

厚壁塑料制品的注射成型流动模拟分析及模具结构优化

秦贞明¹ 王晓瑾² 郭建芬¹ 王丹勇¹ 贾华敏¹

(1. 中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031; 2. 安阳师范学院化学化工学院, 安阳 455002)

摘要 应用 MoldFlow 软件对 3 种结构的厚壁塑料制品模具方案进行了注射成型流动模拟分析, 对充模时间、熔接痕质量、体积收缩率、气穴以及翘曲变形等进行了比较, 分析了每种方案的优缺点, 为某企业确定合理的模具结构提供了重要的数据参考。

关键词 MoldFlow 厚壁塑料制品 数值模拟

随着塑料工业的迅速发展, 塑料制品在很多行业已得到了越来越多的应用, 这也导致了塑料制品行业的激烈竞争, 企业要想在激烈的竞争中谋求生存空间, 不仅要降低成本, 还要提高产品质量, 缩短产品研制周期。在注射成型的实际生产过程中, 由于塑料性能千差万别, 制品和模具结构千变万化, 工艺条件也各不相同, 仅凭有限的经验和简单的公式很难跟得上成型材料的发展和制品复杂程度及精度要求的提高。因此, 在实际生产中, 产品在最终投产前都要经过反复试模和修模并一再调整工艺参数, 这种开发方法的生产周期长、费用高, 产品质量也难以得到有效保证。MoldFlow 是一个专用于模流分析的先进 CAE 软件, 它可使注射成型从制品设计、模具设计到注塑工艺的确定完全在并行工程的环境下进行, 不仅克服了传统的串行设计存在的产品开发周期长的缺点, 而且提高了开模的成功率, 优化了注射成型工艺条件, 降低了产品的开发和制造成本。

某企业生产的管件塑料产品是一种典型的厚壁制品, 如图 1 所示, 其最厚处近 90 mm。厂家生产时制品中出现诸如缩孔多、翘曲变形不均匀等问题, 为此笔者对其模具原始结构进行了改进, 并用 MoldFlow 软件对改进前后的结构进行了模流分析, 以期优化出更合理的模具结构。



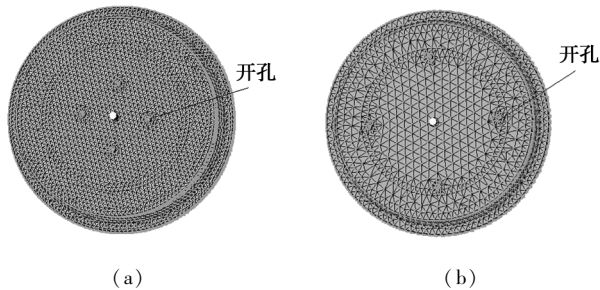
图1 厚壁制品

CADdoctor 中进行模型检查和必要简化, 然后在 MoldFlow 中划分网格, 如图 2 所示, 共划分出 1795919 个 3D 网格。



图2 原始结构造型及网格划分

针对原始模具生产时存在的问题, 笔者提出了 2 种在模具顶部开孔的修改方案: 方案一: 在模型顶端, 沿径向远离中心 1/3 处的圆周上均匀开 4 个孔, 孔径为 10 mm; 方案二: 在模型顶端, 沿径向远离中心 2/3 处的圆周上均匀开 4 个孔, 孔径为 10 mm, 如图 3 所示。



a—修改方案一; b—修改方案二

图3 修改方案模具结构

2 原材料及模拟初始工艺参数设置

2.1 原材料选取

生产时所用材料为高密度聚乙烯, 计算时选用 Targor 公司产的高密度聚乙烯。其主要性能如下: 熔体密度 0.73817 g/cm^3 , 固体密度 0.95163 g/cm^3 ; 在 190°C 下施加 50 N 力时, 其熔体流动速率为 0.84 g/10 min ; 210°C 时其比热为 $3000 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$,

1 产品结构造型、网格划分以及冷却管道布置

将产品模型用 Pro/E 软件创建完成后, 导入

热传导率为 0.27 W/(m · K); 剪切弹性模量为 319.4 MPa。

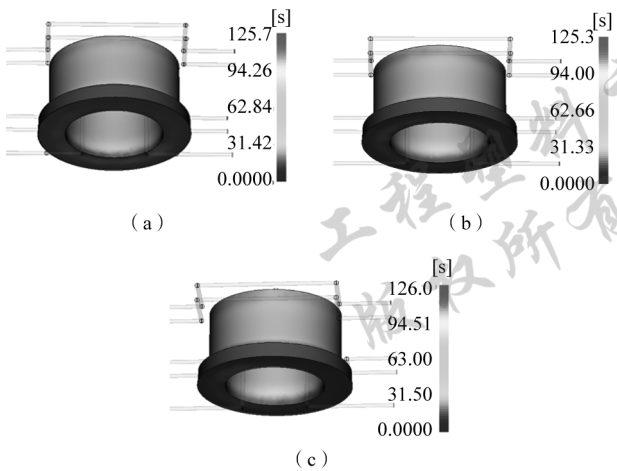
2.2 工艺参数设置

熔体温度 220℃; 模具温度 80℃; 注射速度 160 cm³/s; 速度/压力转化时的注塑压力 75.0 MPa; 保压时间 180 s; 保压压力占注塑压力的 87%; 注射、保压和冷却总时间采用自动控制。

3 计算结果及分析

3.1 充模时间

图 4 示出不同方案的充模时间。从图 4 可以看出, 顶部开孔对充模时间基本没有产生影响, 原始结构充模时间为 125.7 s, 当开孔离中心较近时充模时间为 125.3 s, 而当开孔离中心较远时充模时间为 126.0 s。从图 4 还可以看出, 顶部开孔并没有改变原始结构的平衡充模过程。



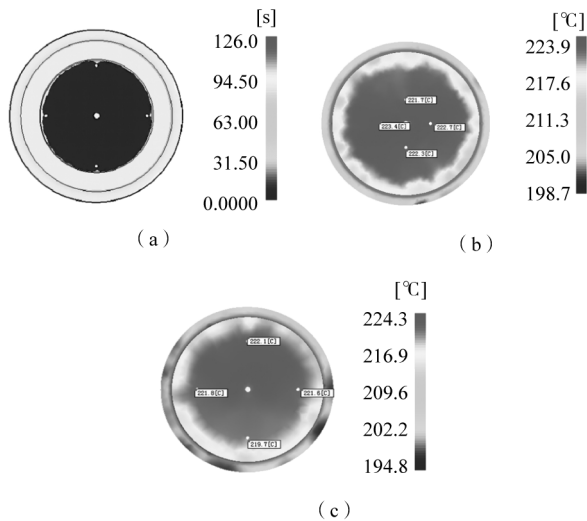
a—原始方案; b—修改方案一; c—修改方案二

图 4 不同方案的充模时间

3.2 熔接痕

熔接痕的产生会对塑料制品的力学性能如拉伸强度、断裂伸长率等有不同程度的影响, 一般情况下, 熔接痕处的强度为原始材料的 10% ~ 90%^[1-2]。在出现熔接痕的地方, 料流前峰温度高, 则熔接痕的强度就高, 质量就好。

图 5 示出不同方案的熔接痕。从图 5 可以看出, 两种修改结构中出现熔接痕位置的料流前峰温度都很高(高于 220℃), 而且温度差也很小, 这意味着两种修改方案中物料在熔接痕处可以很好地熔合, 基本不会影响到塑料制品的使用性能和外观质量^[3], 但是两者相比, 修改方案一中熔接痕出现位置的温度要更高一些, 因此其熔接痕质量要更好一些。

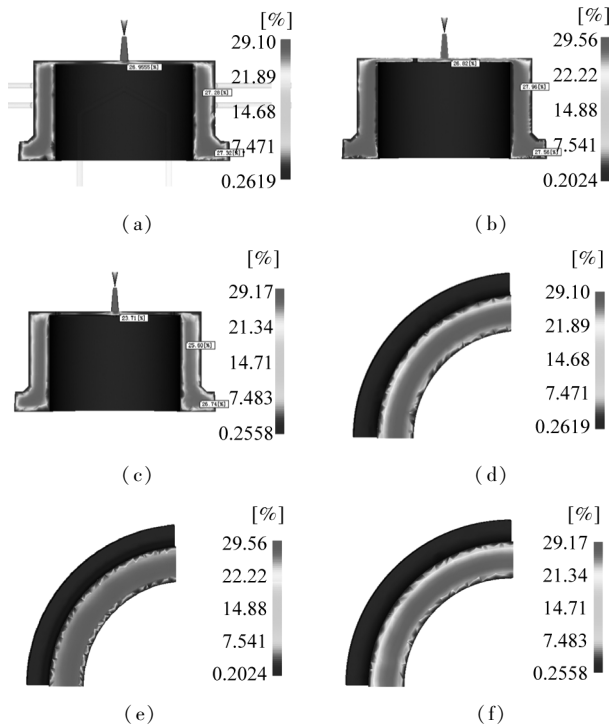


a—熔体通过开孔后的融合情况; b—修改方案一; c—修改方案二

图 5 不同方案的熔接痕

3.3 体积收缩率

体积收缩率表示的是每个节点上, 体积收缩占最初体积的百分比。图 6 给出了不同方案在纵向和横向截面上的体积收缩率。从图 6 可以看出, 3 种结构的最大体积收缩率相差不大, 但内部缩孔的出现与产品相邻位置处体积收缩率的差异有关, 只有当此差异较大时才会产生缩孔。原始方案与修改方案二从内部体积收缩率最大的区域到体积收缩率最



a—原始方案, 纵向; b—修改方案一, 纵向; c—修改方案二, 纵向; d—原始方案, 横向; e—修改方案一, 横向; f—修改方案二, 横向

图 6 不同方案的体积收缩率

小的最外层,中间有段较宽的过渡区,而修改方案一的这个过渡区要小得多,这就意味着修改方案一中出现内部缩孔的区域要小于原始方案和修改方案二。内部缩孔的出现会对产品的结构性能产生严重影响,因此,修改方案一的产品质量要好于其余两种方案。

3.4 气穴

气穴是在成型的制品中形成的空隙,是影响注塑制品质量的重要因素之一。气穴的出现有可能导致短射,造成填充不完全和保压不充分,形成最终制品的瑕疵,甚至还有可能由于气体的压缩产生热量而出现焦痕。图7给出了不同方案的气穴分布情况。从图7可以看出,修改方案一中可能出现气穴的位置最多,而修改方案二中出现气穴的位置最少。加强相关位置的排气,则可以有效避免气穴的形成。

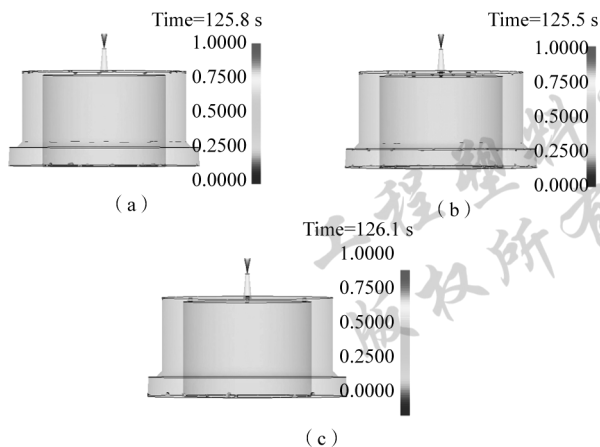
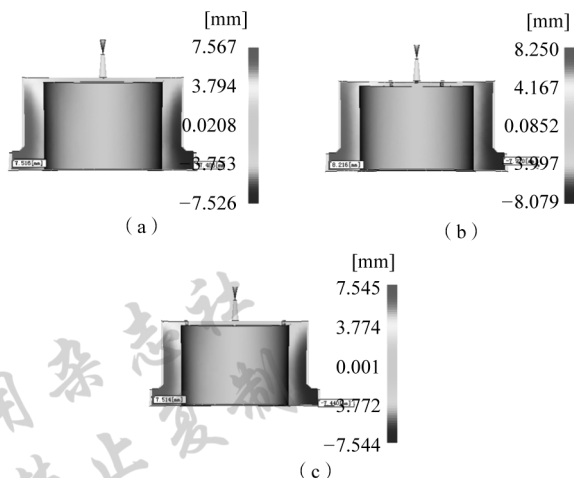


图7 不同方案的气穴分布情况

3.5 翘曲

塑料制品产生翘曲主要是由冷却不均匀、收缩不均匀和分子取向不一致等情况造成。分析时选用的是CFW分析流程,即先假设熔体的前峰温度不变,对塑料件作Cool分析,将温度差值降到最低,而后以Cool的结果作为Flow的输入。对于翘曲分

析,在假设熔体前峰温度不变的前提下计算结果更准确^[4]。图8给出了不同方案制品在X方向上的翘曲变形情况。从图8可以看出,修改方案一在X方向上的变形最大,但主要是由均匀收缩造成的,其变形要比其它两种结构均匀一致得多;原始方案和修改方案二则底部变形大、顶部变形小的现象较为明显,为明显的翘曲变形。



a—原始方案; b—修改方案一; c—修改方案二

图8 X方向上的翘曲变形

4 结语

综合来看,修改方案一较为理想,不但可以有效减少内部缩孔数量,而且也很好地改善了制品的翘曲变形情况。

参考文献

- [1] 吴世见,肖方成,欧相麟,等. 聚合物体系对注塑制品熔接痕形态结构及性能的影响[J]. 工程塑料应用,2008,36(2):80-84.
- [2] 钟皓东,邓益民. 基于MoldFlow的浇口位置分析对熔接痕的影响[J]. 轻工机械,2007,25(1):24-26.
- [3] 李茹娟,李萌盛. 基于CAE的注塑模浇口与保压优化设计[J]. 塑料工业,2006,34(10):36-38.
- [4] 刘健. MoldFlow在塑件翘曲分析中的应用[J]. 模具工业,2007,33(2):6-10.

INJECTION MOLDING ANALYSIS AND DIE STRUCTURE OPTIMIZATION OF THICK PLASTICS

Qin Zhenming¹, Wang Xiaojin², Guo Jianfen¹, Wang Danyong¹, Jia Huamin¹

(1. CNGC Institute 53, Jinan 250031, China;

2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Anyang Normal University, Anyang 455002, China)

ABSTRACT Injection mould flow of three kinds of thick plastic parts was simulated by MoldFlow software. The simulation results were compared in fill time, weld line quality, volumetric shrinkage, air traps and warp, etc. As a result, merits and shortcomings of every part were found to give an important data reference for a certain enterprise to produce a reasonable mould structure.

KEYWORDS MoldFlow, thick plastic part, simulation