

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.03.018

基于正交试验的遥控器双色前壳翘曲变形优化

黄海龙, 周 亮

(吉林大学 工程训练中心, 吉林 长春 130025)

摘 要:针对某遥控器前壳在双色注塑成型过程中的翘曲变形对装配质量及产品整体外观的影响,提出了基于正交试验和AMI数值模拟的双色塑件翘曲变形快速优化方法。利用AMI有限元分析软件对遥控器前壳进行双色注射成型数值模拟,采用多因素交互正交试验的方法获得两种材料在不同工艺参数组合下的翘曲变形量,以翘曲变形量最大值最小为研究目标,对试验结果进行极差和方差分析,从而确定不同工艺参数对试验结果影响的重要性,并最终确定了产品翘曲变形最小的最优工艺参数组合。结果表明该优化方法可以快速优化双色塑件在成型过程中的翘曲变形量。

关 键 词:双色注塑;翘曲变形;AMI软件;正交试验

中图分类号:TQ320.63

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)03-079-04

Optimization of Warping Deformation of Remote Double Color Front Shell Based on Orthogonal Test

HUANG Hailong, ZHOU Liang

(Engineering Training Center, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract: Double color plastic warping deformation quick optimization method was proposed based on orthogonal test and AMI numerical simulation according to the influence of warping deformation on assembly quality and product overall appearance in the process of double color injection molding of remote shell. Double color injection molding simulation of remote control front shell was carried out by AMI finite element analysis software and warping deformation of materials under different process parameters was obtained by multi-factor orthogonal experiment. Taking the minimum value of warping deformation maximum as research target, test results data were analyzed by range and variance, influence of different process parameters on the test results was determined, and the optimal process parameters combination of product warping deformation minimum was finally determined. Research results show that the optimization method can quickly optimize the warpage of double-color plastic in the injection molding process.

Keywords: double color injection molding; warping deformation; AMI; orthogonal test

双色注塑成型技术可以将两种不同颜色或不同性能的塑料分别塑化,并按先后顺序或同时注入模具型腔,固化定型后得到两种不同颜色或不同材质的塑料制品。双色塑件不仅外观美观,而且能够充分利用不同材料性能的互补,极大地提高了塑料制品的性能和品质。然而在注塑成型过程中,由于分子取向效应,不同材料区域的体积收缩率不均、冷却不均等因素的影响,双色塑件会出现不同程度的翘曲变形缺陷,通过优化工艺参数组合可以降低材料的分子取向和体积收缩

不均,并使内、外层不同材料翘曲变形互补,从而降低双色塑件的翘曲变形量^[1]。

文中以遥控器前壳双色塑件为研究对象,前壳与后壳配合安装,要求周边翘曲变形小,与后壳配合面间隙小且均匀,故以前壳翘曲变形量最小为研究目标,采用正交试验法研究内、外层材料在多工艺参数组合下的翘曲变形量^[2],通过AMI(Autodesk Moldflow Insight)软件数值模拟流动填充过程,以较少的试验次数获得翘曲变形最小的最优工艺参数组合,从而达到

收稿日期:2016-10-16;修回日期:2016-12-15

第一作者简介:黄海龙(1985),男,内蒙古多伦人,硕士研究生,工程师,主要研究方向为模具CAD/CAE/CAM。E-mail: 405215163@qq.com

快速优化双色塑件翘曲变形的目的^[3-5]。

1 产品结构分析与有限元模型建立

1.1 产品结构模型建立

遥控器前壳是典型的薄壁双色塑件,外观尺寸 160 mm × 52 mm × 5 mm,内层壁厚 1.5 mm,内侧有较多细小加强筋,材料为纯白色丙烯腈 ABS/PC;外层壁厚 1.0 ~ 1.5 mm,中间厚,边缘薄,材料为透明的聚甲基 PMMA。利用 NX6.0 软件分别建立内、外层三维模型,进行装配,并去除影响有限元模型建立的小加强筋和圆角,对模型进行简化,再以 x_t 格式导入 AMI 软件^[6]。

1.2 有限元模型建立

采用 3D 网格类型对遥控器结构模型进行网格划分,一次注射(内层)采用热流道边缘点浇口进胶,二次注射(外层)采用冷流道边缘扇形浇口进胶^[7],内、外层有限元模型如图 1 所示。

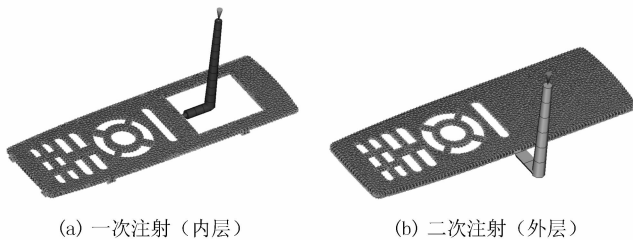


图 1 遥控器有限元模型

Figure 1 Fem model of remote shell

2 正交试验设计与 AMI 数值模拟

2.1 材料选择

内层材料选用 AMI 软件材料库中的 LG Chemical Lupoy HR5005A 丙烯腈 ABS/PC,推荐成型工艺:模具温度 80 ℃,熔体温度 235 ℃,范围 220 ~ 250 ℃。外层材料选用 AMI 材料库中的 LG MMA Co Ltd PMMA IH-830 聚甲基 PMMA,推荐成型工艺:模具温度 70 ℃,熔体温度 245 ℃,范围 225 ~ 265 ℃。

2.2 正交试验设计

数值模拟试验分别考虑内、外层成型过程中的熔体温度、注射速率、保压压力、保压时间和冷却时间等因素对双色塑件翘曲变形的影响,每个因素取 3 个水平,对各个试验因素的水平设置如表 1 所示^[8]。

根据正交表 $L_{27}(3^{13})$ 设计试验,采用 AMI 软件热塑性塑料重叠注塑模块中的“充填 + 保压 + 重叠注塑充填 + 重叠注塑保压 + 翘曲”分析序列进行数值模拟分析^[9],读取分析结果中翘曲变形最大值 y_i ,试验设计及结果如表 2 所示。

2.3 试验结果分析

1) 极差分析

极差为各试验因素分别在 3 个水平下引起的翘曲变形量的均值最大与最小之差,用于反应翘曲变形结果的离散程度,极差越大,说明该因素对翘曲变形影响越显著,反之则影响越小。根据试验结果数据计算各试验因素分别在 3 个水平下的均值 k_i 和极差 R 如表 3 所示。

2) 方差分析

方差用于反应试验结果与期望之间的离散程度,用于量化某个试验因素对双色件翘曲变形量的影响贡献率,并用统计学检验标准判断某个试验因素对翘曲变形量是否有显著性的影响^[10],对试验数据进行方差分析的结果如表 4 所示。

3 最优工艺参数组合

从极差分析结果表 3 可以看出,以遥控器双色前壳翘曲变形量最大值最小为目标的最优工艺参数组合为:内层(熔体温度(x_{11}) 250 ℃、注射速率(x_{12}) 20 cm^3/s 、保压压力(x_{13}) 70%、保压时间(x_{14}) 2 s、冷却时间(x_{15}) 10 s),外层(熔体温度(x_{21}) 225 ℃、注射速率(x_{22}) 20 cm^3/s 、保压压力(x_{23}) 90%、保压时间(x_{24}) 6 s、冷却时间(x_{25}) 30 s)。从方差分析结果表 4 可以看出:外层保压时间和外层冷却时间对该双色塑件翘曲

表 1 因素水平表

Table 1 Levels of factors

水平	因素									
	一次注射(内层)					二次注射(外层)				
	熔体温度	注射速率	保压压力	保压时间	冷却时间	熔体温度	注射速率	保压压力	保压时间	冷却时间
	$x_{11}/^\circ\text{C}$	$x_{12}/(\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$x_{13}/\%$	x_{14}/s	x_{15}/s	$x_{21}/^\circ\text{C}$	$x_{22}/(\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$x_{23}/\%$	x_{24}/s	x_{25}/s
1	220	20	70	2	10	225	20	70	2	10
2	235	30	80	4	20	245	30	80	4	20
3	250	40	90	6	30	265	40	90	6	30

表2 $L_{27}(3^{13})$ 试验设计及结果

Table 2 Experimental design and results of $L_{27}(3^{13})$

试验	参数因子													
序号	x_{11}	x_{12}	e	e	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{21}	x_{22}	e	x_{23}	x_{24}	x_{25}	y_i/mm
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.423 0
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4.193 0
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5.233 0
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	0.580 2
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	5.637 0
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	5.111 0
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1.765 0
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	2.507 0
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	7.968 0
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1.324 0
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2.564 0
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2.411 0
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	2.202 0
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	4.015 0
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	0.942 5
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	2.574 0
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	3.090 0
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	2.130 0
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	0.915 7
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	0.778 6
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	2.476 0
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	0.606 1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	0.558 9
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	2.279 0
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	2.631 0
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	2.960 0
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3.578 0

注:表中 y_i 为每一行工艺参数组合下双色塑件的最大翘曲变形量; e 表示试验误差列。

变形无显著性影响,可以忽略。为缩短成型周期,提高生产效率,故保压时间取2 s、冷却时间取10 s。将优化后的工艺参数组合输入AMI软件进行数值分析验证^[11],分析结果如图2所示,结果显示此时的翘曲变形量最大值为0.561 7 mm,与正交试验中最小试验结果值0.558 9 mm相仿,但生产效率显著提高,故最优工艺参数组合的试验结果合理。

表3 极差分析结果

Table 3 Range analysis results

因素	k_1	k_2	k_3	R
x_{11}	3.824 1	2.361 4	1.864 8	1.959 3
x_{12}	2.368 7	2.436 9	3.244 8	0.876 1
x_{13}	1.557 9	2.922 6	3.569 8	2.011 9
x_{14}	1.505 5	2.974 4	3.570 4	2.065 0
x_{15}	2.418 9	2.441 5	3.189 9	0.771 0
x_{21}	2.283 6	2.733 3	3.033 4	0.749 9
x_{22}	2.556 0	2.640 4	2.854 0	0.298 0
x_{23}	3.061 1	2.537 6	2.451 7	0.609 4
x_{24}	3.157 7	2.731 1	2.161 5	0.996 3
x_{25}	3.016 7	2.647 2	2.386 4	0.630 3

注:表中 k_1 、 k_2 、 k_3 为每一个因素分别在1、2、3三个水平上翘曲变形量的均值; R 为极差。

表4 方差分析结果

Table 4 Calculation result of variance

参数 因子	S_j	d_f	M_{Sj}	F_j	$F_{0.05}$	显著 性	贡献 率/%
x_{11}	18.675 5	2	9.337 8	10.47	5.14	√	22.68
x_{12}	4.274 7	2	2.137 4	2.40	5.14	×	5.19
x_{13}	18.987 9	2	9.494 0	10.65	5.14	√	23.06
x_{14}	20.331 4	2	10.165 7	11.40	5.14	√	24.69
x_{15}	3.465 6	2	1.732 8	1.94	5.14	×	4.21
x_{21}	2.563 9	2	1.282 0	1.44	5.14	×	3.11
x_{22}	0.424 6	2	0.212 3	0.24	5.14	×	0.52
x_{23}	1.958 3	2	0.979 2	1.10	5.14	×	2.38
x_{24}	4.497 1	2	2.248 6	2.52	5.14	×	5.46
x_{25}	1.805 6	2	0.902 8	1.01	5.14	×	2.19
e	5.349 0	6	0.891 5				6.50
总计	82.333 6	26					100.00

注: S_j 为离差平方和; d_f 为自由度; M_{Sj} 为均方离差平方和; F_j 为参数因子均方与误差项均方的比值; $F_{0.05}$ 为显著水平为0.05时 F 分布表的临界值;贡献率%的计算方法为因子离差平方和与样本总体离差平方和的百分比;√符号表示有显著影响;×符号表示无显著影响。



图2 优化后的翘曲变形分析结果

Figure 2 Optimal analysis results of warping deformation

4 结语

1) 确定了符合实际生产需求的最优工艺参数组合:即内层(熔体温度 250 ℃、注射速率 20 cm³/s、保压压力 70%、保压时间 2 s、冷却时间 10 s),外层(熔体温度 225 ℃、注射速率 20 cm³/s、保压压力 90%、保压时间 2 s、冷却时间 10 s)。

2) 获得了影响遥控器双色前壳翘曲变形的因素重要性先后顺序为:内层保压时间、内层保压压力、内层熔体温度等 3 个因素对翘曲变形有显著性影响,其余因素依次为外层保压时间、内层注射速率、内层冷却时间、外层熔体温度、外层冷却时间、外层保压压力和外层注射速率。

3) 验证了基于正交试验的双色塑件翘曲变形快速优化的科学性与合理性。

参考文献:

- [1] 冯刚,田雅萍,张朝阁,等. 双色注射成型技术研究进展[J]. 工程塑料应用,2014,42(8):111-115.
- [2] 黄海龙,李晓春. 基于 AMI 与正交试验的餐盘翘曲变形优化[J]. 塑料,2016,45(4):92-94.
- [3] 夏建生,窦沙沙. Moldflow/MPI 在双色注射成型中的应用[J]. 模具工业,2009,35(1):12-15.
- [4] 孙国栋,刘长华. 基于 Moldflow 软件的双色注射成型过程研究[J]. 塑料工业,2016,44(1):48-50.
- [5] 薛玮珠. 基于 CAE 分析的汽车饰件顺序注射模具成型研究[J]. 机电工程,2015,32(5):622-625.
- [6] ZHU Chundong, LI Futao, ZHU Hongyan. Optimizing the injection molding process parameters based on orthogonal test and MoldFlow [J]. China plastics industry,2009(增刊 1):30-32.
- [7] 胡开元,王雷刚,黄瑶. 注塑工艺参数对双色注射成型影响分析[J]. 现代塑料加工应用,2009,21(6):37-40.
- [8] 张成军. 实验设计与数据处理[M]. 北京:化学工业出版社,2011:8-51.
- [9] GUAN Zhijie, LU Jun. Optimization design of technological parameters for surface quality of injection molding product based on MoldFlow and orthogonal experiment [J]. Engineering plastics application,2010,38(8):36-38.
- [10] 黄海龙,狄金叶. 基于正交试验的长条薄壁板件注塑工艺参数优化与定量分析[J]. 轻工机械,2016,34(3):65-68.
- [11] ZHAO Guo, XIN Yong. Optimization of parameters in injection molding based on multi-target comprehensive evaluation [J]. Engineering plastics application,2008,36(1):31-34.

[信息·简讯]

· 技术信息 ·

专业级易碎食品温和输送技术解决方案

Piab 正式发布业界第一款片剂专用真空输送机 piFLOW® t,以开创性流量控制技术实现温和输送,实现了片剂和其他易碎、高价值产品自动化输送的新突破。piFLOW® t 真空输送机主要面向制药行业中的片剂和胶囊输送应用而开发,每小时最高可输送 4 000 000 颗片剂,亦可用于其他易碎产品输送例如包衣糖果、烘焙咖啡豆和完整坚果。

piFLOW® t 真空输送机的核心是 piGENTLE® 技术,该技术能够灵活调节真空发生器的进气压力,确保高效、可靠、温和、完好无损地输送片剂、胶囊或其他易碎产品。piFLOW® t 是 Piab 已经面世且广受欢迎和好评的 piFLOW® 系列粉末和散装物料真空输送机的一大有力扩展,专为满足制药(piFLOW® p)、食品(piFLOW® f)和化学(piFLOW® i)行业中苛刻严格的安全和卫生需求而设计。

(Adity Malhotra)