

高光无痕注射成型流动分析*

胡文文 辛 勇

(南昌大学机电工程学院,南昌 330031)

摘要 以车载蓝牙外壳为例,运用 Moldflow 软件对其最佳浇口的位置进行分析,在此基础上对高光无痕注射成型过程中的流动填充进行了模拟,并以填充时间和填充结束时压力分布进行流动分析,提高了试模一次成功率,降低了高光无痕注射成型成本。

关键词 高光无痕注射成型 浇口 流动分析

高光无熔痕注塑技术^[1]又称快速热循环注塑技术(RHCM),其采用变模温注射成型,这是一种动态的模温控制策略,即在射胶前通过模温机快速进行模具加热,使模具温度达到塑料的热变形温度以上,以实现高模温注射,随后通过快速冷却以缩短成型周期。该技术的应用可以使制品有很高的表面光泽度和优异的外观质量,使制品表面无熔痕、流痕、流线、缩痕,表面高光,达到镜面效果,并且无需环境污染严重的后续喷涂工艺,可减少工艺流程,节省能源与材料,直接降低制品的成本,保护环境和操作人员健康。统的注射成型工艺,在整个注射周期内低温的冷却液不停地循环,以维持较低的表面温度,但易产生很多缺陷。高光无痕注射成型技术克服了传统注射成型技术的缺陷,在很多领域都获得了应用^[2-5]。我国对该技术的研究和应用还比较少。笔者现以某车载蓝牙外壳为例,利用 Moldflow 软件进行高光无痕注射成型流动模拟分析。

1 高光无痕注射成型流动模拟理论基础

在充填流动阶段,流体流动通常遵循质量、动量和能量守恒方程,由连续介质力学及热力学理论,可以得到一般流体流动和热传导过程的控制方程。

连续性方程:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \quad (1)$$

式中: ∇ 是哈密顿算子,它与 (ρv) 的“点积”为流体的质量散度,反映了流场中某一瞬间的流量发散度。

动量方程:

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \rho g + (\nabla \cdot v) \quad (2)$$

式中: $\rho \frac{Dv}{Dt}$ 表示单位体积上的惯性力; ρg 表示单位体积上的质量力;而 $\nabla \cdot v$ 则表示单位体积上应力张量的散度。

能量方程:

$$\rho C_e \left(\frac{DT}{Dt} \right) = -(\nabla \cdot q) - T \left(\frac{\partial P}{\partial T_\rho} \right) \nabla \cdot v + (\tau : \nabla v) \quad (3)$$

式中: T 为温度; C_e 为热容,表示能量。

高光无痕注塑过程流动复杂,常用的粘度模型包括幂律粘度模型和 Cross 粘度模型。商品化数值模拟软件 Moldflow 用的是 Cross 粘度模型。Cross 粘度模型中聚合物粘度为温度、剪切速率的函数,并考虑了压力对粘度的影响;不仅能描述高剪切速率时的幂律模型流变行为,而且可以描述接近零剪切速率时的流变行为。

粘度模型:

$$\eta(\gamma, T, p) = \eta_0(T, p) / [1 + (\frac{\eta_0 \gamma}{\tau^*})^{1-n}] \quad (4)$$

式中: $\eta_0(T, p)$ 为零剪切粘度,可用 Arrhenius 方程表示,即 $\eta_0(T, p) = B e^{T_b/T} e^{-\beta p}$, B 为常数, T_b 为参考温度, β 为压力敏感系数; τ^* 为熔体剪切变稀应力; n 为流动指数。

2 高光无痕注射成型流动分析重要工艺参数

2.1 注塑压力

注塑压力是指柱塞或螺杆轴向向前移动时其头部对塑料熔体所施加的压力。其作用是克服塑料熔体从料筒流向型腔的流动阻力,给予熔体一定的充型速率以便充满模具型腔。注塑压力过低会导致熔体的流动性下降,成型不足;反之,则熔体的流动性提高,不仅会造成溢边、胀模等不良现象,还会使制品内产生较大内应力,并对模具及注塑机产生较大损害。影响注塑压力的因素很多,如材料性质、模具结构、工艺参数及浇口位置的变化。对单浇口而言,中心浇口与侧浇口相比可缩短熔体的流动长度,因而可减小注塑压力;制品厚度越小,流动阻力越大,所

* 江西省自然科学基金项目(GZC0022)

收稿日期:2010-03-05

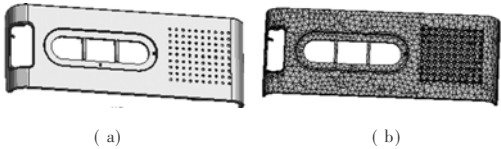
需注塑压力越大, 反之亦然; 不同塑料熔融粘度不同, 粘度越大, 则流动阻力越大, 因而需要更高的注塑压力; 较高的熔体温度可降低熔体粘度, 改善流动性, 减小注塑压力。

2.2 模具温度

从一定角度来说, 高光无痕注塑最关键的是模具温度。由于高光注塑与一般注塑的最大区别在于模具温度的控制, 而对注塑机的要求并不高。在填充和(或)开模阶段, 加热系统工作, 将模具表面加热到塑料的热变形温度以上, 然后开始填充塑料, 填充阶段模具的温度基本保持稳定的高温。当模具表面温度超过塑料的热变形温度时, 表层材料即使接触到模具表面, 也不会出现传统注塑生产中常见的冷凝现象, 从而确保了聚合物在注射阶段能够自由流动。随着模腔的填满及模腔内压力的增大, 熔体被迫流出, 这有助于模腔表面的完美复制, 并提高制品的表面光泽度。填充完成后从保压阶段开始, 冷却系统开始工作, 对模具进行急剧降温处理, 模具温度逐渐下降, 直至顶出产品, 完成一个成型周期。

3 制品及工艺分析

车载蓝牙外壳的 CAD 模型和 CAE 网格分析模型如图 1 所示。其主体尺寸为 126 mm ×40 mm ×12 mm, 壁厚为 2 mm。材料为 Kumho Chemicals Inc 公司生产的型号为 HAC 8250NH 的聚碳酸酯(PC) / (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物(ABS), 其性能见表 1。



a—CAD 模型; b—CAE 网格模型

图 1 车载蓝牙外壳

表 1 PC/ABS 的性能

项目	数值	项目	数值
密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.0442	热变形温度 / $^{\circ}\text{C}$	85
成型收缩率 / %	0.4 ~ 0.6	弯曲强度 / MPa	83
拉伸强度 / MPa	56	弯曲弹性模量 / GPa	2.3
洛氏硬度 / R	115	断裂伸长率 / %	70

该制品表面要求光洁、美观, 没有气泡和熔接痕等缺陷, 要有良好的表现质量, 属高光产品, 且制品形状左右不对称, 有很多密集小孔, 这样熔体在型腔中的流动平衡性尤为重要。从制品整体结构上看不可能找到从浇口到四周的流程都一样的浇口点, 而各个方向的流程相差太大会导致流程过长的方向不

能充满, 流程过短的区域发生溢流。平衡流动可有效降低对机器锁模力的要求, 这对整个浇注系统提出了要求。

4 高光无痕注射成型流动模拟及分析

4.1 最佳浇口位置分析

最佳浇口位置分析主要基于流动的平衡性、型腔内的流动阻力、产品的形状和壁厚、注射成型中浇口位置的可行性等因素进行分析。在设置浇口之前进行浇口位置分析, 依据这个分析结果设置浇口位置, 可以避免由于浇口位置设置不当可能引起的制品缺陷。分析时成型条件设置为: 模具温度 120 $^{\circ}\text{C}$, 熔体温度 244 $^{\circ}\text{C}$ 。分析结果在模型中以不同颜色深浅显示, 如图 2 所示, 图 2 中的深色区域为最佳浇口区域。

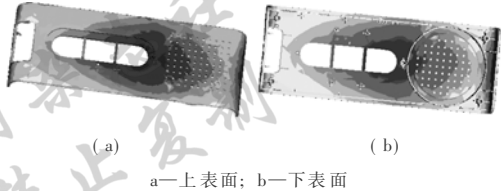
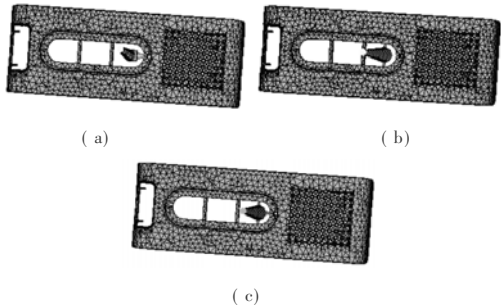


图 2 最佳浇口位置分析结果

4.2 流动分析

浇注系统的作用是将塑料熔体顺利地充满到型腔深处, 以获得外形轮廓清晰、内在质量良好的塑料制品。根据上述分析结果, 调整浇口位置, 使浇口位于最佳浇口位置区域, 选择与最佳浇口最相近的节点作为浇口位置。由于高光无痕注射成型要求表面高度光洁, 故设计 3 种浇注系统方案, 都采用潜伏式点浇口, 浇口位置设置如图 3 所示, 方案一浇口数量为 1; 方案二为浇口数量为 2; 方案三浇口数量为 3。流动分析参数设置如下: 模具温度 120 $^{\circ}\text{C}$ 、熔体温度 244 $^{\circ}\text{C}$, 注射时间 0.35 s, 注塑压力 30 MPa, 保压压力 30 MPa, 保压时间 20 s。



a—方案一; b—方案二; c—方案三

图 3 3 种浇注系统方案示意图

填充时间分析可显示从进料开始到充模完成整个注塑过程任意时刻流动前锋的位置。较为均衡的

填充过程在填充时间分析结果中主要体现在熔体基本同一时刻到达型腔各端部,利用该结果可以发现注塑过程中的欠注和流动不平衡问题。图4为3种方案的填充时间分析结果。从图4可以看出,3种方案的填充效果都比较好,没有出现欠注现象,但方案一出现了流动不平衡现象,这样不平衡流动会造成压力分布不均衡,出现过保压现象,影响制品质量,且填充时间为0.811 s;方案二和方案三的填充时间分别为0.3697 s和0.3685 s,比方案一缩短了,因此可以缩短成型周期,并且流动平衡,没有出现过保压现象,确保了制品密度的均匀分布,防止了产品发生局部翘曲,节省了原材料。

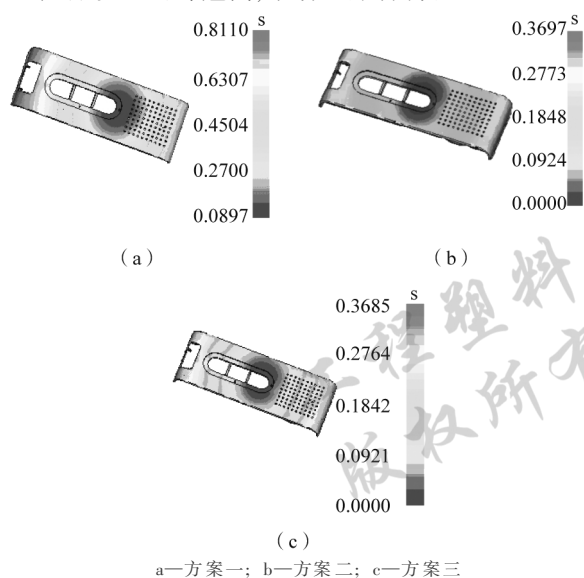


图4 填充时间分析结果

填充结束时型腔内及流道内的压力分布,会影响到制品的体积收缩,因此要求压力分布尽可能均匀。图5示出填充结束时型腔和流道内的压力分布,图中的颜色相差越大,压力分布越不均匀。从图5可以看出方案三颜色分布均匀,而方案一和方案二的颜色反差较大,方案三压力分布均匀,有利于得到优质的塑料制品。

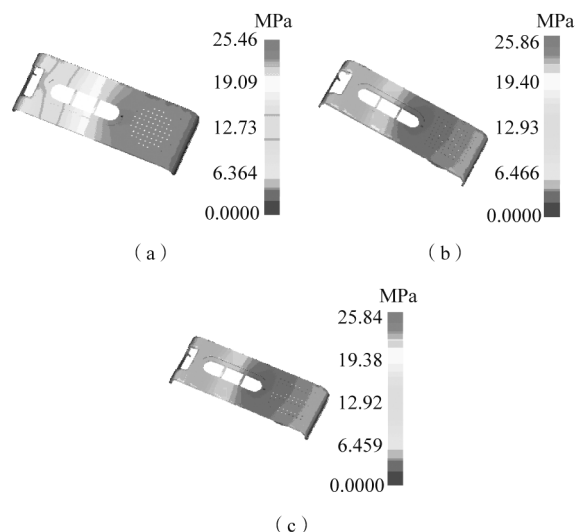


图5 填充结束时压力分布

5 结语

利用Moldflow依据流变学原理对高光无痕注射成型的最佳浇口位置和流动进行分析模拟,提高了试模一次成功率,缩短了模具的设计和生周期,降低了生产成本。

参考文献

- [1] 赵国群,王桂龙,李嘉平,等.快速热循环注塑技术的研究与应用[J].塑性工程学报,2009,16(1):190-195.
- [2] Li Xi-Ping, Zhao Guo-Qun, Guan Yan-Jin, et al. Optimal design of heating channels for rapid heating cycle injection mold based on response surface and genetic algorithm[J]. Materials and Design, 2009, 30: 4317-4323.
- [3] Yao Donggang, Kim Byung. Developing rapid heating and cooling systems using pyrolytic graphite[J]. Applied Thermal Engineering, 2003, 23: 341-352.
- [4] Chen Shin-Chung, Chien Rean-Der, Lin Su-Hsia. Feasibility evaluation of gas-assisted heating for mold surface temperature control during injection molding process[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2009, 36: 806-812.
- [5] 屈华昌.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:高等教育出版社,2005.

FLOW ANALYSIS OF HIGH-GLOSS WELDLESS INJECTION MOLDING

Hu Wenwen, Xin Yong

(School of Mechanical & Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

ABSTRACT With a automotive bluetooth as a model, the best gate location analysis was completed using Moldflow. On this basis, flow analysis of high-gloss weldless injection molding was simulated based on filling time and pressure at the end of filling, and the cost of high-gloss weldless injection molding was reduced.

KEYWORDS high-gloss weldless injection molding, flow analysis, gate

欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告