

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.03.012

注射成型工艺参数对塑料制品翘曲变形的影响研究

曾军亮,王荣吉,冯晓欣
(中南林业科技大学机电工程学院,长沙 410004)

摘要:以方形塑料板注射成型工艺为例,以翘曲变形为评价指标,采用 Taguchi 方法、极差和方差分析方法,优化了模具温度、熔体温度、保压压力和保压时间,获得了最佳工艺参数组合。进行了单因素变动实验和工艺参数交互作用实验,研究了单工艺参数和交互作用对塑料板翘曲变形的影响。结果表明,翘曲变形量随模具温度的增大而增大,随熔体温度、保压压力和保压时间的增大而减小;模具温度和熔体温度、模具温度和保压压力、熔体温度和保压时间的交互作用对翘曲变形影响显著,模具温度和保压时间、熔体温度和保压压力、保压压力和保压时间的交互作用对翘曲变形影响不显著。

关键词: Taguchi ; 工艺参数; 翘曲变形; 交互作用

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)03-0056-04

Effects of Injection Molding Process Parameters on Warpage of Plastic Parts

Zeng Junliang, Wang Rongji, Feng Xiaoxin

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: Taking a square plastic plate for example and warpage as the optimization objective, mold temperature, melt temperature, packing pressure and packing time were optimized by using the Taguchi, range analysis and variance analysis methods, then optimal injection molding process parameters were determined. The single factor change tests and interaction tests between random two factors among the four process parameters were conducted to study the influence of the process parameters and interaction on warpage. The results show that the warpage value increases with mold temperature increasing and decreases with melt temperature, packing pressure and packing time decreasing. The effects of interactions between mold temperature and melt temperature, between mold temperature and packing pressure, between melt temperature and packing time on warpage are obvious, the others are not obvious.

Keywords: Taguchi ; process parameter ; warpage ; interaction

翘曲变形是塑料制品中常见的质量缺陷之一。影响翘曲变形的因素很多,如制品结构、模具结构和工艺参数等^[1]。目前很多学者只研究单工艺参数与翘曲变形的关系,忽略了工艺参数的交互作用对翘曲变形的影响。笔者在研究单工艺参数对翘曲变形影响的同时还研究工艺参数的交互作用对翘曲变形的影响,以指导生产实践。

1 实验设计

1.1 实验模型

以方形塑料板为实验模型,其规格为 200 mm×200 mm×2 mm。在 Moldflow 中建立 3D 有限元模型,如图 1 所示。实验材料选用聚丙烯,牌号为 BP Amoco 1046。

1.2 Taguchi 实验设计

Taguchi 实验设计是一种广泛使用的设计实验的方法^[2]。笔者选用正交表 $L_{16}(4^5)$ 。选取模具温度

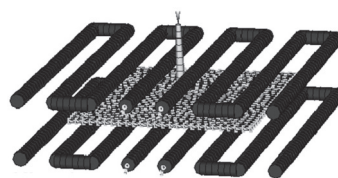


图 1 塑料板的 3D 有限元模型

(A)、熔体温度 (B)、保压压力 (C) 和保压时间 (D) 进行研究。各工艺参数的水平设置如表 1 所示。

表 1 各工艺参数的水平设置

水 平	A / °C	B / °C	C / MPa	D / s
1	50	220	35	8
2	60	240	40	10
3	70	260	45	12
4	80	280	50	14

1.3 正交实验结果与分析

正交实验的结果如表 2 所示。为得到因素与实

联系人:曾军亮,硕士研究生,主要研究方向为模具 CAD/CAE

收稿日期:2012-12-30

验指标的关系,找出实验指标随因素变化的规律和趋势,寻求各因素水平的最佳搭配,采用极差分析法^[3]。极差分析结果如表3所示。为判别因素对实验指标的影响是否显著,采用方差分析法^[4]。方差分析结果如表4所示。

表2 正交实验安排与结果

实验编号	A/℃	B/℃	C/MPa	D/s	翘曲变形量/mm
1 [#]	50	220	35	8	1.863
2 [#]	50	240	40	10	1.711
3 [#]	50	260	45	12	1.587
4 [#]	50	280	50	14	1.489
5 [#]	60	220	40	12	1.735
6 [#]	60	240	35	14	1.753
7 [#]	60	260	50	8	1.646
8 [#]	60	280	45	10	1.595
9 [#]	70	220	45	14	1.664
10 [#]	70	240	50	12	1.557
11 [#]	70	260	35	10	1.757
12 [#]	70	280	40	8	1.789
13 [#]	80	220	50	10	1.607
14 [#]	80	240	45	8	1.694
15 [#]	80	260	40	14	1.628
16 [#]	80	280	35	12	1.726

表3 极差分析

水 平	A/℃	B/℃	C/MPa	D/s
1	1.662	1.717	1.775	1.748
2	1.682	1.679	1.716	1.667
3	1.692	1.654	1.635	1.651
4	1.664	1.650	1.575	1.633
极差	0.030	0.067	0.200	0.115

表4 方差分析

因 素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
模具温度	0.002	3	1.000	9.280	
熔体温度	0.011	3	5.500	9.280	
保压压力	0.093	3	46.500	9.280	*
保压时间	0.031	3	15.500	9.280	*
误差	0.00	3			

从表3可以看出,保压压力的极差最大,模具温度的极差最小。翘曲变形量最小的工艺参数分别为A1, B4, C4和D4,即A1B4C4D4为最佳工艺参数组合,对应为保压压力为注塑压力的100%,保压时间为14 s,熔体温度为280℃,模具温度为50℃。

从表4可以看出,保压压力和保压时间对翘曲变形的影响显著,熔体温度对翘曲变形的影响程度次之,模具温度对翘曲变形的影响较弱。工艺参数对翘曲变形的影响程度按由强到弱顺序为保压压力、保压时间、熔体温度和模具温度。

2 单工艺参数对翘曲变形的影响

为研究单工艺参数对翘曲变形的影响^[5-6],以最佳工艺参数组合为准,进行单因素变动实验,得到翘曲变化的变化趋势如图2~图5所示。

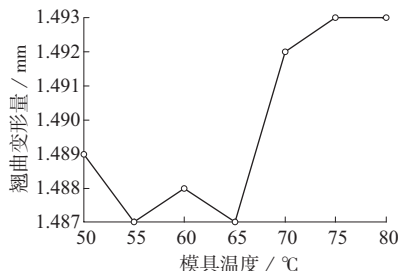


图2 翘曲变形量随模具温度的变化趋势图

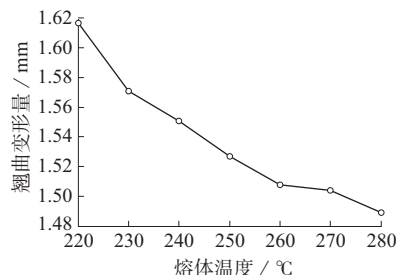


图3 翘曲变形量随熔体温度的变化趋势图

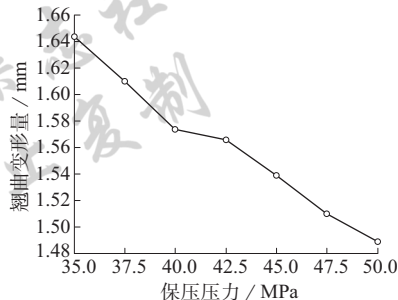


图4 翘曲变形量随保压压力的变化趋势图

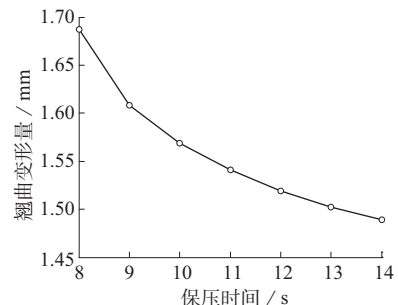


图5 翘曲变形量随保压时间的变化趋势图

从图2可以看出,模具温度对翘曲变形的影响程度较小,当模具温度高于65℃时,翘曲变形量随模具温度的提高而有所增加,说明提高模具温度不利于制品成型。这是因为虽然提高模具温度有利于塑料熔体在型腔内流动,但过高的模具温度不能使方形塑料板及时冷却定型,导致塑料熔体内部承受压应力的时间较长,型腔内部应力增大,从而加大翘曲变形。

从图3可以看出,熔体温度对翘曲变形的影响程度较大,翘曲变形量随熔体温度的提高而减小,说明提高熔体温度有利于制品成型。这是因为较高的

熔体温度使塑料熔体分子链易于松弛,降低了熔体内部残余应力,从而减小翘曲变形。

从图4可以看出,保压压力对翘曲变形的影响程度较大,翘曲变形量随保压压力的增大而减小,说明增大保压压力有利于制品成型。这是因为较高的保压压力能将型腔内塑料熔体压实,并补充因塑料熔体收缩而产生的空隙,保证方形塑料板的致密性,从而减小翘曲变形。

从图5可以看出,保压时间对翘曲变形的影响程度较大,翘曲变形量随保压时间的增加而减小,说明增加保压时间有利于制品成型。这是因为保压时间越长,保压压力对塑料熔体的压实及补充作用时间越长,有利于方形塑料板的形状接近于模具型腔的形状,从而减小翘曲变形。

3 工艺参数的交互作用对翘曲变形的影响

工艺参数之间存在交互作用,交互作用对翘曲变形有不同程度的影响。通过了解任意2个工艺参数的交互作用影响程度的大小,在注塑时就可以据此在小范围内同时调整这2个工艺参数,使翘曲变形量减小,而不必通过大范围单独改变某一工艺参数来达到该效果,从而克服大范围单独改变某一工艺参数所导致的收缩、分子取向、气穴等缺陷。笔者以最佳工艺参数为准,进行交互作用实验,通过描绘2个工艺参数共同作用下的翘曲变形的曲面图^[7]来说明交互作用对翘曲变形的影响。

图6为模具温度和熔体温度的交互作用对翘曲变形的影响。从图6可以看出,翘曲变形量随模具温度的升高而增大,随熔体温度的升高而减小。熔体温度对翘曲变形的影响程度高于模具温度,整个曲面变化较大,模具温度和熔体温度的交互作用对翘曲变形影响显著。当熔体温度为280℃、模具温度为50℃时,翘曲变形最小。

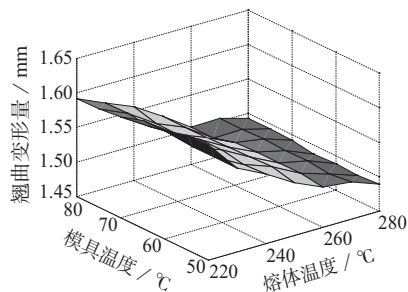


图6 模具温度和熔体温度的交互作用对翘曲变形的影响

图7为模具温度和保压压力的交互作用对翘曲变形的影响。从图7可以看出,翘曲变形量随模具温度的升高而增大,随保压压力的增大而减小。保

压压力对翘曲变形的影响程度高于模具温度,整个曲面变化较大,模具温度和保压压力的交互作用对翘曲变形影响显著。当保压压力为50 MPa、模具温度为50℃时,翘曲变形最小。

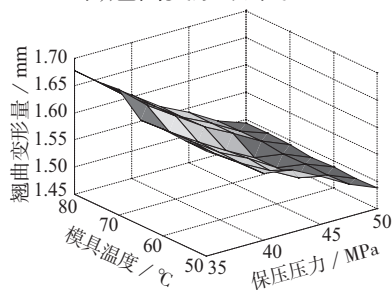


图7 模具温度和保压压力的交互作用对翘曲变形的影响

图8为模具温度和保压时间的交互作用对翘曲变形的影响。从图8可以看出,翘曲变形量随模具温度的升高而增大,随保压时间的增加而减小。保压时间对翘曲变形的影响程度高于模具温度,虽然保压时间在8 s附近时,由于保压时间过短,整个曲面变化较大,但当保压时间大于9 s时,曲面变化平缓,因而总体上模具温度和保压时间的交互作用对翘曲变形影响不显著。当保压时间为14 s、模具温度为50℃时,翘曲变形最小。

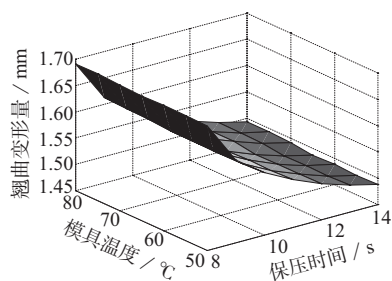


图8 模具温度和保压时间的交互作用对翘曲变形的影响

图9为熔体温度和保压压力的交互作用对翘曲变形的影响。从图9可以看出,翘曲变形量随熔体温度和保压压力的增大而减小,保压压力对翘曲变形的影响程度高于熔体温度,熔体温度和保压压力的交互作用对翘曲变形影响不显著。当保压压力为50 MPa、熔体温度为280℃时,翘曲变形最小。

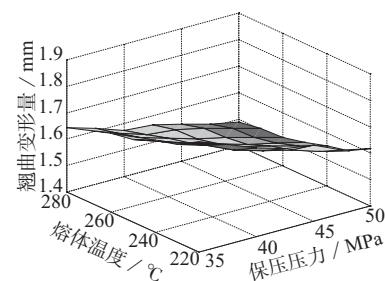


图9 熔体温度和保压压力的交互作用对翘曲变形的影响

图10为熔体温度和保压时间的交互作用对翘

曲变形的影响。从图 10 可以看出,翘曲变形量随熔体温度和保压时间的增加而减小,保压时间对翘曲变形的影响程度高于熔体温度,整个曲面值变化较大,熔体温度和保压时间的交互作用对翘曲变形影响显著。当保压时间为 14 s、熔体温度为 280℃时,翘曲变形最小。

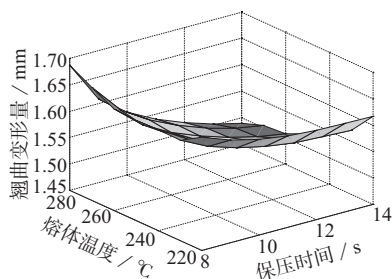


图 10 熔体温度和保压时间的交互作用对翘曲变形的影响

图 11 为保压压力和保压时间的交互作用对翘曲变形的影响。从图 11 可以看出,翘曲变形量随保压压力和保压时间的增加而减小。保压压力对翘曲变形的影响程度高于保压时间,整个曲面平缓,保压压力和保压时间的交互作用对翘曲变形影响不显著。当保压压力为 50 MPa、保压时间为 14 s 时,翘曲变形最小。

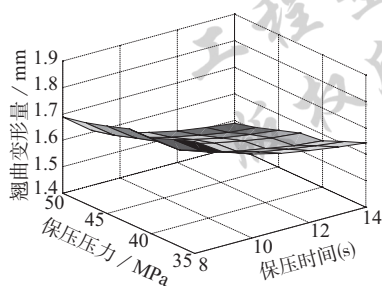


图 11 保压压力和保压时间的交互作用对翘曲变形的影响

4 结论

(1) 采用 Taguchi 方法设计实验,结合极差和方差分析方法,优化了模具温度、熔体温度、保压压力和保压时间,得到翘曲变形量最小的最佳工艺参数组合,即保压压力为 50 MPa、保压时间为 14 s、熔体温度为 280℃和模具温度为 50℃。工艺参数对翘曲变形的影响程度由强到弱顺序为保压压力、保压时间、熔体温度和模具温度。

(2) 以最佳工艺参数为准,进行单因素变动实

验,得到翘曲变形量随模具温度的增大而增大,随熔体温度、保压压力和保压时间的增大而减小。

(3) 以最佳工艺参数为准,进行工艺参数交互作用实验,得到模具温度和熔体温度、模具温度和保压压力、熔体温度和保压时间的交互作用对翘曲变形影响显著,模具温度和保压时间、熔体温度和保压压力、保压压力和保压时间的交互作用对翘曲变形影响不显著,以指导生产实践。

参考文献

- [1] 王小明,赵明娟,陈炳辉,等. Moldflow 在注塑成型翘曲优化中的应用[J]. 塑料工业, 2011, 39(4):49-51.
Wang Xiaoming, Zhao Mingjuan, Chen Binghui, et al. Application of Moldflow in warp optimization of the injection molding[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(4):49-51.
- [2] Oktem H, Erzurumlu T, Uzman I. Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part[J]. Materials and Design, 2007, 28(4):1 271-1 278.
- [3] 卫伟,胡泽豪. 正交实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.
- [4] Altan M. Reducing shrinkage in injection moldings via the Taguchi, ANOVA and neural network methods[J]. Materials and Design, 2010(31):599-604.
- [5] 钱秋波. 基于模拟的注塑模浇注系统及成型工艺参数优化研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2011.
Qian Qiubo. Optimization study on gating system and molding process parameters of injection mold based on simulation[D]. Suzhou:Soochow University, 2011.
- [6] 沈剑. 注塑成型浇注系统及成型工艺参数的优化研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2011.
Shen Jian. Optimization study on gating system and molding process parameters of injection molding[D]. Suzhou:Soochow University, 2011.
- [7] Wang Rongji, Zeng Junliang, Feng Xiaoxin, et al. Evaluation of effect of plastic injection molding process parameters on shrinkage based on neural network simulation[J]. Journal of Macromolecular Science Part B:Physics, 2013, 52(1):206-221.

南京拟建 10 万 t 聚氨酯项目

为适应国内聚氨酯产品市场不断扩大和对聚氨酯材料的需求不断增加的需要,同时为了优化产业结构,促进聚氨酯材料制造基地建设,南京金栖化工集团有限公司投资新建年产 10 万 t 聚氨酯材料项目。项目产品为组合聚醚多元醇,属于专用精细化学品。(慧聪网)

苏威上调欧洲尼龙 66 价格 5%

苏威-罗地亚日前宣布,立即或按合同规定,上调欧洲地区 Stabamid®66 聚合物系列价格 5%。虽然罗地亚聚酰胺与中间体致力于抵消逐步上升的生产活动等成本,但由于不断大幅上涨的主要原材料纯苯的成本,最终仍然上调了尼龙 66 的价格。(慧聪网)