

基于气体穿透效果数值模拟的气体辅助注射成型工艺优化^{*}

肖正明 刘建雄 廖丕博 吴丽平

(昆明理工大学模具新技术研究所,昆明 650093)

摘要 对气体辅助注射成型工艺进行分析,阐述了气体辅助注射成型的关键技术要求。在分析熔料流动、气体穿透物理模型的基础上,探讨了气体辅助注射成型数值分析的实现原理。运用 MPI/Gas 模块对一 T 型支架进行了气体辅助注射成型 CAE 分析,模拟不同工艺条件下的气体穿透效果,确定了合理的工艺参数。

关键词 气体辅助注射成型 注塑模 数值模拟 计算机辅助设计 MPI/Gas

气体辅助注射成型是在吹塑成型和结构发泡成型基础上发展起来的一种新型注射成型工艺。从 20 世纪 90 年代初开始,欧、美、日等工业发达国家和地区就开展了广泛的气体辅助注射成型技术应用研究。国内近几年对气体辅助注射模具的发展非常重视,积极引进国外先进设计制造技术,并投入不少经费自主研发。气体辅助注射成型技术的日益发展和成熟,给注塑行业带来的革新和效益是巨大的,被人们称之为注塑行业的第二次技术革命。

1 气体辅助注射成型工艺过程

气体辅助注射成型所需的设备是在普通注塑机的基础上,再加装一套气体注射装置即可。气体注

射装置包括气体压力制备系统、喷气嘴和气体压力控制系统^[1]。

气体辅助注射成型的工艺过程大致分为四个阶段,如图 1 所示。首先是充填阶段,在这一阶段先向型腔注入塑料熔体,一般充填至不大于型腔容积的 95% 时停止注射。然后经过一段延迟时间(或立即)向型腔内注入受压气体,气体可通过气针、气道或直接进入型腔内部^[2]。熔体在受压气体的推动下继续向前运动直至将整个型腔充满。接着进入保压阶段,继续向型腔内注入高压气体,实现二次穿透,以弥补熔体因冷却而引起的收缩。在熔体完全冷却固化后,进入脱模阶段。

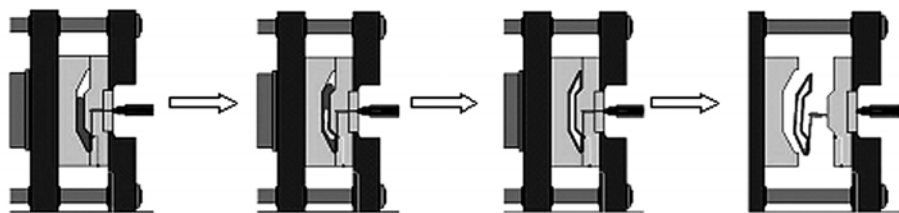


图 1 气体辅助注射成型工艺过程

由于气体辅助注射成型工艺利用气体实现保压,因此可以消除制品缩痕,保持产品表面和外形的完整无缺。同时,气体辅助注射成型工艺还具有节省原材料、缩短生产周期、降低产品的内应力、降低注塑机的锁模压力、延长注塑机的工作寿命等许多优点。

2 气体辅助注射成型关键技术要求

虽然气体辅助注射成型技术同传统的注塑技术相比具有许多优点,但是新的工艺也引进了新的工艺控制参数。和注气效果有关的工艺参数有气体注入点、熔体-气体注射之间的延迟时间、气体注入压力及压力变化速率、气体保压压力与时间等^[3]。这些参数对气体辅助注射制品的质量影响很大,要得到理想的气体辅助注射制品就必须对气体辅助注气

系统进行精确控制。

气道的设计与布置是最为关键的技术。首先气道设置应使其连接成网络,但须避免形成封闭环形气道。具体中空位置由塑料件结构决定:圆柱型制件的气道应贯穿整个制件中心;同时具有厚、薄壁的制件其气道应放在厚壁部以减小缩痕,也可以设置在不同壁厚交界处以减少潜在应力和卷曲。制件的气道分布应尽可能对称,尽量避免不规则的气道形状。此外,气道应避免尖锐转折,以避免气体靠近内壁流动而使之过薄,从而影响制件的结构强度。

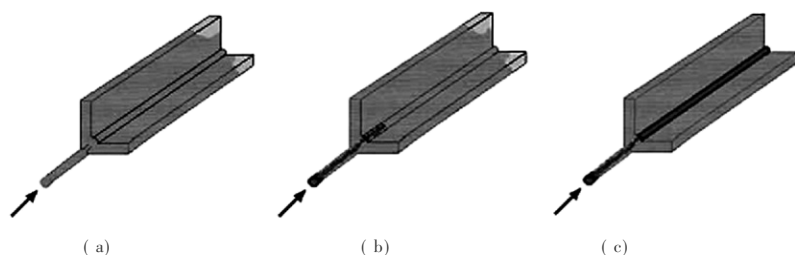
确定工艺参数时应考虑其对气体穿透的影响。

^{*} 云南省教育厅基金项目(200201003)

收稿日期:2005-06-16

气体辅助注射成型过程有两次气体穿透。第一次穿透发生在气体辅助充填过程, 其穿透量决定于先前熔体的充填量。第二次穿透发生在保压冷却阶段,

其穿透量决定于气道周围的塑料收缩量, 可以起到保压补缩作用。气体穿透效果如图 2 所示, 图 2b 处于第一次穿透阶段, 图 2c 处于第二次穿透阶段。



a—熔体注射; b—气体穿透; c—保压

图 2 气体穿透效果图

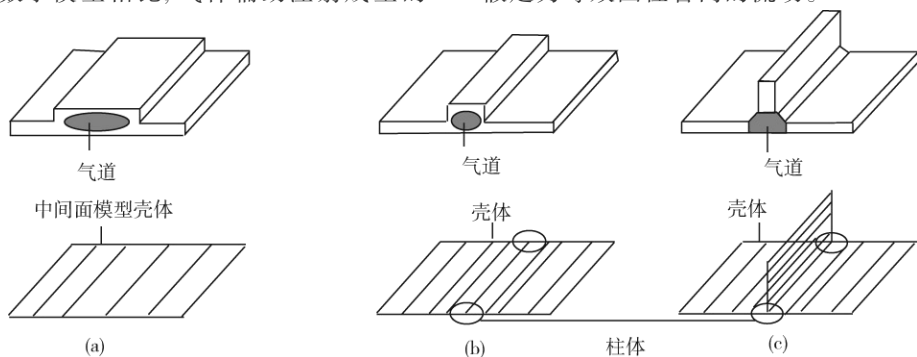
研究发现, 气体压力越高、熔体温度越高、延迟时间越短都会导致气体穿透距离越短。充模时一般采用低压气体, 保压时再增加压力以补偿收缩。气体注射延迟时间、气体注射压力和时间及保压冷却时间等参数必须精确控制。试模时应参考 CAE 模拟分析结果, 然后逐一调试各参数以求最佳工艺参数。

3 气体辅助注射成型 CAE 数值分析的实现原理

要实现气体辅助注射成型的数值模拟, 就必须在建立物理模型的基础上, 建构其数学模型。与普通注射成型的数学模型相比, 气体辅助注射成型的

数学模型更为复杂。不仅要建构熔体充填流动的数学模型, 还须考虑气体流动及其穿透厚度的数学模型。

在气体辅助注射成型过程中, 气体沿着阻力最小的路径流动, 因此一般在塑料件结构较大的位置设气道以引导气体的注入。按宽度和厚度之比(宽厚比)将气道分为两种情况考虑, 如图 3 所示: ①图 3a 所示的气道宽厚比大于 4, 可将熔体在气道中的流动假定为在扁平型腔中的流动; ②图 3b、图 3c 所示的气道宽厚比小于 4, 可将熔体在气道中的流动假定为等效圆柱管内的流动。



a—气道宽厚比大于 4 的产品几何模型; b, c—气道宽厚比小于 4 的产品几何模型

图 3 典型气体辅助结构 midplane 等效原则

现有的模拟流动分析软件的三维分析模块功能还不完善, 其可靠性还有待于进一步改进, 所以在气体辅助注射成型模拟分析时, 常将气体辅助结构模型简化为二维问题来处理。在这一简化过程中要考虑三维模型简化后的匹配度, 以及气道设置的合理性。

在塑料熔体注射阶段, 充填过程与传统注射成型完全相同, 因此这一阶段的熔体流动模拟与传统注射成型相同。在之后的气体注射阶段充填运动比较复杂: 一方面熔体在气体的推动下继续充填模具

型腔; 另一方面气体穿透熔体形成中空过程, 包括了两个自由移动边界: 气体穿透前沿和熔体流动前沿^[4]。因此在构建气体辅助注射成型的数学模型时, 必须同时考虑气体穿透前沿和熔体流动前沿的边界条件。结合工程实际, 在研究流体力学的基础上进行合理的假设和简化, 以得到熔体流动、气体穿透的基本方程。运用数值方法, 借助计算机并通过插值手段求解整个定域上的近似值。

4 MPI/Gas 在气体辅助成型中的应用

气体辅助注射成型技术中, 选择合适的气体注

入位置、延迟时间及压力是保证制品质量的关键。MPI/Gas 能够对制品和浇注系统中设置单个或多个气体注入位置的情况进行分析,当通过多个位置注入气体时,可以设定相同或不同的延迟时间。对于气体注入的控制方法, MPI/Gas 提供了压力控制和体积控制两种方法供用户选择。

Moldflow 在 MPI 5.0 中扩展了 3D 的分析功能,其中 MPI/Gas 模块已能模拟厚的实体产品气体辅助注射成型的充模流动和保压,使用户能更直观地在后处理结果中查看气体穿透效果。图 4 是一 T 型支架制品气体辅助注射成型的气体穿透效果云图。其部分工艺参数为:模拟用料为 Bayer 公司的 Lus-tran ABS,模温 50℃,料温 260℃,注入熔料量 85%,熔料注射时间 3.5 s,气体延迟时间 0.5 s,气体保压时间 15 s,注射压力控制值如图 5 所示,气体保压压力控制值如图 6 所示。

MPI/Gas 通过对气体辅助注射成型过程进行模

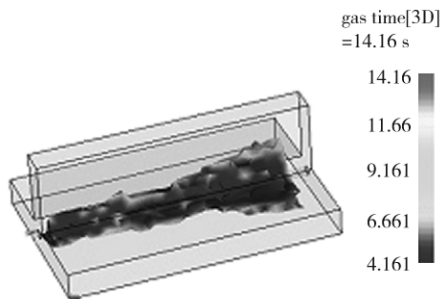


图 4 气体穿透效果云图

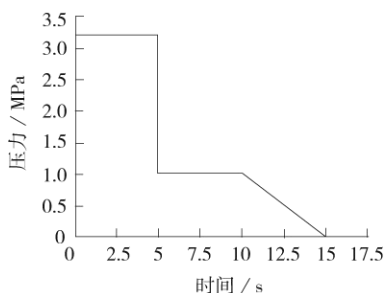


图 5 注射过程压力 - 时间图

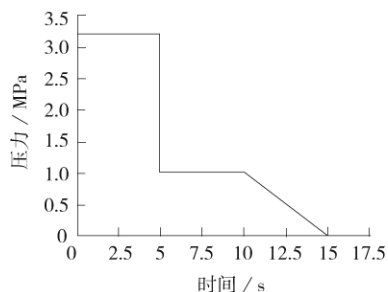


图 6 气体保压阶段压力 - 时间图

拟计算,能够确定合适的注射量以避免吹穿;确定避免短射、熔体前沿粘滞所需气体压力;确定气体注入前的延迟时间以便使薄壁凝固;确定合适的气道尺寸,以优化填充工艺和气体注入工艺,给出最佳的气道布局及控制气室长度;确定气体注入不良时的气室长度或其它与气体注入质量有关的工艺参数。这对于优化工艺参数,降低制品成本,提高制品质量,具有重要的指导意义。

5 结语

气体辅助注射成型工艺控制较为复杂是制约其应用的主要原因,但日渐完善的气体辅助注射成型 CAE 分析软件为实际生产提供了很好的工艺参考。通过气体辅助注射成型数值模拟,虚拟调试出较佳的注射工艺参数,为实际生产提供借鉴,提高试模的成功率。随着气体辅助注射成型技术的成熟与普及,气体辅助注射成型将会得到更广泛的应用,并产生更突出的经济效益。

参考文献

- 1 申长雨,等.塑料模具计算机辅助工程.郑州:河南科学技术出版社,1998.
- 2 瞿金平,胡汉杰.聚合物成型原理及成型技术.北京:化学工业出版社,2001.
- 3 Chen S C, Cheng N T, Chang M J. Investigation of the skin melt formation during gas-assisted injection molding. *Mechanics Research Communications*. 1997, 24: 49
- 4 周华明,李德群,张华.基于数值方法的气体辅助模充填仿真. *电加工与模具*, 2000, (5): 1

GAS-ASSISTED INJECTION MOLDING PROCESS OPTIMIZATION BASED ON GAS PENETRATION NUMERICAL SIMULATION

Xiao Zhengming, Liu Jianxiong, Liao Pibo, Wu Liping

(Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

ABSTRACT The process of the gas-assisted injection molding(GAIM) were analyzed, and the key technological requires were stated in this paper. The implementation principle of GAIM numerical analysis was investigated, which based on the analysis of polymer melt flow and gas penetration physical model. The CAE analysis of gas-assisted injection was made on a T-type bracket by MPI/Gas module. The simulation result showed the gas penetration effect in different process. The rational process parameters were confirmed.

KEYWORDS gas-assisted molding, injecton mould, numerical simulation, CAE, MPI/Gas