

上水室注射模具的优化

刘 迪 黄兆阁 胡海青 李荣勋 刘光烨

(青岛科技大学新材料重点实验室, 青岛 266042)

摘要 应用美国 AC-TECH 公司的 C-MOLD 软件对汽车上水室模具进行了优化分析, 并对两种进胶浇口方案的熔体填充进行动态模拟。采用计算机 C-MOLD 软件对充模进行动态模拟, 可直观地确知制品的熔融前锋料流速度的分布和熔接痕的位置分布。通过模拟不仅获得满意的成型结果, 而且为上水室注射模具的设计提供了科学依据, 有较高的应用和研究价值。

关键词 CAE 优化设计 C-MOLD 软件 汽车 上水室 模具

塑料注射成型 CAE 软件的发展十分迅速, 它全面提升模具设计水平的显著效果正逐渐为模具界所认识。目前国际上已有许多商品化软件出售, 其中最具影响力的是美国 AC-TECH 公司的注射模具 CAE 软件 C-MOLD(目前已被 MOLDFLOW 公司兼并)。C-MOLD 软件具有三个层次, 第一层次的软件用于初始阶段的设计, 如优选塑料材料、选择标准模架、预测锁模力、平衡流道系统、优化成型时间、预定成型工艺参数、布置冷却水管、诊断注射缺陷等; 第二层次为三维流动模拟程序和三维冷却分析程序; 第三层次将流动、保压、冷却分析结果耦合, 得到更为精确的分析结果, 其结果可用于塑料制品的应力和翘曲分析。笔者用 C-MOLD 软件对汽车上水室注射模具进行了优化分析, 取得了良好的效果。

1 填充理论基础

塑料熔体在加工过程中的流动满足连续性方程、动量定律及能量守恒方程、流变本构方程。注塑流动是一个粘弹性、非稳态、非等温的复杂过程, 加上型腔内几何形状复杂, 要对其流动作精确描述比较困难, 故在实际应用中作适当简化和假定^[1~4]。

1.1 型腔内流动数学模型

1.1.1 假设

在工程实际中, 注塑加工的制件多是薄壁件, 即厚度方向尺寸远小于其它两个方向的尺寸, 因此可假定熔体在扁平型腔中流动。在此基础上作如下简化:

(1) 传热过程 型腔壁以热传导为主, 忽略沿厚度方向的对流传热, 而型腔内的流动以热对流为主, 忽略沿流动方向的热传导。

(2) 受力 型腔内熔体的流动以粘滞力为主, 忽略惯性力的影响, 仅考虑熔体的剪切力, 忽略正应力的影响。假定压力沿厚度方向不变, 忽略因冷凝

层等作用在厚度方向产生的压力梯度。

(3) 流动特性 假定熔体为不可压缩流体, 即 $\Delta V = 0$, 并设熔体前沿位置在厚度方向不变。

1.1.2 薄壁型腔充填过程的控制方程

连续性方程:

$$-\frac{\partial(hV_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hV_y)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

式中: h ——型腔狭缝厚度的一半;

V_x, V_y —— x, y 方向的流速分量。

能量守恒方程:

$$\rho C_p \left(\frac{T}{t} + V_x \frac{T}{x} + V_y \frac{T}{y} \right) + V_z \frac{T^2}{z} + \eta \gamma = 0 \quad (2)$$

式中: ρ ——塑料熔体的密度;

C_p ——定压比容;

T ——温度;

t ——时间;

η, γ ——熔体的粘度和剪切速率。

运动方程:

$$-\frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{V_x}{z} \right) - \frac{P}{x} = 0 \quad (3a)$$

$$-\frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{V_y}{z} \right) - \frac{P}{y} = 0 \quad (3b)$$

式中: P ——压力。

流体本构方程:

$$\gamma = \left[\left(\frac{V_x}{z} \right)^2 + \left(\frac{V_y}{z} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

1.2 浇注系统的控制方程

浇注系统假定为圆柱体内的塑料熔体流动, 其它非圆截面浇注系统采用形状等效因子。根据圆柱管的特点, 进行如下简化:

(1) V_x, V_y 值等于零。

(2) 流体具有不可压缩性。

(3) 在同一截面处压力恒定。

浇注系统充填过程的数学模型如下:

(1) 运动方程:

$$\frac{P}{z} = \frac{1}{r} \frac{1}{r} (r \eta \frac{V_z}{r}) \quad (5)$$

式中: r ——半径。

(2) 能量方程:

$$\rho C_p (\frac{T}{t} + V_z \frac{T}{z}) + \frac{1}{r} \frac{1}{r} q_r = \eta \gamma \quad (6)$$

式中: q_r ——热流密度。

(3) 传热方程:

$$q_r = -k \frac{T}{r} \quad (7)$$

(4) 本构方程:

$$\gamma = \frac{V_z}{r} \quad (8)$$

各控制方程的数值解法有:有限单元法、有限差分法、边界单元法,通常是有限单元/有限差分混合法。

2 CAE 分析及结果

汽车上水室所用材料为纤维增强尼龙 6, 汽车上水室用在汽车水箱连接件上, 制品的注射模具已经制造出来, 并在实际生产中运用, 但在制品壳体与浇口相对的一端圆角处有困气, 如图 1 箭头所示位置, 从而影响了制品的强度, 使得制品无法满足实际需要。针对这一情况, 笔者用 C-MOLD 软件作流动分析, 取得必要的的数据, 并确定了困气的原因和具体位置, 然后提出对模具的改进方案。

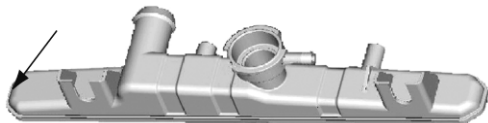


图 1 制品困气位置图

以下分别对两种进胶方式进行分析。

2.1 一点进胶

图 2 为一点进胶熔体前锋随时间分布图。图 2 可以清楚地显示不同时间熔体的具体位置。从图 2 可以看出, 熔体填充时间为 2.438 s, 前锋最后在离流道较远的一端聚集(图 2 箭头所示位置), 但聚集处在制品的边缘, 因而对制品的强度影响不大。

图 3 中标记处为一点进胶气穴位置, 细观察图 3 中的气穴位置, 其中多数位于分型面或抽芯位置, 气体最终能够从模具中排出, 但在箭头所示位置的

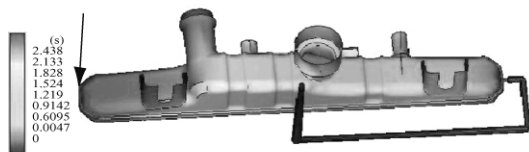


图 2 一点进胶熔体前锋随时间分布图

气体无法排出而形成困气。与实际制品困气位置一致, 所以此处应注意排气。

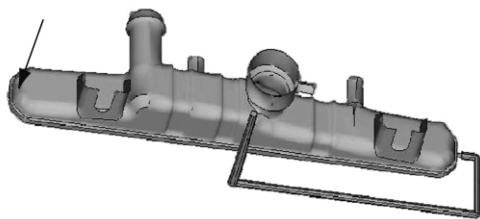


图 3 一点进胶气穴分布图

图 4 中所示标记位置为一点进胶熔接痕, 由于它们是由相反方向的熔体前端汇合而形成的, 其熔合角小于 135° , 熔接痕可能影响制品的强度和外观质量, 尤其是纤维增强材料更是如此, 因为纤维一般不是跨过熔接痕而是平行于它们。提高熔接痕强度的方法有提高注塑压力和速度; 提高熔体和模壁温度。判断熔接痕融合好坏的简易方法是察看熔体前沿在融合处的温度差, 温差小于 10°C , 一般能融合好。测量上述温差发现其温差在 1°C 左右, 因此制品的强度可以保证。

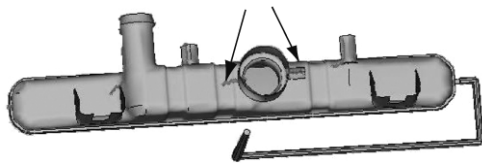


图 4 一点进胶熔接痕分布

图 5 为一点进胶熔体完全填充模具时刻的温度分布图。从图 5 可见温度的分布范围在 $260 \sim 280^\circ\text{C}$, 所以实际可以保证熔融物料在模具中较好的填充。

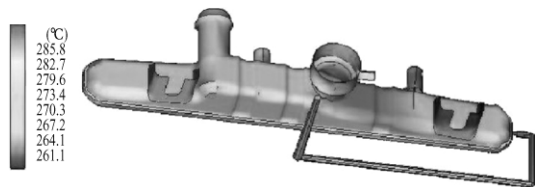


图 5 一点进胶熔体完全填充模具时刻的温度分布图

2.2 两点进胶

图 6 为两点进胶熔体的前锋分布图。从图 6 可以看出, 熔体的填充时间为 4.22 s, 最后填充区域在制品中间的边缘部分(箭头示处), 也不影响制品的

强度。

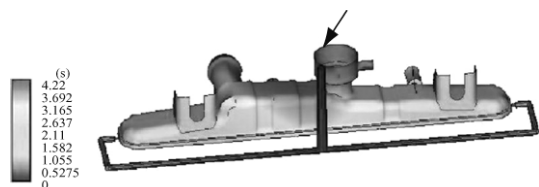


图 6 两点进胶熔体前锋随时间分布图

图 7 中标记为两点进胶气穴位置, 图 7 的气穴位置多数位于分型面或抽芯位置, 气体最终能够排出模具, 所以无困气问题产生。

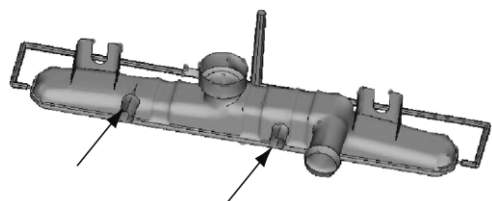


图 7 两点进胶气穴分布图

图 8 为两点进胶熔体的熔接痕分布图。从图 8 可以看出, 改为两点进胶后, 熔体的熔接痕数目增多, 这主要因为进胶方式的改变导致了熔体在型腔内的流动方式有了改变, 从而导致熔接痕数量的增多。测量熔体前沿在融合处的温差发现其温差在 1°C 左右, 因此制品的强度可以保证。

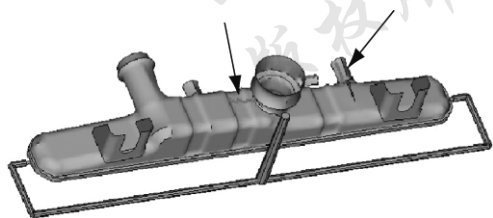


图 8 两点进胶熔接痕分布图

图 9 为两点进胶熔体完全填充模具时刻的温度分布图。从图 9 可以看出, 温度分布的范围在 $260 \sim 280^{\circ}\text{C}$, 所以实际可以保证熔融物料能够在模具中较好的填充。

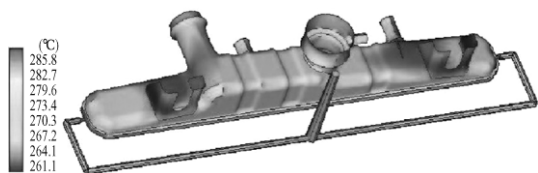


图 9 两点进胶熔体完全填充模具时刻的温度分布图

3 结论

通过对一点进胶和两点进胶两种方案的对比分析可以发现, 熔体前锋随时间分布、填充温度分布对制品质量的影响差别不大。一点进胶具有效率高、节省材料等优点, 但有一处气穴产生困气问题, 是影响制品强度的原因所在, 如果想采用这种方案, 应在图 3 箭头所示困气位置加排气槽或设置顶出杆, 让气体从排气槽处或从顶出杆与动模配合处排出。两点进胶虽然可以完全解决困气问题, 但从提高效率 and 节省材料角度出发不易采用。

C-MOLD 软件是计算机科学、模具技术、数学理论和塑料树脂科学的完美结合。利用 C-MOLD 软件对模具进行优化分析, 可提高生产效率, 极大地提高一次试模的成功率, 节省大量的人力物力。

参考文献

- 1 Takaaki M. Integrated simulation to predict warpage of injections molded parts. *Polymer Engineering and Science*, 1991, 31 (14): 1043
- 2 Chang H H, Hiber C A, Wang K K. A unified simulation of the filling and postfilling stages in injection molding. part 1: formulation. *Polymer Engineering and Science*, 1991, 31 (2): 116
- 3 Chang R Y, Tsaur B D. Experimental and theoretical studies of shrinkage, warpage, and sink marks of crystalline polymer injection molded parts. *Polymer Engineering and Science*, 1995, 35 (15): 1222
- 4 Yang L C, Charmchi M, Chen S J. Numerical simulation of semicrystalline polymer flowing in an empty tube with solidification. *Polymer Engineering and Science*, 1992, 32 (11): 724

OPTIMIZATION OF THE INJECTION MOULD FOR THE WATER-FEEDING VENTRICLE

Liu Di, Huang Zhaoze, Hu Haiqing, Li Rongxun, Liu Guangye

(Key lab of new material, QUST, Qingdao 266042, China)

ABSTRACT The water-feeding ventricle injection mould were analyzed by means of C-MOLD software of AC-TECH corporation. The results of the melt filling dynamic simulating analysis for two kinds of gate schemes showed the dynamic simulation could predict the position of the melt-advancement at any time and the position of the melt-line. Not only the ideal result was got, but also a scientific method for the design of water-feeding ventricle injection mould was provided, and valuable for practical application and research work.

KEYWORDS CAE, optimal design, C-MOLD software, automobile, water-feeding ventricle, mould

欢迎作者投寄加工应用类技术性稿件