

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.08.014

基于 MPI 的雾灯盖板高光成型参数优化

黄可, 邹华杰, 刘江, 王永
(常州机电职业技术学院, 江苏常州 213164)

摘要: 对某型号轿车雾灯盖板结构进行分析, 全流程跟踪了主要高光外观面 F1 的成型过程, 选取面上固定点 A 为考察点。利用 CAD Doctor 2016 软件对三维实体进行了细小特征移除, 提高了网格匹配率, 修复了网格缺陷。选取对冻结层影响较大的因素, 即熔体温度、模具表面温度、浇口长度为研究对象, 构建 3 因素 3 水平正交试验, 利用 Moldflow 2018 模流分析软件得到不同参数组合下的冻结层因子, 并经极差分析, 得出在最优参数组合即熔体温度 270℃、模具表面温度 100℃、浇口长度 4 mm 条件下, A 点处的冻结层因子最小, 为 0.1。进一步通过注塑试验验证, 表明在最优参数组合下所得雾灯盖板表面光洁, 无色差、银丝、熔接线等注塑缺陷。

关键词: 高光成型; 冻结层因子; 熔体温度; 模具表面温度; 模流分析; 正交试验

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)08-0077-05

Optimization of High Gloss Forming Parameters of Fog Lamp Cover Plate based on MPI

Huang Ke, Zou Huajie, Liu Jiang, Wang Yong
(Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract : The structure of fog lamp cover of a certain car was analyzed, and the forming process of F1, the main specular surface, was tracked through the whole process. The fixed point A on the surface, was selected as the investigation point. CAD Doctor 2016 software was used to remove the small features of 3D entities, improve the mesh matching rate and repair mesh defects. The factors that have the greatest influence on the condensing layer, such as melt temperature, mold surface temperature and gate length, were selected as the research objects. Moldflow 2018 analysis software was used to construct the three-factor, three-level orthogonal experiment. After range analysis, it was concluded that the freezing layer factor at point A was the smallest, which was 0.1, under the optimal parameter combination, namely melt temperature 270 °C, mold surface temperature 100 °C and gate length 4 mm. It was further verified by injection test that under the optimal parameter combination, the surface of fog lamp cover plate was smooth and clean, no color difference, silver wire, weld line and other injection defects.

Keywords : high gloss molding ; freezing layer factor ; melt temperature ; mold surface temperature ; moldflow analysis ; orthogonal test

高光注塑成型工艺可彻底解决塑件产品表面缩水现象, 消除制品表面银丝纹、波纹及熔接线。制品成型后不需要进行后续的喷涂加工, 可有效降低成本, 缩短交货时间。

利用 MPI 模流分析软件模拟制品成型过程可优化工艺参数, 减少成型缺陷^[1-2]。雷继梅等^[3-5]对制品高光注塑成型工艺参数及模具进行了研究。上

述研究集中在翘曲量、收缩量等方面, 很少提及冻结层因子 (冻结层即冷凝层, 冻结层因子指冻结层厚度占整个厚度的百分比) 对制品表面质量的影响, 不能解决高光成型的关键问题。笔者以某型号轿车雾灯盖板为例, 选取主要表面上某点为研究对象, 通过对比不同工艺参数对该点冻结层因子的影响, 获得冻结因子最小的工艺参数, 最后进行了试验验证。

基金项目: 2020 年江苏省大学生创新创业训练计划项目, 江苏高校“青蓝工程”项目 (2019031500), 2019 年中国特色高水平高职学校建设项目, 常州机电职业技术学院校级课题 (2020-zdkj-01)

通讯作者: 黄可, 高级技师, 主要研究方向为模具数控加工 E-mail: 244193480@qq.com

收稿日期: 2020-05-16

引用格式: 黄可, 邹华杰, 刘江, 等. 基于 MPI 的雾灯盖板高光成型参数优化 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(8):77-81.

Huang Ke, Zou Huajie, Liu Jiang, et al. Optimization of high gloss forming parameters of fog lamp cover plate based on MPI[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(8):77-81.

1 问题提出

1.1 雾灯盖板模型

图1为型号轿车雾灯盖板外观及尺寸。该塑件外形尺寸为395 mm×230 mm×170 mm,平均壁厚为1.5 mm,生产批次量为50万只。塑件选用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)材质,线性膨胀系数为 $(6.0 \sim 9.3) \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$,成型收缩率为0.4%~0.7%。在NX1851软件中,测得塑件表面积为69 846 mm²;质量为328 g(取ABS密度为1.07 g/cm³);体积为99 816 mm³。

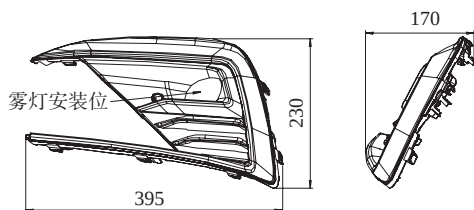


图1 雾灯盖板模型外观及尺寸

1.2 难成型主要特征分析

对制品结构进行分析,主要难加工特征为高光成型面、卡钩特征、卡槽特征等。图2为主要难加工特征部位,T1和T4为卡钩特征;T2为卡槽特征;T3为圆形卡钩特征;F1为主要高光外观面;F2为雾灯反射面;F3为高光进气面^[6-9]。

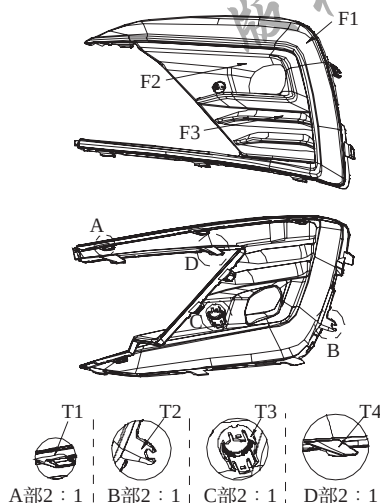


图2 雾灯盖板难成型特征

雾灯盖板属于外观件,通过控制注塑参数来获得高光效果,避免了后续的喷涂等工艺。高光外观面F1为壳体上的裸露部分,不允许有脱模角和毛刺,成型后要求具有良好的表面光洁度;雾灯反射面F2可扩大雾灯弥散效果;高光进气面F3为该车型的创新设计,作为格栅的延长,能有效提升进气效

果。面F1, F2, F3的高光成型主要通过骤冷骤热来实现,即在充填阶段前对模腔进行充分预热,减小充填末端的冻结层因子,保压过程中,对动模及定模同时快速冷却,以使模温快速降低,缩短成型周期,减少制品因冷却不均所造成的翘曲变形,避免表面缩痕,最大程度保证制品的复模度,获得高光效果^[10]。

2 模型优化

产品不允许有毛刺、锐角等设计缺陷,即使是锐边,也会处理成R0.1~R0.3的圆角或倒角。Moldflow 网格划分有中性面、双层面、3D 实体3种类型,将雾灯盖板网格设置成双层面较为适合,双层面划分过程中“表面上的全局边长”尤为重要,设置过大,则划分后网格较少,模型的匹配率较低,后续模拟结果差,若匹配率低于85%则无法进行后续流动模拟;设置过小,则网格细小,匹配率较高,但所需运行内存较大,会运算终止。若将细小特征移除,即使较大的网格,匹配率也会较高,对最终分析结果没影响。如果直接将模型导入Moldflow 软件,修复这些错误将为分析前处理带来巨大的工作量^[11-13],CAD Doctor 2016 软件具有强大的模型修复功能。

将三维实体转换成IGES 格式(通讯指定格式),导入至CAD Doctor 2016 软件中,运行“检查”命令,得,相交环路17个(重度严重);自相交曲面6个(重度严重);短曲线204个(重度严重);碎面52个(重度严重);自相交环路196个(中度严重);丢失面3604个(中度严重);边和基准面的间隙197个(中度严重);带短线段的曲线373个(中度严重);环路中的间隙22个(中度严重);带小曲面片的曲面705个(中度严重);边方向0个;使用两次以上的边0条;边干涉0条;碎面0条;自由边0条;丢失边0条。具体如图3所示。



图3 运行“检查”命令后的初始状态

通过“转换”界面对上述错误进行逐一修复,首先,进行“边缝合”操作,容差设置为0.1 mm,修复后,自由边个数为0。对其它错误分别进行手动修复及自动修复,直至修复全部错误,且模型不变形。

对修复后的三维模型,在“转换”界面下导出为“udm”格式(Moldflow 2018 指定格式),导入Moldflow 2018 中。

3 模型设置及水路设置

3.1 CAE 模型设置

将经 CAD Doctor 2016 软件修复优化后的模型导入至 Moldflow 2018 模流分析软件中^[8]。设置网格类型为双层面;曲面上的全局边长设置为 2.45 mm;勾选计算双层面网格的厚度;勾选网格匹配,点击立即划分网格,所得网格见图 4^[14-15]。



图4 Moldflow 2018 中雾灯盖板网格划分

网格统计得连通区域 1 个;三角形实体 201960 个;已连接的节点数 100956 个;不可见三角形 0 个;表面积 3789.23 cm² (不包括模具冷却管道和镶块);按单元类型统计的三角形体积为 435.256 cm³;纵横比最大为 4.62,最小为 1.15,平均 1.78;边细节特征中,多重边为 0 个,自由边为 0 个,共用边为 302940 个;匹配百分比为 90.9%,相互百分比为 88.2% (符合模流分析的要求)。

鉴于塑件外形尺寸相对较小,模具设计成“一模两腔”结构,以 Y-Z 平面为镜像面,绕制品中点的投影点进行镜像操作,模型见图 5。



图5 镜像后模流分析模型

3.2 水路设置

模具温度调节是高光成型的关键,该模具采用经水路加热的方式控制模具初始表面温度。流程为合模前往水路内通入高温水;注塑开始利用压缩空气排尽高温水,通过熔体初始温度、注射压力等参数控制冷凝层厚度(冷凝层厚度影响高光效果);保

压阶段往水路内通入冷却水,使冷凝层急速增厚,熔体迅速凝结,制品与模具间形成冷区及热区,获得高光效果^[16]。

水路设计的原则为保证制品各部位冷却速率相等,避免因温降不同而形成内应力,使开模后发生翘曲或收缩。图 6 为模具水路设置,为了使冷却等速率,将制品表面法向偏置 15 mm,对所获得的区域进行网格化,间距 40 mm 设置冷却水路中心线,中心线与中心线首尾用直线相连(异型区域用直线代替),将每根水路延伸至模具外形。在遵循以上原则的前提下,动模水路应在顶杆设置好后再设计,以避免顶杆或推杆孔。动模与定模水路分别串联成两个回路,缩短冷却水的流程,监测冷却水出口水温,以获得良好的冷却效果,实际冷却水进出口设置与 Moldflow 2018 模流分析软件中设置一致。

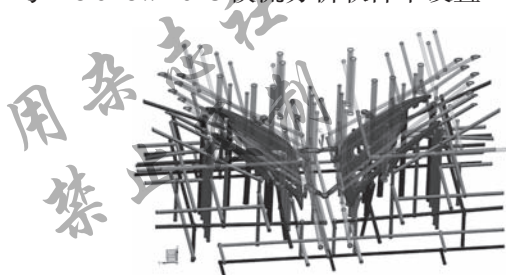


图6 模具水路设置

4 高光成型因素确定及参数正交试验

注塑过程中,熔体温度受注射压力、喷嘴结构、流道形状、材料自身黏流特性等影响。熔体与模壁存在温差,温度较高的熔体与温度较低的模壁接触,会逐渐凝固,增大流动阻力,冻结层的产生,会影响制品表面高光效果。冻结层在注塑过程中必然存在,在 V/P 转换点时,冻结层的厚度控制尤为重要,能够影响制品的翘曲、收缩、表面质量等。

选取对冻结层影响较大的因素,即熔体温度、模具表面温度、浇口长度,为研究对象,构建 3 因素 3 水平正交试验,以 F1 面上 A 点处(见图 7)的冻结层因子为优化目标。

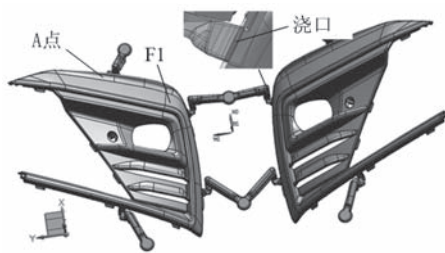


图7 浇口及特征点示意图

依据制品规格及 ABS 材质黏流特性,得熔体温度推荐范围为 260~280℃;模具加热采用水路加热,模具表面温度可控制在 80~100℃;浇口宽度方向与制品等厚,长度方向受制品结构限制,可设范围为 4~8 mm。将熔体温度、模具表面温度、浇口长度分别定义为因素 B, C, D, 各水平的设置采取均分取值范围的方式。表 1 为正交试验的 3 因素 3 水平分配情况;表 2 为试验方案及 A 点处的冻结层因子。

表 1 正交试验因素及水平表

水平	因素		
	B/℃	C/℃	D/mm
1	260	80	4
2	270	90	6
3	280	100	8

表 2 正交试验方案和结果

试验号	因素			冻结层因子
	B/℃	C/℃	D/mm	
1	260	80	4	0.43
2	260	90	8	0.35
3	260	100	6	0.28
4	270	80	6	0.36
5	270	90	4	0.19
6	270	100	8	0.37
7	280	80	8	0.41
8	280	90	6	0.56
9	280	100	4	0.38

表 2 中在第 5 组参数组合下, A 点处的冻结层因子最小, 为 0.19; 在第 8 组工艺参数下, A 点处的冻结层因子最大, 为 0.56。某组的影响不能看出单因素的影响情况, 借助极差分析法能直接对比出单因素对 A 点处的冻结层因子影响程度。

表 3 为极差分析结果, 其中 k_i 表征单因素 i 水平下冻结层因子的均值, $i=1, 2, 3$; R 表征极差。

表 3 A 点处的冻结层因子极差分析

项目	B	C	D
k_1	0.35	0.40	0.33
k_2	0.31	0.37	0.40
k_3	0.45	0.34	0.38
R	0.14	0.06	0.07

由表 3 可看出, 在最优组合 $B_2C_3D_1$ 即熔体温度 270℃、模具表面温度 100℃、浇口长度 4 mm 条件下, A 点处的冻结层因子最小。对比表 2, 该组参数不在其中, 将该组注塑参数重新输入至 MPI 模流分析软件中, 所得结果见图 8, A 点处的冻结层因子为 0.1, 该数值小于表 2 中的最小值。

5 试验验证

注塑机选用海天天虹系列的 JU33000IIs / 19300 型号, 其具体参数如下: 拉杆内间距

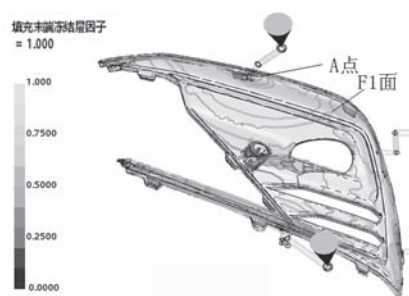


图 8 最优组合参数下 A 点处的冻结层因子

2160 mm×1900 mm; 顶出行程 500 mm; 最大模厚 1900 mm; 理论注射量 43530 g; 最小模厚 900 mm; 移模行程 2150 mm; 合模力 33000 kN。动模及定模都选用 P20 材质; 拉杆、顶杆、限位块、隔热板等选用中碳钢 S50C; 楔紧块、滑块、斜导柱等选用 HPM-MAGIC 模具钢。

试验条件如下: 经温控系统调节后保证模具表面温度 100℃; 设置热流道出口熔体温度 270℃; 浇口长度方向开设 4 mm, 宽度与制品等宽, 以减少料流紊流。严格参照 Moldflow 2018 模流分析软件模拟时预设条件设定。合模前, 将水温调整为 100℃, 压力设置成 0.5 MPa, 高温水经过水路瞬间将模具表面温度提高至 100℃。合模完成后, 注塑机对模具进行分阶段注射, 熔体温度 270℃, 压力为最高注射压力的 60%, 注射时间 3.0 s, 第一段保压压力 42 MPa, 保压时间 3.0 s; 第二段保压压力 60 MPa, 保压时间 12 s。

成型后制品如图 9 所示, 雾灯盖板表面无熔接线、飞边、冲射纹、银丝等注塑缺陷。



图 9 所得高光制品

6 结论

(1) 通过对雾灯盖板结构的分析, 发现控制充填末端的冻结层因子能够改善制品表面高光效果。

(2) 利用 CAD Doctor 2016 对雾灯盖板模型进行了修复, 利用手动修复及自动修复功能, 修复了全部错误, 保证了后续模流分析的可行性。

(3) 选取对冻结层影响较大的因素, 即熔体温

度、模具表面温度、浇口长度,为研究对象,构建3因素3水平正交试验。利用Moldflow 2018模流分析软件进行模拟,对所得结果利用极差分析,得出雾灯盖板在在熔体温度270℃、模具表面温度100℃、浇口长度4 mm条件下,A点处的冻结层因子最小。

(4) 试验验证结果表明,成型后雾灯盖板整体外观良好,佐证了正交试验因素选择合适,Moldflow 2018有限元分析数据准确。

参考文献

- [1] 黄可,许成中,刘江,等.基于Moldflow的储物盒注塑成型模拟及试验验证[J].工程塑料应用,2019,47(8):86-90.
Huang Ke, Xu Chengzhong, Liu Jiang, et al. Simulation and test verification of storage box injection molding based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):86-90.
- [2] 周慧兰,周新建,王研婷.基于UG二次开发注塑模冷却水路快速设计CAD系统[J].工程塑料应用,2017,46(1):62-65.
Zhou Huilan, Zhou Xinjian, Wang Yanting. Rapid design CAD system of cooling water channel for injection mould based on UG development technology[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 46(1):62-65.
- [3] 雷继梅,倪君杰,黄瑶,等.高光三色汽车尾灯灯罩注塑工艺参数优化[J].现代塑料加工应用,2020,32(1):46-49.
Lei Jimei, Ni Junjie, Huang Yao, et al. Optimization of injection molding process parameters for high-light tri-color automobile taillight shade[J]. Modern Plastics Processing and Application, 2020, 32(1):46-49.
- [4] 傅莹龙,褚建忠,邵明朝.高光后盖热流道注塑模具结构设计[J].工程塑料应用,2020,48(3):104-108.
Fu Yinglong, Chu Jianzhong, Shao Mingchao. Design of hot runner injection mold structure for high gloss back cover[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3):104-108.
- [5] 吴康,周海,王龙宝,等.间隙对电热变模温高光注塑模具加热效率的影响[J].工程塑料应用,2017,45(7):73-79.
Wu Kang, Zhou Hai, Wang Longbao, et al. Effect of gap on thermal response efficiency in heating process of RHCM[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(7):73-79.
- [6] 吴军,蔡建臣.基于Moldflow的PUR车轮注塑工艺参数优化[J].工程塑料应用,2018,46(6):56-59.
Wu Jun, Cai Jianchen. Parameters optimization of injection molding process of PUR wheel based on moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):56-59.
- [7] 王和慧,王军,朱文敏,等.ABS衣架式模头的失效分析及其结构改进[J].塑料,2017(6):118-125.
Wang Hehui, Wang Jun, Zhu Wenmin, et al. Failure analysis and structure optimization of ABS coat hanger die[J]. Plastics, 2017(6):118-125.
- [8] 黄贤页,辛勇.注射成型工艺参数对制品结晶度的影响机制[J].工程塑料应用,2018,46(2):65-68.
- Huang Xianye, Xin Yong. Influence mechanism of process parameters on crystallization property of injection molding products[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(2):65-68.
- [9] 胡邓平,万胡亮,伍先明,等.基于四元二次正交试验的空调框罩注塑工艺参数优化与成型模具试验研究[J].塑料工业,2017,45(1):64-67.
Hu Dengping, Wan Huliang, Wu Xianming, et al. Experimental research of injection molding process parameters optimization and molding die of air-conditioning plane frame based on four quadratic orthogonal test[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(1):64-67.
- [10] 胡桂涵,高玉保,唐璠,等.工艺参数对注塑制品尺寸的影响[J].中国塑料,2017,31(10):89-93.
Hu Guihan, Gao Yubao, Tang Fan, et al. Effects of parameters on dimension of an injection molded part[J]. China Plastics, 2017, 31(10):89-93.
- [11] 刘斌,吴茜.注塑模具随形冷却水道的设计方法与分析[J].工程塑料应用,2017,45(8):123-128.
Liu Bin, Wu Xi. Analysis and design method of conformal cooling channel of injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(8):123-128.
- [12] 蔡厚道.正交设计与响应面法在空气滤清器盖注塑工艺优化中的应用和比较[J].中国塑料,2017,31(2):88-93.
Cai Houdao. Comparative investigation on orthogonal design and response surface method for injection molding process optimization of air filter covers[J]. China Plastics, 2017, 31(2):88-93.
- [13] 陈晓勇,王谦.基于CAE的移动电源壳盖热流道注塑模设计[J].工程塑料应用,2018,46(2):87-91.
Chen Xiaoyong, Wang Qian. Design of hot runner injection mould for mobile power cover based on CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(2):87-91.
- [14] 戚春晓,陈开源,黄小明.某车型前门饰框热流道浇注系统设计与优化[J].塑料,2017,46(2):102-105.
Qi Chunxiao, Chen Kaiyuan, Huang Xiaoming. Design and optimization of runner system for front door sash based on Moldflow[J]. Plastics, 2017, 46(2):102-105.
- [15] 常净芳,廖秋慧,蒋霆,等.基于Moldflow和正交实验的多嵌式汽车接插件包塑成型工艺参数优化[J].塑料工业,2017,45(1):57-60.
Chang Jingfang, Liao Qiuhui, Jiang Ting, et al. Parameters optimization of overmolding process for multiinsert connector of automobile based on Moldflow and orthogonal experiment[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(1):57-60.
- [16] 崔小松.基于Moldflow的仪表台出风口浇注系统优化分析[J].塑料工业,2017,45(4):61-65,95.
Cui Xiaosong. Optimization analysis of the pouring system of the air outlet of instrument table based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(4):61-65,95.