

基于 Moldflow 的绘图板注射成形优化设计

骆美芝^{1,2}, 范振波^{1,3}, 钱晓晶⁴, 刘 红¹

(1. 浙江工业大学 机械工程学院, 杭州 310014; 2. 金华市技师学院 模具技术教研室, 浙江 金华 321000;
3. 金华工字牌车辆有限公司, 浙江 金华 321000; 4. 浙江交通技师学院 机电系, 浙江 金华 321000)

摘 要: 绘图板的注塑件在注塑过程中易产生翘曲变形。为此, 基于 Moldflow 注塑模拟分析软件和正交试验方法, 对不同工艺条件下的注塑过程进行了模拟分析, 并运用隶属函数对分析所得的翘曲变形量进行评判。通过采用极差法分析出各因素对该塑件翘曲变形的影响程度和趋势, 同时绘制因素水平影响趋势图, 分析得到一组最佳的工艺参数组合方案, 经过模拟验证后最终可指导绘图板注塑成形, 生产出理想的绘图板产品。

关键词: 注塑成形; 正交试验法; 极差法; 工艺参数; 优化设计

中图分类号: TQ320.66

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2009)03-0285-04

Optimized design of the drafting board process based on the software of Moldflow

LUO Mei-zhi^{1,2}, FANG Zheng-bo^{1,3}, QIAN Xiao-jing⁴, LIU Hong¹

(1. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;

2. Teaching and Research Section of Mold, Jinhua Technician College, Jinhua 321016, China; 3. Jinhua Gongzi Vehicles Manufacturing Co., Ltd., Jinhua 321016, China; 4. Machine Engineering Department, Zhejiang Traffic Technician College, Jinhua 321015, China)

Abstract: The drafting board is an injected part with larger volume. This kind of product is easier to warp. So it is key to set up the injection molding process. Injection molding process of the drafting board is simulated based on different technology conditions by analysis software of Moldflow and orthogonal experiment method. The warp value is graded by using membership function. The degree and tendency induced by various factors are analyzed by using range analysis. Through analyzing the diagram of factor levels influent trend which is described according the last simulated results, the most optimized process parameters scheme is got. The conclusion of the process scheme is simulated and is used to direct the injection.

Key words: injection molding; orthogonal experiment method; range analysis; process parameter; optimized design

Moldflow 软件是美国 Moldflow 公司的产品, 其软件包括三部分, 其中一部分是 Moldflow Plastics In-

sight 简称为 MPI。用户可以利用 MPI 的技术在模具加工前用计算机对制件的几何形状、材料的选择、

模具设计及加工参数进行优化,并可以模拟分析整个注塑成形的过程,准确预测熔体的填充、保压、冷却情况,以及制件中的应力分布,分子和纤维取向分布、制件的收缩和翘曲变形等,以便及早发现问题,从而获得高质量的产品,缩短制模周期^[1]。

绘图板总成是一种应用广泛的绘图工具,其中绘图板是最主要的基础零件,采用PS 工程材料。该板尺寸大,板厚薄,由于绘图板在注射成形时易发生变形,因此会出现装配困难或装配后不好使用等问题。所以,影响绘图板注射成形时质量的最主要因素是翘曲,绘图板注射成形时应特别注意控制变形量,翘曲变形越小越好。而影响翘曲变形的因素主要是注射成形工艺,如热浇口温度、注射参数、保压压力和时间、冷却时间、冷却方式等,因此需要借助Moldflow 注塑模流动分析选择合理的注射成形工艺参数^[2]。

Moldflow 注塑模流动分析涉及填充、流动、冷却及翘曲,对于翘曲分析,假设熔体的前沿温度不变,计算的结果比较精确,而 Fill-Cool-Flow-Wrap(简称FCFW)是假设前沿的熔体温度不变,因此采用分析类型选择FCFW^[3]。

1 有限元模型建立

将实物模型利用UG 软件造型,见图1,以STL 格式导入到Moldflow 中去,图板厚度比较薄,所以采用Midplane(中平面)模式导入,再进行网格划分,

表 1 因素和因素水平表
Table 1 Factors and levels

水平	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	275	230	120	60	30	1	50	4	1
			98	80	80	29			
2	265	240	140	90	20	1	20	6	2
			90	60	60	25			
3	255	250	160	75	15	1	5	8	3
			85	40	30	20			

2 模拟试验结果分析

正交试验设计是利用规格化的正交表,恰当地设计出试验方案和有效地分析出试验结果,提出最优配方和工艺条件,进而设计出可能更优秀的试验方案的一种科学方法。注塑工艺是一个复杂的过程,影响塑件的工艺参数很多,为了减少试验次数,同时获得足够的参数,模拟实验采用正交试验法,通

该塑件共分为16 042 个网格,通过对网格进行修补,调节纵横比,其纵横比最大值为5.97,已经达到分析要求,得到塑件的有限元模型如图2。

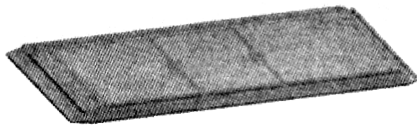


图 1 三维模型图
Fig. 1 3D model

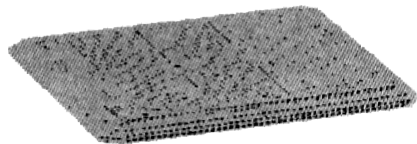


图 2 塑件的有限元网格模型

Fig. 2 The finite element meshes model of injected part

影响塑件的因素很多,本研究选取对塑件成形过程影响较大的10 个因素,每个因素安排3 个水平。因素分别为A 热浇口温度,B 熔体温度,C 第一段注射参数(螺杆位置和注射速度),D 第二段注射参数(螺杆位置和注射速度),E 第三段注射参数(螺杆位置和注射速度),F 第四段注射参数(螺杆位置和注射速度),G 保压压力,H 保压时间,I 冷却方式,J 冷却时间,以及热浇口温度和第一段注射参数的交叉影响;第一段与第二段注射参数的交叉影响,第四段注射参数与保压压力的交叉影响,见表1。冷却管道的3 种布置方式如图3 所示。

过分析试验结果,提出最优的注塑工艺条件。基于10 因素3 水平,选取田口型正交表 $L_{27}(3^{13})$ ^[4]。通过Moldflow 模拟分析可知,在绘图板翘曲较严重的有2 处,一处是在板中间位置(设翘曲量为正),一处是在带通孔附近的角上(翘曲量为负),而影响翘曲的因素有取向因素引起的、冷却因素引起的和收缩因素引起3 种,其中取向因素对翘曲的影响很小,可以忽略不计。收缩因素影响翘曲变形严重,冷却因素

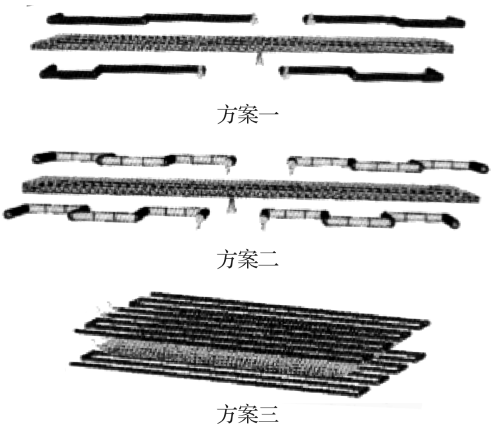


图3 冷却管道布置方式

Fig.3 Layout of the cooling channels

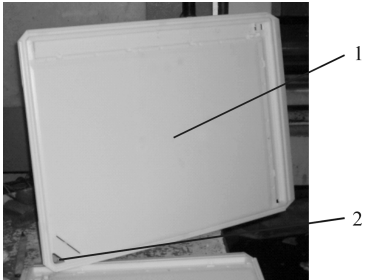


图4 绘图板产品图

Fig.4 The drafting board

表2 实验正交表 $L_{27}(3^{13})$ 及试验结果数据

Table 2 Experiment array and result

试验方案														试验结果		
试验号	A	A×C	B	C×D	C	D	E	F×G	F	G	H	I	J	位置1处变 形量/mm	位置2处变 形量/mm	综合 评分
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.92	-4.82	37.30
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.92	-5.17	36.66
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.10	-6.76	27.42
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	1.90	-5.12	36.95
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	1.92	-4.70	37.56
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	1.95	-5.21	36.39
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	2.05	-5.34	35.44
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	2.02	-5.17	35.96
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1.93	-4.94	37.00
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1.80	-4.27	39.39
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2.21	-5.31	34.45
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2.53	-6.31	30.97
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	1.82	-4.98	37.77
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	1.92	-4.77	37.42
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	2.23	-5.58	33.83
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	1.81	-4.96	37.93
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	3.33	-1.78	25.92
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	1.94	-4.83	37.16
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1.99	-5.01	36.44
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2.23	-5.60	33.84
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	1.94	-5.07	36.68
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	3.03	6.71	27.80
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	1.99	-4.99	36.50
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	1.90	4.73	37.65
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	1.95	4.86	37.01
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	2.25	-5.64	33.62
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	1.85	-4.54	38.40

在本模拟实验中,模型关键部位1、2处翘曲量对制品的重要程度各有侧重,无法直接将2个数据进行叠加评价。因此,本次模拟实验采用模糊数学中的隶属函数进行处理^[5],如下式所示:

$$f(x) = e^{-\frac{x^2}{2}} \quad x \in (-\infty, \infty)$$

根据指标在综合评价中重要程度的不同,采用百分制加权综合评分。

权值分配:采用百分制加权,由于正方向翘曲越大对图板装配影响越大,收缩因素权值取 60,负方向收缩因素权值取 40,计算出综合评分如表 2。

按表 2 结果建立表 3 的极差分析表,极差值越大表示该项因素影响越大,越重要。

根据极差分析法,由表 3 可以直观地看出,影响绘图板翘曲变形因素的重要程度依次是 $H, D, G, B, C, A \times C, J, E, A, I, C \times D, F, F \times G$ 。可见保压时间 H

的极差值最大,是一个重要影响因素;第二段注射参数 D 的极差值次之,也是比较重要的影响因素;而第四注射参数 F 及其与保压压力组合 $F \times G$ 的极差值最小,是次要因素。

由图 5 水平影响趋势图也可以明显地看出,因素保压时间 H 的变化趋势最大,第二段注射参数 D 、保压压力 G 次之,第四段注射参数 F 及其与保压压力的组合 $F \times G$ 的变化相对缓和。

表 3 综合评判极差分析结果

Table 3 Result of comprehensive evaluation range analysis

水平评分均值	A	A × C	B	C × D	C	D	E	F × G	F	G	H	I	J
k_1	35.63	34.80	33.82	35.49	36.223 6	35.07	35.58	35.17	35.11	36.58	37.46	35.00	35.13
k_2	34.98	35.76	36.08	35.43	34.66	37.55	34.82	35.56	35.55	36.07	35.91	35.62	34.94
k_3	35.33	35.38	36.04	35.02	35.06	33.32	35.54	35.21	35.28	33.29	32.57	35.32	35.87
极差	0.65	0.97	2.26	0.48	1.57	4.24	0.76	0.39	0.44	3.29	4.90	0.61	0.92

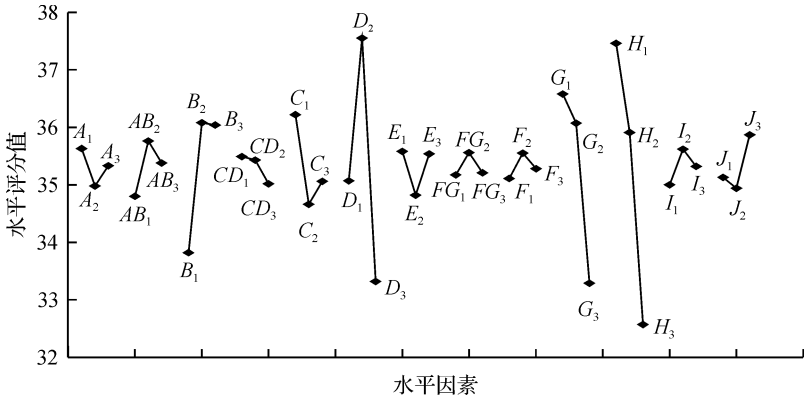


图 5 水平影响趋势

Fig. 5 The response diagram of levels

通过观察水平影响趋势图,因素的各水平综合值越高的,所选择的参数越合理。从图 5 中可以得出该模型的最佳因素工艺参数为 $A_1 (A \times C)_2 B_2 (C \times D)_3 C_1 D_2 E_3 (F \times G)_1 F_2 G_3 H_1 I_2 J_3$ 。在表 3 的试验方案中没有相应的组合,所以必须通过试验验证。通过 Moldflow 分析,在优化工艺水平 $A_1 (A \times C)_2 B_2 (C \times D)_3 C_1 D_2 E_3 (F \times G)_1 F_2 G_3 H_1 I_2 J_3$ 条件下,模拟实验结果为:位置 1 处变形量 1.775 mm,位置 2 处变形量 4.21 mm,综合评分值为 39.69。从表 3 可知,该方案的综合评分值为最高值,模拟实验表明该方案为最佳工艺组合方案。

通过最佳工艺组合方案试模,达到理想的绘图板产品,如图 4 所示。

3 结 语

模拟实验和分析结果表明,本文采用 Moldflow

软件分析工具,结合正交试验法和模糊数学综合评判法,可以得出一组最优的注塑工艺参数。根据最优的注塑工艺参数指导注塑成形,可以使绘图板的翘曲量达到最少,得到理想的产品,并可大大节约试模时间。

参考文献:

[1] 刘来英. 注塑成型工艺[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.

[2] 李金国,王卫兵,王金生. 车灯面罩注射成型的工艺参数优化[J]. 轻工机械,2007,10(7):27-29.

[3] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

[4] 潘丽军,陈锦权. 试验设计与数据处理[M]. 南京:东南大学出版社,2008.

[5] 彭祖赠,孙韞玉. 模糊(Fuzzy)数学及其应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,1999.