

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.05.016

基于 CAE 技术的翘曲分析及反变形补偿设计

王秀梅¹, 翟豪瑞²

[1. 常州机电职业技术学院车辆工程(轨道交通)学院, 江苏常州 213164; 2. 盐城工学院汽车工程学院, 江苏盐城 224051]

摘要: 针对注塑件加玻璃纤维引起的翘曲变形, 传统方法很难做到精确地预测, 为产品反变形补偿设计提供可靠依据。基于 CAE 技术, 运用 Moldex3D 软件对添加玻纤的某“C”型产品进行“冷却+充填+保压+冷却+翘曲”分析, 得到各方向翘曲位移量。采用反变形原理修改原始方案产品结构, 试模验证模拟的可靠性, 误差控制在 5% 以内。依据 Moldex3D 模拟结果的翘曲变形量, 指导产品变更设计的反变形补偿量, 成功解决了“C”型产品的翘曲变形问题。随机抽样测量 15 组产品, 最大翘曲量为 0.04 mm, 远小于 0.2 mm 的精度要求。CAE 技术为降低产品的开发风险提供了保障, 反变形技术为注射成型时翘曲变形的控制、模具及工艺设计的选择和预留变形量的确定等提供可靠依据。

关键词: 玻璃纤维; 翘曲变形; 反变形补偿; CAE; Moldex3D

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)05-0077-04

Warpage Analysis and Anti-deformation Compensation Design Based on CAE Technology

Wang Xiumei¹, Zhai Haorui²

[1. Vehicle engineering (rail transit) college, Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China;

2. School of Automotive Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China]

Abstract: It is difficult to accurately predict the warping deformation caused by adding glass fiber to injection molded parts, which provides a reliable basis for the design of anti-deformation compensation. Based on CAE technology, Moldex3D software was used to analyze the “cooling + filling + holding + cooling + warpage” of a “C” product with glass fiber, and getting the warpage displacement in all directions. The principle of reverse deformation was used to modify the original scheme, and the reliability of the simulation was verified by trial design. The error control was less than 5%. According to the warpage deformation of Moldex3D simulation results, the anti-deformation compensation of product change design was directed to solve the warpage deformation problem of “C” type product successfully. Random sampling of 15 groups of products with a maximum warpage of 0.04 mm and an accuracy of much less than 0.2 mm. CAE technology provides a guarantee for reducing the risk of product development. Anti-deformation technology provides a reliable basis for control of warpage during injection molding, selection of mold and process design, and determination of reserved deformation amount.

Keywords: glass fiber; warping deformation; anti-deformation compensation; CAE; Moldex3D

随着注塑行业的快速发展, 以及 CAE 模拟仿真技术的出现, 有效地改善了传统注塑模具设计过程中出现的开发周期长, 注塑件质量差的问题^[1]。Moldex3D 就是其中的佼佼者, 它的 BLM 三维网格技术可以准确模拟模具注塑过程, 模拟结果中的问题几何图形支持功能可以帮助设计者在最终设计决

策前试验假定方案^[2-3], 从而达到优化目的。笔者使用 Moldex3D 软件对加玻纤的某“C”型产品进行“冷却+充填+保压+冷却+翘曲”分析, 得到各方向翘曲位移量, 通过试模验证模拟的准确性, 采用反变形原理修改原始方案产品结构^[4], 再次“模拟+试模”成功解决产品翘曲变形问题。

基金项目: 江苏省六大人才高峰人才项目 (XNYQC-005)

通讯作者: 翟豪瑞, 助教, 主要从事汽车零部件开发、材料成型及模具集成研究 E-mail: 707958508@qq.com

收稿日期: 2018-02-28

引用格式: 王秀梅, 翟豪瑞. 基于 CAE 技术的翘曲分析及反变形补偿设计 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(5): 77-80.

Wang Xiumei, Zhai Haorui. Warpage analysis and anti-deformation compensation design based on CAE technology[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(5): 77-80.

1 翘曲原因分析

查阅文献 [5-9] 得出翘曲主要来源于:

(1) 产品的体积收缩率分布的不均匀。

塑件于保压后冷却至室温,由于 PVT 的改变而产生收缩,收缩率为正值代表体积收缩,为负值表示体积膨胀,不均匀的体积收缩率将使产品发生翘曲和扭曲,如图 1 所示。

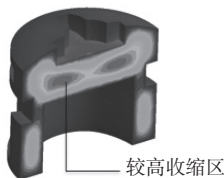


图1 体积收缩不均分布图

(2) 产品厚度与几何特性。

塑件的厚度愈大,其冷却速率愈慢,且愈容易积热;局部积热除导致局部高温外,亦会产生较大的局部收缩;体积收缩率会因塑件的不均匀厚度分布有明显变化。因此,防止产品翘曲的关键之一就是提供优质的产品设计,如图 2 所示。

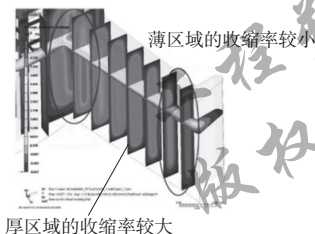


图2 产品厚度不均引起的翘曲

(3) 不平衡的冷却设计容易导致体缩率不均,最终产品发生翘曲问题。

不平衡的冷却水路配置造成产品两侧冷却效率不一,上方的水管数量比下方水管少,因此上方的冷却效率较差;冷却效率的差异进而影响产品两侧温度不一致,冷却效率差的上方温度比下方高,产品最终倾向往高温侧弯曲,发生翘曲,如图 3 所示。

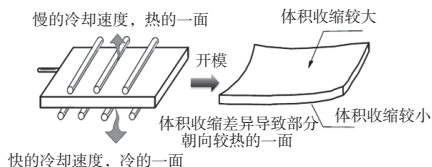


图3 温度效应引起的翘曲变形原理

(4) 不均匀的保压压力分布。

靠近浇口的区域保压效果较好,在保压阶段拥有足够的塑料补偿收缩的体积,远离浇口的区域保压效果差,导致此处体缩率较大,如图 4 所示。

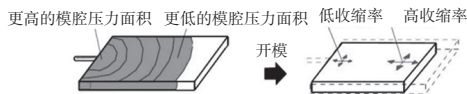


图4 保压压力引起的翘曲变形原理

(5) 纤维的配向会强化或减弱特定方向的强度以外,也会影响收缩率。

除了冷却收缩外,高分子链的纤维配向也是影响产品翘曲的主因之一,塑料若添加纤维,可提高产品强度,降低产品收缩率,产品若含有纤维,沿着纤维配向方向的收缩率会减小,如图 5 所示。

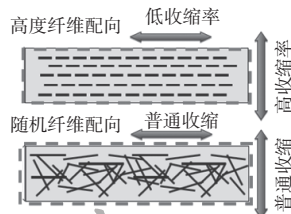


图5 纤维配向引起的翘曲变形原理

2 反变形补偿原理

所谓反变形设计,即在制品初始设计基础上预设反方向的变形^[10],以达到抵消或降低出模后制品变形的目的,使制品恢复到初始设计状态。因此,反变形设计首先要明确变形方向和变形量两个核心问题,而 CAE 技术在预变形设计方面可起到重要指导作用,原理如图 6 所示。

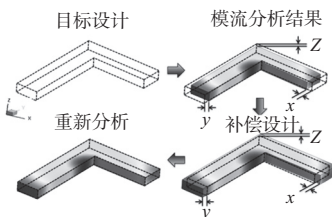


图6 反变形设计原理图

3 案例分析

3.1 产品介绍及问题分析

某公司生产“C”型注塑件,产品外观尺寸为 58 mm × 40 mm × 29 mm,产品平均厚度为 2 mm,背部有多处加强筋设计,产品材料为 PA6-Akulon K224-G3(15% 玻纤),产品尺寸如图 7 所示。

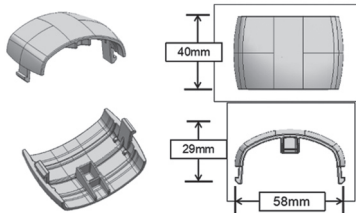


图7 产品外观尺寸

由于实际生产过程中会出现一些翘曲量过大的不良品,需要用夹具配合工人整形,这样会增加工

人成本及工人劳动量。希望采用 CAE 技术达成一下目标,实现以下预期效益:

目标:解决变形问题,在实际生产中不需要配合人工整形;利用 Moldex3D 虚拟试模解决变形问题。

预期效益:减少人力成本的投入;减少试模、修模带入的成本。

3.2 CAE 分析及试模验证

模具设计为“一模四穴”,注塑产品分为 A 和 B。浇注系统采取冷流道设计,使用 Rhino 5.0 构建网格,网格总数为 120 万,网格质量优,如图 8 所示。

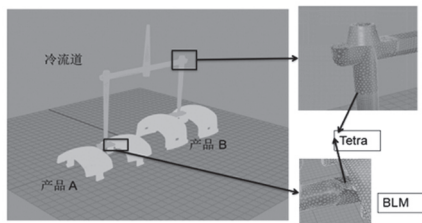


图 8 网格划分

水路设计如图 9 所示,公母模面水管采用 6 根普通水管并联式水路设计,普通水管直径为 8 mm,4 根喷泉式水路 16 mm。

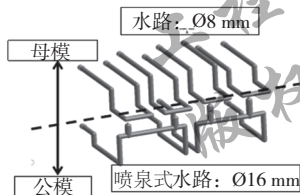


图 9 水路设计

查看翘曲分析结果,发现 X 轴方向最大翘曲位移量为 1.6 mm,试模验证用游标卡尺测量 X 轴收缩量 1.53 mm,与模流分析误差为 4.5%,小于 5%,如图 10 所示。

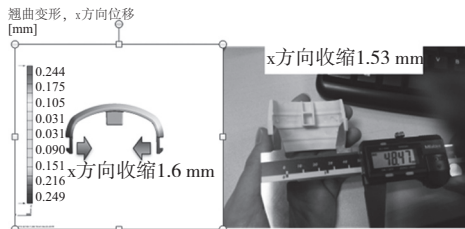


图 10 仿真与试模对比

3.3 产品反变形设计及试模验证

经过 CAE 仿真分析与试模对比发现,误差控制在 5% 以内,说明模流分析的可靠性。但由于翘曲量较大,在产品公差范围之外 (50 ± 0.2) mm,在 CAE 分析结果的指导下,采用反变形补偿原理重新设计产品尺寸,如图 11 所示。

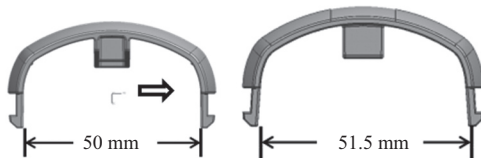


图 11 产品设计变更

经过产品设计变更,在原有模具上进行反变形补偿修改,最后试模验证进行测量 X 轴方向尺寸。在样品生产验证的过程中,为了排除其他因素的影响,使整个样品验证更加具有代表性真实性,分别从第 1 天,第 3 天与第 5 天的量产样品中随机抽取 5 件产品进行尺寸测量。测量点的位置如图 12 所示,测量的数据如表 1 所示。从表中发现随机抽样的产品全部合格,且最大翘曲变形量为 0.04 mm,远远小于 0.2 mm 的精度要求范围。



图 12 现场测量

表 1 样品件的尺寸测量数据

时间	样品编号	测量结果/mm	最大变形量/mm
第 1 天	1	49.96	0.04
	2	49.97	0.03
	3	49.96	0.04
	4	49.98	0.02
	5	50.03	0.03
第 3 天	1	50.02	0.02
	2	49.96	0.04
	3	49.98	0.02
	4	49.97	0.03
	5	50.03	0.03
第 5 天	1	49.97	0.03
	2	50.02	0.02
	3	50.01	0.01
	4	49.98	0.02
	5	49.96	0.04

4 结论

借助 Moldex3D 模流分析软件的 BLM 三维真实网格技术,可以准确模拟出“C”型产品的翘曲变形量,又现场试模测量验证 CAE 分析的可靠性,为产品反变形补偿设计提供了可靠的数据。具体总结如下:

(1) 针对加玻纤某“C”型注塑件装配尺寸精度要求,采用反变形补偿法来降低制品的翘曲变形,生产出满足精度和装配要求的制品。实践表明反变形是控制加玻纤注塑件翘曲变形的有效方法,为降低

制品开发风险提供了保障。

(2) CAE 技术是确定反变形方向和反变形补偿的有效手段, Moldex3D 是模流分析的一把利剑,能准确模拟出翘曲变形量,为反变形补偿设计提供可靠的补偿数据。

参考文献

- [1] 潘俊宇,匡唐清,赖德炜,等. 模流分析在电饭煲底座模具设计与工艺优化中的应用[J]. 塑料科技,2017,45(10):90-95.
Pan Junyu, Kuang Tangqing, Lai Dewei, et al. Application of moldflow technology in mold design and process optimization of electric cooker base[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(10):90-95.
- [2] 翟豪瑞,葛晓宏,陈长秀,等. 基于 Moldex3D 碳罐本体优化分析及模具设计[J]. 模具工业,2018,44(1):40-45.
Zhai Haorui, Ge Xiaohong, Chen Changxiu, et al. Optimization analysis of carbon canister based on Moldex3D and the mould design[J]. Die & Mould Industry, 2018, 44(1):40-45.
- [3] 翟豪瑞,王小松,熊新,等. 用 Moldex3D 对副仪表盘热流道浇口时序的优化[J]. 现代塑料加工应用,2017,29(6):54-56.
Zhai Haorui, Wang Xiaosong, Xiong Xin, et al. Optimization of hot runner gate time sequence of auxiliary instrument panel by moldex3D[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(6):54-56.
- [4] 王超房,黄明,赵振峰,等. 基于预变形的长条状注塑制品翘曲控制[J]. 工程塑料应用,2016,44(8):46-49.
Wang Chaofang, Huang Ming, Zhao Zhenfeng, et al. Warpage control of injection-molded strip-like plastic parts based on pre-deformed design[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(8):46-49.
- [5] 周国发,贺永媛. 微孔塑料注射成型制品体积收缩与翘曲变形数值分析[J]. 中国塑料,2007,21(10):61-65.
Zhou Guofa, He Yongyuan. Numerical analysis of volumetric shrinkage and warpage of injection molded microcellular parts[J]. China Plastics, 2007, 21(10):61-65.
- [6] 伊明扬,葛晓宏,翟豪瑞. 基于 Modex 3D 分析的空气滤清器结构的改进[J]. 厦门理工学院学报,2017,5(25):7-11.
Yin Mingyang, Ge Xiaohong, Zhai Haorui. Structural optimization of air filter cartridges based on modex 3D[J]. Journal of Lujiang University, 2017, 5(25):7-11.
- [7] 谢英,郑国强,周应国,等. 塑件翘曲变形分析 CAE 在注射模冷却系统设计中的应用[J]. 模具工业,2008,34(9):29-32.
Xie Ying, Zheng Guoqiang, Zhou Yingguo, et al. Application of CAE in warpage analysis and in design of injection mould cooling system[J]. Die & Mould Industry, 2008, 34(9):29-32.
- [8] 廖秋慧,刘淑梅. 注塑成型保压参数对塑件翘曲变形的影响[J]. 塑料科技,2009,37(10):67-69.
Liao Qiuhui, Liu Shumei. Effect of packing parameters on warpage of moulded part during injection moulding[J]. Plastics Science and Technology, 2009, 37(10):67-69.
- [9] 黄明瑜,关安南,王大中. Moldflow 在玻纤增强产品翘曲优化中的应用[J]. 塑料工业,2013,41(10):20-23.
Huang Mingyu, Guan Annan, Wang Dazhong. Application of Moldflow in the warpage of glass-fiber reinforced plastic[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(10):20-23.
- [10] 孙海涛,熊鹰,黄政. 复合材料螺旋桨纤维铺层的影响及预变形设计[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2014,42(5):116-121.
Sun Haitao, Xiong Ying, Huang Zheng. Effect of stacking mode of composite laminates and pre-deformed design of composite marine propellers[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Nature Science Edition, 2014, 42(5):116-121.

2018 年塑料制品产量预计增长 3.1%

近年来,在“以塑代钢”的市场大环境下,政策的倾斜为塑料制品行业带来了良好的前景,中国的塑料制品产量环比去年同期增加明显。随着生活水平逐年提高,人们对塑料制品的环保要求也逐步提高,绿色低碳成为该行业共识,只有不断提高塑料制品的品质,拓宽其用途,向高端市场进军,才能迎来更多的发展机遇。

据中商产业研究院数据统计显示,2017 年中国塑料制品累计产量为 7515.5 万 t,累计增长 3.4%。其中,2017 年中国日用塑料制品累计产量为 665.14 万 t,累计增长 5.8%。预计 2018 年中国塑料制品累计产量将达 7719.3 万 t,累计增长约 3.1%。(中塑在线)

恒力石化采用英威达 P8 技术建造 PTA 生产线

5月2日——英威达先进技术业务(IPT)与恒力石化(大

连)有限公司(恒力),签署了技术许可协议,授权恒力使用英威达最新的工艺技术建造其第四条精对苯二甲酸(PTA)生产线。恒力的前三条 PTA 生产线均使用了英威达的技术,首条生产线于 2012 年投产运营,前三条生产线的总产能为 660 万 t/年。该 PTA 第四条生产线的设计产能为 250 万 t/年,建于中国辽宁省长兴岛。

英威达先进技术业务总裁 Mike Pickens 先生表示:“对于恒力选择我们先进的、行业领先的 P8 工艺技术用于他们新的 PTA 项目投资,我们感到十分荣幸。我们期待与恒力陈建华总裁及其精良团队的进一步紧密合作。”

这是英威达 PTA 技术发展演变中继 2017 年亚东石化(台湾)股份有限公司的第三条 PTA 生产线(产能 152 万 t/年)的成功开车和首次运用于嘉兴石化有限公司生产线(产能 220 万 t/年)的 P8 技术之后的又一个重要的里程碑。

(中塑在线)