

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.04.011

基于正交实验法的电视机支柱成型工艺优化研究*

温开财, 辛勇

(南昌大学机电工程学院, 南昌 330031)

摘要:以电视机透明支柱实体塑料件为例,在三维模流分析理论研究的基础上确定塑料件质量评价指标为体积收缩率。影响质量的工艺参数为模具温度、熔体温度、注射时间、保压压力、保压时间和冷却时间。结合正交实验法、CAE分析及数据处理技术,确定各工艺参数对塑料件质量的影响及最优工艺方案。

关键词:电视机透明支柱;三维网格;正交实验;体积收缩率

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)04-0042-03

Research on Molding Process of TV Pillar Based on Orthogonal Experiments

Wen Kaicai, Xin Yong

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: Take TV transparent pillar for example, volume shrinkage was selected as evaluation of the quality of plastic parts based on the theory of three-dimensional mold flow analysis. Mold temperature, melt temperature, injection time, packing pressure, packing time and cooling time were process parameters which affected the quality of injection molded parts. Orthogonal experiment, CAE analysis and data processing techniques were used in order to find out the best process solution and the relationship between process parameters and quality of injection molded parts.

Keywords: TV transparent pillar; three-dimensional grid; orthogonal experiments; volume shrinkage

在注射成型中,塑料件的壁厚一般为1~4 mm,大于4 mm以上的称为厚壁制品。一般设计都希望壁厚值不要太大、壁厚均匀。而由于客户需求、产品造型、性能等各方面原因,也会出现一些厚壁塑料件甚至实心超厚型塑料件。对于厚壁塑料件,收缩是影响塑料件质量的重要因素之一,这不但对塑料件材料选择、注塑机有了更高的要求,而且也需要对注射成型工艺进行更合理的优化。传统模流CAE分析采用中面流技术和双面流技术,采用了Hele-Shaw流动简化,其优点是分析速度快,效率高,适用于大部分塑料件尤其是薄壁塑料件的模流分析,但是仅考虑熔体沿着上、下表面流动,没有考虑物理量在厚度方向上的变化,因此它产生的信息是有限的、不完整的,不适合实体、厚壁件分析^[1-3]。

因此笔者以电视机透明支柱实体塑料件为例,采用三维模流分析,结合正交优化实验,获得最佳工艺优化组合。

1 三维模流分析的理论基础

三维模流分析对CAD模型采用四面体网格剖分,熔体黏度模型有幂律模型、Cross-Arrhenius模型及Cross-WLF模型。笔者采用Cross-WLF模型,其

本构方程为七参数模型,能准确表达熔体在注射填充阶段及保压阶段的流变特性,其表达式为:

$$\eta(\gamma, T, p) = \frac{\eta_0(T, p)}{1 + \left[\frac{\eta_0 \gamma}{\tau} \right]^{1-n}} \quad (1)$$

(1)式中:

$$\eta_0(T, p) = D_1 \exp \left[-\frac{A_1(T - T^*)}{A_2 + (T - T^*)} \right] \quad (2)$$

$$T^* = D_2 + D_3 p \quad (3)$$

$$A_2 = A + D_3 p \quad (4)$$

式中: n 为非牛顿指数; τ 、 D_1 、 D_2 、 D_3 、 A 、 A_1 为材料常数; η_0 为零剪切黏度; η 为剪切黏度; γ 为剪切速率; T 为熔体温度; T^* 为参考温度; p 为熔体压力。

2 电视机底座的几何造型和网格划分

2.1 三维几何造型

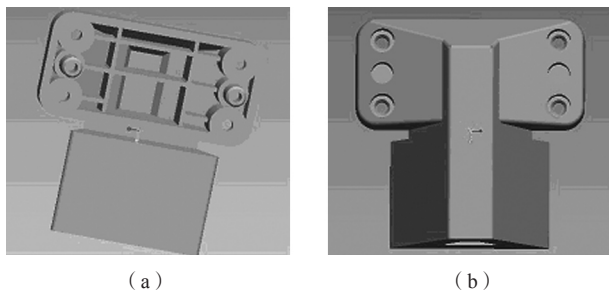
运用软件Pro/Engineer对电视机透明支柱进行三维造型,三维实体图如图1所示,塑料件总

* 江西省自然科学基金资助项目(GZC0022)

联系人:温开财,硕士,主要从事塑料成型及模具设计研究

收稿日期:2012-01-16

长 105 mm,最大宽度 46 mm,高度 104 mm。电视机透明支柱下半部分为实心。塑料件选材为美国通用公司产的聚碳酸酯(PC),牌号 Lexan 121。常温下固态密度为 1.1915 g/cm^3 ,熔融液态密度为 1.0521 g/cm^3 ,其推荐的基本成型工艺参数为:模具表面温度 82°C ,熔融温度 293°C ,顶出温度 160°C ,最大剪切速率 4000 s^{-1} 。



(a) (b)

a—正面; b—反面

图1 电视机透明支柱 CAD 模型

2.2 三维网格划分

塑料件在 Pro/Engineer 造型后,保存为用三角网格来表现三维 CAD 模型的 STL 格式文件。在模拟分析软件 Moldflow 中进行三维网格划分,转换成 CAE 模型,如图 2,并对原始网格交叉单元、自由边等进行修正。共有 13 639 个节点,74 440 个四面体网格单元。



图2 电视机透明支柱 CAE 模型

3 浇注系统设计

本实验采用一模一腔、直浇口注射成型,最佳浇口位置如图 3 所示,浇口位置位于电视机透明支柱背面中部。冷却水道系统如图 4 所示,冷却水道管道直径为 10 mm,冷却介质为水(25°C),入口雷诺数为 10 000。

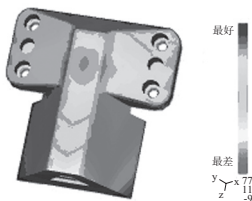


图3 最佳浇口位置

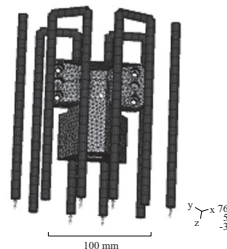


图4 冷却水道系统

4 正交实验设计

塑料件注塑过程中,影响其成型质量的因素主要为温度、压力的大小及其作用时间。本实验考查的工艺参数为模具温度、熔体温度、注射时间、保压压力、保压时间和冷却时间^[4],分别简称为因素 A、因素 B、因素 C、因素 D、因素 E 和因素 F,各因素分别取三水平,即六因素三水平实验。以最大体积收缩率 X 作为成型质量评价指标。参考材料推荐注射工艺参数^[5],制定实验因素水平划分表,见表 1。

表1 实验因素水平划分表

水平	A / $^\circ\text{C}$	B / $^\circ\text{C}$	C / s	D / MPa	E / s	F / s
1	70	280	8	40	20	10
2	80	290	10	45	30	20
3	90	300	12	50	40	30

根据因素及水平划分,采用六因素三水平的正交实验矩阵设计实验,由于没有六因素三水平正交实验表 $L(3^6)$,采用 $L18(3^7)$ 正交实验表,见表 2。

表2 模拟实验方案与结果

实验	A / $^\circ\text{C}$	B / $^\circ\text{C}$	C / s	D / MPa	E / s	F / s	X / %
实验 1	1	1	1	1	1	1	12.85
实验 2	1	2	2	2	2	2	14.21
实验 3	1	3	3	3	3	3	13.99
实验 4	2	1	1	2	2	3	13.64
实验 5	2	2	2	3	3	1	13.69
实验 6	2	3	3	1	1	2	14
实验 7	3	1	2	1	3	2	12.55
实验 8	3	2	3	2	1	3	13.8
实验 9	3	3	1	3	2	1	14.09
实验 10	1	1	3	3	2	2	13.54
实验 11	1	2	1	1	3	3	13.53
实验 12	1	3	2	2	1	1	14.21
实验 13	2	1	2	3	1	3	12.63
实验 14	2	2	3	1	2	1	13.67
实验 15	2	3	1	2	3	2	14.07
实验 16	3	1	3	2	3	1	13.24
实验 17	3	2	1	3	1	2	13.7
实验 18	3	3	2	1	2	3	13.94
k_1	13.722	13.075	13.647	13.423	13.532	13.625	
k_2	13.617	13.767	13.538	13.862	13.848	13.678	
k_3	13.553	14.050	13.707	13.607	13.512	13.588	
极差	0.169	0.975	0.169	0.439	0.336	0.090	

表 2 中 k_1, k_2, k_3 分别表示某工艺参数在水平 1, 2, 3 下的最大体积收缩率的平均值;极差表示 k_i 中

最大值与最小值之差。由表2直观分析,可得各工艺参数在不同水平下的最大体积收缩率与各因素水平之间的关系,如图5所示。

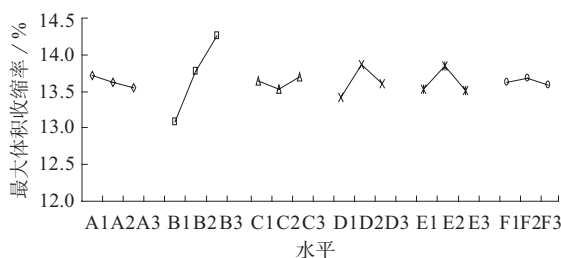


图5 各因素水平对最大体积收缩率的影响

从表2极差可知,对塑料件成型的最大体积收缩率影响效应从大到小依次是B, D, E, A, C, F。由平均值可知,最佳因素水平组合为A3B1C2D1E3F3。

5 结语

笔者以电视机透明支柱为例,考虑到塑料件壁厚不均,支柱下半部为实体厚壁结构,成型时容易产生缺陷,对塑料件注射成型进行试验模拟。采用三维模流分析(3D网格)代替过去经常使用的2.5维模流分析(中面流网格、双面流网格),结合正交优化实验,并对实验结果进行数据分析,获得最佳工艺优化组合,对指导生产具有一定意义。

(1)对塑料件体积收缩率有显著影响的是因素B,其次是E和D。体积收缩率随模具温度的升高

而减小,随熔体温度升高而增大。

(2)最优方案为模具温度90℃,熔体温度280℃,注射时间10s,保压压力40MPa,保压时间40s和冷却时间30s。将最优方案进行生产验证,电视机透明支柱产品图见图6,产品表面光洁,无凹陷,质量符合要求。

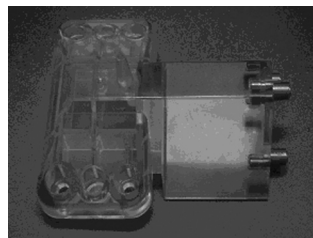


图6 电视机透明支柱产品

参考文献

- [1] 刘迎春,郭成. Moldflow 3D技术在模流分析中的应用[J]. 模具工业, 2008, 34(3): 10-14.
- [2] 耿铁,李德群,周华民. 全三维注塑成形流动模拟有限元模型的研究[J]. 中国机械工程, 2006, 54(5): 505-509.
- [3] Shojaeia A, Ghaffarianb S R, Karimian S M H. Simulation of the three-dimensional non-isothermal mold filling process in resin transfer molding [J]. Composites Science and Technology, 2003, 10: 1931-1948.
- [4] 刘东雷,辛勇. 基于多指标综合评价策略的快速冷热成型工艺优化研究[J]. 中国塑料, 2008, 22(12): 71-75.
- [5] 孙玲. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.

BOPET 前景广阔,印度包装业巨头在美建厂

过去几年,国内双向拉伸聚酯(BOPET)薄膜产能快速扩张,其产能从2002年的11万t增长至2010年的近100万t。目前BOPET薄膜已存在产能大于产量的状况,产能利用率约为90%,专家表示这种情况是短期的供大于求,未来产能将会被消化,原因基于两点:

(1)下游塑料包装等行业未来仍能维持较高增速;

(2)BOPET薄膜具有较强的竞争优势,未来其在众多薄膜中市场份额占比将会进一步扩大。

对此, Freedonia Group公司的分析师 Bill Martineau 分析道,“今后几年中,受若干因素的驱动,包装行业将呈现出最高的增长速度。”

2012年,印度包装业领军企业——Uflex 和 Polyplex 皆将在美国建设大型聚酯薄膜厂。此举给国内生产者施加了重大压力。

Uflex 有限公司是印度最大的软包装公司,总部位于印度诺依达。目前其已成功将业务市场扩展至埃及和迪拜。日前, Uflex 宣称,其将投资约1.8亿美元,在肯塔基州建设BOPET薄膜厂,其中一半的资金将投入一期工程,即安装一

条BOPET薄膜生产线和一个等离子增强高阻隔喷镀金属器。

此外, Uflex 公司还表示,该生产线宽8.7m,每分钟可生产长达500m的薄膜,是在全世界数一数二的同类生产线,也比目前在美国的其它薄膜生产线规模更大。新生产线定于2012年底投入生产。初步预测其初始产值是每年66万磅,并且到2015年时,将继续提高阿拉巴马州聚酯薄膜厂的产值能力。

自1984年成立以来,总部位于印度诺伊达的 Polyplex Group 公司一直着眼于全球扩张。多年来,该公司已成功地在泰国和土耳其建立了薄膜生产厂。日前, Polyplex (Thailand) Public 公司总经理 Rohit Kumar Vashistha 表示,“聚酯薄膜的发展前景广阔,全球对聚酯薄膜需求大增。由于许多企业正在从柔性包装向工业包装和其它增值更高的包装转变,致使造成了包装市场上的供求失衡,导致销售价格大幅上涨。因此,聚酯薄膜的销售利润是非常可观的。”

与此同时, Polyplex 公司表示将投资1.87亿美元在阿拉巴马州建设聚酯薄膜厂。初始产能将是每年66万磅,如若试产成功,将在2015年提高各条生产线的产能。(慧聪网)