

注塑制品熔接痕的自动识别

余晓容 刘春太 董斌斌 谢 英

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 通过对注塑模充模过程中熔接痕形成机理的数学分析,给出了一个结合流动模拟数值实现过程的熔接痕自动识别算法,结合计算机图形学知识,利用计算机自动实现了注塑成型中熔接痕的起始、发展和形成。该算法可预测复杂制件的熔接痕位置,并适用于气体辅助注射成型和反应注射成型。最后通过一个算例验证了该算法的实用性。

关键词 注塑成型 流动模拟 熔接痕 自动识别

近年来,大型复杂制件逐渐增多,人们对制品外观和内在性能的要求也越来越高,对注塑制品熔接痕的分析给予了普遍的关注^[1]。熔接痕由两股不同方向或平行方向熔体交汇而形成,它们的结构、形状和性质与整个注塑成型过程有关。它的出现会很大程度地影响注塑制品的外观质量和力学性能,由于制件本身构造的原因,熔接痕往往无法消除,只能通过模具设计和工艺设计尽量降低它对制品性能的负面影响。但是采取这些措施的前提条件是设计和工艺人员在模具制造之前可以预知熔接痕的位置。

过去模具设计人员通常根据经验或采取解析法预测简单制件的熔接痕位置,但对于大型、复杂制件却束手无策。袁中双^[2]给出了结合流动模拟数值实现的多浇口熔接痕位置确定方法,但该算法不适用于单浇口制品熔接痕位置的确定。笔者通过对充模过程中熔接痕形成机理的数学分析,给出一个结合流动模拟数值实现的熔接痕自动识别算法。

1 充模过程熔接痕形成的数学模型

塑料熔体在三维薄壁型腔内的流动属于带有运动表面的粘性不可压缩流体的流动,若忽略垂直于流动方向的速度分量,可采用广义的 Hele-Shaw^[3]流动模型来描述:

$$\frac{P}{x} - \frac{1}{z} \left(\eta \frac{u}{z} \right) = 0 \quad (1a)$$

$$\frac{P}{y} - \frac{1}{z} \left(\eta \frac{v}{z} \right) = 0 \quad (1b)$$

$$\rho C_p \left[\frac{T}{x} + u \frac{T}{x} + v \left(\frac{T}{y} \right) \right] = K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \eta \dot{\gamma}^2 \quad (1c)$$

其中, u, v 分别是 x, y 方向的速度分量; P, T, ρ, C_p, η 分别是压力、温度、密度、比热容和剪切粘度; $\dot{\gamma}$ 为剪切速率,考虑到塑料熔体的剪切变稀行为,粘度模型可采用与温度相关的五参数 Cross 粘度模型。

压力边界条件可以认为在熔体入口处为给定的

注塑压力 $P_E(t)$, 熔体前沿压力为零,模壁处压力满足无渗透边界条件。温度边界条件可以认为沿模壁型腔表面的温度等于模壁温度,并沿型腔中面对称。对方程(1)积分并利用相应的边界条件可得到压力场求解的控制方程:

$$-\frac{1}{x} \left(S \frac{P}{x} \right) + \frac{1}{y} \left(S \frac{P}{y} \right) = 0 \quad (2)$$

其中, $S = \int_{\eta}^z dz$ 为流通率, b 是型腔厚度。

由于熔接痕是由两股不同方向或平行方向熔体交汇而形成,所以在熔接痕上熔体的压力和法向速度应保持连续,即满足

$$P^+ = P^- \quad (3a)$$

$$\left(S \frac{P}{n} \right)^+ = - \left(S \frac{P}{n} \right)^- \quad (3b)$$

其中, n 为法向方向; $()^+$ 和 $()^-$ 分别表示熔接痕两侧的值。

2 熔接痕的自动识别

目前通用的实现注塑模充模过程动态模拟的方法是沿用流动分析网络分析法^[4]的基本思想,利用控制体积法建立型腔内压力场求解的有限元方程,沿厚度和时间域差分建立方程温度场求解的差分方程,耦合利用有限元/有限差分来求解控制方程,并根据节点控制体积的充填状况更新流动前沿。虽然从理论上说可结合控制方程的求解和(3)式来确定熔接痕位置,但实施起来非常困难^[2]。

由控制方程的数值求解可以得到任意时刻型腔内压力、温度、速度等物理量的分布,以及任意时刻熔体前沿的位置等,而决定熔接痕位置及发展的主要因素是任意时刻熔体前峰面的位置及熔体前峰面的发展方向。因此笔者通过跟踪任意时刻熔体前锋

面位置来自动识别熔接痕的形成并确定其位置。

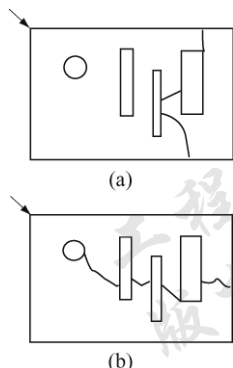
熔接痕识别过程的具体步骤为:

(1) 计算各个时刻熔体前锋面在各单元内部位置

首先用合理的时间分段(一般取 100 ~150 段)将充填过程离散为不同时刻, 并根据每个节点的熔体到达时间插值计算各个时刻熔体前锋面在各单元的内部位置。

(2) 生成各时刻熔体前锋面等值线

将同一时刻的各单元熔体前锋面连接形成一条或几条等值线, 这些等值线只能起始于并终止于制件边界。图 1 为一个四孔制件的熔接痕自动识别过程。图 1 a 给出熔体在 0.6986 s 时计算机识别的等值线。由图 1 可以看出, 在这一时刻各单元熔体前锋面连接形成 3 条等值线。



a—某一时刻的等值线; b—制件熔接痕显示

图 1 制件熔接痕自动识别过程

(3) 建立相邻时刻等值线发展关系

为了确定熔接痕的位置, 必须建立起相邻时刻熔接痕的发展关系, 也就是找出下一时刻的等值线是由上一时刻哪些等值线发展而来。只有建立起这种发展关系, 才能追踪前峰面的拆分、合并及消失等情况。一般情况下, 在合理的时间离散下, 总会有单元能保证当前时刻的等值线在下一时刻仍停留在同一单元内。这说明后一时刻的等值线由前一时刻的等值线发展而来。如果当前时刻的等值线无法通过上述方法找到它的发展关系, 那么它可能是气穴。但也有可能是当前时刻等值线与上一时刻的所在等值线不共单元, 这时就必须借助于速度场来预测它的发展。

(4) 判断熔接痕的起始位置

当前时刻的两条等值线在下一时刻发展为同一等值线时就会形成熔接痕。在大部分情况下, 熔接痕的起始位置处于两个即将熔合等值线的末端即处

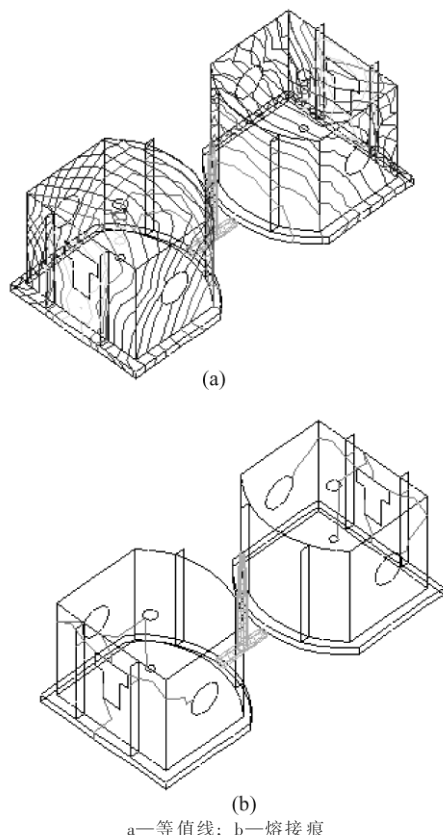
于制件边界上, 如图 1 b 所示, 这时通过判断两个熔合端的等值线所在单元是否共节点或共单元来找出起始点。当然熔接痕的起始位置也可能出现在两个结合等值线的中间, 这时必须计算两条等值线的各部分之间的距离, 从而确定起始点。

(5) 熔接痕的发展

搜索熔接痕的发展主要依据合并后的等值线发展方向来确定所有可能后续点, 直至到达制件边界为止。在大部分情况下只能找到一个可能后续点, 尤其是对于从两个相反方向聚合到一起的情况。当可能后续点不只 1 个时, 则速度方向最贴近当前点的可能后续点为熔接痕的下一点。

3 应用举例

笔者用摩托车加速器内部的一个塑料件来说明该算法在实际中的运用。该塑料件模具采用一模两腔设计。使用材料为 ABS, 每个型腔一个浇口, 料温控制在 230 ~250℃。初始设计浇口设在底部的弓形处, 见图 2。由于该制件相对来说比较复杂, 无法通过直觉判断熔接痕位置, 因此采用本算法预测熔接痕位置。图 2 a 为熔体前沿等值线图, 图 2 b 为熔接痕示意图。由图 2 a 可观察到塑料熔体充填型腔



a—等值线; b—熔接痕

图 2 浇口设在底部时的熔体前沿等值线、熔接痕示意图

时流程长,注塑压力损失大,前锋料头温度下降现象严重,因此熔接痕处性能较差,需要工艺设计人员采取相应措施改善熔接痕处的性能。

根据分析结果,笔者把浇口设在顶部,重新进行

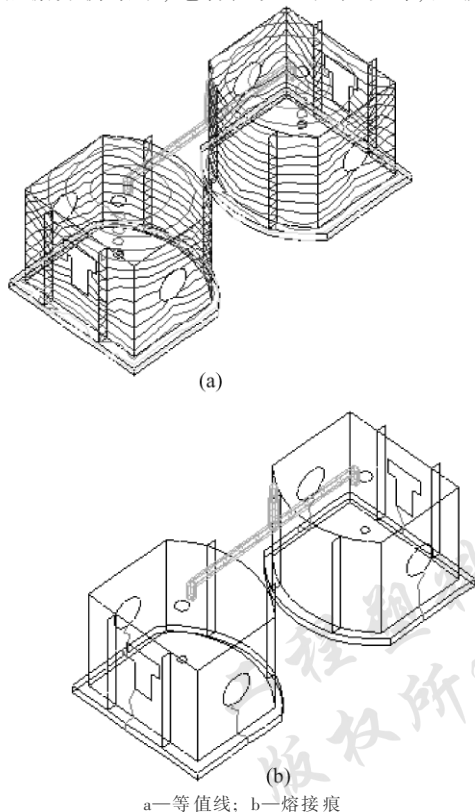


图3 浇口设在顶部时的熔体前沿等值线、熔接痕示意图

数值分析和计算。图3 a为浇口在顶部的熔体前沿等值线,图3 b为相应的熔接痕示意图。通过对图2和图3的比较,可看到浇口在顶部的设计比在底部的设计熔体流程要短,因此压力损失和温度变化要小,且熔接痕位置也不是主要受力区。所以该设计要比浇口设在底部的设计要好。

4 结论

通过对注塑模充填过程中熔接痕形成机理的数学分析,给出一个结合流动模拟数值实现的熔接痕自动识别算法,该算法不仅能准确识别熔接痕位置,而且还可预测气穴位置。该算法可以帮助设计和工艺人员在模具制造之前预测复杂制件的熔接痕和气穴位置,从而通过调整浇口位置和制品尺寸、改善工艺条件等方法来尽量降低它对制品性能的负面影响。

参考文献

- 1 Dairanieh I S, Haufe A, Wolf H J, et al. Computer simulation of weld lines in injection molded poly (methyl methacrylate) . Polym Eng Sci, 1996, 36: 2050
- 2 袁中双. 塑料注射成型流动和保压过程的计算机模拟及实验研究:[博士学位论文]. 华中理工大学, 1993.
- 3 Hieber C A, Shen S F. A finite-element/finite-difference simulation of the injection-molding filling process. J Non-newt Fluid Mech, 1980, 7: 1
- 4 Tadmor Z, Broyer E, Gutfinger C. Flow analysis network(FAN) — a method for solving flow problems in polymer processing. Polym Eng Sci, 1974, 14: 660

AUTOMATIC INTERPRETATION OF THE WELD MARK IN THE INJECTION MOLDED PART

Yu Xiaorong, Liu Chuntai, Dong Binbin, Xie Ying

(APPT NERC, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT Based on analyzing the formation of the weld mark during the injection molding, a systematic algorithm, which combined with the flow simulation numerical implementation, was given to interpret the formation and position of weld mark in this work. Based on computer graphics knowledge and flow simulation of injection molding, this work presents a method to automatically interpret the starting, evolving and accomplishing of weld line in the processing of injection molding. This method can assist designer in automatically interpreting the location of weld mark when dealing with complex part. The algorithm can also be applied to gas-assisted injection molding and reaction injection molding. A practical example is used to illustrate the algorithm.

KEYWORDS injection molding, flow simulation, weld mark, automatic interpretation

我国全面扩大聚甲醛生产能力

为满足国内日益增长的需求,已有几家公司计划建设聚甲醛(POM)装置。来自中国蓝星(集团)公司的消息称,该公司将在上海建设2万t/a的POM装置,定于2003年建设,2004年投产;大庆油田甲醇厂则计划2003、2004两年在大庆建成2万t/a POM装置;云南云天化公司也计划使1万t/a POM装置扩大生产能力5000万t/a。

目前中国尚无足够能力满足对POM的需求,现有生产

厂家依赖于东欧技术进行生产。2001年POM生产能力3.25万t,而2001年消费量达12.1万t,2002年已超过13万t。

海外一些公司也在加快投资在中国生产POM,PTM工程塑料公司(日本宝理塑料公司、韩国工程塑料公司、三菱瓦斯化学公司和Ticona公司的合资企业)正在南通建设6万t/a POM装置,定于2005年投产。旭—杜邦POM公司(旭化成和杜邦的合资企业)也在张家港建设2万t/a POM装置,将于2005年投产。(王洪利)