

# 基于 Moldflow 的汽车内饰右前开关控制面板注射成型研究\*

张 坚<sup>1</sup> 赵龙志<sup>1</sup> 赵明娟<sup>1</sup> 张尚兵<sup>2</sup>

(1. 华东交通大学, 载运工具与装备省部共建教育部重点实验室, 南昌 330013; 2. 辽阳金兴汽车内饰集团公司, 辽阳 111000)

**摘要** 基于 Moldflow 软件对汽车内饰右前开关控制面板注射成型过程充填、流动、冷却进行模拟分析。结果表明, 经过对模具设计进行 CAE 分析, 确定了产品的最佳浇口位置, 优化了模具设计方式, 保证了模具设计的合理性。该分析缩短了生产周期, 降低了生产成本, 提高了生产效率。

**关键词** 右前开关控制面板 Moldflow 最佳浇口 充填 冷却

随着中国汽车行业的迅速发展, 人们对汽车内饰塑料构件的要求也越来越高<sup>[1-2]</sup>。传统的注射模具设计主要依靠设计人员的直觉和经验, 模具设计加工完成后往往需要反复调试后才能正式投入生产, 有些精密模具由于无法修复而报废, 制约了新产品的生产效率<sup>[3-4]</sup>。

随着计算机技术和 CAE 技术的迅速发展, 特别是 Moldflow 软件的推出和应用, 在模具加工前通过计算机对整个注射成型过程进行模拟分析, 预测在设计过程中存在的缺陷并进行修改, 从而使产品和模具在设计阶段就能得到改进和完善, 提高了一次试模成功率, 缩短了开发周期并降低了生产成本<sup>[5]</sup>, 因此研究 Moldflow 在模具设计中的应用具有重要意义<sup>[6-8]</sup>。笔者采用 Moldflow 对汽车内饰右前开关控制面板注射成型进行模拟, 为整个模具设计提供依据。

## 1 产品结构分析

图 1 为汽车内饰右前开关控制面板。根据汽车内饰整体美观要求, 产品外轮廓由曲面构成, 表面为流线形弧面, 造型复杂, 各表面之间采用曲面过渡, 要求光滑精致, 无任何熔痕, 无顶出痕迹; 背面为装配面, 无质量要求。制品整体为方形弧面薄板, 投影面积较大, 整体造型简约大方。为便于安装, 安装壁上设有导向筋和卡扣。导向筋呈垂直排列, 分布位置符合结构力学要求, 避免了制品在制备过程中发

生热变形, 且导向筋可使塑料更容易充满型腔, 减少收缩不均。安装卡扣设置在制品装配面的三个方向, 确保了制品安装的顺利进行。在制品的拐角处设置圆角, 增加了制品的机械强度, 改善了成型时材料的流动性, 有利于制品脱模。

材料为改性聚丙烯 (PP), 具有良好的韧性、防水性和化学稳定性, 综合力学性能优异, 注射时流动性好, 容易成型, 但收缩率大, 为 1% ~ 2%, 易产生缩孔、凹痕、变形等缺陷, 凝固速度较快时容易产生内应力。因此, 应注意控制成型温度, 适当降低冷却速度, 避免制品表面失去光泽或使制品产生翘曲、变形<sup>[1-3]</sup>。

## 2 注射过程模流分析理论基础

注射成型 CAE 是依据连续介质力学、传热学基本理论和塑料加工流变学, 建立熔融塑料在模具型腔中流动、传热的数学模型。熔融塑料充模过程被认为是粘性非等温不可压缩流动与传热过程, 可采用粘性不可压缩流动的基本方程来描述。对于厚度方向尺寸远小于其他方向尺寸的薄壁产品, 可使用基于非稳态、非等温条件下的 Hele - Shaw 流动模型, 建立描述该过程的连续性方程、动量守恒方程和能量方程<sup>[4-5]</sup>。

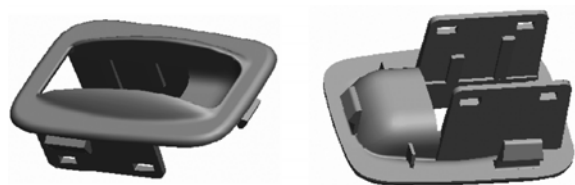
### (1) 连续性方程

$$\frac{\partial(\bar{b}u)}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{b}v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

### (2) 动量方程

$$\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left( \eta \frac{\partial u}{\partial z} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} \left( \eta \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 0 \quad (3)$$



(a)

(b)

a—正面; b—装配面

图 1 汽车内饰右前开关控制面板

\* 载运工具与装备省部共建教育部重点实验室开放基金项目

(01308013)

收稿日期: 2009-10-19

## (3) 能量方程

$$\rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \eta r^2 \quad (4)$$

式中:  $b$ ——型腔半厚;

$\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ —— $x$ 、 $y$  方向上的平均速度;

$\rho$ ——密度;

$C_p$ 、 $K$ ——比热容和热传导系数;

$p$ 、 $T$ ——熔体的压力、温度;

$\eta$ ——剪切粘度, 其与压力、温度、剪切速率

( $r$ ) 关系如式(5)所示:

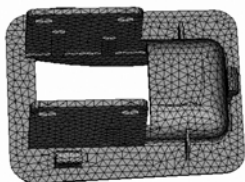
$$\eta = \eta(r, T, p) \quad (5)$$

其中  $r = \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$

## 3 注射成型 Moldflow 分析

## 3.1 分析前处理

在 Pro/Engineer 中建立产品三维实体模型(如图1所示)后,把 CAD 模型转化为 STL 文件格式并导入 Moldflow,对其表面网格化。图2示出网格划分模型及网格信息。由于制品厚度尺寸较小,适合双面网格模型,如图2a所示。表面网格由三节点的三角形组成,与中面网格不同,它是创建在模型的上、下两层表面上。针对网格交叉、纵横比以及零面积单元等方面存在的问题,利用网格工具通过合并、移动、插入节点等方式逐一进行修改、解决。对模型进行网格划分时应保证各单元的匹配率大于85%,



(a)

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 网格统计     |                         |
| 实体计数     |                         |
| 三角形      | 6768                    |
| 节点       | 2372                    |
| 柱体       | 0                       |
| 连通区域     | 1                       |
| 网格面积     | 8.2987 cm <sup>2</sup>  |
| 网格面积     | 78.2839 cm <sup>2</sup> |
| 边详细信息    |                         |
| 自由边      | 0                       |
| 共用边      | 10140                   |
| 交叉边      | 0                       |
| 配向详细信息   |                         |
| 配向不正确的单元 | 0                       |
| 相交详细信息   |                         |
| 相交单元     | 0                       |
| 完全重叠单元   | 0                       |
| 复制柱体     | 0                       |
| 三角形纵横比   |                         |
| 最小纵横比    | 1.156000                |
| 最大纵横比    | 5.961000                |
| 平均纵横比    | 1.893000                |

(b)

a—网格模型; b—网格统计信息

图2 网格划分模型及网格信息

自由边和非交叠边个数、未定向单元、交叉单元个数均为0,单元纵横比最大值控制在6以内<sup>[5]</sup>。经过数值求解,得出模型的网格统计信息如图2b所示,所有信息均满足要求。

## 3.2 最佳浇口位置分析

浇口位置在模具设计中起着至关重要的作用,它直接影响塑料熔体在模具型腔内的流动,从而关系到注塑件成型后是否会产生翘曲变形、熔接痕等缺陷。最佳浇口位置分析主要是基于流动的平衡性、型腔内的流动阻力、产品的形状和壁厚、注射成型中浇口位置的可行性等因素进行分析。分析时成型条件为模温 60℃、料温 235℃。最佳浇口位置分析结果如图3所示。从图3可以看出,最佳浇口位置位于产品的导向板根部和面板中部。当浇口设在导板根部时,注射成型时须设置双浇口,提高了制造成本,否则会破坏制品的流动平衡,降低其成型性能。因此,最佳浇口位置为面板中部。



(a)



(b)

a—上表面; b—下表面

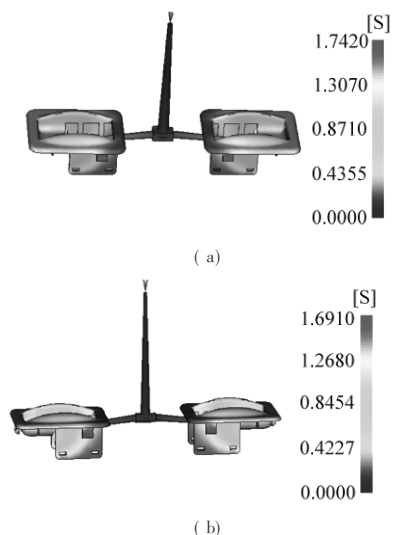
图3 最佳浇口位置

## 3.3 充填分析

充填分析是指从注射开始到塑料熔体充满整个型腔过程中的流动前沿位置分析,主要用于讨论产品的填充行为,考察成型过程能否完成对产品的完全充填。分析结果包括充填时间、压力、流动前沿温度、分子趋向、剪切速率、气穴、熔接痕等。

## (1) 充填时间

图4为不同形状流道产品注射成型的充填时间分析。从图4可以看出,梯形流道充填时间为1.742 s,略大于圆形流道的充填时间1.691 s,这是因为在流道体积一定时,圆形浇道的表面积比梯形浇道小,熔融塑料在流动过程中受到的摩擦力较小,更容易充满型腔。但两种形状流道的充填时间均比较短,符合注射成型要求,因此两种方案都能够满足模具设计的要求。另外,梯形流道比圆形流道更易加工,成本低、效率高。经综合比较,笔者选择梯形流道。



a—梯形流动; b—圆形流动

图 4 充填时间

## (2) 气穴分析

气穴是由于熔体前沿汇聚并最终在制品内部或者模腔表层产生气泡。气穴的出现可能导致短射的发生,造成充模不完全,在制品表面形成瑕疵,甚至可能由于气体压缩产生热量,出现焦痕。气穴分析模拟结果如图 5 所示。由图 5 可以看出,气穴大多分布在边缘位置,而这些位置通常会有分型面、侧滑块、型芯的存在,所以气穴一般不会出现。

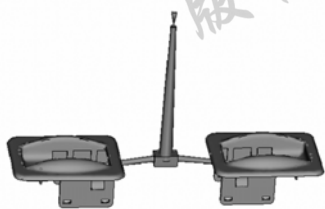


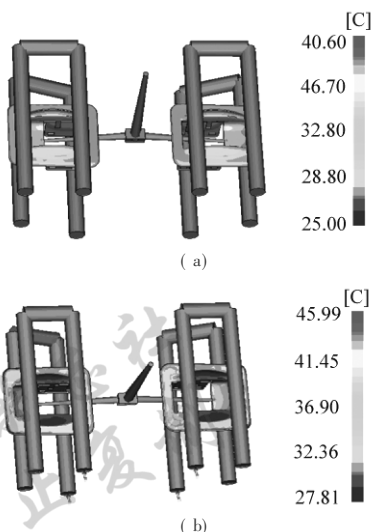
图 5 气穴分析

## 3.4 冷却分析

使用 Moldflow 对注射成型模具进行冷却分析,可以预测模具的冷却效果,为合理地设计冷却系统提供最佳方案,对于提高制品的生产效率、改善制品质量以及降低模具制造成本都具有重要的指导意义。其中,型腔表面温度对制品质量影响较大,Moldflow 能够模拟注射周期的型腔表面温度分布,帮助工艺人员确定模具温度的分布情况以及是否达到材料所要求的模具温度。

图 6 为两种方案下型腔表面温度的分布情况。从图 6 可以看出,整个产品呈框式结构,方案一的冷却水管均位于制品壁部位置,而方案二只有部分水管位于该位置;方案一中型腔表面温度呈均匀分布,

而方案二温差较大,因此方案一较为合理。这主要是由于制品为框式结构,模具的热量主要由制品框提供,越靠近制品壁位置,模具温度越高,需要散失的热量越多。所以当冷却水管位于制品框壁位置时,大大降低了该区域温度,使型腔表面温度分布趋于均匀。



a—方案一; b—方案二

图 6 型腔表面温度分布

## 4 结语

应用 Moldflow 软件对汽车内饰右前开关控制面板注射成型过程充填、流动、冷却进行模拟分析,确定了最佳浇口位置,优化了注塑模的设计方式,保证了模具设计的合理性。将 Moldflow 分析结果应用于实际生产中,减少了试模次数,缩短了生产周期,达到了降低生产成本、提高生产效率的目的。

## 参考文献

- [1] 齐卫东. 简明塑料模具设计手册[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008: 149 - 156.
- [2] 许勤周, 郭志忠. CAE 技术在数码相机注塑模设计中的应用[J]. 塑料, 2005, 34(4): 68 - 71.
- [3] 轻工塑料模具技术手册委员会. 轻工塑料模具技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999, 5 - 10.
- [4] 陈万林. 实用塑料注射模设计与制造[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 1 - 4.
- [5] 王刚. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 1 - 7.
- [6] 王文广. 塑料注射模具设计与技巧[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 2 - 5.
- [7] 王鹏驹. 塑料模具技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 7 - 9.
- [8] 陆宁. 实用注射模具设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 1 - 3.

INVESTIGATION OF INJECTION MOULDING FOR RIGHT CONTROLLER PANEL OF THE AUTOMOBILE INTERIORS BASED ON MOLDFLOW

Zhang Jian<sup>1</sup>, Zhao Longzhi<sup>1</sup>, Zhao Mingjuan<sup>1</sup>, Zhang Shangbing<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Conveyance and Equipment, Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. Liaoyang Jinxing Automobile Inner Decoration Group Co. Ltd., Liaoyang 111000, China)

**ABSTRACT** Based on moldflow soft, the injection moulding including fill and cool for the right controller panel of the automobile inner decoration was simulated. The results showed that the optimum gate location and the raional mould structure could be achieved according to the CAE analysis on the injection mould, the simulation simplized the injection mould structure, shortened the cycle period and economizes the cost.

**KEYWORDS** right controller panel, moldflow, best gate location, fill, cool system

沙伯基础创新塑料推出 Lexan 共聚物树脂系列

为了满足日益增长的对于最新尖端应用设计的性能要求,以及帮助客户降低系统成本,沙伯基础创新塑料已开发出一套性能绝佳的 Lexan® 聚碳酸酯(PC) 共聚物树脂产品系列。这种新型高端 Lexan 树脂系列凝聚了十余年聚合物领域的科学研究结晶,大大拓宽了沙伯基础创新塑料客户的设计选择范围,从而创造出新一代解决方案,用以开发独树一帜的产品,不断扩大市场并开辟新的市场和应用领域,提高整体生产力和利润率。

沙伯基础创新塑料的产品系列新增 6 种具有独特化学特性和绝佳性能的共聚物,包括 Lexan HFD、Lexan XHT、Lexan FST、Lexan DMX、Lexan SLX 和 Lexan EXL 树脂。这些新型树脂将极高的耐热性、出色的流动性/延展性、几乎坚不可摧的抗冲击强度、刮擦保护、阻燃低烟低毒性(FST) 和抗紫外线性能提高到更高的水平,为客户带来卓越的设计自由度,从而凭借吸引眼球的美观特性满足客户对顶级高性能产品日益增长的需求。

Lexan HFD 树脂虽具备高熔融流动性硬度却未降低;虽提高了延展性但不影响熔融流动性。另外,这款树脂还提供无与伦比的透明度和机械性能。更高的流动性和延展性可以设计出具有更薄的壁厚和尖锐的棱角,而不存在从模具释

放时开裂的风险。目标应用领域:相机镜头、医药产品外包装、高性能安全/特种眼镜、挡风玻璃和防护面罩、电子产品、仪表盘、家用电器。(中聚网)

可口可乐新塑料瓶采用甘蔗为原料

市面上很快将出现装在含部分植物材料的新型塑料瓶中的可口可乐公司的系列饮料。装在这种 Plant Bottle 新包装中的饮料正被运往全球部分市场的商店上架。

总部位于美国亚特兰大的可口可乐公司计划到 2010 年底生产 20 亿个特种聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET) 瓶。

在丹麦,500 mL 和 2 L 装的可口可乐、健怡可口可乐和无糖可口可乐系列都将换成 Plant Bottle 包装。加拿大西部的可口可乐、雪碧、Fresca 和 DASANI 将从 12 月开始换用 Plant Bottle,并供应给 2010 冬奥会。从明年 1 月起,美国西部的部分市场将在多种规格的苏打水品牌和 DASANI 中使用 Plant Bottle 包装,包括西雅图、旧金山和洛杉矶。

Plant Bottle 包装目前所用的工艺是将甘蔗转化为糖蜜,这是蔗糖生产中的一种副产品,随后再将其作为 PET 树脂的主要成分。所用的甘蔗主要来自被加工成乙醇的雨水灌溉作物,而不是精制糖。可口可乐公司的最终目标是使用非食品类的植物基废弃物诸如木屑或麦秆来生产 PET 瓶。

(慧聪网)

欢迎查询有关广告

对于在我刊刊登的所有广告,如读者需要查询更详细的资料或了解情况,请填写《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料,以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品,我社将帮助您联系,以保证产品质量,争取优惠价格。欢迎各单位在我刊刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡

No \_\_\_\_\_

读者姓名 \_\_\_\_\_ 单位 \_\_\_\_\_ 邮政编码 \_\_\_\_\_

通讯地址 \_\_\_\_\_ 电话 \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

欲获得《工程塑料应用》\_\_\_\_\_ 年第 \_\_\_\_\_ 期第 \_\_\_\_\_ 页 \_\_\_\_\_

广告中有关 \_\_\_\_\_ 的详细资料。

如空位不够,请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社

邮政编码: 250031