

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.09.012

基于长薄壁件的反翘曲变形研究

黄立东,周小蓉

(湖南机电职业技术学院,长沙 410151)

摘要: 为了降低长薄壁注塑件的翘曲并提高其平整度,提出了反翘曲变形的新技术,并以空调中的导风板为案例,基于残余应力模型,采用 CAE 模拟对比了在最优成型工艺条件下采用反翘曲变形前后导风板的翘曲结果,并通过实际生产对该方法进行了验证。模拟结果表明,采用反翘曲变形方法后,导风板的翘曲量最大差值由原来的 5.37 mm 降为 0.44 mm。实际生产结果表明,采用反翘曲变形方法后,导风板的实际翘曲量最大差值由原来的 4.8 mm 降为 1.1 mm,满足导风板翘曲量最大差值必须小于 2 mm 的要求。

关键词: 长薄壁件;导风板;反翘曲变形;残余应力模型

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)09-0055-04

Study on Reverse Warping Deformation Based on Lone Thin-wall Plastic Part

Huang Lidong, Zhou Xiaorong

(Hunan Mechanical and electrical polytechnic, Changsha 410151, China)

Abstract : In order to reduce the warpage of lone thin-wall plastic part and improve its flatness, a new method of reverse warpage deformation was proposed. Based on the residual stress model and taking air deflector as object, CAE simulation was carried out to compare the warpage results of the deflector before and after using reverse warping deformation method under the conditions of optimal molding process, then the method was verified by practical production. The simulation results indicate that the warpage maximum difference of the deflector is reduced from 5.37 mm to 0.44 mm after using reverse warping deformation. The practical production results show that when using the new method, the practical warpage maximum difference of the deflector is reduced from 4.8 mm to 1.1 mm which meets the requirement of the warpage maximum difference of air deflector must be smaller than 2 mm.

Keywords : long thin-wall plastic part ; air deflector ; reverse warping deformation ; residual stress model

注塑件的翘曲变形是一种常见的质量缺陷,尤其是对于长薄壁件而言,翘曲更是所面临的首要问题。因此,对注塑过程中注塑件的翘曲进行相关性研究就显得尤为重要。胡志展等^[1]基于正交实验研究了模具温度、熔体温度、注射时间、保压压力、保压时间、冷却时间对注塑件翘曲变形的影响;刘芬等^[2]采用线黏弹性模型建立了制品残余应力与翘曲变形的模拟;张惠敏等^[3]通过优化保压曲线,最终减小了注塑件的翘曲变形量;陈晨等^[4]结合神经网络与遗传算法优化成型工艺参数,最终有效减小了高光注塑件的翘曲变形;吴海宏等^[5]结合聚合物黏弹性理论,采用 Allman 膜单元与离散 Kirchhoff 板单元组合生产的板壳单元,模拟计算了注塑件的翘曲变形。

目前,基于注塑件的翘曲问题研究主要集中在两个方面^[6-10]:一是通过构建更好的黏弹性力学模

型对翘曲问题进行更准确的预测;二是进行成型工艺参数的优化以降低注塑件的翘曲。

然而,对于长薄壁件而言,仅仅通过成型工艺参数的优化往往很难达到实际生产需求。因此,采用一种新方法,新技术来改善长薄壁件的翘曲就显得尤为重要。基于此,笔者提出采用反翘曲变形方法来改善长薄壁件的翘曲问题,反翘曲变形原理就是通过要对得到的注塑件提前进行翘曲预测,根据预测结果对其进行反方向预变形,再根据预变形的结果对模具进行修改,从而使预变形与最终注塑生产时产生的翘曲变形发生抵消以提高注塑件平整度、减少其翘曲量的一种新技术。

笔者以空调面板为研究对象,基于残余应力模型,采用 CAE 模拟对比了采用反翘曲变形与不采用

联系人:黄立东,讲师,主要研究方向为数控技术、高职教育

收稿日期:2013-07-04

反翘曲变形时面板的翘曲结果,发现采用反翘曲变形方法可以大大改善注塑件的翘曲问题,并通过实际实验进行了验证。

1 残余应力模型

注塑件的收缩模型主要有残余应变与残余应力两种方式,笔者在此采用残余应力收缩预测方法,后面计算的翘曲预测均是基于计算出的热致及压致应力分布。对于线性热黏弹性,各向异性应力-应变关系的一般形式可写成^[11]:

$$\sigma_{ij} = \int_{-\infty}^t C_{ijkl} [\xi(t) - \xi(t')] \frac{\partial \epsilon_{kl}}{\partial t'} dt' - \int_{-\infty}^t \beta_{ij} [\xi(t) - \xi(t')] \frac{\partial T}{\partial t'} dt' \quad (1)$$

式(1)中, C_{ijkl} 和 β_{ij} 分别是定义材料机械和热特性的张量, $\xi(t)$ 是考虑材料的温度相关的伪时段,其定义为:

$$\xi(t) = \int_0^t \frac{1}{\alpha_T} dt \quad (2)$$

式(2)中, α_T 是以 WLF 方程或 Arrhenius 方程(取决于材料和温度范围)为特点的时间温度-偏移因子。

对于非纤维填充材料,模型具有各向同性,因此,定义机械属性的张量 C_{ijkl} 取决于材料的模量和泊松比,而用于定义热属性张量 β_{ij} 的热膨胀系数则取自材料的 PVT 数据。该黏弹性模型基于以下假设条件:

- (1) 在材料低于转变温度之前,材料中不形成应力;
- (2) 对于 X_3 方向垂直于中性面的本体单元坐标,剪切应力 $\sigma_{13} = \sigma_{23} = 0$;
- (3) 各厚度的法线应力 σ_{33} 恒定;
- (4) 只要 $\sigma_{33} < 0$, 材料就附着在模具壁上;
- (5) 只要材料处于模具中,在任何情况下都规定其受约束淬火条件;
- (6) 忽略模具弹性;
- (7) 顶出零件后,材料表现为弹性实体。

2 有限元模型建立

笔者以空调面板为研究对象,在 Moldflow 软件中构建如图 1 所示的 CAE 有限元模型。其中网格为双面网格,网格匹配百分比为 95.0%。通过非牛顿流体非等温条件下的广义 Hele-shaw^[12] 流动控制方程控制熔融聚合物的充填。分析类型采用填充+保压+翘曲,其中熔体温度与模具表面温度采用软件默认,注射时间为 2 s,保压方式采用二段保压,

第一段保压为恒定保压,第二段为线性递减。



图 1 CAE 分析模型

3 结果与讨论

根据图 1 所构建的 CAE 分析模型及优化后的工艺参数设定,得到空调导风板的 Z 轴方向的翘曲结果如图 2 所示。然后以图 2 中的 A 点(导风板的左下角翘曲量为 3.330 mm 所对应的节点标为 A 点)为起点,沿着箭头所表示的路径,把图 2 中的 22 个代表点的翘曲量转化为二维坐标,从而得到相应的翘曲量路径图,如图 3 所示(其中横坐标的路径长度代表某翘曲量对应的点离 A 点的路径长度,下同)。由图 3 可以看出,导风板的各个地方的翘曲结果相差较大,最大差值可达到 5.37 mm,而对于实际要求的空调导风板而言,其 Z 轴方向翘曲量一般不能大于 2 mm,因此,采用常规的注塑生产,导风板的平整度往往很难达到要求。

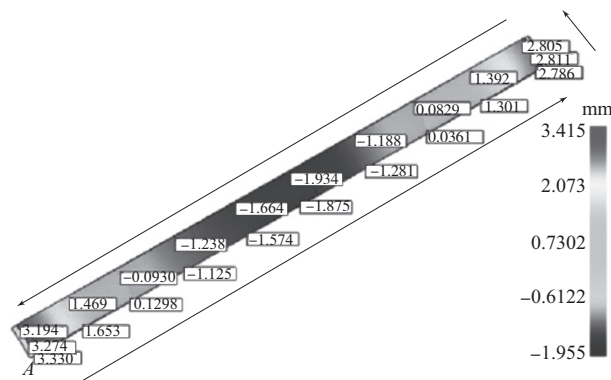


图 2 导风板 Z 轴方向翘曲结果

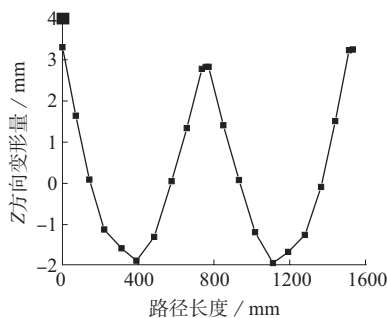


图 3 Z 方向翘曲量路径图

为了降低导风板的 Z 轴方向变形,笔者根据图 2 所得到的翘曲结果,按比例 1:1 进行模型的反方向输出,得到反翘曲模型与原翘曲模型的对比如图

4所示。



a—原翘曲模型; b—反翘曲模型

图4 原翘曲模型与反翘曲模型对比

根据图4b所输出的反翘曲模型,保持工艺参数不变,得到该模型在相同点上的Z轴方向翘曲量,如图5所示。

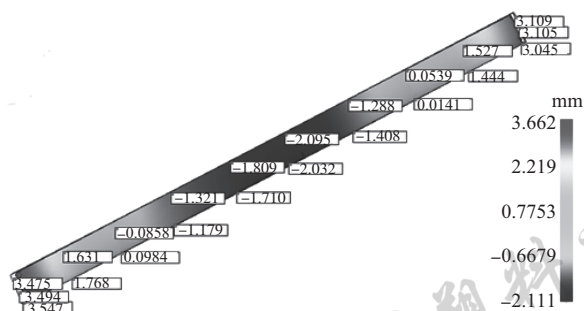


图5 反翘曲模型Z轴方向翘曲结果

图5所呈现的翘曲结果是以反翘曲模型为参考平面的,而真实的翘曲量必须以导风板为参照面。因此笔者将反翘曲模型各代表点上的Z轴方向翘曲量与原模型相同点上的翘曲量进行对比计算,得到采用反翘曲变形后导风板的真实Z轴方向翘曲量与未采用反翘曲变形时的翘曲量对比,如图6所示。

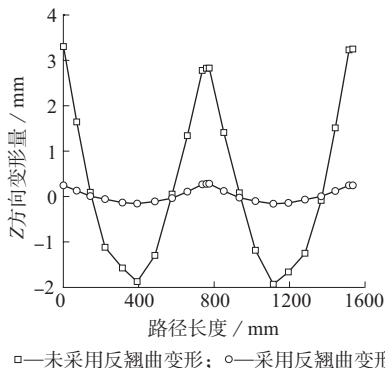


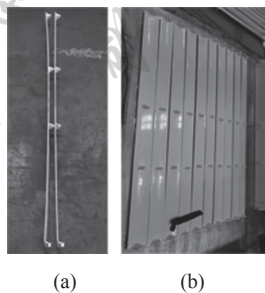
图6 采用反翘曲变形前后的Z轴方向翘曲量对比

由图6可以看出,采用反翘曲变形后,空调导风板的翘曲量大幅降低,最大差值由原来的5.37 mm降低到0.44 mm,平整度也大大提高。

4 实际验证

基于以上分析,为了解决空调导风板的严重变

形问题,对实际生成的空调导风板采用反翘曲变形进行改善,即根据模拟的翘曲变形结果,结合实际生产经验对模具进行与翘曲相反方向的修改,然后利用该模具进行注塑生产,得到的导风板改善前后的实物对比如图7所示(其中图7a左边的导风板为不采用反翘曲变形得到的产品,而右边的导风板为采用反翘曲变形后得到的产品)。由图7a可以看出,当不采用反翘曲变形时,左边导风板向下凹起,与模拟分析一致;而采用反翘曲变形后,右边导风板的平整度得到了较大的改善,很好地解决了导风板的翘曲问题。通过实际测量可知,改善前导风板的实际翘曲量最大差值为4.8 mm,采用反翘曲变形后的实际翘曲量最大差值为1.1 mm,由于导风板的翘曲量最大差值要求必须小于2 mm,故采用反翘曲变形的导风板满足实际应用要求。图7b为采用反翘曲变形后,批量生产空调导风板的实物图。



a—采用反翘曲变形前后的实物对比图; b—批量生产的实物图

图7 空调导风板实际生产实物图

5 结论

提出采用反翘曲变形方法以改善长薄壁件的翘曲问题,通过CAE模拟表明,采用反翘曲变形方法可以大大改善长薄壁件如导风板的翘曲问题,其翘曲量的最大差值由原来的5.37 mm降低到0.44 mm,平整度也大大提高,实际生产结果表明,采用反翘曲变形后,导风板实际翘曲量的最大差值由4.8 mm下降到1.1 mm,满足了导风板的翘曲量最大差值必须小于2 mm的要求。这对类似长薄壁注塑件翘曲问题的解决具有很强的实际指导意义。

参考文献

- [1] 胡志展,孙锡红.汽车塑件翘曲变形CAE模拟分析[J].工程塑料应用,2010,38(9):29-32.
Hu Zhizhan, Sun Xihong. CAE simulation analysis on warpage of automotive plastic parts[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(9):29-32.
- [2] 刘芬,周华民,李德群.注射成形残余应力与翘曲变形的数值模拟[J].上海交通大学学报,2008,42(1):61-66.
Liu Fen, Zhou Huamin, Li Dequn. The numerical simulation of

- residual stresses and warpage in injection molding[J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University, 2008, 42(1):61-66.
- [3] 张惠敏,陈连帅,李旭. 大型薄壁塑件翘曲变形分析及工艺参数优化[J]. 机械制造技术, 2011, 38(2):73-76.
- Zhang Huimin, Chen Lianshuai, Li Xu. Warpage analysis and processing parameter optimization of big and thin wall plastics parts[J]. Machinery Manufacturing Technology, 2011, 38(2):73-66.
- [4] 陈晨,刘全坤,王成勇. 高光液晶前壳翘曲变形分析与工艺参数智能优化[J]. 塑性工程学报, 2011, 18(2):107-113.
- Chen Chen, Liu Quankun, Wang Chenyong. Warpage analysis of the high gloss LCD front shell and intelligent optimization of process parameters[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2011, 18(2):107-113.
- [5] 吴海宏,赵振峰,黄明,等. 聚合物注塑内应力和翘曲变形的数值模拟[J]. 高分子材料科学与工程, 2007, 23(6):16-19.
- Wu Haihong, Zhao Zhenfeng, Huang Ming, et al. Numerical simulation about internal stress and warpage of injection molded polymers[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2007, 23(6):16-19.
- [6] 杨志强,王静波. 注射成型工艺参数对注塑制品翘曲变形的影响[J]. 工程塑料应用, 2007, 35(2):32-34.
- Yang Zhiqiang, Wang Jingbo. The influence of injection processing parameter on the warpage of the injection moulded parts[J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(2):32-34.
- [7] 王戈,刘泓滨. 利用TAGUCHI法优化后视镜翘曲变形的研究[J]. 塑料工业, 2010, 38(12):38-40.
- Wang Ge, Liu Hongbin. Study on using Taguchi methods to optimize warpage of wing mirror[J]. China Plastics Industry, 2010, 38(12):38-40.
- [8] 郭志英,梁书云. 聚苯乙烯平板翘曲变形的实验研究[J]. 中国塑料, 2000, 14(10):43-47.
- Guo Zhiying, Liang Shuyun. Experimental research of warpage of polystyrene plate[J]. China Plastics, 2000, 14(10):43-47.
- [9] 贾相武. 基于BP网络的注塑件翘曲变形工艺参数优化研究[J]. 塑料工业, 2007, 35(z1):235-237.
- Jia Xiangwu. Optimization of process parameters of warp distortion of plastics parts based on BP network[J]. China Plastics Industry, 2007, 35(z1):235-237.
- [10] 郭志英,张宜生,梁书云,等. 高密度聚乙烯平板翘曲变形实验研究[J]. 塑料工业, 2001, 29(2):37-40.
- Guo Zhiying, Zhang Yisheng, Liang Shunyun, et al. Experimental research of warpage of HDPE injection molded plate[J]. China Plastics Industry, 2001, 29(2):37-40.
- [11] 奚国栋,周华民,李德群. 注塑制品残余应力数值模拟的研究[J]. 中国机械工程, 2007, 18(9):1112-1116.
- Xi Guodong, Zhou Huamin, Li Dequn. Numerical simulation of residual stresses in injection molding[J]. China Mechanical Engineering, 2007, 18(9):1112-1116.
- [12] Kim S W, Turng L S. Developments of three-dimensional computer-aided engineering simulation for injection moulding[J]. Modelling and Simulation in Materials and Engineering, 2004, 12:151-173.

奇瑞应用杜邦轻量化技术零部件减重四成

据《欧洲塑料新闻》日前报道,中国奇瑞汽车选用了杜邦公司的杜邦高性能聚合物材料,用于奇瑞出租车,大幅减轻了零部件质量。

奇瑞品牌出租车采用了杜邦的 ZytelPA 高性能聚酰胺树脂材料,以及 Vamac 乙烯丙烯酸酯橡胶材料,分布在进气歧管乃至气缸前盖、风管等零部件。据悉,与金属材料相比,杜邦高性能复合材料可以将零部件质量减少 30%~40%,从而提升车辆燃油经济性,降低二氧化碳排放。

奇瑞汽车副总裁陈安宁表示,轻量化技术在燃油效率方面至关重要,奇瑞和杜邦在该领域具有大量合作机遇。2010年8月,奇瑞和杜邦联合建立了研发中心,致力于新材料技术开发和应用。(慧聪网)

采埃孚或出售橡胶与塑料业务部

德国零部件制造商采埃孚日前宣布,该公司目前正考虑出售其橡胶与塑料业务部,并且已经同一家感兴趣的企业展开了初步谈判。

采埃孚表示,在过去一段时间内,橡胶与塑料行业中的业务并购加剧了汽车零部件供应商市场的竞争力度,相比之下,竞争对手们拥有着更高的成本优势以及更加灵活的业务结构。在这一背景下,采埃孚开始重新审视其橡胶与塑料业

务的发展策略,希望能找到最符合其员工利益的发展途径。

近日,采埃孚同一家对其橡胶与塑料业务感兴趣的企业进行了接触,采埃孚称该公司对于收购这一业务表现出了强烈的兴趣,但并未公布这一企业的名称。目前两家公司的谈判仍处于初级阶段,采埃孚预计双方最早在数周内就可能达成一项积极的交易。(盖汽车网)

帝斯曼新材料降低小型发动机的油箱蒸发排放

日前,全球知名的生命科学与材料科学公司帝斯曼宣布,其特种 Akulon 聚酰胺(PA)6 系列材料将为使用小型发动机的车辆和设备提供最简单且最具成本效益的解决方案,以降低小型发动机的蒸发排放。

采用 Akulon 燃油阻隔材料成型的油箱能满足美国环境保护署(EPA)和加州空气资源委员会(CARB)新近发布执行的规定。EPA 和 CARB 规定是目前世界上针对发动机蒸发排放最严格的规定,并且未来很有可能被其他国家的立法者作为立法指导方针。

相比传统的 PA6, Akulon 的燃油阻隔性能和冲击强度有了显著提高。Akulon 所表现出的整体性能也比其它材料包括聚甲醛(POM)、PA6 基纳米复合材料和混合材料等更加优异,其总体系统成本也要低于氟化高密度聚乙烯油箱和多层油箱。(中聚网)