

塑料车灯的注射成型优化方法研究

余加红 张跃飞

(浙江工贸职业技术学院汽车与机电工程系, 温州 325003)

摘要 以塑料车灯为研究对象, 利用正交试验法制定少量较典型的试验方案, 通过 CAE 软件进行模拟分析后, 再对分析结果进行多目标优化, 得到最优的注射成型工艺参数组合, 通过现场试验结果验证了该优化方法的可靠性和正确性。

关键词 注射成型 正交试验法 CAE 多目标优化

在模具加工前, 利用 Moldflow 软件^[1-2]对整个注射成型过程进行模拟分析, 找出可能出现的缺陷, 可提高一次试模的成功率, 达到降低生产成本、缩短生产周期的目的。在进行模拟分析前需确定诸多注射成型工艺参数, 注射成型工艺的正确制定是为了保证塑料熔体塑化良好, 并顺利地充模、冷却与定型, 以便生产出符合质量要求的注塑件。成型工艺参数的优化配置能在一定范围内克服成型缺陷、获得高质量的注塑件。而传统的注射成型工艺的制定通常具有较大的主观性和盲目性, 工艺参数选择的组合过多, 仅靠经验去试凑是难以得到最优的成型工艺组合的。笔者通过研究, 引入正交试验法和多目标优化方法来优化注射成型工艺参数组合, 达到缩短注塑模设计开发时间、提高产品质量和经济效益的目的。

1 技术路线

目前很多学者都利用 Moldflow 软件对注塑件的某个指标^[3-5]进行模拟评估, 而笔者采用的方法是通过对多个成型指标进行综合评估。其技术路线是首先确定注塑件的成型指标, 即成型后哪些指标是用户较重视的, 并按各指标重要程度确定其百分比。其次确定注射成型工艺参数, 即哪些成型工艺参数作为单独的因素对整个塑料成型流动过程产生较重要的影响, 再通过正交试验法确定几种典型的参数组合方案进行 Moldflow 模拟分析, 比较各成型指标的综合指标哪个最好, 从而选出其中最优的方案, 同时由极差分析结果可以得出理论上的更优方案, 再对其进行试验, 从而验证多目标优化方法的正确性。具体的技术路线如图 1 所示。

2 正交试验法确定试验方案

注塑件的成型指标根据其使用要求而定, 有些注塑件对外观要求较高, 有些则对力学性能要求较高。本注塑件为一轿车车灯, 属于大型件, 使用时主

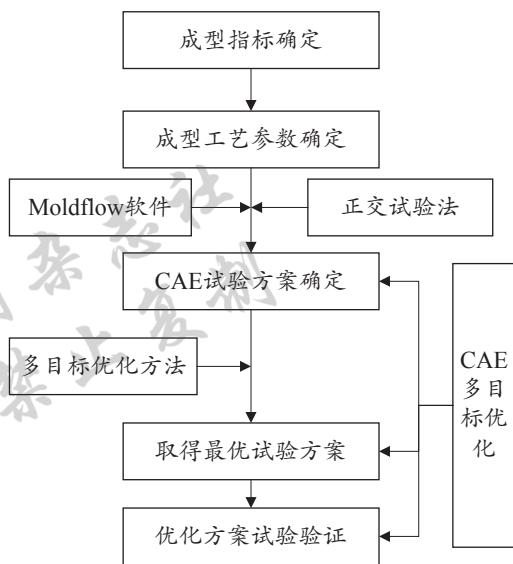


图 1 技术路线示意图

要考虑其外部形状和安装精度。材料选用聚碳酸酯 (PC), 其具有高透光、高耐热、尺寸稳定等特点。因此, 本试验选取了相关的 5 个成型质量指标, 分别为残余应力 Y_1 、平均体积收缩率 Y_2 、X 方向翘曲 Y_3 、Y 方向翘曲 Y_4 、Z 方向翘曲 Y_5 , 以此作为该注塑件的尺寸、外形精度、力学性能的考核指标, 通过这些指标的量化分析来保证注塑件综合质量达到规定的要求。

整个成型周期牵涉到的工艺因素较多, 而试验研究的因素个数是有限的。排除工艺因素间存在的相互关联和耦合关系, 从中选出相对独立的工艺因素。通过排除相互关联的因素, 选取 4 个独立的成型工艺参数, 分别为熔体温度、模具温度、注射时间和冷却时间, 其具体参数推荐范围可通过模具手册查得。另外, 笔者还把对最后成型结果影响较大的浇口形式和冷却方式作为工艺因素进行分析。工艺因素及其推荐水平值如表 1 所示。

表1 工艺因素及其水平值

代码	工艺因素	水平 1	水平 2
A	熔体温度 /℃	230	260
B	注射时间 /s	3	5
C	模具温度 /℃	50	70
D	浇口形式	扇形浇口	点浇口
E	冷却时间 /s	25	40
F	冷却方式	水管直径 10 mm	水管直径 12 mm

张志莲等^[6]通过试验分析得出,熔体温度和注射时间的交互作用对体积收缩率的影响较大。因此,这里将其交互作用因素作为正交试验的一个因素,加上原先独立的六个因素,总共为 7 个因素。交互作用因素在正交试验表中的位置可通过 $L_8(2^7)$ 二列交互作用确定。故对最终的 7 个因素二水平可按照 $L_8(2^7)$ 正交表设计,见表 2。

表2 正交试验 $L_8(2^7)$ 方案

方案号	熔体温度(A)	注射时间(B)	交互因素(A×B)	模具温度(C)	浇口形式(D)	冷却时间(E)	冷却方式(F)
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

通过对表 2 的试验方案逐个进行 Moldflow 分析,采集各成型指标的具体结果,如表 3 所示。

表3 正交试验 $L_8(2^7)$ 数据采集结果

方案号	残余应力 /MPa	平均体积收缩率 /%	X 方向翘曲 /mm	Y 方向翘曲 /mm	Z 方向翘曲 /mm
1	29.28	4.768	1.0160	0.4397	0.5754
2	29.04	4.705	1.0040	0.4361	0.5774
3	28.68	3.991	1.0210	0.4338	0.6075
4	29.24	4.331	1.0160	0.4285	0.6070
5	29.35	4.994	1.0280	0.4186	0.5602
6	28.73	4.934	1.0170	0.425	0.5675
7	29.44	4.143	1.0180	0.405	0.5858
8	29.64	4.511	1.0340	0.4079	0.5817

3 多目标优化取得最优方案

针对不同指标在注塑件综合评价中的重要程度不同,采用加权综合评分法进行评估。加权综合指标 Y 的计算公式如式 (1) 所示。

$$Y_j = b_{j1}Y_{j1} + b_{j2}Y_{j2} + b_{j3}Y_{j3} + b_{j4}Y_{j4} + b_{j5}Y_{j5} = \sum_{i=1}^5 b_{ji}Y_{ji} \tag{1}$$

式中: Y_j ——第 j 个试验的综合指标;

b_{ji} ——权因子系数,表示第 j 个试验中第 i 项指标在综合加权评分中的权重;

Y_{ji} ——第 j 个试验中第 i 项指标在规定范围的隶属度。

为了使综合评价的结果尽量合理,各指标权重的取值比较重要,应综合考虑各指标对注塑件的重要性。再选取合适的模糊函数^[7-8]来求各个指标的隶属度。最后通过式 (1) 计算得到的值即为综合指标值,其值越大说明该试验方案综合结果越理想。由于本试验对象是车尾灯,在使用时不承受载荷作用,而主要考虑注塑件装配精度。按百分制加权分配权重,这里取 $b_{j1} = 10$, $b_{j2} = 30$, $b_{j3} = 20$, $b_{j4} = 20$, $b_{j5} = 20$ 。

经模糊函数综合评价后,得到各试验方案的综合指标值,见表 4。表 4 中方案 3 的综合指标值最大,为 79.18,说明在 8 个方案中,方案 3 的综合成型性能最好,其工艺组合为 A1B2(A ×B) 2C1D1E2F2。

表4 各方案综合指标值

方案号	1	2	3	4	5	6	7	8
综合指标值	75.55	76.13	79.18	77.75	74.40	74.99	78.92	77.11

综合指标的极差分析结果见表 5。通过表 5 可以选出更优的工艺组合,为 A1B2(A ×B) 1C1D2E2F1,将其定义为方案 9。对方案 9 进行 Moldflow 分析,将其结果与方案 3 的结果进行对比,见表 6。

表5 综合指标极差分析表

水平	因 素						
	A	B	A ×B	C	D	E	F
1	77.149	75.267	76.925	77.010	76.705	76.200	76.800
2	76.354	78.236	76.578	76.493	76.798	77.303	76.703
极差	0.7952	2.9688	0.3462	0.5173	0.0931	1.1022	0.0963

表6 方案 3 与方案 9 结果对比

方案号	残余应力 /MPa	平均体积收缩率 /%	X 方向翘曲 /mm	Y 方向翘曲 /mm	Z 方向翘曲 /mm	综合指标值
3	28.68	3.991	1.0210	0.4338	0.6075	79.18
9	28.70	3.972	1.0160	0.4283	0.6039	79.37

由表 6 可知,方案 9 的综合指标值略高于方案 3,表明其综合成型性能更优。从试验结果看,方案 9 除了残余应力略大于方案 3 外,对于影响安装精度的平均体积收缩率及 X、Y、Z 3 个方向的翘曲均更理想。故可认为方案 9 的成型工艺组合在 9 个试验方案中在理论上是最好的,对这 9 个方案通过现场试模后分析结果,得到的数据非常接近 Moldflow 模拟结果,仍然是方案 9 的综合性能最优,从而验证了多目标优化方法的可靠性和正确性。

4 结语

采用传统方法对塑料车灯进行试模成本较高,

而且工艺参数选择较盲目。通过 Moldflow 进行模拟分析,可大大减少试模成本。通过正交试验法可以制定出少量非常典型的工艺参数组合,再通过多目标优化方法得到最优工艺参数组合。现场试验证明,采用优化方法得到的塑料车灯的综合性能是最优的。

参考文献

[1] 单岩,王蓓,王刚. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京:清华大学出版社,2004.

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

[3] 王鑫,李海梅,杜林芳. 模具结构和熔体温度对 PC 透明制品性能的影响[J]. 工程塑料应用,2008,36(1):27-30.

[4] 王维勋,徐宁. 基于 CAE 技术的大型模具浇口位置优化设计[J]. 工程塑料应用,2008,36(4):64-66.

[5] 宋光明,张君,董定福. 基于 CAE 技术的注塑成型保压过程模拟分析[J]. 轻工机械,2003(3):84-86.

[6] 张志莲,江波. 注射成型工艺参数间的交互作用[J]. 化工学报,2006(2):449-452.

[7] 彭祖赠,孙毓玉. 模糊(Fuzzy)数学及应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002.

[8] 李海梅,申长雨,王亚明. 应用模糊综合评判研究成型调节对注塑模流动平衡的影响[J]. 机械设计与制造,2000(5):42-43.

RESEARCH ON INJECTION MOLDING OPTIMIZING METHOD OF PLASTIC CAR LAMP

Yu Jiahong, Zhang Yuefei

(Automobile, Mechanical and Electronic Engineering Zhejiang Industry & Trade Polytechnic, Wenzhou 325003, China)

ABSTRACT Taking plastic car lamp as researching object, by using orthogonal testing method, few and typical experiment programmes were formulated. By analysing the flow in mold and multi-object optimizing the analysis results, the most optimal molding process combination were obtained. The results of practical test validated the reliability and correctness of the optimizing method.

KEYWORDS injection molding, orthogonal testing method, CAE, multi-object optimizing

全球发展中地区 PE 前景看好

据 TownsendSolutions 咨询公司最新研究报告显示,在全球塑料工业正在经济低迷的困境中苦苦挣扎时,发展中国家显示出对聚乙烯(PE)需求增长的良好前景。中东、非洲、印度、东欧和南美市场呈现出了需求旺盛的景象。

2008 年全球 PE 消费量比上年下降了 3.7%,从 2007 年的 6900 万 t 下降至 2008 年的 6670 万 t。分析人士表示,始于 2008 年下半年的经济低迷及金融危机是造成全球 PE 消费量下降的主要原因。

2008 年全球 PE 消费按区域和国家来划分,所占比例如下:北美占全球消费量的 21.4%、西欧占 19.6%、中国占 17.9%、中东和非洲占 11.2%、其他亚太国家占 10.5%、中/南美占 6.3%、中/东欧占 5.5%、日本占 4.1%、印度占 3.5%。

然而,2008 年全球 PE 市场中也有一些亮点。一些地区 2008 年的消费量出现了增长。消费出现正增长的地区是中东/非洲、印度、中/东欧和中/南美。消费量出现负增长的地区和国家包括中国、其他亚太国家、北美、西欧和日本。

一些积极的因素正刺激发展中地区在 2008~2013 年间的 PE 消费将出现增长,这些发展中地区包括中国、中/东欧、中/南美、印度、中东/非洲和其他亚太国家。Townsend 预计,2008~2013 年这些发展中地区 PE 消费的年均增速将达到 4.6%,高于 3.2% 的全球年均增速,而包括北美、西欧和日本在内的发达地区的年均增速仅为 1.6%。(慧聪网)

新技术有助于提高 PVC 建材耐候性

聚氯乙烯(PVC)建材的耐候性是一项重要的性能指标。它的高低关系到 PVC 建材的使用寿命,近来,国外推出的两

项技术值得借鉴。现简介如下:

(1) 用纳米级氧化钛提高耐候性 过去,为提高 PVC 建材耐候性是在 PVC 等树脂中添加苯酮、苯并一唑等紫外线吸收剂。但由于紫外线吸收剂在光和热作用下易挥发而变质劣化,难以使 PVC 建材长期保持高耐候性。另外,劣化的紫外线吸收剂会损害 PVC 建材的透明性。

而在乙烯类树脂、稳定剂、润滑剂、加工助剂、改性剂、增塑剂、填充料、抗氧化剂和紫外线吸收剂组成的混料中添加纳米氧化钛或用它取代紫外线吸收剂,可大幅度提高 PVC 建材的耐候性,使其长期保持良好的力学强度和透明性。

(2) 用混合氧化钛提高耐候性 用氧化钛可改善 PVC 建材的耐候性和遮盖力,防止褪色,而且易着色,因此氧化钛在 PVC 建材中得到普遍使用。但目前在 PVC 树脂为基料的混料中只添加金红石型或锐钛型氧化钛中的一种,尚不能充分改善耐候性。

试验表明,在氯乙烯类树脂为基料的混料中添加配比为 1.3:1 的金红石型与锐钛型氧化钛组成的混合氧化钛,可充分发挥氧化钛的作用,进一步提高耐候性和遮盖力,防止褪色效果也更佳。

如仅含 0.54 份金红石型氧化钛的 PVC 试件经老化试验机照射 200 h,其色调便出现变化,而含有 0.54 份金红石型与锐钛型氧化钛组成的混合氧化钛的 PVC 试件经老化试验机照射 600 h 以上,其色调仍不变。另外,与掺入昂贵的树脂和外加剂来提高耐候技术相比,用混合氧化钛的技术,生产成本更低。

以上两项技术简单可行,适用于管材、型材、盖面材等 PVC 建材的生产。(中聚网)