

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.01.016

车门内饰板优化分析及模具设计

陶俊¹, 翟豪瑞², 洪学浩^{2,3}

(1. 盐城工学院机械工程学院, 江苏盐城 224051; 2. 盐城工学院汽车工程学院, 江苏盐城 224051;

3. 台湾科盛科技股份有限公司(苏州), 江苏苏州 215008)

摘要: 利用 CAE 分析软件 Moldex3D 先找出整个设计是否存在缺陷, 为了增加优化效率, 采用田口实验设计法规划控制因子与配置。L₉(3⁴) 直交表来求得成型条件的最佳化参数组别, 观察结果并找出最佳成型条件, 以降低成型后所发生的体积收缩率以及翘曲位移量。由 S/N 因子反应表可看出对于 Z 轴变形量在塑料温度 209℃、保压时间 11.025 s、冷却时间 17.85 s 时较优良。Z 轴的翘曲从 1.64 mm 降低到 1.04 mm, 整体改善了 36.5%, 最终根据优化结果进行了模具设计。

关键词: 田口信噪比; 车门内饰板; Moldex3D; 优化分析; 模具设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)01-0081-05

Optimization Analysis and Mold Design of Door Trim Panel

Tao Jun¹, Zhai Haorui², Hong Xuehao^{2,3}

(1. School of Mechanical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China;

2. School of Automotive Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China;

3. Taiwan Kesheng Technology Co., Ltd.(Suzhou), Suzhou 215008, China)

Abstract : Using the CAE analysis software Moldex3D to find out whether the whole design has defects, in order to increase the optimization efficiency, the Taguchi experimental design method is used to plan the control factors and configuration. L₉(3⁴) orthogonal table to obtain the optimal parameter group of molding conditions, observe the results and find the best molding conditions to reduce the volume shrinkage and warpage displacement after molding. From the S/N factor reaction table, it can be seen that the Z-axis deformation amount is excellent in plastic temperature 209℃, holding time 11.025 s, and cooling time 17.85 s. The Z-axis warpage was reduced from 1.64 mm to 1.04 mm, and the overall improvement was 36.5%. Finally, the mold design was carried out based on the optimization results.

Keywords : Taguchi signal to noise ratio; door trim panel; Moldex3D; optimization analysis; mold design

为了能够实现汽车轻量化,最为直接的就是以塑取钢,所以现在越来越多的塑料件运用到了汽车上。注射成型因其有着高生产率、产品复制性高、精度高、可进行生产的材料种类多等特点被广泛运用在汽车产品制造上。而在传统的加工过程中,模具以及产品的一些重要参数数据往往根据生产者的经验所得。注塑模具只有等到全部生产完成进行完整装配,然后进行实际试模生产才能够验证整体工作是否成功。一套模具往往要经过反复的试模、修模,才能够满足生产需求。这样会对人力、物力造成极

大的浪费。而采用 CAE 技术便可以有效解决上述问题,可有效提高生产效率以及降低生产成本。因此在注塑行业受到了较为广泛的运用,并且在不断地给这个行业带来变革。笔者以某车门内饰板为研究对象,基于田口信噪比的正交试验为基础,以获得最优工艺参数组合^[1-2]。

1 运用 Moldex3D 对车门内饰板的分析

1.1 基于 Designer 对产品进行前处理

产品模型为车门内饰板的门把手,尺寸为 380 mm × 320 mm × 83 mm,主产品模型厚度为

基金项目:江苏省科技计划(产学研)项目(BY2016065-46),江苏省科技计划(产学研)项目(BY2016065-46)

通讯作者:陶俊,高级工程师,主要从事塑料模具设计及加工 E-mail:18251423907@163.com

收稿日期:2019-11-07

引用格式:陶俊,翟豪瑞,洪学浩.车门内饰板优化分析及模具设计[J].工程塑料应用,2020,48(1):81-85.

Tao Jun, Zhai Haorui, Hong Xuehao. Optimization analysis and mold design of door trim panel[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(1):81-85.

3 mm,塑件网格体积为 214.8 mm³,产品模型如图 1 所示,该产品有许多的卡扣、加强筋、倒圆角、孔洞等特殊结构,这些结构都不利于有限元网格的划分。



图1 注塑模型公模模面

具体的操作步骤如下:

(1) 利用 UG/NX 软件将绘制好的模型图以 .stp 格式将其导出保存。

(2) 打开 Moldex3D Designer 并选择 BLM 边界层网格模式。

(3) 汇入对应的模型。

① 汇入产品 .stp 格式的模型,将塑件属性定义为模穴;

② 利用 CAD doctor 对汇入的产品模型进行简化及修复,将其检查出来的一些中度以及重度错误进行修复,然后再导出保存,这样可有效降低网格错误量,提高网格划分成功率。

(4) 建立流道系统。

如果流道系统全部采用冷流道设计会导致压力损失过大,需要很大的注塑压力,翘曲变形量会变大等多种对塑件质量不利的因素,并且产品表面为外观面,不可直接进浇,所以选择“热流道+冷流道”结合的方式,浇口位置使用牛角进浇。浇口尺寸为 8 mm×1.2 mm,冷流道直径大小为 8 mm,热流道直径为 10 mm,如图 2 所示。

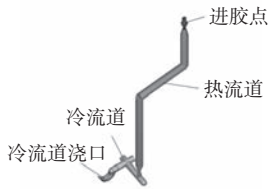


图2 流道系统设计

(5) 建立冷却系统。

射出成型制程中,冷却时间占了最大的比重,在冷却阶段中有一个良好的冷却系统是至关重要的。如果冷却结束后不能达到均匀的温度分布而消除热应力残留,会造成收缩不均的现象,因此在设计冷却水路时应该改善产品的积热部位,给定一个合适的温度分布,采用母模侧 9 条水路,公模侧 4 条水路。并在一些结构较深的部位采用隔板式水

路来提高整体的冷却效果。普通水路的直径选用 14.5 mm,隔板式水路直径选用 22 mm。具体公母模侧水路如图 3 所示。

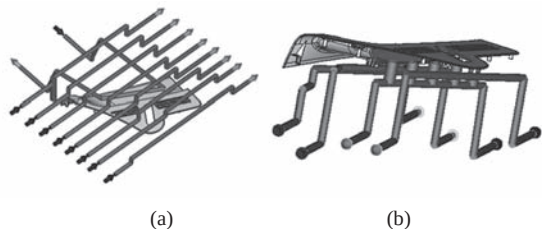


图3 冷却系统设计
a—母模面水路;b—公模面水路

图3 冷却系统设计

(6) 生成实体网格。

此处主要是产生塑件和流道的实体网格。选择的是 Moldex3D 特有的 BLM 网格,它是由三棱柱网格以及四面体网格搭接而成,在边界上利用三棱柱网格的高分析精度的特点模拟出固化层剪切生热的效果,进一步提高分析的准确性。具体的网格细节如图 4 所示。

模型细节	
项目名称	数值
塑件网格节点总数	326,224
塑件网格元素总数	745,762
塑件网格体积	214.85 (cc)
流道网格节点总数	163,345
流道网格元素总数	374,751
流道网格体积	25.57 (cc)

图4 有限元模型及网格统计

1.2 田口分析法

传统实验分析只针对平均反应做分析^[3],田口分析则同时强调平均反应和标准差(变异)的分析,所以导入了信号/噪声比的概念,最简单的信号噪声比就是平均值与标准差的比值,而田口方法中的 S/N 比与质量损失函数直接相关,因此在不同的质量特性下有不同的 S/N 比计算公式,基本上有三种标准状况:一是望小,二是望大,三是望目。考虑到所选质量因子 Z 轴翘曲位移量越小,产品质量越好,所以选择信噪比的望小特征,即质量特性之测量值愈小愈好, S/N 为 $\eta = -10\log(1/n \sum y^2)$,其中 n 为实验次数, y 为质量特性, S 为标准差。

1.3 水平设定与直交表配置

由于产品型腔结构的复杂性以及进浇方式采用的是单浇口进浇,要求选择的材料具有较好的加工性,要有良好的流动性能,而且容易冷却成型,所以选择聚丙烯(PP),材料牌号为 POLYFORT FPP 20T,该材料加工温度范围 190~250℃,模温范围 40~70℃,顶出温度 102.93℃,固化温度 122.93℃。

以 $L_9(3^4)$ 为试验矩阵条件, L_9 表示实验次数 9 次, 3^4 表示 4 个因子 3 个水平的控制因子, 选取对翘曲位移量影响较大的塑料温度、保压时间、冷却时间为试验因素, 再分别选取三个水平值^[4]。具体的水平设定如表 1 所示, 直交表配置见表 2。

表 1 水平设定表

因子	水平 1	水平 2	水平 3
塑料温度 / °C	209	220	231
保压时间 / s	9.975	10.5	11.025
冷却时间 / s	16.15	17	17.85

表 2 直交表配置

序号	塑料温度 / °C	保压时间 / s	冷却时间 / s
1	209	9.975	16.15
2	209	10.5	17
3	209	11.025	17.85
4	220	9.975	17
5	220	10.5	17.85
6	220	11.025	16.15
7	231	9.975	17.85
8	231	10.5	16.15
9	231	11.025	17

1.4 田口分析结果

采用 Moldex3D 专家组分析模式, 设定直交表中不同参数组合, 最后查看每一组的分析结果。由 S/N 因子反应表可看出对于 Z 轴翘曲位移量在 A1 (塑料温度 209°C)、B3 (保压时间 11.025 s)、C3 (冷却时间 17.85 s) 较优良, Z 轴翘曲位移量 S/N 因子反应表如图 6 所示。

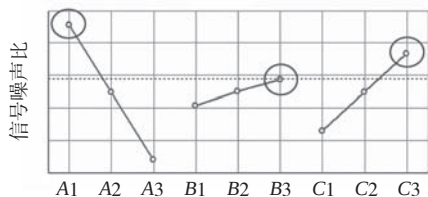


图 6 最终 Z 轴翘曲位移量 S/N 因子反应表

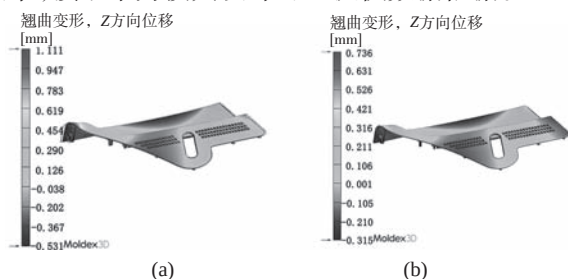
图 7 为最终 Z 轴翘曲位移量变异数分析。由图 7 变异数分析可看出各个因子贡献度, 其中塑料温度的 73% 与冷却时间的 23% 对产品质量影响较大, 保压时间对产品质量影响较小^[5]。

因子	平方和	DOF	变异数	贡献度 [%]
1	19.2846	2	9.6423	73.4831
2	0.700153	2	0.350077	2.6679
3	6.25885	2	3.12942	23.849
错误	0	0	0	0
总共	26.2436	6		

图 7 最终 Z 轴翘曲位移量变异数分析

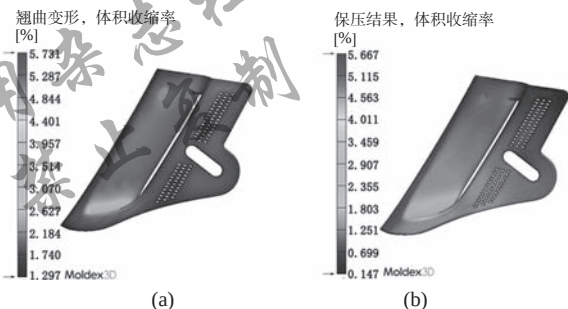
图 8 为原始和优化分析后 Z 轴翘曲位移量。通过图 8 发现原始参数分析 Z 轴的翘曲位移量

为 $-0.53 \sim 1.11$ mm, 经过参数优化后 Z 轴翘曲位移量为 $-0.31 \sim 0.73$ mm, Z 轴总体翘曲位移量从 1.64 mm 降低到了 1.04 mm, 整体改善了 36.5%。通过图 10 可以发现体积收缩率原始分析结果为 5.731%, 最佳参数组合优化分析后结果为 4.057%, 整体改善了 29%。整体的参数组合方案满足生产要求, 接下来为模具设计可以提供数据依据。



a—原始分析结果; b—优化分析结果

图 8 原始和优化分析后 Z 轴翘曲位移量



a—原始分析结果; b—优化分析结果

图 9 原始和优化分析后体积收缩率

2 模具设计的整体方案

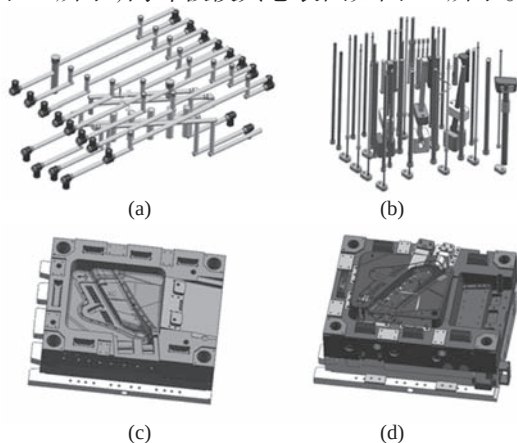
2.1 注塑机的选取

通过 Moldex3D 进行填充模拟^[6], 其模穴体积为 $V_1=214.86 \text{ mm}^3$, 冷流道体积为 $V_2=4.84 \text{ mm}^3$, 热流道体积为 $V_3=20.73 \text{ mm}^3$ 。选择 PP 作为材料, 因其流动性好, 其密度 ρ 为 0.92 g/mm^3 。在不考虑注塑时冷凝在热流道上的原料且由于塑件模腔是一模一穴, 所以塑件注塑质量 $M=(V_1+V_2) \times \rho=219.7 \text{ cc} \times 0.92 \text{ g/mm}^3=202 \text{ g}$ 。查表得出 PP 的充填压力 $P_1=140 \text{ MPa}$ 与保压压力 $P_2=140 \text{ MPa}$, 所以注射压力 $P_{\text{注}} \geq 140 \text{ MPa}$ 。根据以上数据, 选取注塑机为海天 HTF120 型注塑机, 螺杆直径为 40 cm, 注塑压力为 200 MPa。

PP 的注射压力取 $P=140 \text{ MPa}$, 注射压力安全系数 $k=1.25 \sim 1.4$, 则 $1.4P=1.4 \times 140 \text{ MPa}=196 \text{ MPa} \leq P_{\text{注}}=200 \text{ MPa}$, 所以注射压力合格。因此, 该注塑机符合要求, 能投入实际生产, 符合该模具的生产需求。

2.2 模具三维模型构建

模架一般可分为大水口,细水口以及简化水口三大类。本次的模具设计,流道系统选择冷热流道搭接的方式并且采用的进浇方式为潜伏式牛角进浇,所以选择细水口模架^[7]。模具的相关机构设计如图10所示,内饰板模具总装图如图11所示。



a—冷却系统;b—顶出系统;c—定模侧;d—动模侧

图10 模具相关机构设计

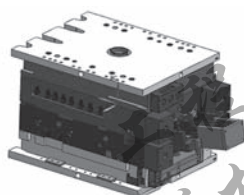
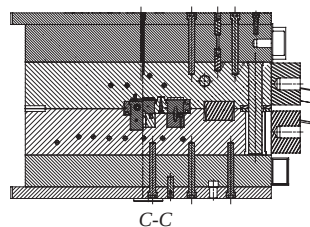
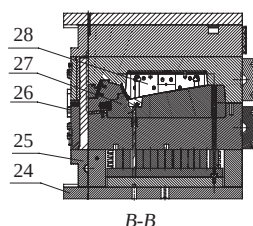
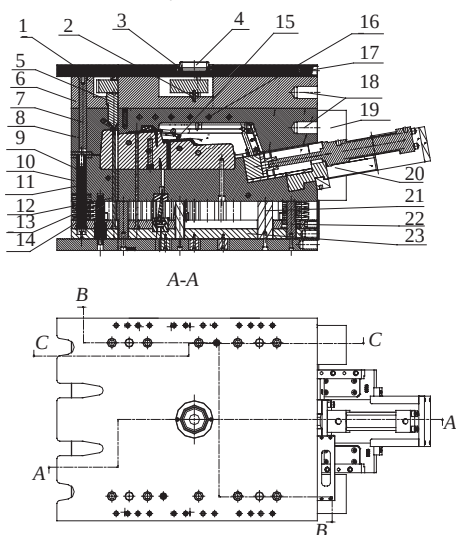


图11 内饰板模具总装图



1—面板;2—热唧嘴;3,17,18—螺钉;4—浇口套;5—拉料杆;6—分流板;7—导柱;8—定模A板;9—推杆板导柱;10—动模B板;11,22—复位杆;12—顶针;13—复位弹簧;14—推件固定板;15—塑件;16—水路;19—脚模;20—液压缸;21—直顶杆;23—推荐底板;24—底板;25—垫块;26—滑块限位块;27—动模仁;28—定模仁

图12 模具整体结构

模具材料选择不仅关系到整个模具生产制造的成本,而且对于使用寿命也有不同影响,尤其像需要对零件进行大批量生产的汽车模具,选材需要更加谨慎^[8]。对模具关键部位材料做出如表4的选择。

表4 模具关键部件的材料选择

序号	模具关键部件名称	材料
1	推荐固定板、垫块、底板、复位杆、面板、液压缸	S50C
2	热唧嘴、推杆板导柱、顶针、复位弹簧	STD
3	定模仁、动模仁、动模B板、定模A板	NAK80
4	滑块限位块、脚模、螺钉、拉料杆、直顶杆	45# 钢

2.3 模具工作流程

设计的模具整体结构如图12所示。模具工作流程为:模具的定模和动模在导柱导向的作用下顺利完成合模动作,注塑机将熔融的塑料注入模具型腔内,经过注射、保压、冷却、开模、合模等过程。塑料熔体通过注塑机喷嘴,依次通过热流道浇口套4、热流道分流板6、热唧嘴2进入模具分型面之间的普通冷流道,最后经侧浇口和潜伏式浇口进入模具型腔;熔体充满模具型腔后,经保压和冷却,当固化至足够刚性后,注塑机开模机构启动,拉动模具从分型面处打开。在A、B板打开过程中,接着机械手取出塑件,最后液压缸20推动推件及其固定板复位,动定模再次合模,为下一次注射成型做准备。

3 结论

通过对汽车内饰板的注塑件进行分析,用UG/NX三维设计软件完成了零件的模型建立^[9]。在

田口信噪比下利用 Moldex3D 模流分析进行塑件的注塑模拟,通过波前流动、冷却分析和翘曲分析,找出塑件注塑的最佳组合参数,及时改善模具结构方面的缺陷。本次模具设计中采用“热流道+冷流道”的流道系统设计,定位圈和浇口套一体式,浇口采用潜伏式浇口,型腔采用整体式结构,塑件的材料选用 PP,模具采用一模一穴结构,分流道截面形状为圆形,型芯采用组合式结构。该设计方法对汽车内饰板类注塑件的模具设计有一定的借鉴作用。

参考文献

- [1] 翟豪瑞,王小松,熊新,等.用 Moldex3D 对副仪表盘热流道浇口时序的优化[J].现代塑料加工应用,2017,29(6):54-56.
Zhai Haorui, Wang Xiaosong, Xiong Xin, et al. Optimization of hot runner gate time sequence of auxiliary instrument panel by Moldex3D[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(6):54-56.
- [2] 郑尧刚,翟豪瑞,熊新,等.基于 Moldex3D 和灰色关联理论在空气滤清器上壳的工艺优化[J].工程塑料应用,2018,46(10):72-75+85.
Zheng Yaogang, Zhai Haorui, Xiong Xin, et al. Process optimization of air filter upper shell based on Moldex3D analysis and grey relational theory[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(10):72-75+85.
- [3] 王海峰,沈鑫华.信噪比灰色关联分析在注塑工艺参数优化中的应用[J].塑料工业,2019,47(4):69-72.
Wang Haifeng, Shen Xinhua. Application of grey correlation analysis of SNR in injection molding process parameter optimization[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(4):69-72.
- [4] 王晓花,张彩婷,王国斌,等.基于响应面方法的注塑件翘曲变形优化[J].现代塑料加工应用,2018,30(4):45-47.
Wang Xiaohua, Zhang Caiting, Wang Guobin, et al. Design optimization on warpage controls of injection molded part based on response surface method[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2018, 30(4):45-47.
- [5] 韩沈尧,白蓉.基于 CAE 的 PP 塑料件注射成型工艺参数的影响及优化[J].塑料工业,2019,47(10):78-80,85.
Han Shenyao, Bai Rong. Effect and optimization of injection molding process parameters of PP plastic parts based on CAE[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(10):78-80, 85.
- [6] 翟豪瑞,葛晓宏,陈长秀,等.基于 Moldex3D 碳罐本体优化分析及模具设计[J].模具工业,2018,44(1):40-45+52.
Zhai Haorui, Ge Xiaohong, Chen Changxiu, et al. Optimization analysis of carbon canister based on Moldex3D and the mould design[J]. Die & Mould Industry, 2018, 44(1):40-45+52.
- [7] 张维合,成永涛,许淑娟,等.汽车后背门护板热流道大型注塑模设计[J].中国塑料,2019,33(5):102-107.
Zhang Weihe, Cheng Yongtao, Xu Shujuan, et al. Design of large and hot runner injection mold for car rear door[J]. China Plastics, 2019, 33(5):102-107.
- [8] 叶久新,王群.塑料成型工艺及模具设计[M].北京:机械工业出版社,2013.
Ye Jiuxin, Wang Qun. Plastic forming technology and mould design[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2013.
- [9] 黄继战,范玉,仇文宁,等.基于 UG NX 的汽车音响面板注塑模设计[J].工程塑料应用,2017,45(9):80-83.
Huang Jizhan, Fan Yu, Qiu Wenning, et al. Design of injection mould for car audio panel based on UG NX[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(9):80-83.
- [10] 赵晨辉,张广成,张悦周.真空辅助树脂注射成型(VARI)研究进展[J].玻璃钢/复合材料,2009(1):80-84.
Zhao Chenhui, Zhang Guangcheng, Zhang Yuezhou. The development of vacuum assisted resin infusion(VARI)[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2009(1):80-84.
- [11] 吴欲兵,庄燕,柳潇潇,等.基于力分析法测试碳纤维接触角研究[J].纺织报告,2014(9):47-48,57.
Wu Yubing, Zhuang Yan, Liu Xiaoxiao, et al. Study carbon fiber contact angle based on force measurements[J]. Jiangsu Textile, 2014(9):47-48, 57.
- [12] Jiang G, Pickering S J, Walker G S, et al. Surface characterisation of carbon fibre recycled using fluidised bed [J]. Applied Surface Science, 2008, 254(9):2 588-2 593.
- [13] Pickering S J, Kelly R M, Kennerley J R, et al. A fluidised-bed process for the recovery of glass fibres from scrap themoset composites[J]. Composites Science and Technology, 2000, 60(4):509-523.
- [14] Yip H L H, Pickerillg S J, Rudd C D. Characterisation of carbon fibres recycled from scmp composites using fluidised bed pmcess[J]. Plastics Rubber and Composites, 2002, 31(6):278-282.
- [15] Piflero Hemanz R, Dodds C, Hyde J, et al. Chemical recycling of carbon fibre reinforced composites in nearcritical and supercritical water[J]. Composites, Part A: Applied Science and Manufacturing, 2008, 39(3):454-461.
- [16] 刘赋瑶,董余兵,傅雅琴.碳纤维水性杂化上浆剂的制备及其上浆后力学性能[J].复合材料学报,2017,34(10):2 156-2 163.
Liu Fuyao, Dong Yubing, Fu Yaqin. Preparation and sizing performance of carbon fiber aqueous hybrid sizing agent[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2017, 34(10):2 156-2 163.

(上接第 67 页)