

盒状注塑件翘曲冷却分析及优化设计

罗宇玲¹ 曾亚森² 曹 晖¹

(1. 茂名学院机电工程学院, 茂名 525000; 2. 中山火炬职业技术学院, 中山 528436)

摘要 应用 Moldflow 软件中 MPI 模块对折页盒进行翘曲冷却分析, 主要分析回路冷却介质温度、冷却管道表面温度、制品最高温度位置、翘曲变形量等。结果表明, 造成折页盒翘曲变形较大的主要原因是收缩不均匀。结合成型要求及成型质量对成型工艺参数进行了调整, 并对冷却水道进行了改进设计。

关键词 折页盒 MPI 翘曲变形 工艺参数 冷却水道

在盒状注塑件注射成型过程中, 翘曲是经常碰到的缺陷之一。翘曲是不均匀的内部应力导致的制件缺陷。引起注塑件产生翘曲的原因有: 冷却不当 (模具的冷却系统设计不合理或模温控制不当而造成的冷却不足)、分子取向不均 (由聚合物分子取向程度不同造成)、模具浇注系统设计有缺陷、脱模系统设计不合理、成型工艺条件设置不当等^[1]。

Moldflow 软件的 MPI/Warp 模块的主要功能是确定制品翘曲变形的结果是否满足设计要求, 如果不能满足设计要求, 给出产生翘曲的主要原因, 它提供了一个在概念设计阶段的线性分析方法, 快速预测注塑件是否符合设计的结构要求, 确保设计方案的优化, 从而获得高质量的注塑件。

1 注塑件结构及工艺性分析

图 1 为折页盒零件图。该注塑件总体形状为长方形盒体, 在注塑件的中间部分有两个约为 28 mm × 3.6 mm × 0.7 mm 的连接桥, 另外在注塑件的上盒盖有一个扣边开关, 在模具设计时必须考虑这两处的分子取向和熔接痕强度、抗弯曲疲劳强度。该注塑件的材料采用聚丙烯 (PP) 1340, 其拉伸强度、压缩强度和弹性比聚乙烯好, 定向拉伸后可制作铰链, 有较高的抗弯曲疲劳强度。制件精度为 6 级, 壁厚均匀, 表面要求光滑, 还要有一定的透明度。采用注射成型法成型。



图 1 折页盒零件图

注塑件原成型工艺参数为: 模具温度 50℃, 熔体温度 230℃, 注塑压力 70 MPa, 注射速率 1.813 ×

10³ cm³/s, 开模时间 5 s, 保压时间 10 s, 生产周期 23 s。填充控制和速度/压力切换都采用自动控制方式。

2 填充分析

图 2 为填充分析输出结果。由图 2 可见, 熔体在模具型腔内整体填充情况较好, 填充过程平缓顺畅, 无迟滞短射现象, 浇口设置在制品中间位置使得填充平衡。但熔体的填充时间略长, 在填充过程中制品边缘温度稍低。

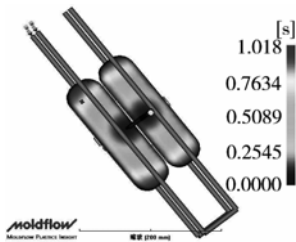


图 2 填充分析输出结果

图 3 为注塑件顶出时的体积收缩率。由图 3 可看到, 制品整体的收缩率比较大, 浇口附近和边缘圆角处分别达到 7.521% 和 5.257%, 注塑件中部区域在 3% ~ 4%, 最边缘处和连接部位的收缩率较小, 在 2% 之下。注塑件的体积收缩率可以用于判断注塑件是否有缩痕、缩孔或翘曲。如果某一个区域的收缩率远远高于其它部分, 则很可能会产生缩痕、缩

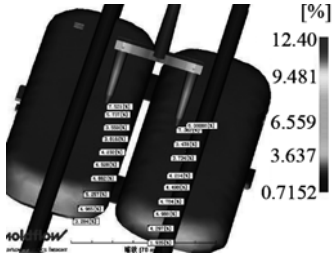


图 3 注塑件顶出时的体积收缩率

孔或翘曲,也直接反映出注塑件成型后的质量。加大注塑压力或注射速率可以改善填充效果;当注塑件的体积收缩率较大时,可以通过优化冷却系统、延长保压时间或增加保压压力等方式改善。

3 冷却分析

在注塑件注射成型过程中,冷却定型阶段对注塑件质量的影响非常大,冷却效果的好坏直接影响着注塑件的最终表面质量、残余应力和结晶度(对于结晶型塑料)等。

在模具设计时,考虑到两连接桥处的分子取向,制品在搭桥附近采用点浇口两点进料,原设计方案冷却系统采用两条冷却回路上下布置,水道直径 8 mm。

3.1 回路冷却介质温度

模具中冷却介质温度升高会使热传递减小,精密模具中出入口冷却介质温度相差应在 2℃ 以内,普通模具也不要超过 5℃^[2]。回路冷却介质温度显示了冷却周期结束时计算出的冷却系统中冷却介质的温度,如果升温太高则需要加强冷却。图 4 所示为回路冷却介质温度。从图 4 可见,冷却管道入口和出口的冷却介质温差 1.35℃,温升不高,满足要求。

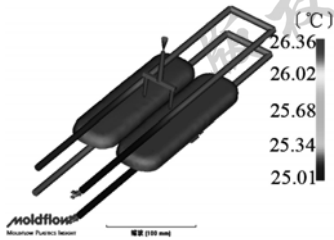


图 4 回路冷却介质温度

3.2 冷却管道表面温度

冷却管道表面温度显示了冷却剂和金属的界面温度。当冷却剂的出口温度比入口温度高 2 ~3℃,同时冷却剂入口温度与冷却剂/金属界面温度之差在 5℃ 之内时,就可以认为冷却效果比较显著^[3]。图 5 为冷却管道表面温度。从图 5 可以看出,回路中热量传递最高的部位在浇口附近区域,该区域金属表面温度比冷却剂的温度高 5℃,表明该局部区域需要加强冷却。

3.3 注塑件最高温度及其位置

图 6 为冷却结束时注塑件的温度分布。由图 6 可看出注塑件最高温度为 69.42℃。

图 7 为冷却结束时注塑件的最高温度位置。从图 7 可看到,注塑件的最高温度位置在制品内侧,几

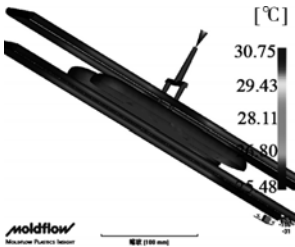


图 5 冷却管道表面温度

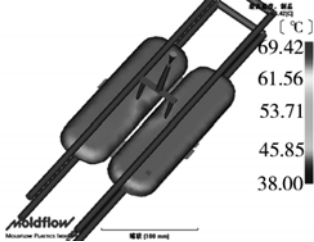
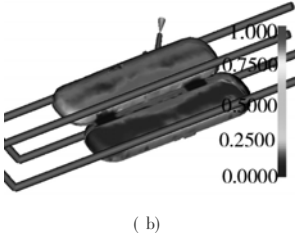


图 6 注塑件温度分布

乎纵向贯穿整个注塑件内侧,尤其是在折页盒下盖圆角处(图中深色部位)。浇口附近的温度也偏高。



(a)



(b)

a—外侧; b—内侧

图 7 注塑件最高温度位置

注射成型时脱模温度不宜太高,否则,注塑件脱模后不仅会产生较大的收缩,而且还容易发生热变形。当然,受模具温度限制,脱模温度也不能太低。适当的脱模温度应在塑料的热变形温度和模具温度之间^[2]。综合图 5 ~图 7 可知,该折页盒冷却结束脱模时仍有一部分区域的温度较高,远比模具温度(50℃)要高。同时也说明图中深色部位应该加强冷却。

3.4 冷却系统存在问题

综合冷却分析结果,浇口附近局部区域的管道表面温度要比冷却剂温度高 5℃,冷却效果不佳。其次,注塑件内侧部分冷却不够,导致注塑件脱模时

该处温度偏高, 由于收缩较大和热变形极易使注塑件产生翘曲变形。

4 翘曲变形分析

4.1 原冷却水道翘曲变形分析

MPI/Warp 模块分析导致翘曲的主要原因有收缩不均匀、冷却不均匀和分子取向不均匀, 这些值又会被分列为总体翘曲值和 x 、 y 、 z 轴方向的翘曲值。通常 z 轴方向的变形被视为翘曲, 而 x 、 y 方向的变形则视为收缩, 所以查看翘曲分析结果时关键是查看 z 轴方向上的变形量。

图 8 为注塑件在 z 轴的总变形量。最大变形量发生在折页盒下盖圆角处, 下盖浇口处变形量最小, 最大相对总变形量(下盖圆角处与浇口附近深色区域处)为 0.766 5 mm。

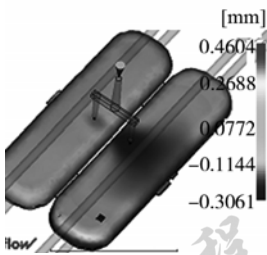


图 8 注塑件在 z 轴方向的总变形量

图 9 为注塑件在 z 轴冷却因素影响下的变形量。最大变形量发生在折页盒两搭桥之间的区域, 最大变形量为 0.039 1 mm, 最大相对变形量为 0.077 3 mm。

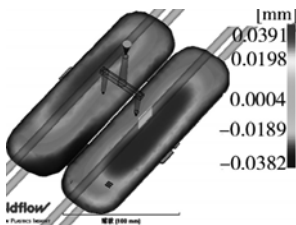


图 9 注塑件在 z 轴冷却因素影响下的变形量

图 10 为注塑件在 z 轴收缩因素影响下的变形量。最大变形量发生在折页盒下盖圆角处, 最大变形量为 0.463 8 mm, z 轴收缩因素影响下的最大相对变形量为 0.762 2 mm。

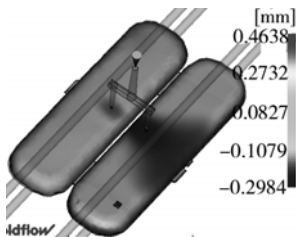


图 10 注塑件在 z 轴收缩因素影响下的变形量

图 11 为注塑件在 z 轴分子取向因素影响下的变形量。最大变形量发生在折页盒下盖圆角处, 最大变形量为 0.001 3 mm, z 轴分子取向因素影响下的最大相对变形量为 0.002 4 mm。

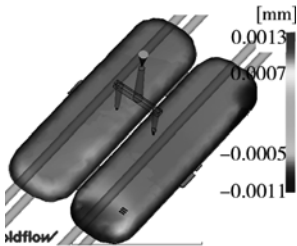


图 11 注塑件在 z 轴分子取向因素影响下的变形量

通过对注塑件翘曲变形量的定量分析, 可以得出如下结论: 收缩因素对 z 向的翘曲变形量影响最大, 而冷却因素和分子取向的影响相对较小, 即注塑件主要的翘曲变形是由收缩不均匀引起的。

4.2 改善措施

(1) 注射成型工艺参数调整

模具、熔体温度保持不变。注塑压力提高到 80 MPa, 注射速率提高到 $2.5 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{s}$ 。加强保压效果, 保压时间增加为 12 s(分两段, 第一段 10 s, 保压压力为填充压力的 90%; 第二段 2 s, 保压压力为填充压力的 80%)。开模时间为 5 s, 成型周期 25 s。

(2) 模具冷却系统修改

通过对制品进行冷却分析和翘曲变形分析, 发现原冷却水道设计存在缺陷, 制品内侧和浇口附近的冷却效果不佳, 导致制品在该区域产生较大收缩, 尤其是在折页盒下盖圆角处附近, 翘曲变形量较大。采取的改善措施为凸模浇口附近加强冷却, 冷却水道尺寸加大, 将原 8 mm 管道扩大至 10 mm, 主流道下方加设一条水道(距主流道和两连接桥距离相同), 凸模在浇口附近和两翼圆角处开设挡板式水道深入内部冷却。

4.3 修改后翘曲变形情况

重新分析翘曲变形, 修改后注塑件在 z 轴方向的最大相对总变形量降为 0.671 4 mm, 如图 12 所示。折页盒侧面的翘曲变形最大, 从侧面取两点可测出两点之间的相对变形量, 其 z 向的相对变形量为 0.19 mm(制品最左边两黑点之间), 见图 13, 而制品翘曲变形量要求控制在 0.20 mm 以内, 满足制品精度要求。

5 结语

通过对折页盒的冷却分析和翘曲变形分析可

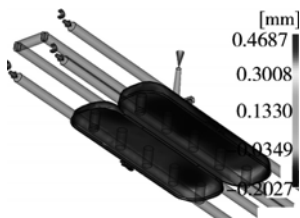


图 12 修改后 z 轴方向的总变形量

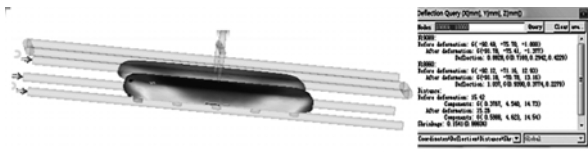


图 13 侧面两点 z 轴方向的相对变形量

知,造成折页盒翘曲变形的主要原因是原注射成型工艺参数及原冷却水道的设置不够合理而造成的收缩不均匀,对注射成型工艺参数进行了调整,并对冷却水道进行了改进设计,降低了折页盒翘曲变形的程度。

参考文献

[1] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 44 - 45.

[2] 黄虹. 塑料成型加工与模具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 81 - 232.

[3] 单岩,王蓓,等. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 130.

WARPING AND COOLING ANALYSIS OF COLLAPSE BOX AND OPTIMIZATION DESIGN

Luo Yuling¹, Zeng Yasen², Cao Hui¹

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Maoming College, Maoming 525000, China;
2. Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

ABSTRACT Warping and cooling analysis of collapse box were done based on MPL. The main content concluded circuit coolant temperature, surface temperature of cooling channels, maximum temperature location of part, warping deflection and so on. According to the results, the main cause of warping deflection was uneven shrinking. Process factors and cooling channels were optimized to fit shape and quality.

KEYWORDS collapse box, MPL, warping, process factors, cooling channels

新型塑料助汽车轻松应对各种挑战

通过使用罗地亚 Technyl®工程塑料,特瑞堡专利整合踏板在发生意外撞击时,能提高司机和乘客的安全保障。

节能、减排、改善安全性是汽车及其应用材料(如塑料)发展的永恒主题及目标,这些目标也使各大材料开发商与汽车企业良好互动,开发出越来越多的新材料,满足人们对汽车环保及轻量化,乃至美观、个性化的需求。

安全性是汽车性能的一个最基本和最重要的要素。罗地亚利用 Technyl®工程塑料为特瑞堡新型雪铁龙 C5 的踏板和可调节踏板模组作出了突出贡献。Technyl®工程塑料的应用帮助特瑞堡开发出轻质集踏板和支架于一体的踏板元件,与金属相比,质量减轻 50%,同时保持了整个模组的硬度,通过使用 Technyl®工程塑料,特瑞堡专利整合踏板在发生意外撞击时,能提高司机和乘客的安全保障。

提高道路安全也是工程塑料发挥作用的重要领域之一。巴斯夫已开发出碰撞表现集成模拟专用软件,用于与碰撞及安全有关的塑料部件设计。行人防撞保护杠(LBS)便是采用集成模拟设计部件的实例。LBS 是首个从开始到结束完全基于巴斯夫集成模拟技术开发的,符合碰撞要求,并已投入批量生产的聚酰胺零部件。上海通用汽车最近已率先将该部件应用于新款君威汽车。

(中化)

乙烯基树脂成为风机叶片新趋势

风能发展到今天,成本压力一直是该行业面临的困扰。业界专家认为,用性价比更高的乙烯基树脂逐步取代目前广

泛采用的环氧树脂,将成为未来风力发电叶片的发展趋势。

上纬风电材料有限公司工程师指出,用乙烯基树脂替代环氧树脂最突出的优势是可降低叶片成本。叶片成本占整个发电装置成本的 20% ~30%,因此选材至关重要。乙烯基树脂目前的价格约为 30 元/kg,环氧树脂约为 40 元/kg,仅叶片材料的更换就能减少约 10% 的成本。

叶片主材更换后,胶衣等表面护层配套产品也会相应改变,带来的节约效果同样可观。另外,模具成本在叶片生产中所占比例很高,更换材料后无需进行后固化等处理,将大大提高模具使用效率。以 1.5 mW 的叶片为例,其模具成本大约为 300 万 ~400 万元,以环氧树脂为基材生产一片叶片约耗时两天,而用乙烯基树脂仅为一天。

乙烯基树脂替代环氧树脂的另一优势是工艺性好。乙烯基树脂可在不改变原环氧树脂成型结构设计的基础上,直接替换环氧树脂。同时,由于乙烯基树脂与不饱和聚酯树脂类似,因此还可以借鉴现有不饱和聚酯树脂制备叶片的成熟工艺。此外,乙烯基树脂在力学性能、抗疲劳、刚度等各项性能与环氧树脂相同,可完全满足设计要求。

乙烯基树脂已大量应用于船舶、游艇,其各项性能得到多方确认。尽管乙烯基树脂有很大优势,但目前其应用开发还处于初级阶段,国内外企业正在积极开展乙烯基树脂在叶片上的应用研究。受各种因素制约,真正大范围的商业化生产尚需时日。丹麦玻璃纤维制品有限公司、中航惠腾公司等多家叶片生产企业已开始着手应用乙烯基树脂。

(中复)