有足够大的数值孔径($NA > 0.50$);为避免光斑对称性对信息读写质量的影响,光头物镜的波像差应小于 $0.05\lambda_{RMS}$,像差应小于 $0.03\lambda_{RMS}$;为满足光头物镜的光学性能要求,应尽量避免或减小透镜内部的应力分布不均,同时还要保证透镜内部致密程度均匀、无汽泡、无缩痕等。

3 塑料注射模具的 CAD/CAE/CAM

3.1 模具计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)

传统塑料注射模具设计制造的一般流程如图 1 所示。从图 1 可以看出,模具的设计与加工均根据图纸而定,而透镜的参数(如收缩率等)只能依靠有限原始资料和一些经验统计数据而定,其准确性无法保证,这势必影响到模具图样精度和模具加工精度。

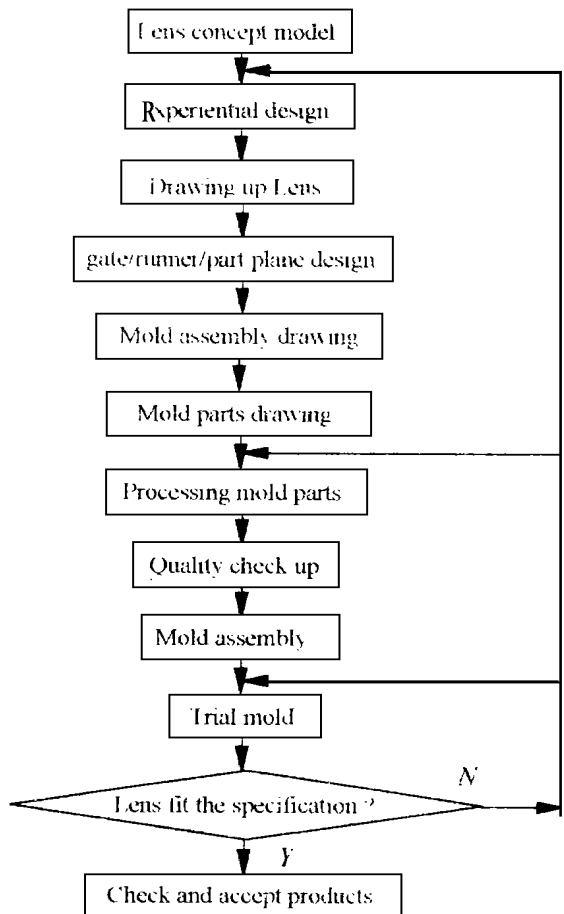


Fig 1 The flow chart of design and process for injection mold

图 2 给出了注射成型模具 CAD/CAE/CAM 系统的流程。模具制作模式是先从产品零件图到二维模具的工程图, 然后根据模具工程图组织生产和加工, 最后组装成合格的模具。用美国 EDS 公司的 UG II CAD/CDM 系统, 把二维的透视镜零件图纸转变成工作站上的三维模型, 通过透镜的三维模型把构成模具的各个零件设计出来, 并进行模型装配, 同时对所设计的模具模型进行相关参数的检验。对需要数控加工的零部件(型芯, 型腔, 浇注系统, 合模导向对中楔块等)进行数控仿真, 直接编制出数控机床的 NC 代码, 该代码可以直接传给高精度数控加工机床将模具零件加工出来, 最后将所需零部件组装成透镜注射成型模具。

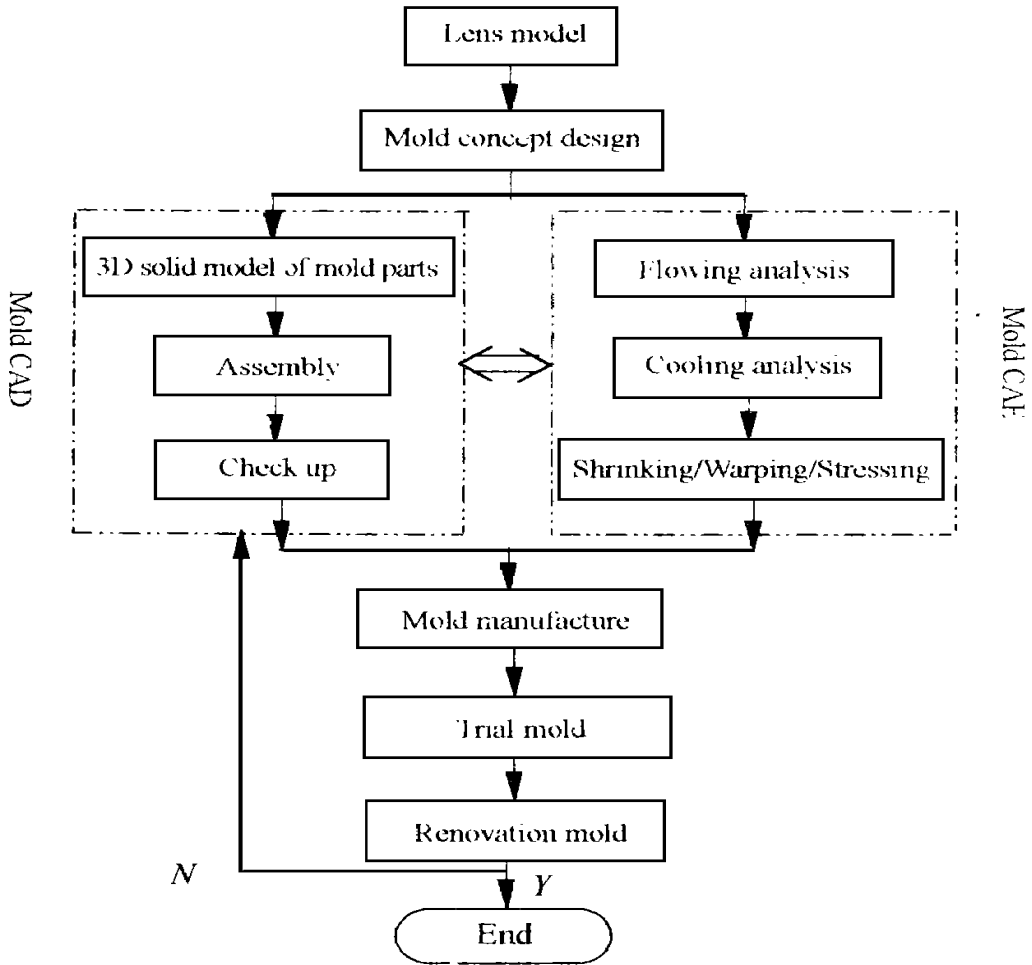


Fig 2 The flow chart of CAD/CAE/CAM for injection mold

通过塑料注射模具的 CAD, 可以直观地体现出模具的设计思想, 便捷、合理地调整模具结构, 这在模具设计初期进行多种设计方案的比较尤为重要。通过开、合模运动动态仿真, 可以检验模具分型面、开合模机构的设计合理性及注射产品脱模的可能性。计算机辅助设计的模具浇注系统、型腔布局、冷却系统等设计为 MOLDFLOW 的流动分析计算提供结构素材。

3.2 模具计算机辅助工程分析(CAE)

3.2.1 流动分析

为了实现光学塑料透镜的批量生产, 模具浇注系统采用一模多腔的模具设计加工技术。在多腔模中, 分流道的布置有平衡式和非平衡式两类, 为了获得高精度光学塑料透镜, 需保证各个型腔均衡地进料, 这对非平衡式布局方式来说, 控制难度大, 本设计中采用平衡式。图 3 是一模 32 腔的浇注系统布置图。

MOLDFLOW 的流动分析模块可以对熔料在浇注系统和型腔中的流动进行分析计算。为了保证一模各腔透镜质量的一致性, 必须使各型腔的压力损失相等、型腔的注射压力一致, 也就是说各个型腔的流道长度、截面积和浇口尺寸要严格一致。通过流动分析, 实现浇注系统的最小耗材、平衡流动。

在模具浇注系统设计中, 浇口的设计是关键的技术问题之一。在注射过程中, 注射保压阶段一直要延续到浇口固化为止; 一方面, 小浇口可以控制或缩短补料时间, 降低透镜内应力; 另一方面, 塑料熔体在经浇口快速注入型腔时, 易产生分子取向, 从而在透镜内, 特别是在浇口附近产生较大的内应力及形成双折射现象。通过采用 MOLDFLOW 的流动模块分析, 最后确定出浇口的最佳位置及尺寸大小, 从而确保透镜的内部质量。

采用 MOLDFLOW 的流动分析软件, 预测出注射压力、锁模力和熔料在充模过程中的流动模式(流速、温度、压力、剪切应力和分子取向)等, 这些结果同冷却分析结果将反过来指导 CAD 模具设计, 从而提高一次试模的成功率。

3.2.2 冷却分析

采用 MOLDFLOW 的冷却分析模块对模具的冷却系统进行分析, 旨在实现成型透镜在模具中的适时冷却、均衡冷却, 这对缩短注射成型的冷却周期, 提高透镜的生产率并减少废品率等无疑具有非常重要的意义。

用 MOLDFLOW 的冷却分析软件对模具的冷却系统进行分析, 能对模具设计中的以下几个问题作出判断:

- (1) 确定模具所需冷却水道尺寸、数量及分布。
- (2) 预知模具随冷却时间变化的温度场分布状态, 指出最高温度和最低温度的数值在模具中的位置及不同时刻透镜内外表面的温度。
- (3) 改变冷却水道几何尺寸、位置、数量及注射温度、模具温度、冷却介质温度等参数, 预知最佳冷却时间。
- (4) 预知最佳注射温度、注射压力、注射时间、模具温度、生产周期等工艺参数。

3.2.3 收缩/翘曲/应力分析

由于 PMMA 的收缩率较大(1.5~1.8%), 注射工艺条件(注射速率、冷却时间)和浇口(开设部位、尺寸大小)直接关系到注射产品是否能均匀地收缩。浇口尺寸过小、注射速率过大, 熔料将在浇口附近易产生定向流动, 浇口附近的熔料冷却收缩较大, 这将使透镜产生翘曲变形; 另外, 模具的冷却不均也将产生透镜的翘曲变形。通过采用 MOLDFLOW 的收缩/翘曲应

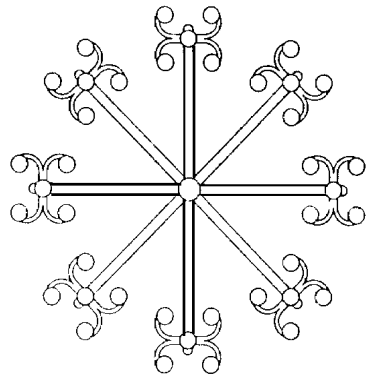


Fig. 3 Runner system design

力分析模块分析,合理地确定出模具型腔、型芯的工作尺寸及公差,并针对不同的注射工艺条件和浇口开设部位及尺寸,预知成型后的透镜翘曲变形模式及变形大小,确保透镜尺寸精度满足使用要求。

4 结 束 语

在高精度非球面光学塑料透镜注射成型模具的设计中,采用计算机辅助设计、分析与制造(CAD/CAE/CAM)技术,可使高精度模具设计制造的成功率大大提高。

采用MOLDFLOW 软件对塑料透镜注射成型模具CAE,可合理地选择出注射工艺条件,准确地预测出透镜产品的质量。

采用UG II 软件对塑料透镜注射成型模具的CAD/CAM,可直观、快捷地体现出模具设计思想,迅速、合理地调整模具结构,准确、高效地进行模具制造。

参 考 文 献

- 1 郑武城等编著. 光学塑料及应用. 北京: 地质出版社, 1993. 156~ 165
- 2 扬相利. 中等精度光学透镜的批量生产技术. 光学技术, 1998, (3): 86~ 87
- 3 辛企明. 改善塑料光学零件成型质量的几个问题. 光学技术, 1998, (3): 82~ 85
- 4 郑武成. 光学塑料及其注射成型工艺的新进展. 光学技术, 1998, (3): 72~ 73
- 5 李建心. 注射模冷却系统的CAE技术应用. 计算机辅助设计与制造, 1997, (8): 20~ 22

CAD/CAE/CAM of Injection Mold for Optical Plastics Lens

GOU Zhi-Jian

(Dept. Chemical Engineering Jilin Institute Technology, Changchun 130012)

WU Qing-Wen, LU E

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

Two design ways of injection mold for a spherical surface optical plastics lens are discussed. The process of Computer Aided Design, Computer Aided Engineering Analysis and Computer Aided Manufacturing are described emphatically.

Key words: Optical plastic lens, Injection mold CAD/CAE/CAM

勾治践 男 1958年12月生, 1982年毕业于吉林工学院机械系并取得学士学位; 1982~ 1991年在吉林工学院化工系高分子加工教研室任教; 1994年3月毕业于吉林工业大学机械工程系并取得硕士学位; 1997年12月毕业于吉林工业大学机械工程系并取得博士学位; 现在中科院长春光机所光学中心CAD/CAE/CAM室从事博士后研究。主要研究方向是机械加工系统动力学和塑料成型模具设计CAD/CAE/CAM。在《计量学报》《振动工程学报》等学术期刊上发表论文20余篇。