

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.07.014

“角落效应”对塑料件翘曲变形的影响

孟兵¹, 徐静², 苏艳红¹, 郑金辉¹

(1. 成都航空职业技术学院, 成都 610100; 2. 成都航天模塑股份有限公司, 成都 610100)

摘要: 由于注射成型塑料件时有内应力, 所以翘曲变形不可避免。找出导致变形的原因是改善塑料件变形的首要问题。采用 Moldflow 对汽车零件翘曲变形进行分析, 快速确认引起翘曲变形的主要原因是“角落效应”, 将该塑料件转角料厚由 4 mm 改为 2 mm, 最终变形量由原始的 2.9 mm 变为 0.6 mm, 减少了 80%。

关键词: 塑料件; Moldflow; 翘曲变形; 角落效应

中图分类号: TH162 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)07-0067-03

Influence of “Corner Effect” on Deformation of Plastic Part

Meng Bing¹, Xu Jing², Su Yanhong¹, Zheng Jinhui¹

(1. Chengdu Aeronautic Polytechnic, Chengdu 610100, China; 2. Chengdu Space Mould & Plastics Co. Ltd., Chengdu 610100, China)

Abstract: Plastic part always have residual stress after injection molding process, so that it is not easy to avoid deformation. To find out the reason of deformation is very important in molding processing. There are many reasons to cause deformation of molding product. Through analyzing a mobile part by Moldflow, the reason of deformation caused by corner effect was found. Then, according the result of CAE analysis, the material thickness of the plastic part corner was changed from original 4 mm to 2 mm, and the deformation value of product was decreased by about 80% from 2.9 mm to 0.6 mm.

Keywords: plastic part; Moldflow; deformation; corner effect

塑料件的翘曲变形是指塑料件的成型偏离了模具型腔的形状^[1-2]。翘曲变形与塑料件的收缩有关, 假如整个塑料件有均匀的收缩率, 最终产品就不会翘曲, 而仅仅是尺寸缩小。然而, 由于分子链纤维取向、模具冷却、塑料件设计、模具设计及成型工艺参数等诸多因素的交互影响, 要达到均匀收缩难度极高^[3]。变形一定程度上影响塑料件的装配效果, 如果变形太大, 装配后内应力大, 在使用过程中应力集中处零件易损坏。特别是汽车内外饰塑料件, 零件大, 结构复杂, 装配复杂, 零件变形成为汽车配件厂最为关注的问题。

造成塑料件翘曲变形的原因分为以下几类: 收缩不均、冷却不均、取向效应等。

收缩不均主要是区域与区域的收缩率变化。如图 1 所示, 由于零件顶部较厚, 其冷却较慢, 高分子有更多的时间进行有序排列, 结晶度较大, 因此收缩程度更大, 从而导致图 1 所示的翘曲变形。

冷却不均主要是模具一侧与另一侧的温度不同其示意图如图 2 所示, 上侧温度较高, 下侧温度较低。上侧的冷却速率更慢, 有更多的时间进行有序

排列, 收缩更大, 从而产生翘曲变形。

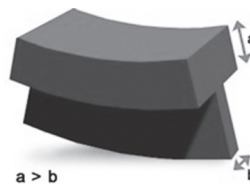


图1 背面有加强筋的零件的变形情况

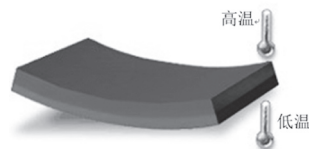
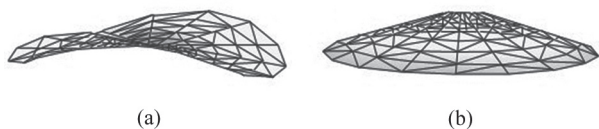


图2 模具两侧温度不同导致的零件变形

取向效应可从塑料件在平行方向和垂直方向上的收缩量变化看出由图 3 所示。由图 3a 可见, 平行收缩高于垂直收缩时塑料件发生扭曲变形, 而垂直收缩高于平行收缩时塑料件将产生凸起。

联系人: 孟兵, 博士, 副教授, 从事高分子材料改性及成型工艺, 模具设计, 模具 CAD/CAE 等方向的研究

收稿日期: 2015-04-22



a—平行收缩高于垂直收缩; b—垂直收缩高于平行收缩

图3 材料流动方向和垂直于流动方向收缩不一致产生的两种不同形式的翘曲

“角落效应”就是塑料件中拐角区域对变形的影响。其过程为在塑料件的拐角区域热量散失较难,从而产生热应力;另外,由于模具抑制条件,塑料件在厚度方向上的收缩要远远大于塑料件拐角区域的平面收缩,这会导致进一步的变形。笔者通过 Moldflow 在实际的项目中的应用,介绍“角落效应”对翘曲变形的影响。

1 汽车前风窗导流板结构

图4为某汽车前风窗导流板,该零件安装在前风窗与引擎盖之间,有利于发动机舱的冷却和减少轿车在高速行驶时所产生的升力。首次试模后发现该零件在图4中箭头处Z向呈波浪状。其试模零件变形情况如图5所示,该变形导致零件在装配时卡子断裂。调整注射工艺也不能解决,如果修改模具冷却水道或者模具结构经济损失比较大,不能准时交货。

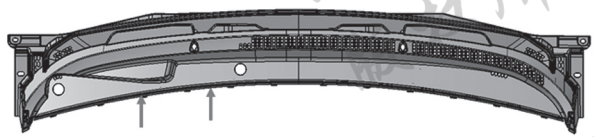


图4 某项目的前风窗导流板零件图

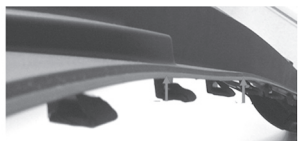


图5 试模零件变形图

2 变形原因及方案优化

通过对制品结构形状的分析,认为这种变形可能是由于拐角处的“角落效应”引起的。在制品的角落处,特别是表面区域有差别时,外表面冷却率高而内部冷却率低。注射后熔体表面开始凝固,熔体温度的最高值位于区域中心,随着熔体凝固角落外侧壁比内侧凝固了更多的熔体。这是因为热交换区域的大小不同,外侧比内侧耗散的热量更多。残余熔流从中心内部流动。在冷却结束时,最后凝固的熔流接近内表面。

在最后的熔体凝固时会产生材料不足,因为保

压压力所提供的熔体不能补偿收缩率,从而产生拉应力。这些拉应力被模具刚度所平衡。脱模后,外力停止作用,零件内部形成应力平衡,导致了翘曲或者变形。另外还可以出现空隙,凹痕甚至裂缝。如果残余熔体以及收缩率分布在对称面上,仍然能消除变形。如果熔体最后在中心处凝固,就能形成整个横截面的应力平衡^[3]。

Moldflow 软件在分析零件注塑变形方面有强大的功能,它能准确地找到变形原因,为准确地找到整改方案提供依据^[4-5]。图6是按照模具数据建立的浇注系统和冷却系统模型,并按照试模时采用的注塑工艺输入 Moldflow 软件进行分析:试模材料为聚丙烯(PP)与22%滑石粉组成的复合材料,动定模模温 35℃,熔体温度 240℃,填充与保压共计 15 s,共 5 个浇口采取顺序注塑填充。图7为经模拟计算零件的变形结果,与试模零件变形趋势和位置完全一致。

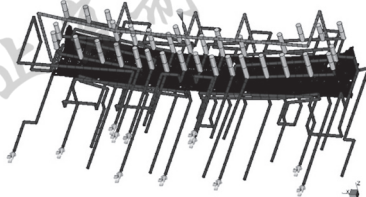


图6 模流分析所建立的模型

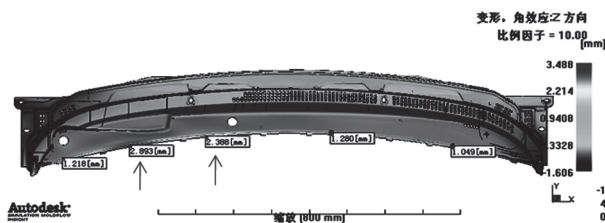


图7 Moldflow 分析的变形结果

注射成型过程中主要有流动残余应力和残余热应力^[6]。流动残余应力主要发生在充填过程,而残余热应力主要发生在温度和压力变化较大的保压阶段和冷却阶段。大量实验研究表明^[7-8],热残余应力对注射成型制品的收缩翘曲的影响远大于流动残余应力。角落处由于转角区域热量散失较难,从而产生热应力而导致变形,即角落效应是由残余热应力导致的。因此,零件的转角区域成为关注的焦点。分析零件的料厚分布,主料厚为 2.5 mm,而转角处零件料厚剖面分布图如图8所示,料厚为 4 mm。预测转角 R 处的 4 mm 料厚偏厚,在冷却时由于热量难以散失而收缩较大导致零件上翘。

因此,通过 UG 软件同步建模,将整个转角的

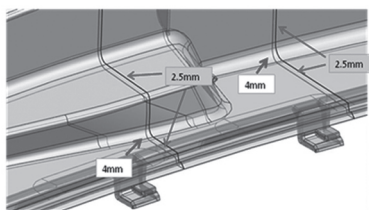


图8 零件料厚剖面分布图

4 mm 料厚更改为 2 mm,且这个对模具来说是减少材料用量,只需要加工去掉多余的材料即可,对模具没有大的改动,这个方案从经济角度是可行的,如图 9 所示,再次以同样的工艺参数进行翘曲变形分析。图 10 为料厚优化后的分析结果。由图 10 可以看出,装配困难处的变形量由原始的 2.9 mm 减小为 0.6 mm,减小了约 80%,该分析结果确认了该零件局部变形的原因是由“角落效应”导致。

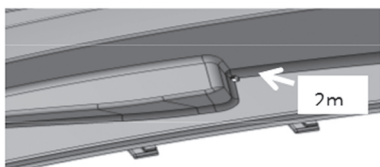


图9 零件转角处料厚由原始的 4 mm 更改为 2 mm

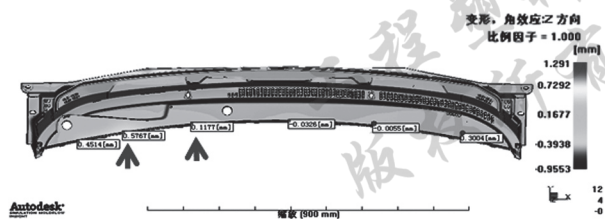
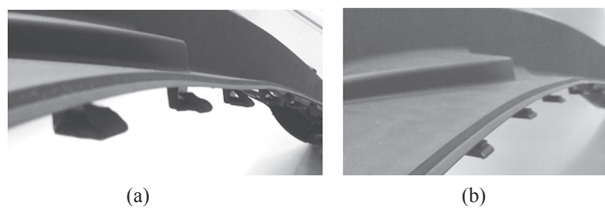


图10 料厚优化后零件的变形结果

经试模验证,零件的变形大大改善,局部上翘消失,装配不再导致卡子断裂,变形已彻底解决。料厚优化前后的变形对比如图 11 所示。



a—优化前;b—优化后

图11 料厚优化前、后的变形对比

3 结语

“角落效应”对制品变形在经典模具书中很少

巴斯夫和杜邦喷雾绝缘泡沫应用成功

巴斯夫和杜邦公司在第一代感应住宅上成功应用了喷雾泡沫。

巴斯夫绝缘泡沫即喷雾聚氨酯泡沫可以生成无缝的隔热绝缘气密层,以提高房屋建筑的能源效率、舒适性及

有描述,在实际中容易被忽视。通过本文分析可以看到“角落效应”对塑料件变形的影响是巨大的。仅改变制品转角的料厚就可以把变形量由原始的 2.9 mm 减小为 0.6 mm,减小了 80%。

参考文献

- [1] 路春. 注塑成型过程的模拟及优化 [D]. 上海: 上海海事大学, 2005.
Lu Chun. Simulation and optimization of injection molding process [D]. Shanghai: Shanghai Maritime University, 2005.
- [2] 菲恩费尔德 D. 注射成型技术 [M]. 北京: 轻工业出版社, 1990.
Rheinfeld D. Injection moulding technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1990.
- [3] Menges G, Micaeli W, Mohren P. 注射模具制造工程 [M]. 闫光荣, 许鹤峰译. 第 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2003.
Menges G, Micaeli W, Mohren P. How to make injection molds [M]. Yan Guangrong, Xu Hefeng Translate. 3rd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [4] 杨波, 孙玲, 辛勇. 基于实验设计法的汽车大型面板件注塑成型翘曲预测 [J]. 塑料工业, 2015, 43(3): 85-89.
Yang Bo, Sun Ling, Xin Yong. Prediction of warpage of large automotive panels injected plastic parts based on experimental design [J]. China Plastics Industry, 2015, 43(3): 85-89.
- [5] 朱靓卿. 基于 Moldflow 软件的汽车仪表板上体骨架的分析与优化设计 [D]. 杭州: 浙江工业大学, 2014.
Zhu Liangqing. Analysis and optimization design of the upper frame of dashboard based on Moldflow software [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2014.
- [6] 董斌斌, 申长雨, 刘春太, 等. 注塑成型工艺参数对 PC/ABS 材料制品收缩与翘曲的影响 [J]. 高分子材料科学与工程, 2005, 21(4): 232-235.
Dong Binbin, Shen Changyu, Liu Chuntai, et al. The effect of injection process parameters on the shrinkage and warpage of PC/ABS' S part [J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2005, 21(4): 232-235.
- [7] Akay M, Ozden S, Tansey T. Experimental and theoretical studies of shrinkage, warpage, and sink marks of crystalline polymer injection molded parts [J]. Polym Eng Sci, 1996, 36(13): 1 839-1 846.
- [8] Chang R Y, Tsaun B D. Prediction of process-induced warpage in injection molded thermoplastics [J]. Polymer Engineering and Science, 1995, 35(15): 1 222-1 230.

耐用性。该项应用实现了聚氨酯泡沫不易燃、高效节能、温室气体排放低的特点, 满足了客户的需求。该技术提高了漏气控制、绝缘、防潮及结构强度等性能。该绝缘材料已通过所有主要的建筑规范认证, 包括国际规范委员会。(慧聪塑料网)