

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.06.011

B柱上装饰板塑料内饰件 CAE 分析及工艺优化设计

牛克忠¹, 严芳芳²

(1. 广东工贸职业技术学院机械工程系, 广州 510510; 2. 新乡学院, 河南新乡 453000)

摘要: 基于 Moldflow 有限元分析平台, 构建了 B 柱上装饰板汽车塑料内饰件有限元分析模型, 对该塑料件注塑过程中的熔体流动、材料冷却等进行了仿真计算, 预先判定了塑料件的翘曲变形量以及熔接痕、气穴等成型缺陷出现的位置。通过对注射成型工艺中保压曲线的优化设计, 降低了该塑料件的翘曲变形量, 提高了塑料件的几何精度。

关键词: 有限元; 塑料; 成型缺陷; CAE

中图分类号: TQ320.66+2

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2013)06-0050-04

CAE Analysis and Process Optimization Design for Plastic Interiors of Decoration Plate on B Pillar

Niu Kezhong¹, Yan Fangfang²

(1. Department of Mechanical Engineering, Guangdong College of Industry and Commerce, Guangzhou 510510, China; 2. Xinxiang University, Xinxiang 453000, China)

Abstract: A finite element (FE) simulation model to simulate injection process of a kind of B-column decorative board was established on the Moldflow platform. The filling and cooling analysis of the plastic part during plastic injection molding (PIM) were performed. The weld line and cavitation of the part during PIM were also predicted by the established FE simulation model. As one of the most important evaluation index for the quality of plastic part, warpage was taken into consideration. Warpage of the B-column decorative board was decreased by optimizing the packing pressure during PIM and the geometric precision of the plastic parts was improved.

Keywords: finite element; plastic; forming defect; CAE

塑料件在生活和生产等各个领域得到极为广泛的应用, 作为生产塑料件的主要手段与途径之一, 注塑成型技术及其工艺路线的制定对塑料件的质量有着极为重要的影响。国内外许多学者对其做了重点的研究。申长雨^[1-2]对典型塑料件注射成型过程进行了数值模拟, 分析了工艺参数对塑料件的成型质量的影响, 且采用数值优化算法对注射成型工艺进行优化设计, 提高了塑料件的生产质量, 并提出了系统的注射成型模拟计算及优化方法; 王桂龙等^[3]利用 Taguchi 试验设计法, 把注塑工艺过程中的熔体温度、模具温度等工艺参数作为产品成型质量的影响因素, 设计了正交试验矩阵, 对各工艺组合进行了 CAE 仿真试验, 分析了各工艺参数对塑料件翘曲变形量的影响, 得到了各工艺参数的影响因子, 并用于指导生产中工艺参数的设置; 高月华^[4]基于 Kriging 代理模型建立了工艺参数同塑料件翘曲之间近似的函数关系, 代替了塑料件的有限元分析过程从而得到了各个因素对塑料件翘曲变形的影响, 并对注塑工艺进行优化设计, 有效地减小了塑料件的翘曲变形量; H. Kurtaran 等^[5]在对薄壁塑料件翘

曲优化中, 采用相应曲面法以及遗传算法对塑料件的工艺参数进行优选, 达到了降低塑料件翘曲变形的目的。笔者在国内外学者的研究基础上^[6-8], 以 B 柱上装饰板塑料内饰件为例, 在 Moldflow 中建立有限元分析模型^[9-10], 对该塑料件注塑过程中的熔体流动、材料冷却以及模腔压力等进行了仿真计算, 预先判定了塑料件的翘曲变形量以及熔接痕、气穴等成型缺陷出现的位置, 并通过对注射成型工艺中保压曲线的优化设计, 降低了该塑料件的翘曲变形量, 提高了塑料件的几何精度, 为 B 柱上装饰板塑料内饰件成型工艺的制定提供了可靠的理论指导。

1 B柱上装饰板 CAE 分析

1.1 有限元分析模型

图 1 为一典型汽车内饰件 B 柱上装饰板几何模型及有限元分析模型。材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS), 材料性能及工艺参数如表 1 所示。该模具采用一模两腔的浇注系统, 其浇注系统

联系人: 牛克忠, 副教授, 主要研究方向为材料成型及控制工程

收稿日期: 2013-03-19

和冷却系统及网格划分状态如图 1b 所示。注射成型工艺参数设定如表 2 所示。

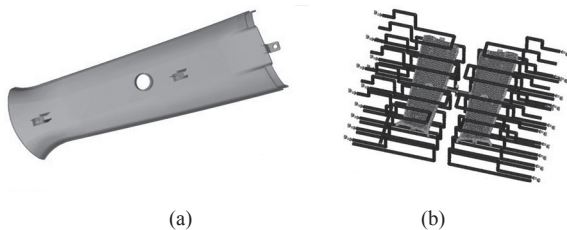


图 1 B 柱上装饰板

表 1 ABS 性能及工艺参数指标

项 目	数 据
模具温度 / $^{\circ}\text{C}$	50
注射温度 / $^{\circ}\text{C}$	230
熔体密度 / $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	0.988 43
实体密度 / $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	1.054 1
最大剪切率 / s^{-1}	50 000
热传导率 / $[(\text{W} \cdot \text{m}^{-1}) \cdot ^{\circ}\text{C}]$	0.23
弹性模量 / MPa	2 600
泊松比	0.38

表 2 Moldflow 分析工艺参数的设定

项 目	数 据
模具温度 / $^{\circ}\text{C}$	40
注射温度 / $^{\circ}\text{C}$	230
注射时间 / s	1
注塑压力	自动
保压压力 / $\%$ (注射压力)	100
保压时间 / s	12
冷却时间 / s	20
进水管水温 / $^{\circ}\text{C}$	25

1.2 有限元分析结果

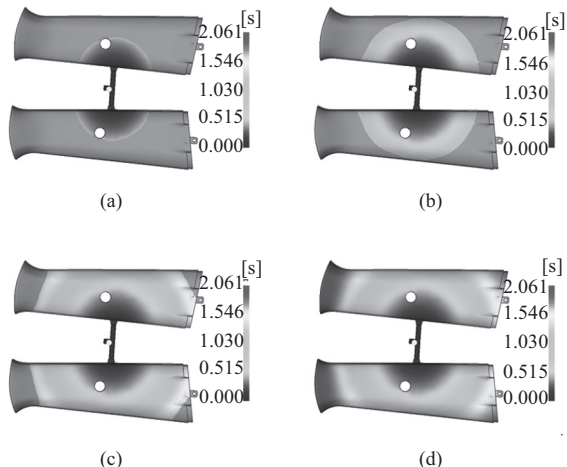
通过对模型的求解,计算了该塑料件注塑过程中的熔体流动、材料冷却等物理量,预先判定了塑料件的翘曲变形量以及熔接痕、气穴等成型缺陷出现的位置。

(1) 流动分析。

图 2 示出 B 柱上装饰板的流动分析结果。从图 2 可看到,该塑料件的充填时间为 2.061 s,整体填充流动较均匀。

(2) 冷却分析。

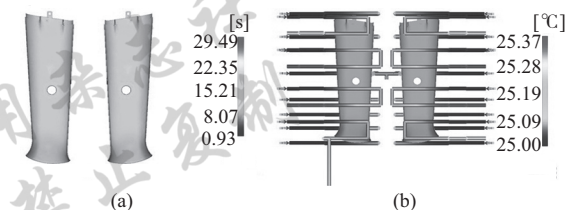
图 3 示出 B 柱上装饰板冷却分析结果。图 3a 为从注射开始每个单元所需要的冻结时间,即冷却到整个单元的截面温度都低于材料数据库中所定义的顶出温度的时间。由图 3a 看出,塑料件大部分区域的冻结时间为 15 s 左右。整个成型周期为 34.5 s。图 3b 显示冷却液的进水口温差为 0.37°C ,通常进出水口温差不能超过 3°C ,所以该冷却系统能够达到冷却效果,并且具有较高的冷却效率。



不同填充时间的充填状况: a—0.515 s; b—1.030 s;

c—1.546 s; d—2.061 s

图 2 B 柱上装饰板流动分析结果

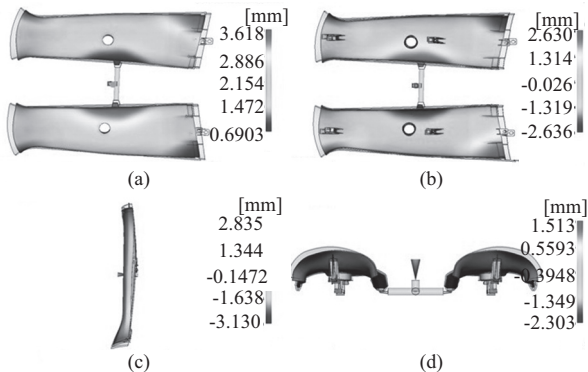


a—注射开始每个单元所需要的冻结时间; b—冷却液温度变化

图 3 B 柱上装饰板冷却分析结果

(3) 翘曲分析。

通常不均匀收缩和冷却不均以及分子取向均容易引起翘曲变形,其中不均匀收缩是塑料件在成型过程中产生翘曲变形的主要原因。图 4 显示了 B 柱上装饰板翘曲分析结果。



a—综合所有因素该塑料件的翘曲变形量; b, c, d—分别表示塑料件在 X,Y,Z 方向上的翘曲变形量(放大 5 倍的效果)

图 4 B 柱上装饰板翘曲分析结果

从图 4 可看出,该塑料件最大总变形量为 3.618 mm, X 方向上的最大变形量为 2.630 mm, Y 方向上的最大变形量为 2.835 mm, Z 方向上的最大变形量为 1.513 mm。

(4) 熔接痕及气穴位置预先判定。

在 Moldflow 分析中,利用角度来显示熔接线生成的难易程度,角度越小,越容易产生熔接线,而且熔接线越长,也越容易产生熔接痕。以 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 表示产生熔接痕的难易程度, 0° 表示非常容易产生熔接痕。图 5 示出预测的 B 柱上装饰板熔接痕具体位置。

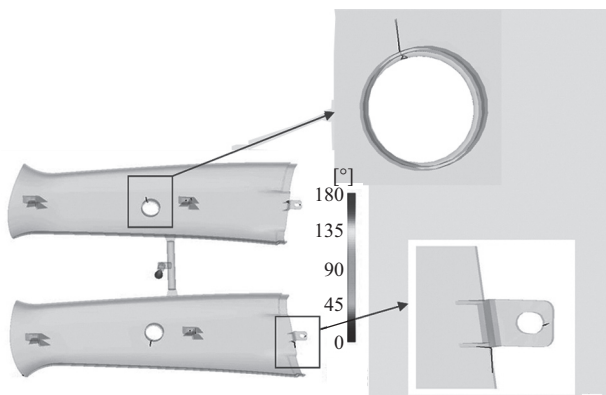


图 5 预测 B 柱上装饰板熔接痕具体位置

图 6 所示该塑料件可能出现气穴的位置。在模具设计时该位置应引起注意,在这些区域设置排气槽或通过改变浇口位置等其它方法解决困气问题。

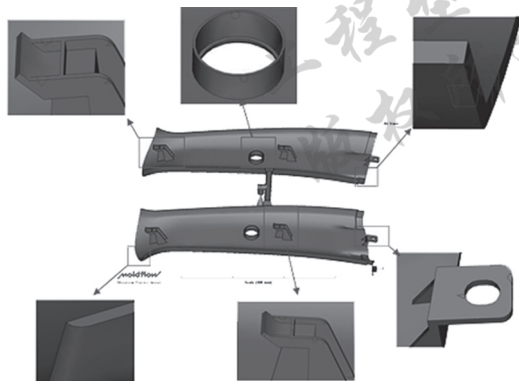


图 6 B 柱上装饰板气穴位置预测

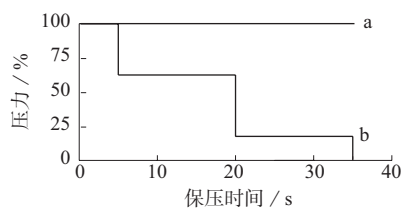
2 工艺优化设计

基于所构建的有限元分析模型,对注射成型工艺参数进行优化设计,以提高塑料件的成型质量。翘曲变形量反映了塑料件成型的几何精度,是评估塑料件成型工艺的重要指标。保压压力对塑料件的翘曲变形量影响最大,所以通过对保压曲线的优化来降低汽车仪表板的最大翘曲变形量。

图 7 示出原始和优化方案的保压曲线。优化后的保压曲线采用阶梯型分段保压,这样能够使得保压充分,使塑料件收缩均匀,从而达到降低塑料件翘曲变形量的目的。

采用图 7 中的 b 曲线示出的保压曲线对 B 柱

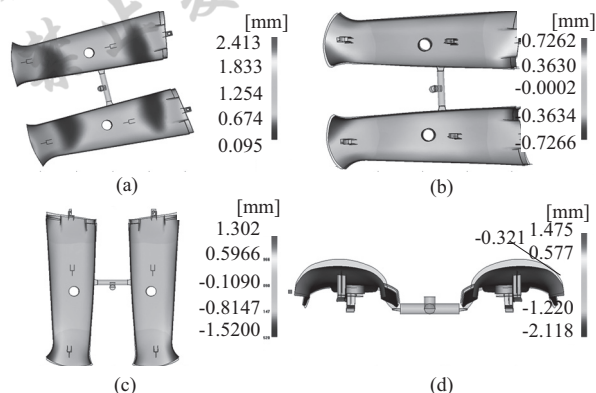
上装饰板进行 CAE 分析,得到的该塑料件翘曲分析结果如图 8 所示。其中塑料件最大翘曲变形量为 2.413 mm,较之原始工艺参数下的 3.618 mm 降低了 33%。其中, X 方向上的最大变形量为 0.726 mm; Y 方向上的最大变形量为 1.302 mm; Z 方向上的最大变形量为 1.475 mm。



a—原始保压曲线; b—优化后保压曲线

图 7 原始、优化后的保压曲线

图 8 显示了改变保压曲线后 B 柱上装饰板的最大翘曲变形量变化情况,通过比较可以看到,通过对保压曲线的改变能够在一定程度上降低 B 柱上装饰板的最大翘曲变形量,为注塑工艺的制定提供一定的指导。



a—综合因素的变形量; b, c, d—分别表示产品在 X, Y, Z 方向上的变形量 (放大 5 倍的效果)

图 8 保压曲线优化后 B 柱上装饰板翘曲分析结果

3 结论

(1) 塑料件采用一模两腔成型工艺,从分析结果可以看出,其充填时间为 2.061 s,在充填过程时熔体整体填充流动较均匀。

(2) 该模具冷却系统进出水口温差为 0.37°C ,能够满足冷却要求,并且具备较高的冷却效率。

(3) 通过对保压曲线的优化,使该塑料件保压均匀,达到了降低该塑料件翘曲变形量的目的。优化后制件最大翘曲变形量为 2.413 mm,较之原始工艺参数下的 3.618 mm 降低了 33%。

参考文献

- [1] 申长雨. 注塑成型模拟及模具优化设计理论与方法 [M]. 北京:

科学出版社,2009.

Shen Changyu. Theory and method of injection molding simulation and optimization design of the mold[M]. Beijing:Science Press, 2009.

- [2] 刘冬雷,申长雨,刘春太,等. 基于相应曲面法与改进遗传算法的 RHCM 成型工艺优化[J]. 机械工程学报,2011,47(14):54-61.

Liu Donglei, Shen Changyu, Liu Chuntai, et al. The RHCM technology optimization method based on the corresponding surface and improved genetic algorithm[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(14):54-61.

- [3] 王桂龙,赵国群,李辉平,等. 薄壁注塑制品翘曲影响因素分析与工艺优化[J]. 中国机械工程,2009,20(4):488-492.

Wang Guilong, Zhao Guoqun, Li Huiping, et al. Warping influence factor analysis of thin-wall injection molding products and process optimization[J]. China Mechanical Engineering, 2009, 20(4):488-492.

- [4] 高月华. 基于 kriging 代理模型的优化设计方法及其在注塑成型中的应用[D]. 大连:大连理工大学,2008.

Gao Yuehua. Optimization design method based on kriging agent model and its application in injection molding [D]. Dalian:Dalian University, 2008.

- [5] Kurtaran H, Erzurumlu T. Efficient warpage optimization of thin shell plastic parts using response surface methodology and genetic algorithm[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 27(5-6):468-472.

- [6] 崔健,刘光烨. CAE 技术在塑料注塑中的应用和发展[J]. 现代塑料加工应用, 2000(11):23-26.

Cui Jian, Liu Guangye. Application and development of CAE technique in plastic injection molding[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2000(11):23-26.

- [7] 王利霞. 基于数值模拟的注塑成型工艺优化及制品质量控制研究[D]. 郑州:郑州大学,2004.

Wang Lixia. The study on optimization of injection molding processing based on numerical simulation and the quality control of products[D]. Zhengzhou:Zhengzhou University, 2004.

- [8] 潘柏松,龚惠玲,刘红. 基于正交试验法的注塑工艺多目标优化设计[J]. 浙江工业大学学报,2007,35(3):308-312.

Pan Baisong, Gong Huiling, Liu Hong. The multi-objective optimization design of plastic injection molding process based on orthogonal experimental method[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2007, 35 (3):308-312.

- [9] 严志云,谢鹏程,丁玉梅,等. 基于 Moldflow 二次开发技术的注射成型工艺方案优选和缺陷评估[J]. 塑料工业, 2009, 37(12):30-32.

Yan Zhiyun, Xie Pengcheng, Ding Yumei, et al. Moldflow process optimization in injection molding and defect evaluation based on Secondary development technology[J]. The Plastics Industry, 2009, 37 (12):30-32.

- [10] 严志云,丁玉梅,谢鹏程,等. 基于正交试验和 MPI 二次开发技术多目标优化注射工艺参数[J]. 塑料制造, 2009(10):76-82.

Yan Zhiyun, Ding Yumei, Xie Pengcheng, et al. Multi-objective optimization of injection process parameters based on the orthogonal experiment and MPI secondary development technology[J]. Plastics Manufacturing, 2009(10):76-82.

提速汽车轻量化从碳纤维复合材料突破

全球车用塑料的发展,已迈过改性塑料的第一步、长/短玻璃纤维增强复合材料的第二步,正迈出碳纤维增强复合材料的第三步,准备迈出天然植物纤维增强复合材料的第四步。而我国还徘徊在第一步与第二步之间,单车用塑料量、以塑代钢比例均低于欧洲、美国、日本等国家和地区。我国汽车尤其国产自主品牌车要在单车用塑料量指标上赶超世界中上游水平,应从碳纤维复合材料的应用开发着手,做到规模使用。这是众多专家在中欧汽车材料委员会和国际汽车轻量化科技联盟(IALTA)于上海举办的 IALTA(中国)创新峰会上提出的建议。(中国聚合物网)

英国研究人员开发出聚乙烯降解添加剂

英国研究人员已开发出一种聚乙烯添加剂,能分解各种包装,包括塑料袋。

总部位于伦敦的聚合物技术提供商 Advanced Enzyme Science 公司已开发出 Enzymoplast,该公司称这种产品含有的蛋白质和酶能“自然”分解聚乙烯。

在德国,每年人均要使用大约 70 个塑料购物袋,而整个欧洲的这一平均数字高达 200 个。每年全世界要生产十亿个塑料袋。基本上,使用此类塑料袋,比如农业用塑料膜或

其它聚乙烯产品,是不会带来问题的。但前提是尽可能对它们循环再利用并在此之后进行再生。

但这种情况很少见,此类材料都被随意倾倒,对环境的危害很大,因为塑料袋和塑料膜最长需要 500 a 才会完全生物降解。由此带来的结果是我们的自然环境被破坏,海洋受到了严重的污染。在海洋里的塑料垃圾规模已经相当于整个中欧的国土面积了。

据该公司称,当含有 Enzymoplast 的塑料袋接触微生物时,即可触发自体的分解过程。

微生物首先吞噬蛋白质,破坏聚合物链。它们激活酶,将酶作为催化剂并加快分解过程。过了数月后就只留下水和二氧化碳了。利用 Enzymoplast 可谓是一个重大的进步,对于保护环境,以及对零售贸易和消费者来说都是有益的。

(中国聚合物网)

东丽成功产出生物基 PBT 树脂

东丽公司近日宣布,已成功利用 Genomatica 公司的可再生 1,4-丁二醇(BDO)原料生产出生物基聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)树脂。东丽公司表示,如果生物基 BDO 供应有保障,计划建立一个商业规模的 PBT 树脂生产装置。

(中国色母粒网)