

基于正交试验和 Moldflow 的注塑制品表面质量成型工艺优化设计

关志杰 卢 军
(陕西科技大学机电工程学院, 西安 710021)

摘要 以手机电池盖为例, 采用正交试验法和 Moldflow 仿真模拟相结合, 研究了不同成型工艺参数对注塑制品翘曲量以及缩痕指数的影响, 并通过对试验数据的分析处理, 得到优化的成型工艺参数, 从而实现了注塑工艺参数设计的优化。

关键词 Moldflow 正交试验 注塑 翘曲 缩痕

目前注塑制品在社会生活的各个领域已经得到了相当普遍的应用。随着科技的发展, 注塑制品也越来越精密化、复杂化, 同时对制品的形状、尺寸精度以及表面质量的要求也越来越高, 而要获得高质量的注塑制品, 注射成型工艺的优化设计则是必不可少的。笔者采用正交试验法和 Moldflow 仿真模拟相结合的方法, 借助 CAE 软件平台, 通过试验分析, 实现了注射成型工艺的优化设计。

1 手机电池盖材料的选择

笔者设计选用的注塑制品为手机电池盖, 如图 1 所示。制品要求表面光滑, 耐磨, 并且有足够的强度, 选用具有良好综合性能的(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物(ABS) 注射成型, 其密度为 $1.02 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$ (注射级密度取 1.05 g/cm^3)。ABS 熔体粘度适中, 流动性好。由于 ABS 具有一定的吸湿性, 在注射成型前需进行干燥处理。

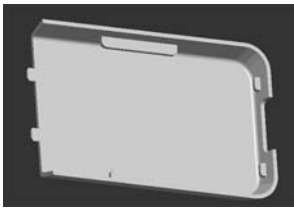


图1 手机电池盖

2 正交试验分析过程

2.1 浇口位置分析

在 Pro/E 中对制品进行三维实体造型, 保存为 .STL 格式文件导入 Moldflow/MP1 模块中, 选择网格划分类型, 制品设计尺寸单位为 mm。由于模型的平均壁厚约为 2 mm, 模型网格的“全局网格边长”一般为壁厚的 1.5 ~ 2 倍, 所以该值选择 3 mm, 其它值默认, 设置分析类型为浇口位置, 对制品进行最佳浇口位置分析, 制品中心深色区域表示设置浇口位

置较好的区域, 结果如图 2 所示。由图 2 可知, 浇口位置处在制品中间部分比较好。

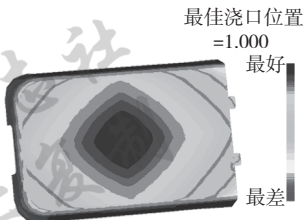


图2 最佳浇口位置分析结果

2.2 正交试验

(1) 试验指标的确定

翘曲和缩痕均会影响制品的外观质量, 进而影响制品的综合性能, 是影响制品表面质量的重要因素, 对其进行研究具有工程实用价值, 因此笔者选定制品的翘曲量和缩痕指数为考察指标。

(2) 试验因素与水平的确定

在确定了试验指标之后, 根据实际经验和模拟分析, 确定影响制品翘曲量和缩痕指数的主要因素为: 模具温度(A)、注射时间(B) 和冷却时间(C), 并假设各因素之间不存在交互作用。在各因素的取值范围内, 均匀地取 3 个水平, 具体如表 1 所示。

表1 因素水平表

水平	因素 A/℃	因素 B/s	因素 C/s
1	45	1.0	10
2	50	1.5	15
3	55	2.0	20

(3) 正交表的选用

正交试验为 3 因素 3 水平的试验, 如果对所有不同组合进行全面试验, 则需要进行 $3^3 = 27$ 种不同的试验, 试验过程比较繁琐。而采用正交试验法, 通过合理选择代表性强的少数试验方案, 只需进行 9

次试验。正交试验方案及试验结果如表 2 所示。

表 2 正交试验方案及试验结果

序号	A	B	C	翘曲量/mm	缩痕指数/%
1	1	1	1	0.409 3	3.257
2	1	2	2	0.377 5	3.093
3	1	3	3	0.341 1	2.769
4	2	1	2	0.414 6	3.304
5	2	2	3	0.379 5	3.068
6	2	3	1	0.346 9	2.818
7	3	1	3	0.411 0	3.355
8	3	2	1	0.381 9	3.063
9	3	3	2	0.347 8	2.773

2.3 试验数据分析

(1) 极差分析

为获取各因素对试验指标的影响程度,对正交试验结果进行极差分析。差值 R 越大,说明该因素对指标的影响程度越大,各因素的极差分析结果如表 3 所示。

表 3 试验数据极差分析结果

试验指标	K	A	B	C
翘曲量	K1	0.376	0.412	0.379
	K2	0.380	0.380	0.380
	K3	0.380	0.345	0.377
	R	0.004	0.067	0.003
缩痕指数	K1	3.040	3.305	3.046
	K2	3.063	3.075	3.057
	K3	3.064	2.787	3.064
	R	0.024	0.518	0.018

由表 3 可看出,对翘曲量影响最大的成型工艺参数为注射时间,其它因素的影响大小依次为模具温度和冷却时间。对于缩痕指数,影响最大的成型工艺参数为注射时间,其它因素的影响程度依次为模具温度和冷却时间。参照表 3,根据成型要求,制品翘曲量越小越好,可得到各因子的优化组合为 A1B3C3;制品表面的缩痕越小越好,可得到各因素的优化组合为 A1B3C1。

(2) 方差分析

由于在试验过程中存在误差,采用极差分析虽然直观形象,但不能将偶然误差和条件误差分开。采用方差分析可以更准确地分析在各种因素作用下哪种因素对试验指标的影响较大,得到最优的工艺参数。采用数据处理软件 SPSS 对实验结果进行方差分析,设置显著水平 $\alpha=0.05$,得到在 3 个因素没有交互作用时的正交试验的方差分析结果,如表 4、表 5 所示。

由表 4、表 5 可知,注射时间对翘曲量的影响最为显著,然后依次是模具温度和冷却时间;对于缩痕指数,各因素影响程度也与翘曲量相同,这与极差分

表 4 翘曲量方差分析结果

源	Ⅲ型平方和	自由度	均方	F ¹⁾	显著性
校正模型	0.007	6	0.001	2744.338	0.000
截距	1.292	1	1.292	3193783.560	0.000
模具温度	3.728×10^{-5}	2	1.864×10^{-5}	46.091	0.021
注射时间	0.007	2	0.003	8171.212	0.000
冷却时间	1.271×10^{-5}	2	6.354×10^{-6}	15.712	0.060
误差	8.089×10^{-7}	2	4.044×10^{-7}		
总计	1.298	9			
校正的总计	0.007	8			

注:1) F 值是表征各因素影响的显著水平的比值。

表 5 缩痕指数方差分析结果

源	Ⅲ型平方和	自由度	均方	F	显著性
校正模型	0.407	6	0.068	26.206	0.037
截距	84.028	1	84.028	32479.385	0.000
模具温度	0.001	2	0.001	0.220	0.820
注射时间	0.405	2	0.203	78.305	0.013
冷却时间	0.000	2	0.000	0.095	0.913
误差	0.005	2	0.003		
总计	84.440	9			
校正的总计	0.412	8			

析结果一致。

2.4 优化结果检验

综合考虑后,由于冷却时间的影响不显著,同时减少冷却时间有利于缩短生产周期,因此最终确定工艺参数最优组合为 A1B3C1。

当工艺参数组合为 A1B3C1,即模具温度 45℃、注射时间 2.0 s、冷却时间 10 s 时,采用 Moldflow 软件进行注射成型模拟,得到的最大翘曲量为 0.341 1 mm,最大缩痕指数为 2.769%,相比表 2 中的各个试验结果为最佳,可以认为该工艺组合是较合理的成型工艺参数。

3 结语

采用正交试验法和 Moldflow 仿真模拟试验相结合,对手机电池盖的翘曲量和缩痕指数作了不同成型工艺参数综合影响分析,通过少量的仿真试验,获得了能基本反映全面情况的试验结果,并分析了不同成型工艺参数对制品翘曲量和缩痕指数的影响程度,进而得到优化的成型工艺参数,解决了成型工艺参数设置的不合理,对减少和避免模具返修和报废、提高制品质量、降低企业生产成本具有积极的经济意义。

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] 任露泉. 试验设计及其优化[M]. 北京: 科学出版社,2009.
[3] 郭广思. 注塑成型技术[M]. 北京: 机械工业出版社,2002.

OPTIMIZATION DESIGN OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR SURFACE QUALITY OF INJECTION MOLDING PRODUCT BASED ON MOLDFLOW AND ORTHOGONAL EXPERIMENT

Guan Zhijie, Lu Jun

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT By the combination of orthogonal experiments and Moldflow simulation tests, taking the battery cover of mobile telephone for example, the effects of different molding process parameters on warp and shrink marks are researched. In addition, by analyzing the experiment data, the optimized parameter combination is obtained, therefore the optimization design of technological parameters is done.

KEYWORDS moldflow, orthogonal design, injection molding, warp, shrink marks

美国含氟聚合物膜市场强劲增长

报告称,美国含氟聚合物膜市场正处于高速发展阶段。2009 年美国含氟聚合物膜市场规模达 10.5 亿美元,预计从 2009 年到 2016 年每年增速将达 6.2%,到 2016 年市场规模将增至 16.1 亿美元。

(1) 品种多应用广

含氟聚合物膜按树脂成分主要有以下几种:聚四氟乙烯 (PTFE),聚偏二氟乙烯 (PVDF),全氟乙烯丙烯共聚物 (FEP),聚氟乙烯 (PVF),乙烯四氟乙烯共聚物 (ETFE)。其中,PTFE 薄膜是应用最为广泛的品种,约占整个美国含氟聚合物膜市场 51% 的份额,大量用于飞机配件、电路板、风车组件、电线与电缆的绝缘胶带、电子与电气设备的绝缘材料、电容器的包装材料以及变压器的间隔装置等诸多领域,近几年年均增长率达 6.3%。与其它种类的含氟聚合物膜相比,PTFE 薄膜最大的缺点是粘性高加工难度大,而改性 PTFE 薄膜则在一定程度上克服了这一缺陷,从而在燃料电池领域替代了 PVDF 薄膜。

PVDF 薄膜则是含氟聚合物膜中成长最快的品种,美国市场年均增长率达 7.6%。目前,将 PVDF 薄膜与聚氯乙烯 (PVC) 及聚乙烯 (PE) 薄膜覆合,可以在保证其性能的同时,降低产品的成本。另外, PVDF 薄膜与其它薄膜有较好的兼容性,多层薄膜的推广在维持其性能的同时,更为经济。PVDF 薄膜市场的发展主要得益于锂电池的普遍使用。目前,手机、笔记本电脑、便携式电子产品、太阳能电池板、建筑及汽车装饰膜以及半导体行业的快速发展推动了该种薄膜的广泛使用。此外, PVDF 膜也正越来越多地用于燃料电池、飞机内饰件和办公自动化设备等领域。

FEP 薄膜具有良好的阻燃性、绝缘性、易被染料着色等优势,但其也有缺点:一是成本高,二是熔化状态下其抗腐蚀性较弱。FEP 薄膜主要应用于运输、化工处理、太阳能电池镀膜、指示材料、电路板、扁形电缆和高速公路指示牌等领域。

PVF 薄膜同 PVDF 膜类似,也是增长最快的薄膜品种,美国市场年均增长率高达 7.6%。由于 PVF 薄膜与其它类型薄膜具有高度的兼容性,因此广泛应用于多层薄膜的生产制造中。目前杜邦公司是全球唯一的 PVF 薄膜供应商,其

品牌名称为 Tedlar。该种薄膜主要应用于光伏电池的底层材料。PVF 膜的发展与光伏电池产业密切相关,供需平衡程度也在很大程度上取决于光伏行业的发展。

ETFE 薄膜主要应用于薄膜光伏电池材料,温室以及园艺设施的保温材料。

此外,其它含氟聚合物膜还有聚三氟氯乙烯 (PCTFE) 和乙烯/三氟氯乙烯共聚物 (ECTFE,简称 F30)。由于具有良好的阻隔特性,这两种膜主要用于医药包装领域。

含氟聚合物膜属于高附加值的特种膜。提供含氟聚合物膜原料的树脂供应商通常通过前向整合进入特种膜加工行业。

美国含氟聚合物膜市场的发展动力来自于不断拓展的应用领域。此外,含氟聚合物膜同其它膜的兼容性以及多层覆膜技术的发展,以及医药和药品行业需求不断增长,也推动其市场规模迅速扩大。

(2) 面临环境压力

PTFE 薄膜市场日益成熟给含氟聚合物膜应用发展将带来不利影响。

作为含氟聚合物膜市场份额最大的品种,PTFE 薄膜的应用历史已超过 60 年,其主要应用领域如厨房炊具、半导体以及自动化装置等已经趋于饱和。目前,该细分市场还有待突破性的创新技术来引导市场快速增长。

虽然从工业角度出发,含氟聚合物膜具有坚固耐用、防潮、耐热、耐腐蚀的特性,但这些特性同时也使含氟聚合物膜难以通过生物降解的方式消灭,从而对环境造成潜在威胁。

(化工报)

用二甲醚可从藻类提取“绿色”原油

日本电力工业中央研究院 (CRIEPI) 能量工程研究实验室的科学家已开发出一种从藻类中提取原油的新方法,该方法过程简单,效率高、耗能少,比传统方法效率高 60 倍。产出的原油热值为 469 千焦/g (低于干木料),为“绿色”原油。

该工艺是在室温和 0.5 MPa 压力下,将液体二甲醚置于含有微藻淤浆的塔中连续循环,约 10 min 后,原油就被抽取进入液体二甲醚。含油的液体二甲醚再与水分离,通过降低压力,将二甲醚以蒸汽形式回收。

(化工报)