

ABS/铝粉共混物注塑件翘曲变形的模拟分析*

朱海燕 肖小亭 张婧婧 章柱衡

(广东工业大学材料与能源学院,广州 510006)

摘要 利用CAE软件对(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)与铝粉共混物注塑件进行翘曲变形模拟分析。

通过正交试验方法对影响注塑件质量的成型参数,如铝粉含量、熔体温度、注射时间、保压时间、保压压力、冷却时间等进行模拟,对试验结果进行统计分析。结果表明,注射时间对注塑件翘曲变形的影响最大。

关键词 共混注塑成型 翘曲变形 正交试验方法 最佳成型参数 数值模拟

塑料制品因具有质轻、比强度高、耐化学腐蚀性好、易加工成型等优良特性,被广泛应用于航空航天、汽车、家电、建筑等领域。近10年来,世界塑料制品的生产量呈增长趋势,塑料制品的应用领域不断拓展,预计2010年世界塑料制品总产量将达1.8亿t以上,表明塑料工业仍处于一个稳步发展时期。然而,随着社会的发展,人们对塑料制品性能提出了更高要求。纯树脂显然不能满足要求,因此,需要在纯树脂中添加各类非金属或金属填料,以提高塑料制品的各项性能,达到所需要的技术指标和高性价比^[1]。

铝粉与(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)共混物注射成型可直接获得具有金属光泽的塑料制品,同时解决传统注塑加喷涂工艺制造的产品容易出现表层掉漆、工序繁杂及喷涂对环境产生严重污染等问题,具有可节省人工、场地、设备投资等优点,是一种具有广泛的应用前景和很好社会、经济效益的绿色注塑工艺。

注射成型在整个塑料制品生产行业中占有举足轻重的地位,翘曲变形成为注射成型最常见的缺陷之一。笔者研究了铝粉与ABS共混物注塑件的翘曲变形量,通过正交试验方法对影响注塑件质量的成型参数,如铝粉含量、熔体温度、注射时间、保压时间、保压压力、冷却时间等进行模拟,对试验结果进行统计分析。

1 翘曲变形产生的原因

翘曲变形是指注塑件发生变形从而使其形状偏离模具型腔的形状,是注塑件常见的缺陷之一^[2]。然而,具有高精度要求的薄壳制品(例如手机壳等),其翘曲变形量大小作为衡量注塑件质量的重要指标越来越受到关注。注塑过程中树脂需经过受热软化、熔融、注塑、保压和冷却定型等5个阶段的物理变化过程^[3]。由于树脂在充模过程中熔体流

动的不平衡,将使熔体发生复杂的三维流动及不稳定传热、相变、固化等过程,这将引起树脂内部产生大分子定向、结晶及残余应力等。而当共混材料配比、工艺因素(保压压力、保压时间、熔体温度、注射时间、冷却时间等)发生改变,将引起塑料制品产生翘曲等缺陷。

产生翘曲变形的主要原因是由于注塑件的收缩不均造成的。表现在:注塑件不同区域的收缩不均匀;沿制件厚度方向收缩不均匀;与材料分子取向平行和垂直方向的收缩不均匀。收缩不均主要是由注塑件内部的内应力不均造成的^[4]。翘曲变形的原因主要为3个方面:①不均匀冷却。是注塑件沿厚度方向收缩不均的结果。这是由于沿注塑件的厚度方向温差很大,使注塑件在顶出前后的收缩差值增大,从而产生弯曲力矩而使注塑件发生翘曲。②区域收缩。是指在注塑件不同区域收缩不同而发生的翘曲。其主要影响因素有厚度不均、浇口位置、冷却参数、成型条件、冷却系统的设计。③分子取向。是熔体流动沿平行及垂直方向收缩量不同的结果。其主要影响因素有分子方向性、玻璃纤维配向、浇口位置、冷却参数、成型条件、冷却系统的设计^[5]。

2 共混物注射过程注塑件产生翘曲变形的模拟分析

2.1 模拟试验方案

为减少模拟次数,提高模拟的可靠性,笔者采用正交试验设计方案。正交试验法是用涉及多水平和因素试验的一种科学有效的试验方法,利用正交表来对试验进行设计、综合比较、统计分析,实现通过少数的试验次数找到较好的生产条件。正交表能够在因素变化范围内均衡抽样,使每次试验都具有

* 广东省粤港关键领域招标项目(2008Z51)

收稿日期:2010-08-30

较强的代表性, 由于正交表具备均衡分散的特点, 保证了全面试验的某些要求, 这些试验能够较好或更好地达到试验的目的^[6]。同时采用极差、方差分析方法等对试验结果进行分析, 可得出相应的结论。

笔者以手机外壳的共混注射过程翘曲变形为例进行分析。以注塑件的平均翘曲变形量($\bar{Z}_{mm}$)为评价指标, 希望其值越小越好, 称为望小特性。笔者分析了铝粉含量(A)、熔体温度(B)、注射时间(C)、保压时间(D)、保压压力(E)、冷却时间(F)6个成型参数对注塑件翘曲变形的影响。对这6个因素各设5水平, 在 Taguchi 正交实验设计表中, 选用 L25(5^6) 正交表进行试验设计, 具体如表 1 所示。

水平	因素					
	A/%	B/℃	C/s	D/s	E/MPa	F/s
1	2	220	1.2	3	60	40
2	2.5	225	2.0	6	70	50
3	3	230	2.8	9	80	60
4	4	240	3.6	12	90	70
5	5	250	4.4	15	100	80

通过正交表 L25(5^6) 安排进行 25 组模拟试验, 试验设计方案及结果如表 2 所示。其中模具温度为 60℃, 其余参数为自动设置。从表 2 可以看出, 最大

项目	因素						$\bar{Z}_{mm}$
	A	B	C	D	E	F	
1	1	1	1	1	1	1	0.473 1
2	1	2	2	2	2	2	0.427 9
3	1	3	3	3	3	3	0.403 6
4	1	4	4	4	4	4	0.389 4
5	1	5	5	5	5	5	0.369 1
6	2	1	2	3	4	5	0.416 6
7	2	2	3	4	5	1	0.394 9
8	2	3	4	5	1	2	0.404 8
9	2	4	5	1	2	3	0.383 6
10	2	5	1	2	3	4	0.418 8
11	3	1	3	5	2	4	0.411 9
12	3	2	4	1	3	5	0.376 8
13	3	3	5	2	4	1	0.354 0
14	3	4	1	3	5	2	0.421 1
15	3	5	2	4	1	3	0.435 9
16	4	1	4	2	5	3	0.373 6
17	4	2	5	3	1	4	0.362 4
18	4	3	1	4	2	5	0.451 2
19	4	4	2	5	3	1	0.424 9
20	4	5	3	1	4	2	0.364 0
21	5	1	5	4	3	2	0.365 6
22	5	2	1	5	4	3	0.447 9
23	5	3	2	1	5	4	0.370 3
24	5	4	3	2	1	5	0.419 7
25	5	5	4	3	2	1	0.398 5

翘曲变形量为试验组合 $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$, 变形量为 0.473 1 mm, 而最小变形量则为实验组合 $A_3B_3C_3D_3E_4F_1$ 所得, 变形量为 0.3540 mm, 对于较高质量要求的手机壳来说, 这样的翘曲变形量偏大。笔者通过对上述 25 组试验所得的平均翘曲变形量进行统计分析, 以减少翘曲变形量为目的, 同时获得最佳的参数组合。

2.2 试验数据极差分析

通过极差值的大小可以获得各因素对指标的影响程度。由成型参数对翘曲变形量影响数据可得其极差分析, 如表 3 所示。由极差分析结果可初选出在本试验条件范围内的最优成型条件。 R 为各试验因素的极差, 其大小反映了试验因素变化对试验结果的影响程度。 R 越大, 其对应的试验因素对实验结果的影响程度越大。

项目	因素					
	A	B	C	D	E	F
K ₁	0.412 62	0.408 16	0.442 42	0.393 56	0.419 18	0.409 08
K ₂	0.403 74	0.401 98	0.415 12	0.398 80	0.414 62	0.396 68
K ₃	0.399 94	0.396 78	0.398 82	0.400 44	0.397 94	0.408 92
K ₄	0.395 22	0.407 74	0.388 62	0.407 40	0.394 38	0.390 56
K ₅	0.400 4	0.397 26	0.366 94	0.411 72	0.385 80	0.406 68
R	0.017 4	0.011 38	0.075 48	0.018 16	0.033 38	0.018 52

由表 3 可知, 影响注塑件翘曲变形的主要成型参数是注射时间, 其次是保压压力、冷却时间、保压时间、铝粉含量, 而熔体温度对 ABS 与铝粉共混注塑件发生翘曲变形影响最小。即最佳成型参数组合为 $A_4B_3C_3D_1E_5F_4$ 。

2.3 注射成型参数对变形的贡献分析

对试验数据进行直观的极差分析, 虽然较简单明确, 能够表明试验过程中注射成型参数对指标的影响程度, 但不能具体表达其对指标影响的大小, 分析结果精度较差。这就需要对其差异大小进行分析计算, 为了弥补这一缺点, 试验数据的处理进一步采用方差分析方法。由于同一成型参数下, 多次试验也可能产生不同的结果, 因此, 方差分析可将试验误差所引起的结果差异与试验条件的改变所引起的结果差异区分开来。

经过方差分析, 计算出每个因素对指标的影响大小用 P 值表示, 所得结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出各因子对指标的影响大小。其中, 注射时间对翘曲变形的贡献最大占 67.36%, 其次保压压力占 16.65%、冷却时间占 5.77%、保压时

表 4 方差分析

项 目	因素					
	A	B	C	D	E	F
I _i	2.063 1	2.040 8	2.212 1	1.967 8	2.095 9	2.045 4
II _i	2.018 7	2.009 9	2.075 6	1.994 0	2.073 1	1.983 4
III _i	1.999 7	1.983 9	1.994 1	2.002 2	1.989 7	2.044 6
IV _i	1.976 1	2.038 7	1.943 1	2.037 0	1.971 9	1.952 8
V _i	2.002 0	1.986 3	1.834 7	2.058 6	1.929 0	2.033 4
I _i ²	4.256 4	4.164 9	4.893 4	3.872 2	4.392 8	4.183 7
II _i ²	4.075 1	4.039 7	4.308 1	3.976 0	4.297 7	3.933 9
III _i ²	3.998 8	3.935 9	3.976 4	4.008 8	3.958 9	4.180 4
IV _i ²	3.905 0	4.156 3	3.775 6	4.149 4	3.888 4	3.813 4
V _i ²	4.008 0	3.945 4	3.366 1	4.237 8	3.721 0	4.134 7
Σ /5	4.048 7	4.048 4	4.063 9	4.048 8	4.051 8	4.049 2
S _i ×10 ⁻⁴	8.78	5.78	161	9.78	39.8	13.8
S _T ×10 ⁻²	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39
f	4	4	4	4	4	4
P /%	3.67	2.42	67.36	4.09	16.65	5.77

注:①I、II、III、IV、V分别代表第*i*列中“1”、“11”、“111”、“1111”、“11111”水平对应的试验结果之和,Σ= I_i² + II_i² + III_i² + IV_i² + V_i²;

②*z_i*为模拟试验所得注塑件的平均翘曲变形量;

③S_i表示第*i*列因子5水平所引起的结果的差异即偏差平方和, S_i = $\frac{\sum_{i=1}^{25} z_i^2}{5}$ - CT, CT = $(\sum_{i=1}^{25} z_i)^2 / 25$;

④S_T = $\sum_{i=1}^{25} z_i^2$ - $(\sum_{i=1}^{25} z_i)^2 / 25$, P = $\frac{S_i}{S_T} \times 100^{[7]}$ 。

间占4.09%、铝粉含量占3.67%,而熔体温度对注塑件翘曲变形的影响最小,仅为2.42%。这与极差分析所反应的影响程度一致。因此要获得最小的翘曲变形量,可通过改变注射时间这个显著的影响因素,并结合极差分析得到的最佳参数组合A₄B₃C₅D₁E₅F₄进行试验验证。

最佳参数组合的模拟结果如图1所示。用最佳参数组合与正交试验分析进行比较,正交试验表中翘曲量最小的参数组合为A₃B₃C₅D₂E₄F₁,对该参数组合进行模拟分析如图2,与图1相比可以明显看出,最佳参数组合所得翘曲量比试验最小翘曲量小0.01 mm,所以最佳成型参数较有效。通过对ABS与铝粉共混注塑件的翘曲分析,获得最佳的成型参数组合A₄B₃C₅D₁E₅F₄所得的翘曲变形量为0.3419 mm,与正交试验的最大翘曲变形结果0.473 1 mm相比,下降27.7%,其翘曲量较小,而与正交试验的最小翘曲变形量相比,只下降了1.2%。但由于正交试验的最小翘曲变形参数组合A₃B₃C₅D₂E₄F₁所需的冷却时间比最优参数组合少30 s,因此当对翘曲量要求不严格时,可考虑用成型参数组合A₃B₃C₅D₂E₄F₁,即铝粉含量为3%,熔体温度为230℃,注射时间为4.4 s,保压时间为6 s,保压压力为90 Pa,冷却时间为40 s时进行注射成型,更为经济。



图 1 最佳参数组合的模拟结果



图 2 正交表最小翘曲量

3 改进措施

减少翘曲变形的措施主要有以下几个方面:①通过修改注塑件形状和选择收缩率小的材料;②通过对模具进行反变形处理和优化成型参数,使之减少和消除注塑件的翘曲变形。而在实际生产中,由于不方便修改形状和对模具进行反变形处理,因此,调整成型参数是简单易行的措施。然而,对于复杂的产品,单次注射分析过程仍需消耗大量的时间,若需对其注射参数进行全面的试验分析获得高质量的制品,将耗费更多的时间,随着产品周期的缩短,生产率的提高,这种全面耗时的试验显然是毫无意义的。利用CAE模拟软件结合正交试验设计并对试验结果进行相关的统计分析,可以通过较少的分析试验获得对塑料制品质量影响最大的注塑参数,生产过程中就可以有针对性地进行调节,获得更好质量的塑料制品。

笔者利用CAE模拟软件结合正交试验设计对ABS与铝粉共混注塑件进行翘曲变形模拟分析,表明注射时间和保压压力对ABS与铝粉共混注塑件翘曲变形的影响最显著,而注射过程中铝粉含量对翘曲量也有一定的影响。在实际生产过程中,可以通过适当地增加注射时间、保压压力,调整铝粉配比等方法有效减少注塑件的翘曲变形。利用CAE软件对所获得的最佳参数组合进行验证,最佳参数组合可获得最小翘曲变形量,说明利用CAE模拟软件结合正交试验设计对注塑件进行翘曲变形模拟是可靠的。

4 结论

利用CAE模拟软件结合正交试验设计和相关的统计分析,对ABS与铝粉共混物注塑件的模拟试验结果进行翘曲变形分析,得出了最佳注射成型参

数组组合及每个因子对翘曲变形的贡献度, 得出注射时间对共混注塑件的翘曲变形影响最大。利用 CAE 对所获得的最佳参数组合进行试验验证, 获得最小的翘曲变形量。

参考文献

[1] 陈更新. 塑料多元复合共混改性理论与实践[J]. 塑料加工, 2005(8): 26 - 29.

[2] Erdim H, Lazoglu I, Ozturk B. Feedrate scheduling strategies for free-form surfaces[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2006, 46(7 - 8): 747 - 757.

[3] 俞华英, 金杰, 吕圣. 基于 Moldflow 的薄壁注塑件的工艺参数的优化[J]. 浙江工业大学学报, 2008, 36(4): 460 - 464.

[4] 孙宝寿, 邓益明, 陈哲, 等. 基于 Taguchi 和 UDE 试验设计的注塑工艺参数优化[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(12): 26 - 29.

[5] 曹雄刚, 靳伍银, 韩炎娜. 基于 CAE 技术的塑料齿轮注塑成型工艺参数的优化研究[J]. 机床与液压, 2008, 36(7): 27 - 29.

[6] 张玉清, 王新德. 化工工艺与工程研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

[7] Tang S H, Tan Y J, Sapuan S M. The use of Taguchi method in the design of plastic injection mould for reducing warpage[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 182(1 - 3): 418 - 426.

NUMERICAL ANALYSIS ON WARPAGE OF ABS/ALUMINIUM BLENDS IN INJECTION MOULDING

Zhu Haiyan, Xiao Xiaoting, Zhang Jingjing, Zhang Zhuheng

(Institute of Materials Science and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT The warpage of Aluminium/ABS blends in injection moulding is analyzed using the CAE software. The taguchi array based on aluminium content, melt temperature, injection time, packing time, packing force and cooling time which affect the product quality is simulate. According to the statistical results, the injection time is the most important affecting factor on warpage.

KEYWORDS blends injection moulding, warpage, taguchi optimization method, optimal moulding parameter, numerical analysis

沙伯开发聚醚酰亚胺航空板材

沙伯基础创新塑料公司日前在美洲飞机内饰展上, 推出一款采用高端聚醚酰亚胺(PEI) 树脂制造的半结构式飞机内饰件。这种新型航空板材与传统蜂窝复合材料相比有着

明显优势, 不仅可以快速进行热成型, 具有多种高端性能, 而且可以回收利用, 能够进行表层翻新以延长使用寿命。该新材料可满足美国联邦航空管理局(FAA) 的行业要求。

(中聚网)

宜兴市东山新型材料有限公司

碳化硅微粉

我公司生产的碳化硅微粉采用气流粉碎, 细度 < 2 μm, 具有纳米材料的性能, 而价格只有其 1%, 它具有分散性好, 和塑料相容性好, 耐酸、耐碱、耐磨, 强度达九级, 明显改善塑料的耐磨性、强度、耐候性、耐高温性。

硅微粉

本品是石英经 2800℃ 电熔气化冷却的硅微粉, 具有不饱和硅酮, 和塑料的亲性好, 性能好, 但价格便宜, 只有 3 元/公斤。

陶瓷釉粉

各种熔点、各种细度陶瓷釉粉, 由于力学性能好, 耐酸、耐碱, 可提高塑料的耐磨性及力学性能。

东山公司以自主创新为立厂之本, 具有超强的自主开发能力, 欢迎各界朋友合作, 共同开发新材料、新工艺取代进口, 欢迎您提出特种需求。公司可供无机材料 200 多种, 可供各种规格玻璃粉末。

厂址: 江苏省宜兴市大浦镇宜浦路工业园区 邮编: 214226
电话: 0510 - 87457988(传真), 87457669, 13906152806 E-mail: web@188X.com
http: //www.188X.com 开户: 工行东山办 账号: 1103028909000039117