

汽车保险盒上盖注射成型的数值模拟^{*}

林启权 王振球 周志斌 董文正
(湘潭大学机械工程学院, 湘潭 411105)

摘要 利用 Moldflow 软件对汽车保险盒上盖的注射成型过程进行了数值模拟。通过分析填充过程中各时间段熔体的流动情况及最终的填充时间和填充效果, 得出了制品的最佳填充时间和保压时间; 通过分析成型过程中型腔的温度变化, 预测了制品的熔接痕和气穴的分布, 以及缩水、翘曲变形等成型缺陷, 并通过实际注射成型对模拟进行了验证。实验证明, 模拟结果非常真实地表现了制品实际的成型过程, 其对成型缺陷的预测也比较准确, 证明了注射成型数值模拟结果的可靠性。

关键词 保险盒上盖 注射成型 数值模拟 Moldflow 流动性 成型缺陷

影响注塑制品质量的因素很多, 包括原料、制品结构、模具结构及加工工艺等。对于特定制品而言, 原材料和制品结构通常是固定的, 因此, 制品的成型质量主要取决于模具结构和加工工艺。目前, 加工工艺参数主要是根据制品体积、复杂程度、材料性能及设计师的经验来设定^[1-3]。但对于形状复杂的制品, 连有经验的模具设计师也很难把握。

注射成型缺陷的种类很多, 而在工程实际中主要考虑气泡、熔接痕、填充不满、翘曲等^[4-5]。在注射成型中, 对填充过程进行数值模拟可以预测实际注射过程中可能出现的缺陷, 优化模具结构, 调整工艺参数, 有针对性地制订解决方案, 从而达到减少材料浪费、降低生产成本、提高制品质量和市场竞争力的目的。目前, 注塑过程的数值模拟在国外已得到了普遍的应用, 已经成为成型加工及模具设计中不可缺少的一环^[6]。

笔者以汽车保险盒成型过程为例, 采用 Mold-flow 软件对其注塑过程进行数值模拟, 分析浇口位置和成型参数的选择, 对制品的成型性能进行分析并预测制品的成型缺陷, 最后根据模拟结果进行模具设计和成型生产, 进一步验证模拟的准确性和可行性。

1 几何及有限元模型的建立

汽车车内保险盒上盖形状较为复杂, 插座孔多且配合要求严格, 成型中填充困难, 且易产生缩水、翘曲等缺陷, 影响制品的表面质量和配合精度, 对模具设计及试模时注塑工艺参数的设置提出了很高要求。笔者利用 Pro/E 建立了制品的 3D 模型, 如图 1 所示, 制品尺寸为 29 mm ×116 mm ×109.6 mm, 厚度为 1.5 mm, 通过 IGES 格式导入 Moldflow 后, 利用 Fusion 网格模型对制品进行网格划分。划分完后对

网格进行一定修补, 确保无自由边、交叉单元、重叠单元等, 保证网格质量。



图 1 保险盒 3D 模型

2 最佳浇口位置分析及成型参数的确定

浇口位置的选择是设计模具前的一个重要步骤, 浇口位置选择得合理与否是决定模具设计能否成功的重要因素之一。利用 Moldflow 可以分析出制品的最佳浇口位置, 但其分析出的结果是根据制品的几何形状来得出的, 主要是让塑料能比较均匀平稳地到达制品的各个点。而在实际设计时还要考虑许多其它因素。

根据客户及制品要求, 选择材料为尼龙 66 (PA66), 该材料的工作温度为 -80 ~140℃, 具有优良的抗冲击性能和良好的耐油及绝缘性。PA66 的推荐成型条件如表 1 所示, 粘度曲线如图 2 所示。

表 1 PA66 推荐成型温度条件 ℃

项 目	数 值
模具温度	57
熔体温度	285
模具温度范围	21 ~93
熔体温度范围	271 ~299
顶出温度	213

图 3 示出利用 Moldflow 模拟得到的保险盒上盖的最佳浇口位置及实际浇口位置设计。由图 3a 可

^{*} 湖南省科技厅项目 (2009WK3045)
收稿日期: 2010-07-26

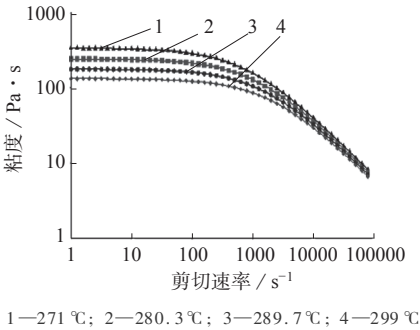
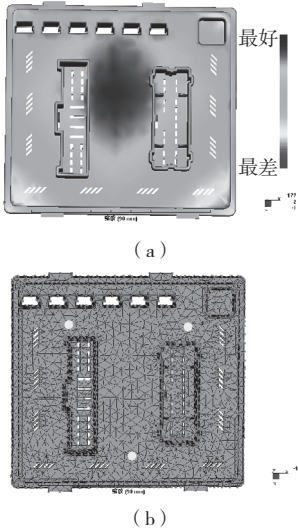


图2 PA66的粘度曲线

见,最佳浇注位置在中央稍微偏上的位置。因该制品为汽车内置件,表面要求不是十分严格,从进一步提高填充性能、简化模具结构的方面考虑,采用3点式浇口,直接将浇口开在零件的上表面上,如图3b所示。从Moldflow的分析结果来看,3个浇口都处于极佳的位置。浇口的几何中心点刚好处于制品的中心位置,且浇口处于制品型芯较少的区域,便于模具结构设计零件的位置安排,不容易引起干涉。



a—模拟分析最佳浇口位置; b—实际浇口位置设计

图3 浇口位置

充填控制和保压采用系统默认的方式,经过模拟计算,采用的成型工艺参数如表2所示。

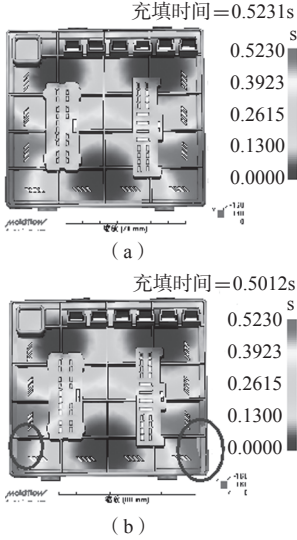
表2 成型工艺参数

项目	数值	项目	数值
充填时间/s	0.5	理想型腔侧模温/℃	57
循环时间/s	35	理想型芯侧模温/℃	57
保压时间/s	10	要充填的体积/cm ³	36.5588
环境温度/℃	25	总投影面积/cm ²	117.813
熔体温度/℃	285		

3 流动及成型缺陷模拟分析

经Moldflow模拟后,充填分析结果如图4所示,经0.5231 s后完全填充(图4a所示),但充填流动

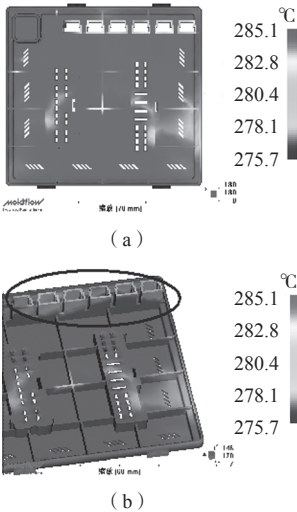
不平衡,在充填0.5012 s后,制品填充完成97.5%,其一侧已经填充完毕,两边的下部尚未充满(图4b中标识区域为最后填充位置)。



a—充填时间0.5231 s; b—充填时间0.5012 s

图4 充填分析结果

图5示出制品流动波前温度,范围为275.7~285.8℃,整个制品温度非常均匀,制品凸出较多的插孔处温度略低(图5b中标识所示区域)。充填结束时熔体的温度下降非常小,还保持着很高的温度,使得制品中的熔接痕质量好,具有很高的强度。



a—正面; b—背面

图5 流动波前温度

当两股聚合物熔体的流动前沿汇集到一起,或一股流动前沿分开后又合到一起时,就会产生熔接痕,如聚合物熔体沿一个孔流动。该制品选用3点进浇,同时制品本身有大量的小孔和凸台,因而成型时会产生大量的熔接痕,如图6a所示。对照图4进

行分析可发现,最长、最明显的熔接痕出现在三浇口进浇的熔体流动波峰相遇的位置。从图 5 又知在充填完时制品温度很高,熔体流动前沿都还能够进行非常好的结合,因此熔接痕的质量会非常好,强度高,对制品的质量不会有明显的影响。几股熔体的相汇在产生熔接痕的同时,由于型腔中气体难以排出,通常会产生气穴,其分布和熔接痕的分布区域相同,且两者经常交叠出现,气穴分布如图 6b 所示。小孔处由于镶嵌的小型芯周围可以进行排气,故气穴容易消除,需注意的是制品中部和上部中间气穴密集的区域气体难以排出,将在制品中出现气穴。

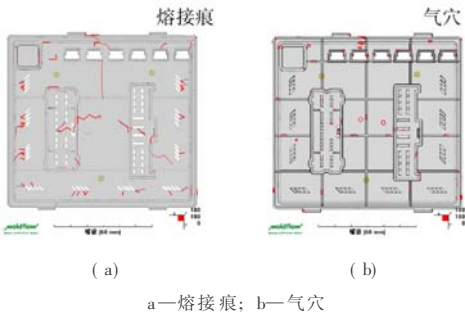


图 6 成型缺陷

由于制品在保压和冷却过程中各位置厚度及压力不一致,引起制品各部分收缩率不同,从而使得制品因收缩不均匀而产生残余应力及翘曲变形,甚至出现缩痕,保险盒上盖经模拟分析后体积收缩率分布如图 7 所示。制品在左右下方最后填充处及加强筋相交处收缩率较大,特别是标识区域由于制品壁厚过大,收缩率最大。在这些收缩率过大的位置,制品将产生较大的变形,同时出现明显的缩痕。

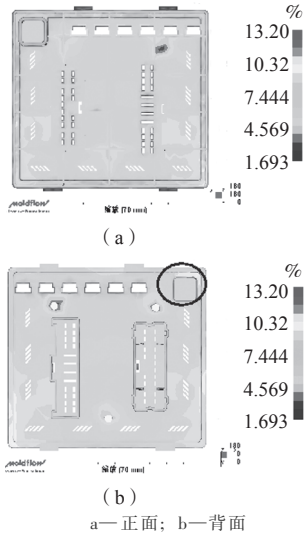
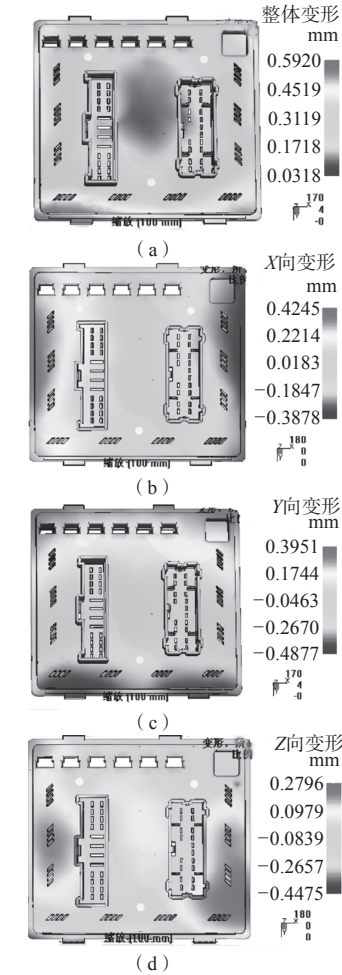


图 7 体积收缩率

收缩率及残余应力分布不均匀、保压时间过短、注塑压力过高、冷却不均匀等最终都将引起制品的变形。保险盒成型后的翘曲变形如图 8 所示。在 X、Y 方向上,产品变形区域成条状分布,两边缘向中间收缩,制品外面尺寸减小,变形绝对量约 0.85 mm。Z 方向变形绝对量为 0.72 mm,两对角向下,另外两对角向上变形,使得整个保险盒扭曲变形。综合三个方向的变形可看出,制品中间主要面积上变形量非常小,四周都产生了较为均匀的变形,变形绝对量约 0.5 mm。

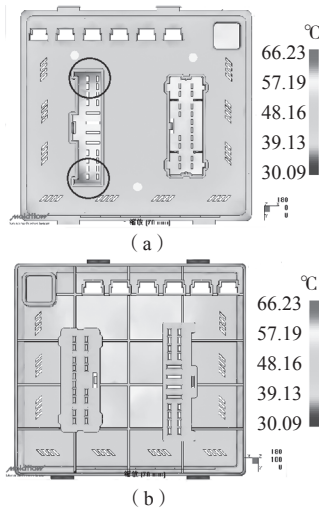


a—整体变形; b—X 向变形; c—Y 向变形; d—Z 向变形

图 8 翘曲变形

模具型腔表面的温度直接影响制品的冷却,均衡的温度能使制品均匀冷却,减少局部应力集中和变形。保险盒上盖成型结束后,模具表面的温度分布如图 9 所示。图 9a 为定模面型腔的表面温度,温度中间部分较高,四周较低,在标识区域出现温度较高的两点,该处型芯温度明显偏高,需要在周围加强冷却;图 9b 为动模面型腔的温度,3 个浇口的中间

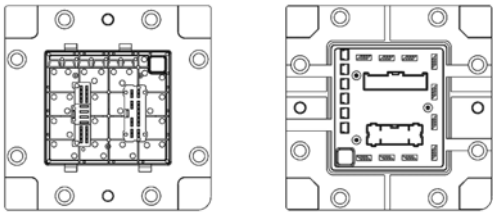
温度稍高,其余区域温度分布较为均匀。综合来看,型腔中间部分温度明显较周围温度高,冷却时制品周围将先冷却,然后才是中间部分冷却,将引起较大的翘曲变形,模具设计时应该进一步优化冷却水管的分布,增加中间区域的冷却。



a—定模面; b—动模面
图9 模具温度

4 模具设计及成型实验

确定完制品成型的各种条件后,根据制品的工艺性,设计模具结构如图 10 所示。模具选用三板模结构,一模一穴成型,分型面设置在制品侧面的卡勾位置,采用三点进料并在四周设置排气槽。



a—动模; b—定模
图10 模具装配图

成型后的制品如图 11 所示,制品填充完整,经

冷却后四周有轻微的收缩,制品正面对应加强筋的部位缩水明显,清晰可见缩痕。经测量和实配,整个制品尺寸稳定,装配良好。成型中应适当增大保压压力和时间,以减少收缩。制品的成型结果与前面模拟的结果一致,体现了模拟的准确性和可行性。



(a) (b)
a—正面; b—背面
图11 制品图

5 结语

通过采用 Moldflow 软件对汽车车内保险盒上盖进行模拟,分析了浇口位置和成型参数的选择,并对制品的充填、流动波前温度及成型缺陷等进行了分析;根据模拟结果进行模具设计和成型生产,通过实验证实了模拟的准确性和可行性。采用 Moldflow 对制品进行模流分析,能优化模具的结构,分析最佳的成型工艺参数并预测制品的成型缺陷。

参考文献

[1] 刘兆栋,苏文斌,姚海剑.基于数值模拟的注塑模具优化及注塑成型工艺参数快速设置[J].塑料科技,2009,37(1):68-71.
[2] 肖长江,刘春太,申长雨.注塑制件熔接痕的形成、性能和预测[J].工程塑料应用,2003,31(3):17-20.
[3] 罗宇玲,曾亚森.基于 MoldFlow 软件的注塑产品熔接痕分析及优化设计[J].模具制造,2006(11):17-19.
[4] 罗纲.注塑模成型常见缺陷及解决方法[J].成都纺织高等专科学校学报,2008,25(1):28-30.
[5] 申长雨,陈静波,刘春太,等.注塑成型制品的质量控制[J].工程塑料应用,1999,27(8):33-37.
[6] 申长雨.塑料成型计算机模拟技术[J].工程塑料应用,2000,28(4):31-34.

NUMERICAL SIMULATION FOR FUSE BOX UPPER COVER INJECTION MOLDING

Lin Qiquan, Wang Zhenqiu, Zhou Zhibin, Dong Wenzheng

(School of Mechanical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

ABSTRACT The fuse box upper cover injection molding process was simulated by using Moldflow software. By analyzing the plastic flowing condition, the ultimate filling time and filling results, optimum filling time and pressure - holding time were obtained; by analyzing the changes of cavity temperature, the welding lines, air traps distribution, shrinking, warping and other deformation defects of products were forecasted and the simulation results were verified by actual forming. The experiment proved that the simulation truly behaved the actual forming process and accurately forecasted the defects of the products, which proved the result of the injection molding numerical simulation reliable.

KEYWORDS use box upper cover, injection molding, numerical simulation, Moldflow, fluidity, molding defect