

基于 CAE 的注塑件结构及成型工艺参数优化^{*}

兰 芳

廖小平

覃 波

(广西工业职业技术学院机械工程系, 南宁 530001) (广西大学机械工程学院, 南宁 530004) (广西机械工业研究院, 南宁 530001)

摘要 应用 CAE 软件模拟注塑件的成型过程, 分析制件潜在的质量缺陷, 通过优化制件结构及浇注系统改善了制件成型质量; 结合正交试验方法, 通过流动 + 翘曲分析对模具温度、熔体温度、注射时间、保压压力和保压时间等注塑工艺参数进行优化, 获得最佳工艺参数组合, 为生产合格制品提供理论依据。

关键词 CAE 注射成型 正交试验 结构 工艺参数

注射成型是重要的塑料制品成型方式。注塑件的质量受到诸多因素的影响, 这些因素主要包括制件结构、模具浇注系统和冷却系统、材料性能及成型工艺参数等。过去对于成型缺陷只能通过反复试模来不断修正, 不仅修正周期长、成本高, 而且难以保证制件质量。CAE 技术的出现, 使技术人员能有效地运用计算机模拟整个注塑过程, 及早发现不合理的制件、模具结构设计和工艺参数设置, 并在计算机上进行制件、模具修改, 模拟出最佳工艺参数方案, 为最终获得无明显缺陷的注塑件提供指导。

笔者应用 Moldflow/MPI (以下简称 MPI) 软件对某电子产品的下盖进行注射成型模拟分析, 根据模拟结果分析制件潜在的质量缺陷, 针对缺陷产生原因, 对制件结构、浇口位置进行改进, 并通过正交试验找到最佳的成型工艺参数组合。

1 制件模型

制件的三维模型见图 1。制件要求表面光滑、平整、不得有飞边等缺陷, 最大公差为 0.3 mm。制件材料采用牌号为 Cycolac T 的 (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物 (ABS), 其注塑工艺要求模具温度 40 ~ 80℃、熔体温度 230 ~ 270℃、最大裂解料温 290℃、顶出温度 105℃、最大剪切应力 0.3 MPa。

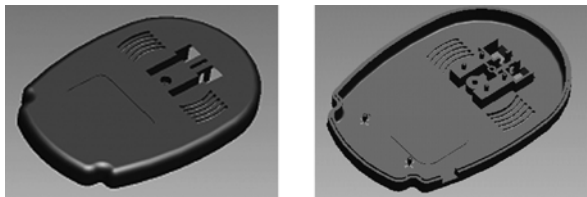


图 1 制件三维模型

2 初始方案模拟分析

2.1 建立初始分析模型

对制件三维模型进行简化处理, 删除不影响分析质量的标牌槽和小圆角等, 然后转化成 .stl 格式, 导入 MPI 软件。在 MPI 中进行 Fusion 网格划分并

检验及修改网格, 获得满足分析要求的网格模型后建立浇注系统, 初始制件和浇注系统网格模型如图 2 所示。

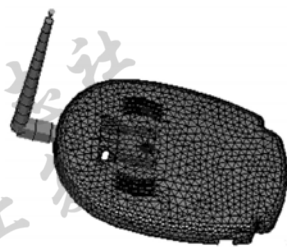


图 2 初始制件和浇注系统网格模型

2.2 模拟分析及结果

对制件进行充填模拟分析, 初始成型工艺参数依经验设置为模具温度 60℃、料温 250℃; 充填采用注射时间控制, 注射时间为 1 s; 速度/压力切换采用自动控制方式; 保压及冷却过程中的压力采用保压压力与 V/P 转换点的填充压力相关联曲线控制方法, 前 2 s 保持 80% 填充压力, 接着 1 s 压力线性减少至 0; 其余用 MPI 系统默认设置。

初始方案充填模拟分析结果见图 3。该方案出现欠注, 欠注位置在图 3 中的圆圈区域。因此必须对初始方案进行改进。

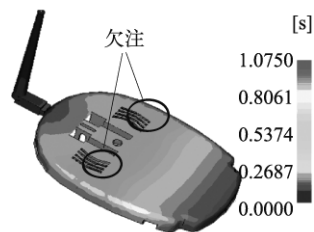


图 3 初始方案充填时间分析

3 结构优化及模拟分析

注塑件产生欠注的主要原因有: ① 流径太长或

^{*} 广西壮族自治区自然科学基金项目 (575012)

流阻太大;②薄壁处发生滞流;③充填时裹入的气体没有完全排出^[1]。

本制件产生欠注的主要原因是制件较薄处易发生滞流。从图 3 可以看到欠注区域是制件散热栅处,分析制件三维模型发现此处散热栅格窄、薄、长。充填时熔体流到此处流速减慢或停滞不前,而其它易充填的区域则继续充填,直到易充填区域充填完毕熔体才重新充填流动性不好的区域,这样会使熔体在散热栅区域渐渐冷却,并在充填结束前冷凝而导致欠注。

为此首先从结构上改进制件散热栅,在设计允许的条件下增加散热栅的宽度和厚度。同时由于制件的前端附近筋板、凸台较多,浇口设在前端一定程度上影响了熔体的整体流动性,因此将浇口从前端调整到制件后端,改进后的制件和浇注系统网络模型见图 4。

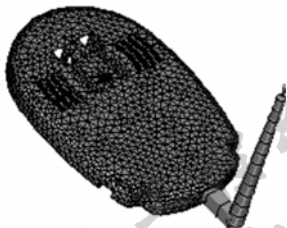


图 4 改进后的制件和浇注系统网络模型

为了检验改进结构后的方案是否对注塑质量有所改善,采用与初始方案相同的工艺参数进行模拟分析。分析结果表明,改进结构后成型质量得到改善,MPI 分析过程不再提示制件欠注。但从图 5 所示熔体流动前端温度分布可看到大部分区域的熔体温度为 251.5℃,而制件散热栅区域的料流前端温度仅为 180℃,料流前端温差较大,该区域仍可能产生滞留和应力集中^[2]。

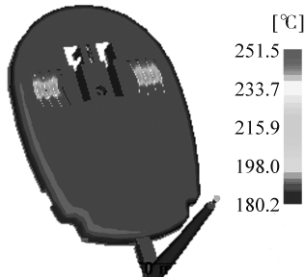


图 5 熔体流动前端温度

4 成型工艺参数优化及结果分析

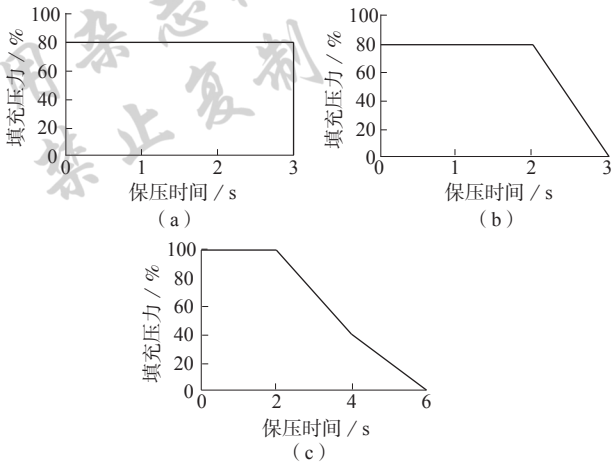
从上述分析可知,尽管修改制件结构和浇口位置使成型时熔体流动性得到提高,成型质量有所改善,但要完全避免制件成型过程出现缺陷,需要进一

步从成型工艺参数上进行保障。

注塑过程所涉及到的主要工艺参数有熔体温度、模具温度、注射时间(注射速率)、注塑压力、保压压力、保压时间和冷却时间等。这些参数都不同程度地影响着制件的质量。为了得到满足制件质量要求的较优的成型工艺参数,笔者采用正交试验方法进行工艺参数优化,以熔体流动前端温差、翘曲变量为评价指标,选用模具温度、熔体温度、注射时间、保压控制方式 4 个工艺参数为因子,其水平见表 1,其中保压控制曲线方案见图 6。

表 1 因子和水平设计

参 数	水平 1	水平 2	水平 3
模具温度 /℃	50	60	70
熔体温度 /℃	240	250	260
注射时间 /s	0.4	0.7	1.0
保压控制方式	曲线 I	曲线 II	曲线 III



a—曲线 I; b—曲线 II; c—曲线 III

图 6 保压曲线

基于 $L_9(3^4)$ 正交表^[3],应用 MPI 软件进行流动 + 翘曲分析,优化出的最佳工艺参数组合为:模具温度 70℃;熔体温度 260℃;注射时间 0.4 s;保压及冷却过程中的压力控制,采用保压压力与 V/P 转换点的填充压力相关联的曲线控制方法,保压时间为 6 s,保压曲线见图 6c;冷却时间 10 s。

这组工艺参数组合的流动和翘曲模拟分析结果如下:

(1) 充填性良好。图 7 是熔接痕和熔体流动前端温度叠加图。从图 7 可以看到,整个制件充填温差仅为 3.8℃,说明熔体充填时流动性较好,能顺畅地填满型腔,充填性良好,不会出现欠注。

(2) 熔接痕质量较高。熔接痕是注塑过程中两股以上熔体流相汇合所产生的细线状缺陷。熔接痕形成时熔体的温度高,熔接痕强度就高^[4]。从图 7

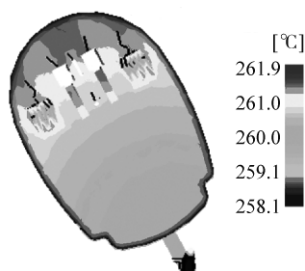


图7 熔接痕和熔体流动前端温度叠加图

可看到熔接痕(图中黑色线为熔接痕)融合时的温度在 258℃ 以上,表明在制件表面不会产生明显的熔接痕,且熔接痕强度较高。

(3) 翘曲变形量满足要求。翘曲分析结果如图 8 所示。制件总体最大变形量为 0.269 2 mm,其中 X 方向最大变形量 0.206 8 mm, Y 方向最大变形量为 0.266 8 mm, Z 方向最大变形量为 0.097 3 mm。可见,制件最大变形量小于允许的最大尺寸公差 0.3 mm,能满足尺寸精度要求。

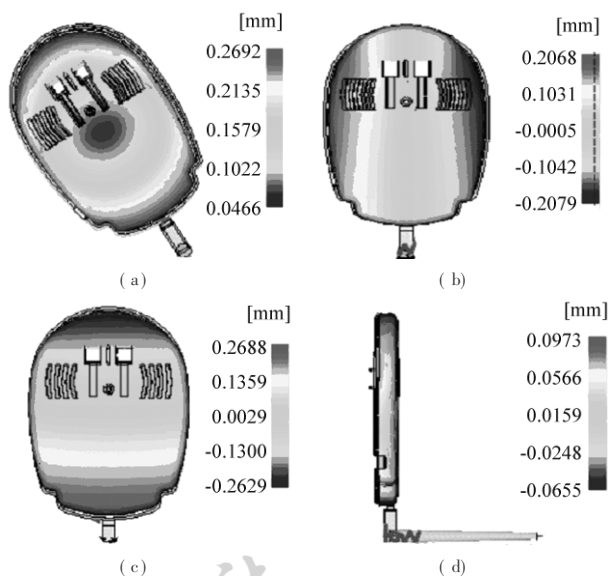
5 结论

(1) 应用注塑 CAE 软件能及时发现注塑件成型过程潜在的质量缺陷;

(2) 针对质量缺陷产生原因对制件结构和浇注系统进行优化,改善了制件成型质量;

(3) 在优化制件结构和浇注系统的基础上,基于正交试验,优化出模具温度、熔体温度、注射时间、保压控制方式等最佳工艺参数组合,能较好地保证制品质量,为实际生产提供指导;

(4) 借助 CAE 技术能快速进行注射成型方案调



a—总体变形量; b—X 方向变形量;
c—Y 方向变形量; d—Z 方向变形量

图8 翘曲分析结果

整,减少试模,提高效率,降低成本。

参考文献

- [1] 董斌斌,苏彬,周应国,等.注射成型中常见成型缺陷的研究[J].模具工业,2005(7):31-36.
- [2] 余卫东,陈建. Moldflow 技术在注塑成型过程中的应用[J].计算机辅助设计与制造,2002(5):33-35.
- [3] 栾军.现代试验设计优化方法[M].上海:上海交通大学出版社,1995:26.
- [4] 付秀娟,邓宁.壳体制品注塑工艺参数 CAE 优化分析[J].工程塑料应用,2008,36(6):43-45.

OPTIMIZATION OF STRUCTURE AND INJECTION MOLDING PARAMETERS FOR PLASTIC PRODUCT BASED ON CAE

Lan Fang

(Department of Mechanical Engineering, Guangxi Vocational & Technical Institute of Industry, Nanning 530001, China)

Liao Xiaoping

(College of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Qin Bo

(Guangxi Research Institute of Mechanical Industry, Nanning 530001, China)

ABSTRACT The injection molding process was simulated by using CAE software. Molding faults in the course of injection molding were analyzed. After the structure of part and gating system were optimized, the quality of the injection-moulded product was improved. Base on orthogonal experimental design and analysis of flow and warp of part, the injection molding parameters including mold temperature, melt temperature, injection time, packing pressure and packing time were optimized, and the optimal combination of process parameters was gained. This result could provide a theoretical basis to produce qualified products.

KEYWORDS CAE, injection molding, orthogonal experimental, structure, process parameter

欢迎参加“2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会”

时间:2009.7.20 ~7.25

报名电话:0531-85878057 85878278