

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.201903003

汽车前门窗框热流道浇口位置变更设计研究

翟豪瑞¹,王磊¹,孟辉¹,熊新¹,孙从贵²,郑竹安¹

(1.盐城工学院 汽车工程学院,江苏 盐城 224051;
2.江苏雨燕模具模业科技股份有限公司,江苏 盐城 224045)

摘要:选取汽车前门窗框为研究对象,基于 CAE 原理,运用 Moldex3D 模流软件分析后发现,导致翘曲变形量较大的原因为塑胶流动不平衡。根据流动平衡原理进行浇口位置的变更设计,再次模流分析显示最大翘曲位移量从 18.54 mm 降至 14.05 mm,降低了 24.22%;最大成型压力从 224 MPa 降至 171 MPa(单一模穴),降低了 23.66%;最大锁模力从 2 003 t 降至 1 474 t(单一模穴),降低了 26.41%。

关键词:CAE;前门窗框;热流道浇口;变更设计;翘曲位移量

中图分类号:TQ320.662;U466 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2019)03-0017-07

汽车前门窗框是安装在汽车前门窗户上的一种窗框,是一种拥有美观性与实用性的外饰件。汽车前门窗框除了可以美观汽车外,还同时具备良好的减震和消噪的能力^[1]。本文实例产品为江苏雨燕公司为豪华车打造的一款汽车前门窗框的注塑件,如图 1 所示,其形状为“U”字型,材料为 PA6+GF15,是一种聚酰胺加 15% 玻纤的产品。采用一模两穴的方式进行生产,其单一模穴体积为 302 cm³,产品的肉厚分布均匀,平均肉厚 1.5 mm。



图 1 产品模型
Fig 1 Product model

注塑模具的浇口是分流道和模腔之间的狭窄部分,它将分流道输送过来的塑胶进行加速运动,使塑胶更快更好地进入模腔内。浇口的位置和尺寸对于塑件的质量有着很大的影响,浇口位置不

当会导致充填过程中流动不平衡,容易造成翘曲位移量大^[2];另外,浇口的位置在开模之后很难改变,而浇口的尺寸可以根据开模以后的要素而变化,所以开模前应对浇口位置做好分析。

基于有限元模流分析技术,可以在产品出现问题之前进行预判。台湾科盛公司开发的 Moldex3D 模流分析软件是一款非常好用的分析工具,其开发的 BLM 实体网格、热流道模块等为模流分析的准确性提供了可靠保证,模拟结果适用于典型注塑成型的 4 个阶段:填充、保压、冷却和翘曲^[3-4]。本文以 Moldex3D 模流分析软件为工具,对汽车前门窗框翘曲位移大的问题进行详细分析,并根据分析结果进行优化。

1 原始方案设计分析

1.1 原始浇口位置设计

本注塑件采用一模两穴的方案设计,其网格数量过大,分析时间较长,因两穴为对称模穴,为了节省分析时间首先对单一模穴进行分析。该产品外观要求严格,其棱线要求清晰,且不可有浇口痕迹;翘曲位移不能过大,成型周期控制在 20 s 以内,故采用热流道技术,在浇口位置采用如图 2 所示的方式进胶。

图 2a 采用“热流道 + 冷流道”的方式进胶。图 2a 中箭头代表的是热流道,在热流道与塑件之间采用的是冷流道,这样的设计避免了单一使用热流道进胶导致塑件上有虎皮纹,冷流道进胶导致产品周期过长等问题^[5]。图 2b 采用侧进胶的方式,浇口尺寸大小为 10 mm × 5 mm。

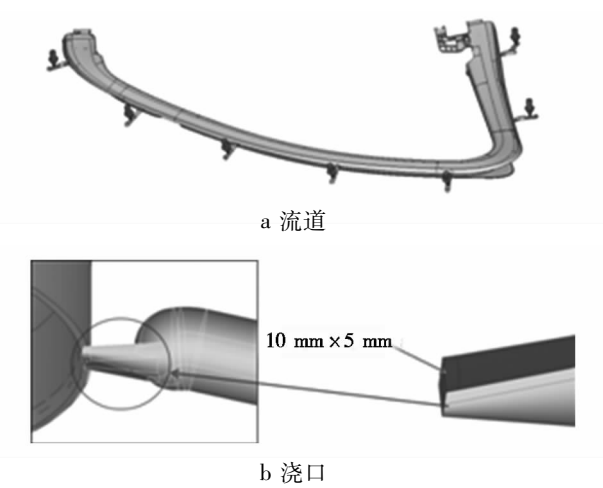


图 2 进胶方式
Fig 2 Glue feeding mode

本次工艺参数设定如表 1 所示,其中充填阶段的充填时间为 4 s,压力上限为 200 MPa;保压阶段的保压时间为 6 s,分为 3 段,分别是 4 s/124 MPa,1 s/93 MPa,1 s/46 MPa;冷却阶段的冷却时间为 10 s;温度设定中的喷嘴温度为 265 ℃,冷却水路温度为 75 ℃。参数设定后用 Moldex3D 进行模拟^[6],得结果如图 3。

表 1 参数设置
Table 1 Parameter settings

	参数	参数值
充填阶段	充填时间/s	4
	最大压力/ MPa	200
保压联合体	保压时间/s	6
	保压段数	3
冷却阶段	冷却时间/s	10
温度设定	塑胶温度/℃	265
	冷却液温度/℃	75

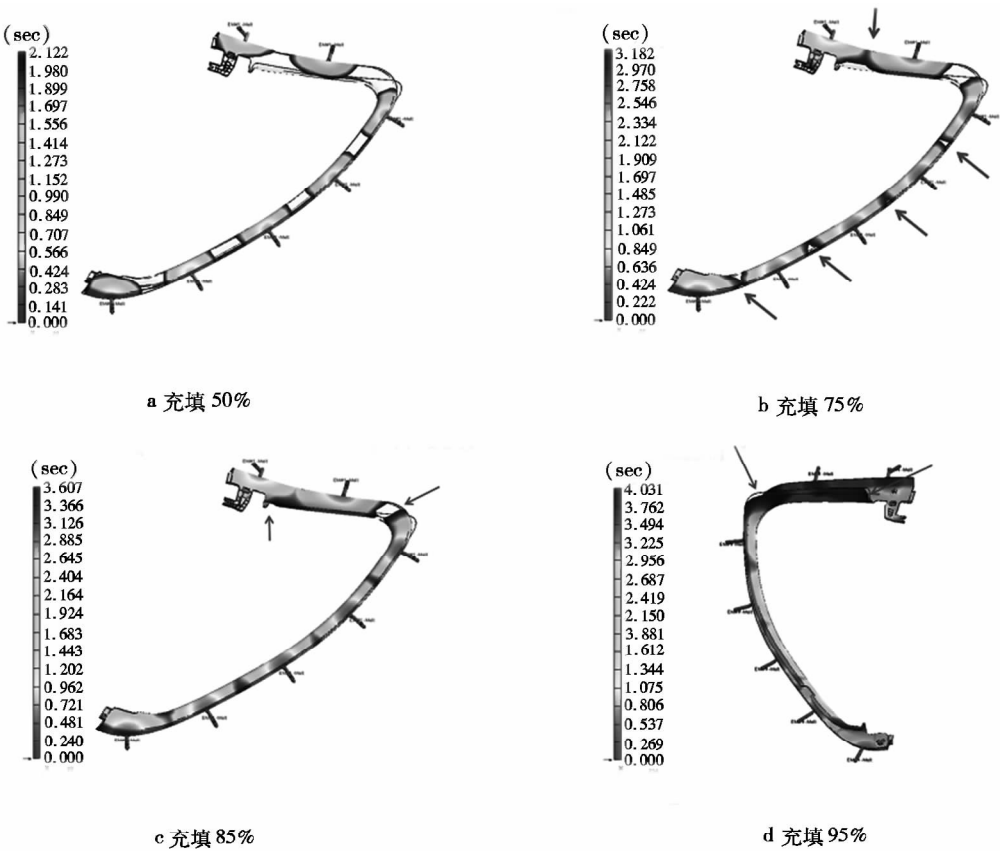


图 3 充填结果
Fig 3 Filling Results

由图 3 充填结果可知:(1)充填 2.12 s,填充了 50% 的时候没有异样(图 3a);(2)充填 3.18 s,填充至 75% 的时候,通过不同浇口进入模腔中的塑胶达到流动末端位置(图 3b 中箭头所指位置);(3)充填 3.61 s,填充至 85% 的时候,右上角流动末端未填充的地方较其他流动末端处大(图 3c),说明塑件右上方流动末端填充的时间较其他处晚;(4)充填 4.03 s,填充 95% 的时候,整个塑件的充填末端(图 3d 中箭头所指的位置)明显较其他位置充填时间长,也就是说该位置是最晚充填完毕的,也是最晚进入保压阶段的。

图 4 为塑件充填结束时的压力分布。由图 4 的色杆可以看出:较早充填完成的区域压力上升较快;充填完毕时,整体压力分布不均匀,其中充填末端(箭头处)的压力最小。

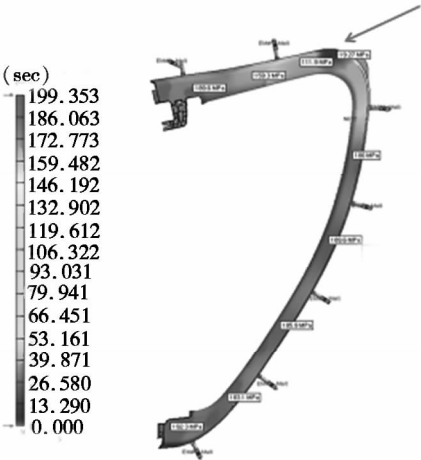


图 4 充填结束时压力分布
Fig 4 Pressure distribution at the end of filling

由上可知,塑胶较早充填完成的区域压力上升较快,充填末端填充的时间较晚,压力最小,从而形成整体压力的不均匀分布,导致翘曲位移的产生。

图 5 为塑件总翘曲位移量图,图 6 为各因素翘曲量图。由图 5 可以看出:(1)脱模产品最大的翘曲位移量高达 18.54 mm;(2)塑件向着箭头所指方向进行翘曲变形,位移量大(右侧为放大 5 倍之后的效果图)。由图 6 可以看出:(1)总翘曲位移量为 18.54 mm(图 6a);(2)总区域收缩效应造成的位移量为 14.14 mm(图 6b);(3)纤维配向效应造成的位移量为 9.39 mm(图 6c);(4)温度差异效应造成的位移量为 0.31 mm(图 6d)。由各因素翘曲量可知,塑件翘曲主要来自充填过程

中流动不平衡造成的不均匀收缩和材料中包含 15% 玻纤引起的纤维配向效应,而温度差异带来的翘曲量可忽略不计。

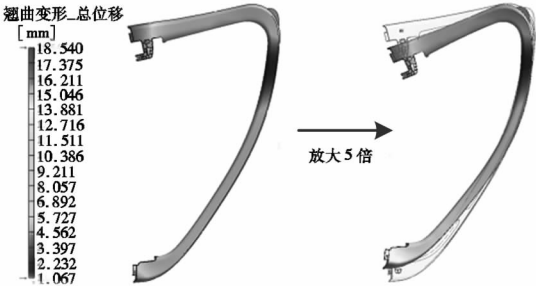


图 5 总翘曲位移
Fig 5 Total warping displacement

2 优化方案设计分析

2.1 浇口位置变更设计

由图 6 可知,塑件翘曲主要来自充填过程中流动不平衡造成的不均匀收缩和材料中包含 15% 玻纤引起的纤维配向效应,因此,改善流动平衡,可减少塑件的压力不平衡,有效减少区域收缩带来的变形;而纤维对翘曲的影响较为复杂,通常只有改变流动趋势才有可能改变纤维的排布情况,以此改善翘曲^[7]。经过前面模流分析结果判定原始浇口位置设计造成了流动不平衡的现象,导致塑件翘曲位移量大的问题,难以满足产品质量和影响塑件外观质量的要求,进而对浇口位置进行变更设计。为改善流动不平衡带来的压力分布不均,成型压力和锁模力过高,以及后续的收缩不均带来的区域收缩效应翘曲,将图 7 中箭头处的 4 个浇口位置朝向流动末端即箭头所指方向移动,尝试调整流动。

2.2 结果分析对比

对浇口位置变更前后的塑件按照表 1 的充填参数运用 Moldex3D 进行模拟,在充填 75% 与 95% 的时候得到结果如图 8(左图为浇口原始设计;右图为浇口变更设计,以下分别简称为左图与右图)。

由图 8 中的色杆可以明显看出:充填至 75% 时,左图中右上方的流动末端大多还未充满,而右图中右上方已几乎是充满的状态(图 8a);在充填 95% 时,左图中右上方仍未充满模腔,流动末端时刻相差较大,流动不平衡现象明显,而右图中模腔已几乎填充完成,其色杆分布较为均匀,流动末端时刻相差不大(图 8b)。

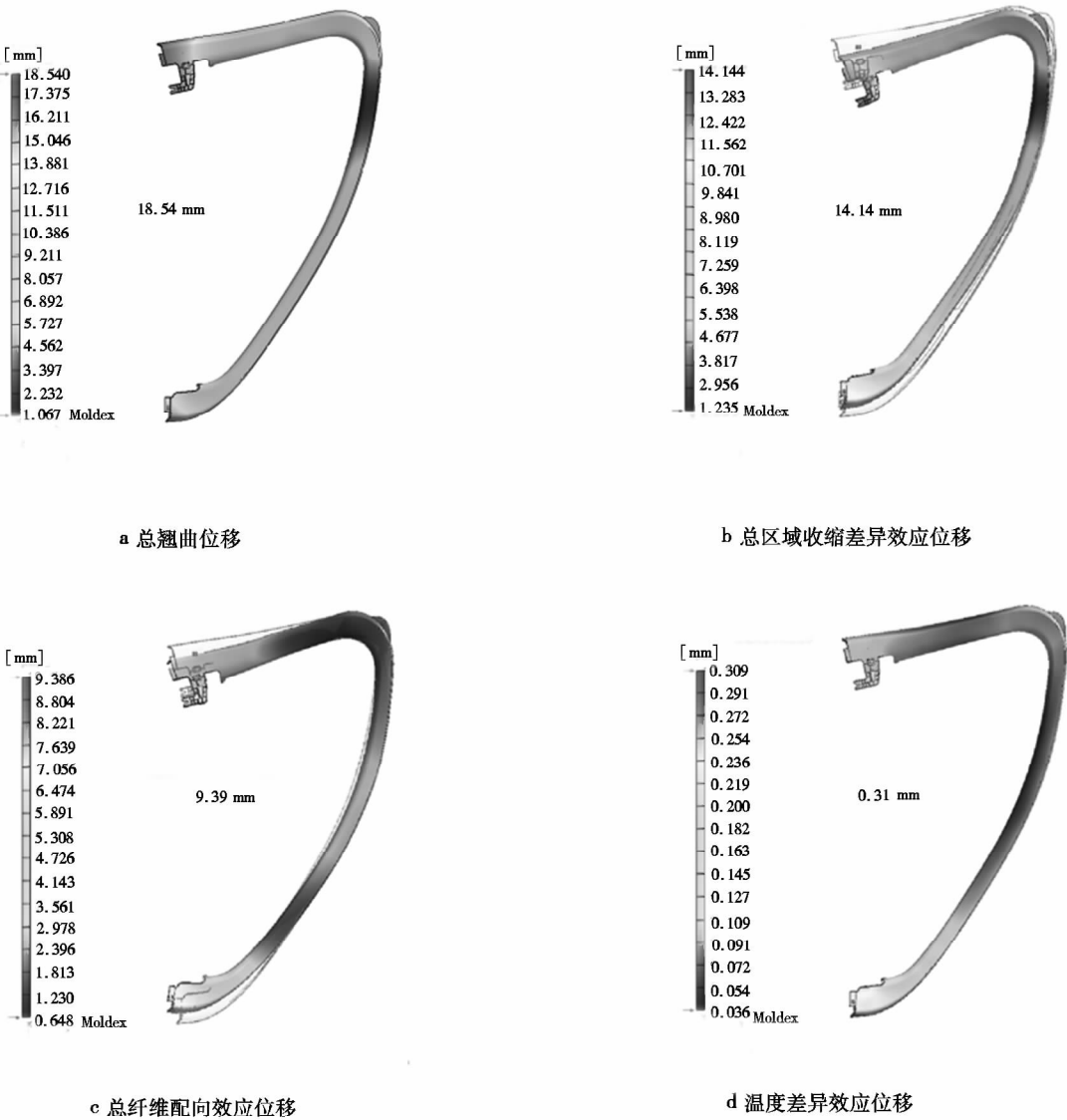


图 6 各因素翘曲量
Fig 6 Warping of various factors

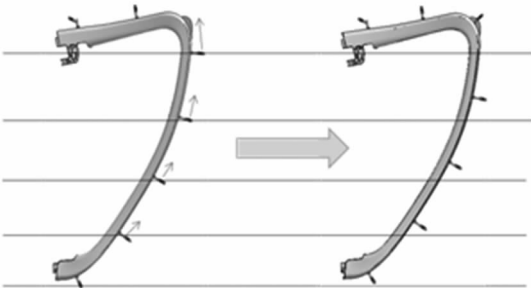


图 7 浇口位置变更设计
Fig 7 Gate position change design

图 9 为浇口位置变更前后塑件的进胶口压力曲线对比(具体已在图中箭头标注)。由图 9 可

知:(1)原始设计方案的最大进胶口压力高达 224 MPa(单一模穴),而变更设计方案的最大进胶口压力只有 171 MPa(单一模穴),成型压力降低了 53 MPa;(2)相比原始设计,设计变更优化了流动平衡,在同样的充填速度下,需要的充填压力更小。

图 10 为浇口位置变更前后塑件的锁模力曲线对比。由图 10 可以看出:原始设计方案的最大锁模力高达 2 003 t(单一模穴),而变更设计方案的最大锁模力只有 1 474 t(单一模穴),降低了 529 t。显然,更小的成型压力,可以得到更小的锁模力。

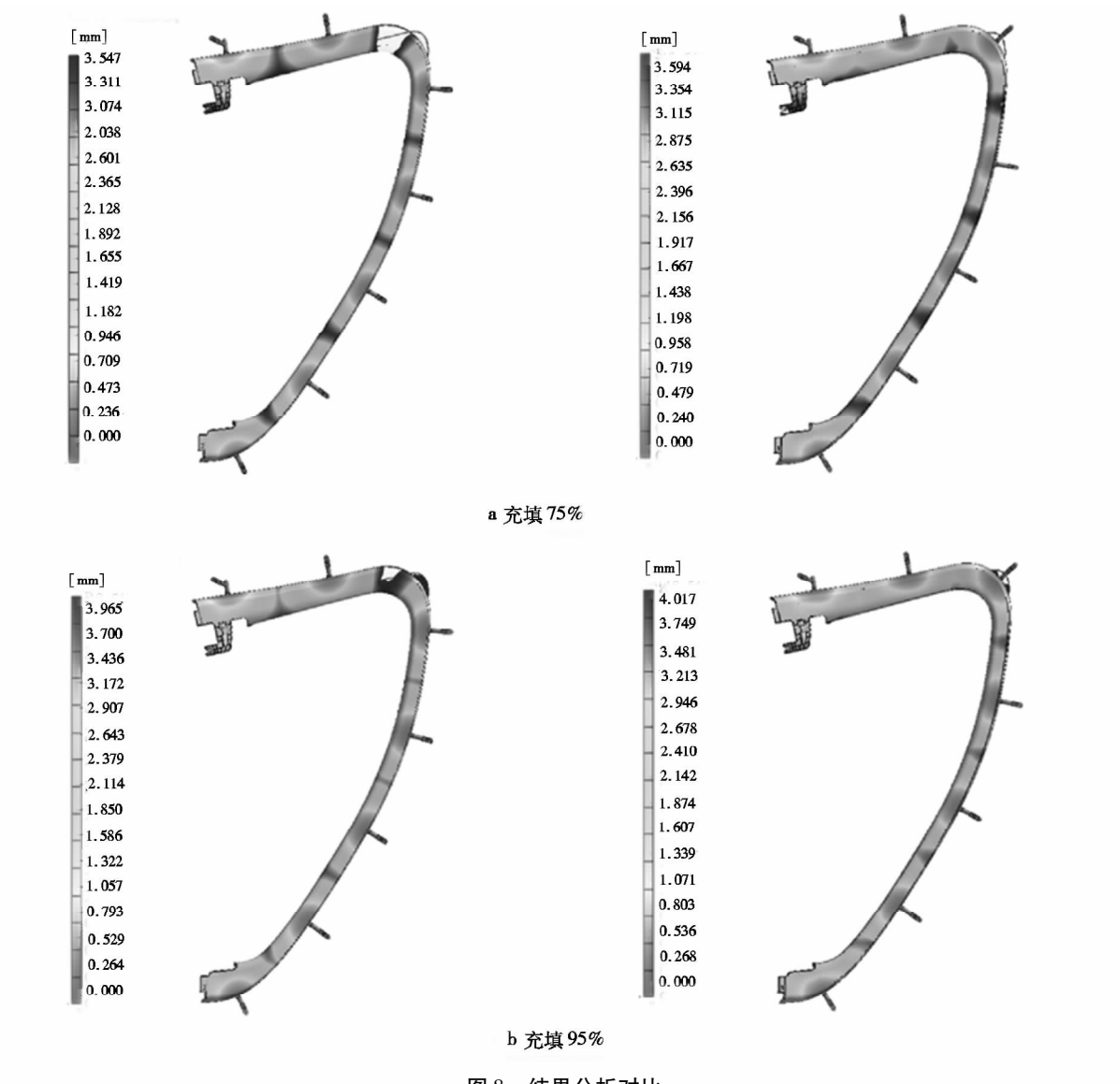


图 8 结果分析对比

Fig 8 Result analysis

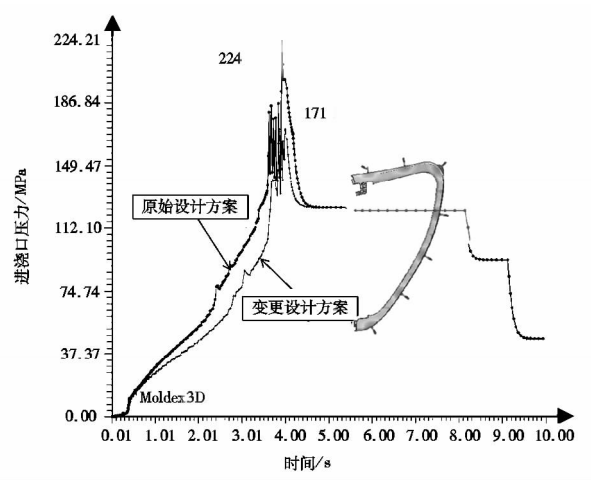


图 9 进胶口压力曲线图

Fig 9 Pressure curve of the inlet

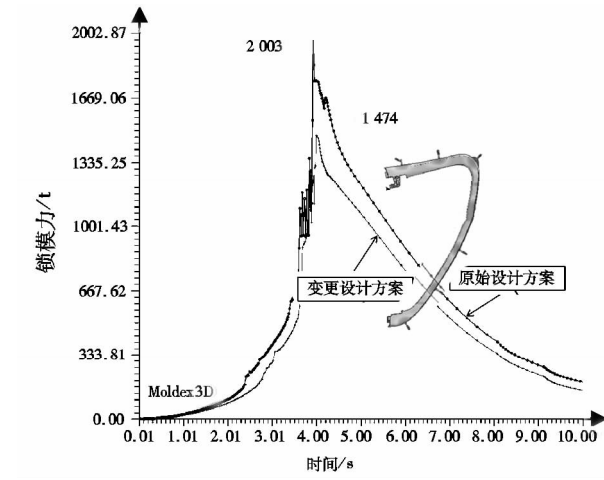


图 10 锁模力曲线图

Fig 10 Clamping force curve

图 11 为浇口位置变更前后塑件的翘曲位移对比。将图 11 的结果进行 5 倍数量的放大,可以明显看出:变更设计后翘曲位移比原始方案要小;在最终的最大变形量上,从原始方案的 18.54 mm 优化至变更后的 14.05 mm,优化比例为24.22%。

3 实物验证

基于以上 CAE 模流分析结果,将浇口位置变更以后的方案交给雨燕公司进行实际试模对比,

现场试模以及成型产品如图 12。从图 12 的成型产品图可以看出:右图相比于左图,其翘曲位移量小。该结果与 Moldex3D 分析结果接近,显然翘曲位移得到了较为明显的改善。

4 总结

本文基于 CAE 技术,采用 Moldex3D 模流分析软件模流分析了塑件浇口位置变化对翘曲位移的影响,得出如下结论:

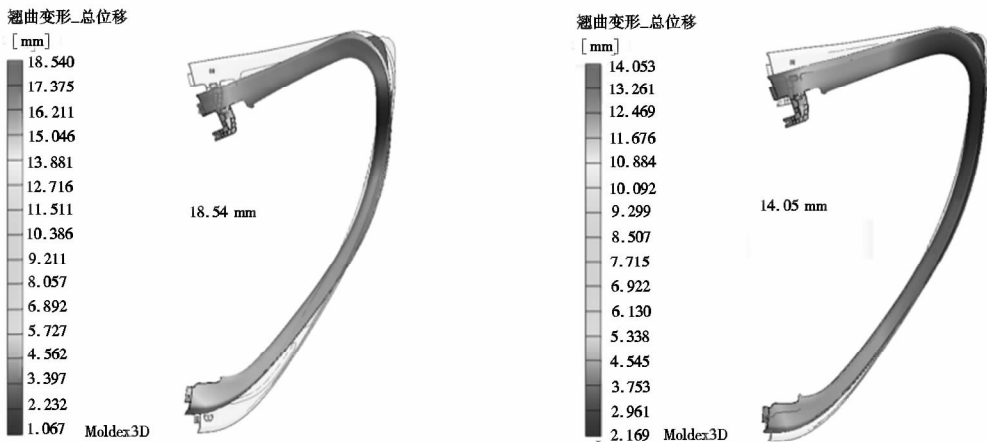


图 11 翘曲位移对比
Fig 11 Warping displacement comparison



图 12 现场试模及成型产品
Fig 12 Field trial and molding products

(1)最大成型压力从 224 MPa 降至 171 MPa (单一模穴);在同等的充填速度下,充填压力更小,优化了 23.66%。

(2)最大锁模力从 2 003 t 降至 1 474 t(单一模穴);成型压力的降低使得锁模力的要求变低,优化了 26.41%。

(3)浇口位置调整前后的塑件,最大翘曲位移量从调整前的 18.54 mm 降至调整后的 14.05 mm,优化了 24.22%。

显然,变更设计后的塑件比原始设计减少了翘曲位移量,提高了产品的成型质量^[7]。

参考文献:

[1] 马少华. 汽车门窗用塑料密封条的成型[J]. 工程塑料应用,1989,17(4):22-26.

[2] 许建文,刘斌,骆灿彬. 塑料玩具组合型腔流动平衡模拟分析[J]. 塑料工业,2018,46(12):74-79.

[3] 郑尧刚,翟豪瑞,熊新,等. 基于 Moldex3D 和灰色关联理论在空气滤清器上壳的工艺优化[J]. 工程塑料应用,2018,46(10):72-75.

[4] THAKRE P, CHAUHAN A S, SATYANARAYANA A, et al. Estimation of shrinkage & distortion in WaxInjection using Moldex3D simulation[J]. Materials Today: Proceedings, 2018,5(9):19410-19417.

[5] 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.

[6] 李树松,闫宝瑞,安华亮. 基于 Moldex3D 分析模具温度对 PP 发泡注塑制品的影响[J]. 中国塑料,2019,33(1):53-58.

[7] 苗利蕾,傅南红,谢鹏程,等. 基于 Moldex 3D 注射成型中浇口位置与数目的数值模拟[J]. 塑料,2011,40(5):1-5.

Research on Location Change Design of Hot Runner Gate of Automobile Front Door and Window Frame

ZHAI Haorui¹, WANG Lei¹, MENG Hui¹, XIONG Xin¹, SUN Conggui², ZHENG Zhu'an¹

(1. School of Automotive Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China; 2. Jiangsu Yuyan Mould Technology Co., Ltd. Yancheng Jiangsu 224045, China)

Abstract:The front door and window frame of the car were selected as the research object. Based on the CAE principle, the Moldex3D mold flow software was used to analyze and found that the cause of the large warpage deformation was the plastic flow imbalance. According to the flow balance principle, the gate position is changed. The mold flow analysis shows that the maximum warpage displacement is reduced from 18.54 mm to 14.05 mm, which is reduced by 24.22%. The maximum forming pressure is reduced from 224 MPa to 171 MPa (single cavity), which is reduced by 23.66%. The maximum clamping force decreased from 2 003 t to 1 474 t (single cavity), which is reduced by 26.41%.

Keywords:CAE; front door and window frame; hot runner gate; changed design; warping displacement

(责任编辑:李华云)