

热流道系统下大型覆盖件注塑方案及工艺优化研究

徐振宇

(金华职业技术学院机电学院, 金华 321017; 台州黄燕模具有限公司, 台州 318020)

摘要 以汽车后保险杠为例,在充分掌握注塑经验的基础上,利用计算机辅助工程分析(CAE)的手段,建立汽车后保险杠3种注塑方案,分析不同方案对于注塑结果的影响,从而对比较优的注塑方案。将模拟较优的数据用于实际模具设计及注塑生产,试模结果与模拟结果高度吻合,从而为此类问题提供了一种可行的借鉴。

关键词 热流道 大型覆盖件 CAE 浇注系统

大面积塑料覆盖件由于面积大、注塑流程长,相对壁厚薄,产品质量很难保证。在我国,此类塑料件主要还是通过传统的冷流道模具注射成型,生产效率低。随着大型家电、汽车等行业产品更新换代越来越快,对大型塑料覆盖件的种类及数量需求急剧增长。为满足市场需求,国内模具行业的一些高端企业已经开始采用高效的热流道模具来生产高质量的大面积塑料覆盖件。但热流道模具需要采用精密的流道加热系统,对模具浇注方案的准确设计要求很高,且热流道系统目前国内无法独立生产,价格昂贵。如果模具设计方案不成熟,需通过反复修模来弥补设计缺陷,对大型模具而言修模加工的难度极大,且将耗费惊人的成本,产品质量也无法保证。在国外,家电及汽车覆盖件制造企业,在模具设计之前,对于大型塑料覆盖件、重要结构件的注塑过程进行计算机辅助工程分析(CAE)已经是一项必须要做的前期工作。CAE分析工作给企业带来了极大的经济效益。经过计算机模拟论证的注塑方案及工艺方案优化结果用于指导模具设计与制造及后续的注塑生产,能够使产品初次注塑合格率达到95%以上,基本不用传统模具制造中后续修模工作。笔者以汽车后保险杠为例,作为典型的大面积塑料覆盖件,说明不同注塑方案及工艺对结果影响很大。

1 注塑方案对制件的影响

注塑方案在汽车后保险杠的注塑中尤为重要,整个浇注系统包括浇口数量、浇口位置对制件质量有很大的影响。特别是对注塑生产中的注塑压力、锁模力、熔接痕的形成及注塑后制件的冷却及翘曲变形都有重要的影响^[1]。因此合理确定注塑方案,包括确定浇注系统中浇口位置、浇口数量、流道直径,才能保证熔接痕具有合理的形成温度,并且保证整个保险杠能够比较均匀冷却收缩,从而减小制件成型后的翘曲变形量^[2]。

2 CAE环境下汽车后保险杠3种注塑方案对比分析

2.1 制件材料性能分析及前处理

汽车后保险杠是一款对外观要求极高的大型塑料件,所用材料为Hipol X50 PP,表1是该种材料的主要注塑参数。由表1可知,该种材料总体流动性较好,为了进一步提高流动性及增加注塑后的强度,通常以玻璃纤维为增强剂。

表1 Hipol X50 PP材料的注塑参数

项 目	数 据
热导率/W·(m·K) ⁻¹	0.181
顶出温度/℃	125
比热容/J·(kg·K) ⁻¹	2 712
不流动温度/℃	142
推荐注射温度/℃	180
推荐模具温度/℃	40
许可剪切应力/MPa	0.25
许可剪切速率/s ⁻¹	100 000

图1是Hipol X50 PP材料的剪切速率-粘度曲线。由图1可以看出,这种PP材料在温度波动区间内剪切速率与粘度的关系变化均不大,流动性较好。图2是该种材料的PVT曲线,从图2可以看出,在注塑充模过程中,最佳方法应使模具内压力上升到能够承受的高值,然后再沿PVT曲线使塑料件冷却。这样塑料件收缩小,能够较好地控制翘曲变形。

汽车后保险杠尺寸为1 600 mm×500 mm×300 mm,壁厚3 mm,为了不影响安装,要求成型后翘曲变形量小于9 mm,熔接痕形成温度在160℃以上^[3]。为了进行计算机模拟分析,先在计算机中对后保险杠建模,见图3。

2.2 3种注塑方案下模拟填充分析^[4-6]

在不影响分析结果的前提下,将保险杠三维模型中的一些细微结构进行合理简化,然后进行有限

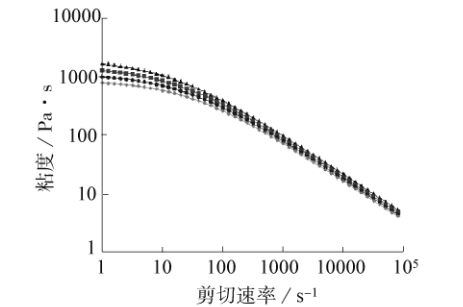


图1 HiPol X50 PP 材料的剪切速率 - 粘度曲线

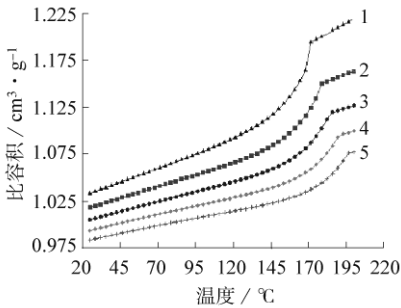


图2 HiPol X50 PP 材料的 PVT 曲线



图3 后保险杠三维模型

元网格划分。采用面网格结构,为控制迭代精度,网格边长均值控制在 10 mm 左右。根据制件面积、质量及注塑经验,将 3 种方案下热流道直径统一定为 18 mm,冷流道部分直径略小,定为 13 mm,采用矩形浇口,尺寸为 6 mm ×3 mm。图 4 为冷却系统设计方案。由图 4 可以看出,冷却系统中的冷却水道隔水板设计充分考虑了后保险杠的外形。为便于分析对比,3 种注塑方案采用同一冷却系统设计。

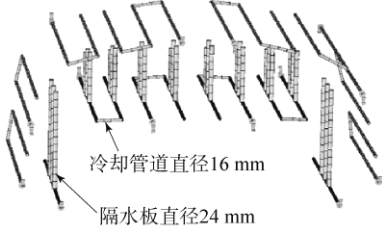


图4 冷却系统设计

首先采用前后两个浇口即方案 1 进行注塑。图 5 为方案 1 浇注系统布置方式。由图 5 可知,在流道中,深色部分为热流道系统,系统中材料始终处于熔融状态;浅色部分为冷流道,末端为扁平浇口。

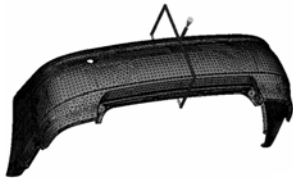


图5 注塑方案 1 浇注系统

表 2 为方案 1 注塑参数,其中保压阶段采用分段保压的方式,总体保压时间为 6 s,6 s 后压力降为 0,模具打开取出塑料件。

表 2 方案 1 注塑参数

项 目	数 据
模具温度 / °C	50
熔体温度 / °C	200
注射时间 / s	7
保压阶段	时间 - 压力变化情况 (3 段保压)
1	0 ~ 3 s (压力保持在 106 MPa)
2	3 ~ 5 s (压力从 106 MPa 均匀下降到 70 MPa)
3	5 ~ 6 s (压力从 70 MPa 均匀下降到 0)

方案 1 注塑填充过程较均匀。图 6 为方案 1 的锁模力曲线。由图 6 可知,最大锁模力约为 69 629.0 kN,锁模力太大,已超出设备负荷,需增加浇口数量。

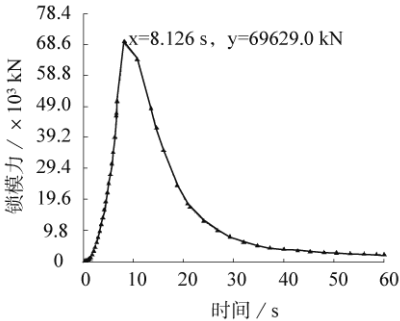


图6 方案 1 锁模力曲线

图 7 为方案 1 翘曲变形结果。由图 7 可知,制件最大翘曲变形量为 35.79 mm。其中沿 -X 方向就达 28.00 mm。变形量过大,无法完成后续准确安装。因此需要增加浇口数量,进一步减小锁模力,从而减少制件收缩,有效缩短流程,以便填充及冷却更加均匀,从而有效减少制件翘曲变形量。



图7 方案 1 翘曲变形量

根据制件外形及注塑经验,建立如图 8 的第 2

种注塑方案。由图 8 可知, 浇口数量增加至 4 个。

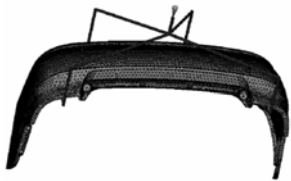


图 8 注塑方案 2 浇注系统

表 3 为方案 2 注塑参数。由表 3 可知, 参数与方案 1 基本相同。随着浇口数量增加, 最大注塑压力有所减小。

表 3 方案 2 注塑参数

项 目	数 据
模具温度 /℃	50
熔体温度 /℃	200
注射时间 /s	7
保压阶段	时间 - 压力变化情况 (3 段保压)
1	0 ~3 s(压力保持在 73 MPa)
2	3 ~5 s(压力从 73 MPa 均匀降到 48 MPa)
3	5 ~6 s(压力从 48 MPa 均匀降到 0)

根据填充结果可知, 方案 2 注塑填充过程较均匀, 注塑机喷嘴处最大压力为 73 MPa。图 9 为方案 2 的锁模力曲线, 由图 9 可知, 最大锁模力为 50 822.8 kN, 锁模力仍然过大(一般大型塑料件所用最大注塑机的最大锁模力为 60 000 kN)。

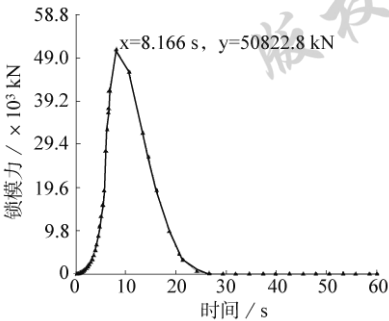


图 9 方案 2 锁模力曲线

图 10 为方案 2 翘曲变形结果。由图 10 可知, 方案 2 最大翘曲量为 24.35 mm, 其中最影响安装的沿 -X 方向的翘曲量就达 18.00 mm。还需要进一步调整注塑方案, 以减小锁模力和翘曲变形量。

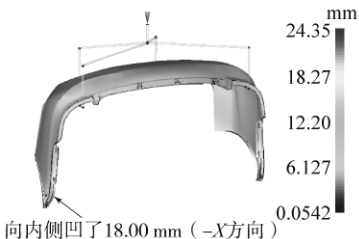


图 10 方案 2 翘曲变形量

最后调整为注塑方案 3, 如图 11 所示。浇注系

统各部分尺寸不变, 浇口数量增加到 6 个, 6 点同时进料。表 4 为方案 3 注塑参数。由表 4 可以看出, 由于浇口数量增多, 注塑压力下降较大, 注塑机喷嘴处最大压力为 52 MPa, 虽然流程有所缩短, 但整体充模时间受注塑压力影响较大, 略有上升, 注塑充模时间为 9 s。保压仍然采用 3 段保压, 由于最大保压压力下降较大, 为更好地促使熔接痕处的熔合及补缩, 方案 3 适当延长了保压总时间。

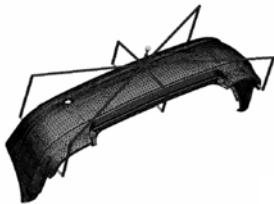


图 11 注塑方案 3 浇注系统

表 4 方案 3 注塑参数

项 目	数 据
模具温度 /℃	50
熔体温度 /℃	200
注射时间 /s	9
保压阶段	时间 - 压力变化情况 (3 段保压)
1	0 ~4 s(压力保持在 52 MPa)
2	4 ~7 s(压力从 52 MPa 均匀降到 37 MPa)
3	7 ~10 s(压力从 37 MPa 均匀降到 0)

根据方案 3 的填充结果可知, 从浇注口向制件最远处压力呈均匀下降趋势, 符合压力分布要求。图 12 为方案 3 的锁模力曲线, 由图 12 可知, 最大锁模力约为 29370.6 kN, 在设备使用的锁模力区间内。

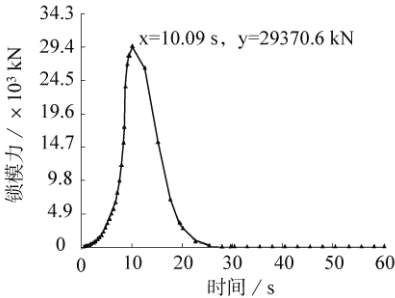


图 12 方案 3 锁模力曲线

图 13 为方案 3 注塑过程中形成的熔接痕分布情况, 由图 13 可知, 熔接痕(黑色线条) 成型温度基本在 180℃左右, 熔接痕形成质量较好。且动模侧和定模侧温度分布较均匀。

图 14 为方案 3 翘曲变形结果。由图 14 可以看出, 方案 3 翘曲变形量较小。沿 -X 方向的最大变形量为 8.74 mm, 已满足要求。

2.3 3 种方案对比分析

表 5 为 3 种注塑方案的结果对比, 由表 5 看出,

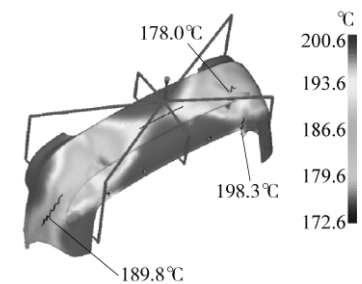


图 13 方案 3 熔接痕形成温度

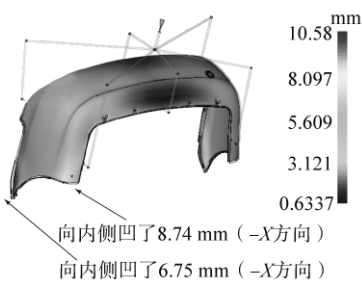


图 14 方案 3 翘曲变形量

注塑方案 3 能有效减小注塑压力和锁模力,减小制件收缩和内部应力,从而控制翘曲变形量,且在注塑过程中能够减小模具型腔及模板承受的压力,同时保证熔接痕形成于较高温区段。这样注塑成的制件有较好的表面质量和内部应力状态。

表 5 3 种注塑方案对比

项 目	方案 1	方案 2	方案 3
最大注塑压力 /MPa	106	73	52
最大锁模力 /kN	69 629.0	50 822.8	29 370.6
-X 方向最大翘曲量 /mm	28.00	18.00	8.74

2.4 试模结果

以计算机分析结果为参照,将之应用于后保险杠模具的设计制造及试模过程,按照方案 3 设计加工浇注系统及冷却系统。采用海天天虹系列注塑机,四组液压中子装置(锁模力 33 000 ~60 000 kN)进行试模。结果表明,制件外观精美,无明显缩痕,最大翘曲量在 8 mm 左右,与 CAE 模拟分析结果十分吻合。

3 结论

运用 CAE 手段,在较熟练地掌握注塑环节中各个细节的情况下对大面积塑料覆盖件进行注塑方案及工艺优化,能较快速地模拟出逼近真实的结果,从而指导企业的模具设计、加工与试模,为企业带来巨大的经济效益。

参考文献

[1] 李伟,CAE 在汽车保险杠浇注系统设计中的应用[J]. 中国塑料,2001,15(1):48-52.
[2] 褚建忠.基于 CAE 环境下大型塑料托盘模具的浇注系统设计[J]. 塑料,2007,36(5):97-100.
[3] 罗宇玲,曾亚森.基于 MOLDFLOW 软件的熔接痕分析及优化设计[J]. 模具制造,2006(11):17-19.
[4] 刘琼.塑料注射 Moldflow 实用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
[5] 单岩,王蓓,王刚. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
[6] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

INJECTION MOLDING PLAN AND TECHNIQUE OPTIMIZATION OF LARGE COVERING PARTS UNDER THE SYSTEM OF HOT RUNNER

Xu Zhenyu

(Mechanical and Electrical Engineering School, Jinhua College of Profession & Technology, Jin hua 321017, China
Zhejiang Huangyan Mold Co. Ltd., Taizhou 318020, China)

ABSTRACT Taking the rear bumper as an example, based on a full knowledge of the runner system and by employing the CAE technology, three molding plans of the runner system were established to analyze their respective impact on the molding results, hence the best plan would reveal itself. After applying the better simulation data to actual mold design and molding, the results showed a high degree of agreement with the simulation, and the method provided a feasible reference for similar problems.

KEYWORDS hot runner, large covering parts, CAE, runner system

聚醚在汽车领域需求量呈现明显上升趋势

聚醚(PPG)及其接枝产品在汽车领域的应用包括:坐垫、仪表盘、方向盘、胶粘剂、减震系统、其它附件等方面。在南京召开的汽车产业链论坛上,南京金浦锦湖化工有限公司的刘德春先生就《聚醚及其接枝产品在汽车领域中的选择应用》为主题进行了精彩的演讲。他表示,一辆高档车中,按照聚氨酯(PUR)材料可全部替代的部件计算,一辆车能用到

的 PUR 为 30 kg 左右,一个座椅的 PUR 用量大概为 3 kg 左右。目前市场上的中档车大概用到的 PUR 为 15 kg 左右。2009 年中国将成为世界第一汽车生产大国,同时中国汽车消费量占全球总消费量比例已达 12%,且逐年呈现上升趋势。汽车行业的强势发展对上下游产业和就业的拉动效应非常明显,体现在对汽车整车发展的影响、对零部件企业的影响及对聚醚原料供应商的影响。同时,车用高活性聚醚和接枝聚醚需求量也将呈现明显上升趋势。(慧聪网)