

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.12.014

某型电机上盖注射成型工艺参数优化^{*}

王忠利¹, 琚爱云², 赵磊^{1,3}

(1. 郑州科技学院电气工程学院, 郑州 450064; 2. 郑州理工职业学院机电工程系, 郑州 450015;

3. 贵州凯敏博机电科技有限公司研发中心, 贵阳 550025)

摘要: 针对某型电机上盖在注射成型过程中的参数优化问题, 利用 Moldflow 注塑仿真软件建立注塑方案模型, 对电机上盖进行注塑仿真, 预测其翘曲、体积收缩以及缩痕效果, 并结合正交试验、极差分析和综合评分方法对电机上盖注塑工艺参数进行优化。通过参数优化, 得出一组较优参数组合, 在该组合参数条件下, 电机上盖成型综合质量较好, 其中, 熔体温度对综合评分影响最大。

关键词: 注塑工艺; 仿真; 参数优化; 综合评分; 正交试验

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)12-0065-04

Optimization of Injection Molding Process Parameters for a Certain Type Motor Cover

Wang Zhongli¹, Ju Aiyun², Zhao Lei^{1,3}

(1. School of Electrical Engineering, Zhengzhou Institute of Science and Technology, Zhengzhou 450064, China; 2. Department of Mechanical and Electronic Engineering, Zhengzhou Vocational College of Science and Technology, Zhengzhou 450015, China; 3. Research and Development Center of Guizhou Kaiminbo Mechanical and Electrical Technology Co. Ltd., Guiyang 550025, China)

Abstract: According to the warping phenomenon of a certain type of motor cover in forming process, the injection molding simulation software of Moldflow was used to simulate the injection molding of the part, and the warping effect, volume shrinkage and shrinkage mark effect were predicted by simulation, then, the orthogonal test, range analysis and comprehensive scoring method were combined to optimize the injection molding process parameters. By the optimization of parameters a better parameter combination could be obtained, the result shows that under the better parameter combination, the comprehensive quality of the motor cover is better, the melt temperature has the greatest impact on the comprehensive score.

Keywords: injection process; injection molding simulation; parameter optimization; comprehensive score; orthogonal test

注射成型是目前塑料制品成型加工的主要方法, 注射模具在整个塑料模具中约占 90%。在注射模具设计完后, 决定塑料制品质量和生产效率的关键因素在于成型工艺参数设置^[1]。塑料件质量, 直接影响着塑料件在实际生产和装配中的使用, 翘曲过大不仅影响塑料件的外观质量, 而且对塑料件力学性能和正常装配都有重要影响; 塑料件体积收缩过大则影响塑料件尺寸和使用装配; 塑料件熔接痕较严重在很大程度上影响着塑料件外观^[2-5]。目前, 已有众多研究者对塑料件质量的提高进行研究, 但针对单指标进行试验优化较多^[1-4]; 也有部分研究者采用多指标优化方法对注塑工艺参数进行优化研究, 但由于不同塑料件在各自结构、材料和使用性能等方面的不同, 所采取的侧重点和试验参数、数据处理方法等也存在一定差别^[5-8]。

笔者针对某型电机上盖的使用要求, 综合采用正交试验法、极差分析方法、综合评分法等对塑料件成型工艺参数进行多指标综合优化, 以获取相对较

优的参数组合, 进一步提高塑料件的质量。

1 塑料件使用要求及其成型工艺分析

图 1 为电机上盖结构图。该塑料件需要和其它零件进行装配, 在塑料件边沿的 3 个突出位置要求变形不超过 0.7 mm, 体积收缩率不超过 10%, 能够满足塑料件的装配和使用要求。该塑料件最大轮廓尺寸为 180 mm × 180 mm × 40 mm, 主要壁厚 3 mm, 最大壁厚 5 mm, 边沿突出位置在成型时易引起翘曲和体积收缩, 因此在数值模拟时, 需重点考虑边沿突出位置的翘曲和形变, 将其数值控制在使用要求变形范围之内。

2 电机上盖注塑方案设计

2.1 注塑分析前处理

对电机上盖三维模型进行网格划分, 如图 2 所

^{*} 贵州省工业攻关项目 (黔科合 GY 字 [2013]3023)

联系人: 王忠利, 讲师, 硕士, 主要研究电机工程、材料成形工程

收稿日期: 2015-09-15

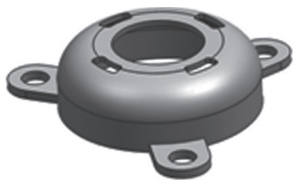


图1 电机上盖结构图

示,统计网格总数为 9 222 个,网格匹配率为 93.7%,相互百分比为 91.1%,最大纵横比小于 6.0,网格质量较好。

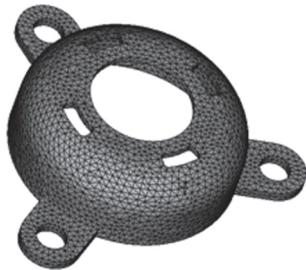


图2 电机上盖网格模型

2.2 注射成型方案设计

为了满足大批量生产要求,提高生产效率,采用 1 模 4 件成型方案,冷却系统采用直径 10 mm 的管道上下分别设置 10 根,冷却液从离主流道最近的两侧位置流入,从最外两侧流出。浇注系统和冷却系统模型如图 3 所示。

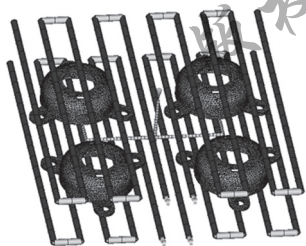


图3 浇注系统和冷却系统模型

3 正交试验设计

3.1 各试验因素水平设计

综合采用极差分析、综合评分方法,选取模具温度(用 A 表示,水平分别为 70, 80, 90 °C)、熔体温度(用 B 表示,水平分别为 220, 240, 260 °C)、保压压力(用 C 表示,水平分别为最大注塑压力的 90%, 100%, 110%)、保压时间(用 D 表示,水平分别为 10, 15, 20 s)、冷却时间(用 E 表示,水平分别为 10, 15, 20 s)以及注射时间(用 F 表示,水平分别为 2, 3, 4 s)6 个工艺参数作为试验因素,对塑料件最大翘曲变化、体积收缩率及最大缩痕估算数值进行正交试验,对试验结果进行数据分析。试验因素及其水平见表 1,制品材料选择 INEOS 公司生产的

Lustran 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS) Elite HH 1827,其余工艺参数设置采用默认值。

表1 实验因素及其水平表

水平	因素					
	$A/^\circ\text{C}$	$B/^\circ\text{C}$	$C/\%$	D/s	E/s	F/s
1	70	220	90	10	10	2
2	80	240	100	15	15	3
3	90	260	110	20	20	4

3.2 正交试验方案设计

选用 $L_{18}(3^7)$ 型正交试验表,采用表中设计的参数进行注塑模拟仿真,对塑料件翘曲、收缩率以及熔接痕等缺陷进行分析,在评价指标一栏分别用 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 以及 Y^* 表示塑件最大翘曲量、塑料件体积收缩率、缩痕估算以及综合加权评分结果。正交试验设计的 18 种试验方案见表 2。

4 结果分析

4.1 综合评分计算

将 18 种试验方案对塑料件翘曲、体积收缩和缩痕估算 3 项试验指标的模拟结果记录到表 2,用 $Y(i, j)$ 表示各项试验指标的评分数值,按照公式 (1) 对各试验综合加权评分进行百分制折合计算。

$$Y(i, j) = 100(A_{j\max} - A_j) / (A_{j\max} - A_{j\min}) \quad (1)$$

式中: A_j ——试验指标数值;

i ——试验号;

j ——试验指标号。

由于塑料件对翘曲和体积收缩率质量要求较高,本方案设置塑件翘曲和体积收缩率权重分别为 0.4,缩痕估算数值权重为 0.2。

各组试验指标的综合加权评分数值用公式 (2) 进行计算。

$$Y_i^* = \sum_{j=1}^3 Y(i, j) \cdot W_j \quad (2)$$

式中: Y_i^* ——综合评分值;

W_j ——各指标权重。

通过综合加权评分等方法,得出综合评分值最高为第 10 组试验方案,分值为 99.092 7。各次试验的综合加权评分见表 2。

4.2 数据极差分析

通过极差分析,得出各因素对塑料件综合评分影响的主次顺序为:BCFEDA。熔体温度对综合评分的影响最大。根据表 2 的综合评分均值,在二维坐标中绘制各因素水平变化对综合评分的影响趋势如图 4 所示,其中,横坐标为各因素水平值,纵坐标为同一因素在不同水平下综合评分的均值。

表 2 正交试验表

序号	试验因素						评价指标			综合加权评分 Y'
	$A/^\circ\text{C}$	$B/^\circ\text{C}$	$C/\%$	D/s	E/s	F/s	Y_1/mm	Y_2/mm	$Y_3/\%$	
1	70	220	90	10	10	2	0.7781	0.1212	9.355	47.4381
2	70	240	100	15	15	3	0.6785	0.1128	10.39	52.9891
3	70	260	110	20	20	4	0.6344	0.1138	11.28	45.5711
4	80	220	90	15	15	4	0.7002	0.1095	9.352	69.1213
5	80	240	100	20	20	2	0.7083	0.1169	10.4	44.6486
6	80	260	110	10	10	3	0.6613	0.1207	11.39	35.0376
7	90	220	100	20	10	3	0.6698	0.0996	9.37	78.9833
8	90	240	110	10	15	4	0.6025	0.0951	10.34	77.1343
9	90	260	90	15	20	2	0.7588	0.1438	11.42	4.5888
10	70	220	110	15	20	3	0.6053	0.0835	9.366	99.0927
11	70	240	90	20	10	4	0.7041	0.1229	10.34	44.7702
12	70	260	100	10	15	2	0.7142	0.1336	11.43	17.9389
13	80	220	100	10	20	4	0.634	0.0932	9.352	89.6074
14	80	240	110	15	10	2	0.6611	0.1052	10.39	59.4734
15	80	260	90	20	15	3	0.7383	0.1419	11.39	10.4662
16	90	220	110	20	15	2	0.6478	0.0902	9.354	87.4204
17	90	240	90	10	20	3	0.7292	0.1268	10.39	36.7967
18	90	260	100	15	10	4	0.6801	0.1279	11.29	30.2920
均值 1	51.3000	78.6105	35.5302	50.6588	49.3324	43.5847	主次顺序: BCFEDA			
均值 2	51.3924	52.6354	52.4099	52.5929	52.5117	42.2276				
均值 3	52.5359	23.9824	67.2882	51.9766	53.3842	59.4160				
极差 R	1.4889	46.4042	37.3158	2.2298	4.9124	18.4853				
优水平	A_3	B_1	C_3	D_2	E_3	F_3				
优组合	$A_3B_1C_3D_2E_3F_3$									

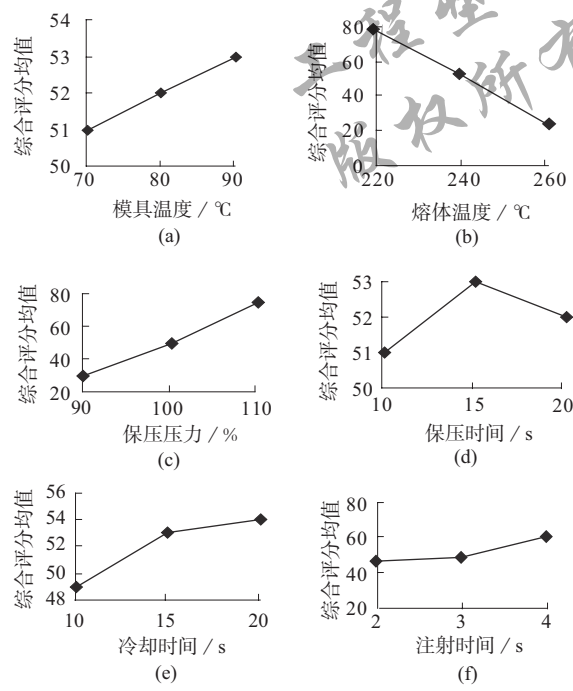


图 4 各因素水平变化趋势

4.3 最优参数组合选取

通过极差分析得到较优参数组合为: $A_3B_1C_3D_2E_3F_3$,在此将该参数组合命名为第 1 参数组合。通过综合评分方法获得的最优参数组合为: $A_1B_1C_3D_2E_3F_2$,该参数组合命名为第 2 参数组合,该组

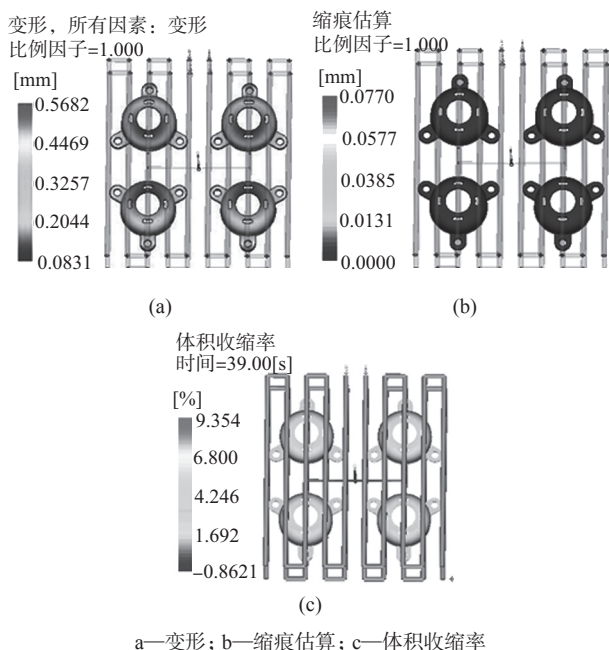
参数方案所得综合评分值 99.0927,为所有试验中最高综合评分。通过将该参数组合与第 1 参数组合进行对比,可知两组参数组合差别较大。为了进一步得出两组参数组合中的较优者,针对第 1 参数组合再次进行仿真分析。结果显示,在第 1 参数组合条件下,塑料件最大翘曲变形为 0.5682 mm,体积收缩率为 9.35%,缩痕估算值为 0.077 mm,将该结果与第 2 参数组合模拟结果进行比较,其数值模拟所得 3 个指标数值均小于第 2 参数组合模拟结果,综合考虑制品使用要求,确定最优参数组合为: $A_3B_1C_3D_2E_3F_3$ 。极差分析最优参数组合方案验证结果如图 5 所示。

5 结论

(1) 通过正交试验、极差分析以及综合评分方法,得出方案较优参数组合 $A_3B_1C_3D_2E_3F_3$ 以及影响塑料件综合质量的主次因素,为后续工艺参数的调整和修改提供了一定参考依据。

(2) 采用单一优化方法可能存在优化缺陷,综合采用多种优化方法,可以相互弥补单一方法缺陷,更有利于获取更优参数组合,使优化参数更接近理论最优组合,优化结果更可靠。

(3) 根据各因素水平变化趋势得出,塑料件综合评分均值随着模具温度的升高而升高,



a—变形; b—缩痕估算; c—体积收缩率

图5 最优方案验证结果

随着熔体温度的升高而降低,随着保压压力的增大而升高,随着保压时间的增大先升高后降低,随着冷却时间和注射时间的增加而升高。

参考文献

- [1] 陈燕,蔡伟亮,蔡一蓝. 基于 CAE 与正交试验的多指标注塑成型工艺参数优化[J]. 模具工业, 2010, 38(4):36-38.
Chen Yan, Cai Weiliang, Cai Yilan. Optimization of multi-index injection parameters based on CAE and orthogonal test[J]. Die & Mould Industry, 2010, 38(4):36-38.
- [2] 狄金叶,褚忠,王凡龙,等. Moldflow 在汽车置物箱翘曲变形分析中的应用[J]. 模具工业, 2010, 36(1):47-50.
Di Jinye, Zhu Zhong, Wang Fanlong, et al. Application of moldflow technology in analysis of the warpage of automotive storage box[J].

Die & Mould Industry, 2010, 36(1):47-50.

- [3] 梅益,汪希奎,肖石霞,等. 复杂注塑零件翘曲最优化控制方法研究及应用[J]. 塑料工业, 2013, 41(5):52-54.
Mei Yi, Wang Xikui, Xiao Shixia, et al. The control method and application on warping optimization of complex injection parts[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(5):52-54.
- [4] 单志,梅益,郭建兵,等. 基于数值模拟的汽车外饰件熔接痕分析及优化设计[J]. 中国塑料, 2010, 24(4):58-60.
Shan Zhi, Mei Yi, Guo Jianbing, et al. Optimization design of weld line of automobile decoration parts based on numerical simulation[J]. China Plastics, 2010, 24(4):58-60.
- [5] 汪希奎,梅益,田燕,等. 注塑零件多指标优化方法研究及应用[J]. 塑料工业, 2014, 42(6):64-67.
Wang Xikui, Mei Yi, Tian Yan, et al. The research application on multi-target optimization of injection parts[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(6):64-67.
- [6] 赵果,辛勇. 基于多指标综合评价的注塑工艺参数优化[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(1):31-34.
Zhao Guo, Xin Yong. Optimization of parameters in injection molding based multi-target comprehensive evaluation[J]. Engineering Plastics Application, 2008, 36(1):31-34.
- [7] 魏效玲,薛冰军,赵强. 基于正交试验设计的多指标优化方法研究[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2010, 27(3):95-99.
Wei Xiaoling, Xue Bingjun, Zhao Qiang. Optimization design of the stability for the plunger assembly of oil pumps based on multi-target orthogonal test design[J]. Journal of Hebei University of Engineering: Natural Science Edition, 2010, 27(3):95-99.
- [8] 卫伟,胡泽豪. 正交试验设计的注塑成型工艺参数多目标优化设计[J]. 现代制造工程, 2009(2):94-97.
Wei Wei, Hu Zehao. Multi-objective optimization design of the injection molding process parameters based on orthogonal experimental design[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2009(2):94-97.

2019 年全球生物塑料产能有望达到 780 万 t

在于柏林召开的第十届欧洲生物塑料研讨会上,欧洲生物塑料协会预测,未来 4 年,全球生物塑料产能将在 2014 年 170 余万 t 的基础上增长 360%,至 2019 年有望达到约 780 万 t。

欧洲生物塑料协会与德国研究机构德国汉诺威应用科学技术大学生物塑料与生物复合材料研究所 (IfBB) 和诺瓦研究院合作编辑的数据表明,生物基聚乙烯和生物基聚对苯二甲酸乙二酯将成为这一增长的主要动力。

2014 年全世界超过 60% 的生物塑料产能为生物基耐用塑料。预计到 2019 年,这一份额将增长至 80% 以上。其中,生物可降解塑料(如聚乳酸、聚羟基脂肪酸酯和淀粉共混物)的产能也将稳步增长,预计 4 年间将增长近 1 倍,由 2014 年的 70 万 t 增长至 2019 年的 120 多万 t。

欧洲生物塑料协会主席弗朗索瓦称,可降解塑料正从“缝隙市场”进入主流市场,不少可降解塑料的高附加值应用真正得到了认可。

研究预测,亚洲将进一步扩大其作为生物塑料主要生产中心的作用,到 2019 年该地区生物塑料产量在全球总产量中的比例或超过 80%。欧洲因为缺乏经济政策措施,生物塑料产能难以进一步扩大。在这样的背景下,落实欧盟政策框架,保证平等获得生物资源,制定推进生物基产品的市场准入措施,宣传可降解塑料对高效废物管理的促进作用就显得至关重要。

弗朗索瓦表示,欧洲生物塑料协会正敦促欧盟立法者,考虑有效利用本行业未来在循环经济中的环境、经济增长、创造就业等方面的巨大潜力。(工程塑料网)