

文章编号: 1001-4934(2006)04-0040-04

基于 CAE 的手机壳体注塑分析和优化设计

张 涛, 郭志英

(上海交通大学 材料科学与工程学院, 上海 200030)

摘 要: 通过 CAE 模流分析, 在产品的设计过程中预测可能出现的缺陷, 对手机塑料壳体进行注塑分析和壁厚实验设计, 优化了手机壳体的结构强度, 提高手机设计的质量和效率。

关键词: 手机; CAE; 优化设计

中图分类号: TG391.7

文献标识码: B

Abstract: Probable defect was predicted through CAE-based injection process analysis. In order to improve design quality and efficiency of mobile phone product, numerical simulation was applied for injection molding analysis and DOE technique was adopted for wall thickness experiment to optimize the structure strength of mobile phone housing.

Keywords: mobile phone; CAE; optimization

0 引言

在市场经济条件下, 产品的质量与成本已成为企业生存发展的生命线。实践证明, 注塑 CAE 技术对加快新产品开发、提高产品质量、降低成本起着关键作用^[1]。手机壳体的结构强度和外观质量是手机的重要部件, 本文主要从两方面来对手机壳体进行分析和设计优化: (1) 注塑分析 (包括浇口位置优化分析、填充分析和翘曲分析; (2) 手机壳体厚度的实验设计优化 DOE (Design of Experiments)。

1 手机壳体注塑分析

手机壳体结构设计合理性、模具设计合理性以及成型工艺等因素常常会导致产品研发周期延长, 成本增加。借助计算机辅助工程模拟流动分析软件 Moldflow, 在综合分析的基础上对塑料件几何尺寸和成型工艺进行优化, 可以在设计阶段

有效地解决可能出现的质量问题, 降低研发成本。手机壳体注塑分析包括: 浇口位置分析优化、充填分析和翘曲分析。

1.1 浇口位置分析优化

选用 GE Lexan EXL 1414 (PC) 作为分析材料, Pro/E 作为建模软件, Moldflow 作为模拟分析软件。分析目标为手机前壳, 壳体平均设计壁厚为 1mm。优化结果如图 1 所示。

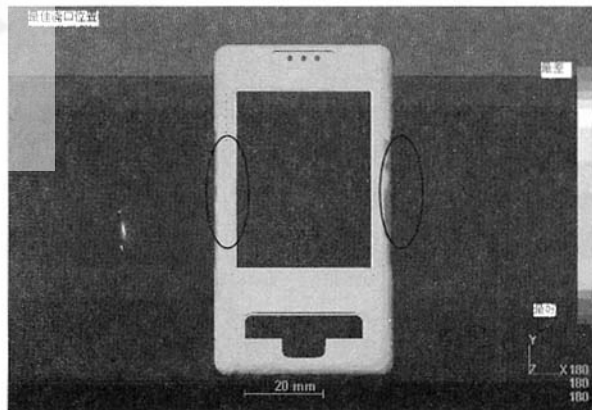


图 1 最佳浇口位置范围

收稿日期: 2006-03-28

作者简介: 张 涛 (1973 ~), 男, 工程师。

利用 Moldflow 的最佳浇口优化设计, 可看出最佳浇口位置在 LCD 窗口左右。但是, 考虑壳体结构较复杂而且是薄壁件, 根据优化结果, 模具设计采用 2 个浇口进胶, 进胶位置如图 2 所示。两浇口设计带来流体温度、注射压力、熔接痕等方面的改善, 提高了塑件质量。



图 2 浇口位置

1.2 充填分析

采用 Moldflow 默认浇注系统和注塑工艺设置, 对模型进行充填分析, 分析结果如下。

图 3 表示流动前沿的温度分布情况。从图中可以看出流动前沿的温度分布比较均匀, 但是在图中的圆圈标示处, 温度较低, 浇口位置和大小还需要进行微调。

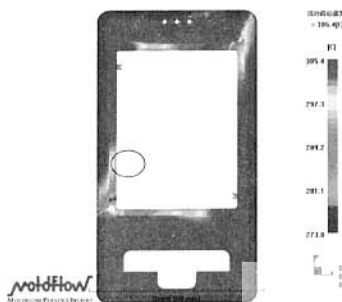


图 3 流动前沿温度

图 4 表示了熔接痕的分布情况。可以看出, 在图中圆圈标示处存在因熔接痕集中分布而使强度降低的危险截面。

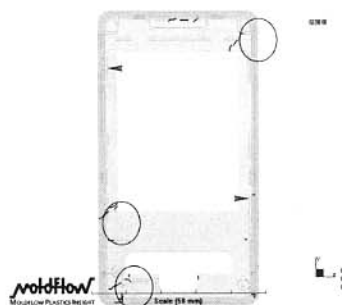


图 4 熔接痕分布

从充填分析结果可以看出, 采用 2 个浇口后流动是平衡的, 没有出现短射等成型问题, 同时注射压力、锁模力也较低, 降低了制件生产对注塑机的参数要求, 但是, 熔接痕分布不太理想, 一些关键部位出现的熔接痕会削弱产品强度。

1.3 翘曲分析

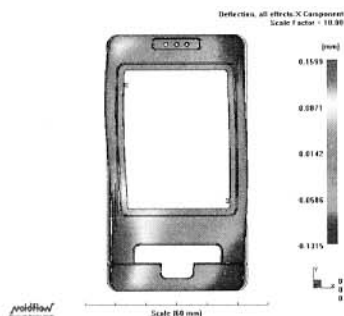
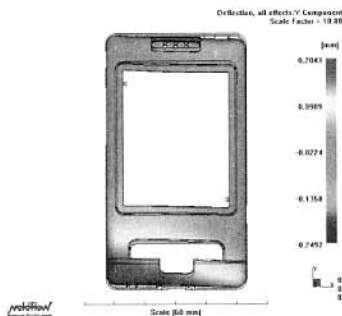
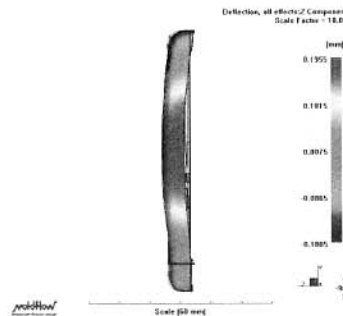
采用 Moldflow 默认浇注系统和注塑工艺设置, 对模型进行翘曲分析, 结果如下。

图 5 表示了 x 方向的翘曲情况, 显示比例为 10, x 向最大翘曲值为 0.16mm。图 6 表示了 y 方向的翘曲情况, 显示比例为 10, y 向最大翘曲值为 0.2mm。图 7 表示了 z 方向的翘曲情况, 显示比例为 10, z 向最大翘曲值为 0.2mm。

从翘曲分析结果可以看出, y 向和 z 向翘曲较大, 这是由于大的 LCD 窗口使料只能沿两条狭长区域流动造成的。

分析流动和翘曲结果, 制品设计和模具需要进行以下几点变更:

(1) 从熔接痕分布图可知, 在制品 LCD 窗口右上角和左下角, 存在危险区域。在产品设计和模具设计时, 修改产品局部壁厚并调节浇口位置, 使熔接痕分布于非危险截面, 提高产品强度

图 5 x 方向翘曲图 6 y 方向翘曲图 7 z 方向翘曲

和外观质量。

(2) 翘曲分析结果中, y 向和 z 向翘曲较大, 在模具设计时, 调节冷却系统, 使制品均匀收缩。

(3) 增加 LCD 窗口左右壁处的加强筋数量, 使熔体在此处的流动加强, 这样不仅能使流动前沿的温度更加均匀, 熔接痕分布更加合理, 而且减少因收缩不均匀在 LCD 窗口左右壁处产生的翘曲量。

2 手机壳体厚度的实验设计优化 DOE (Design of Experiments)

Moldflow 中的 DOE 提供了两种实验设计方法: Taguchi和Factorial实验设计。Taguchi方法通过运行数目较少的一组优化实验, 确定出对实验目标的影响最大的实验参数。Factorial方法运行的实验数目要大于Taguchi方法中运行的实验, 它用以确定实验参数的最佳实验水平组合^[2]。

首先使用 Taguchi 方法确定出对实验目标的影响最大的实验参数, 然后使用Factorial方法确定实验参数的最佳实验水平组合, 分别对填充 (Fill) 和流动 (Flow) 进行优化。DOE填充 (Fill) 和DOE流动 (Flow) 的优化目标为确定手机壳体的最佳壁厚, 保证设计的强度和经济性, 提高设计质量。设计变量为注射时间、膨胀/压缩注射设置、壁厚增量。设计变量的值如表 1 所示。

表 1 设计变量值

设计变量	值
注射时间	自动
膨胀 / 压缩注射设置	自动
壁厚增量	增加 40 %
DOE 高级选项	
Taguchi定级方法	基于整个范围
流动前沿温度标准权重	1
剪切应力标准权重	1
注射压力标准权重	1

因为优化目标是确定手机壳体的最佳壁厚, 所以设定注射时间和膨胀 / 压缩注射设置为自动, 壁厚增量值为在 40% 范围内变化。优化的结果如下所示。

在图 8 中, 横坐标表示壁厚变化, 纵坐标表示流动前沿温度值。可以看出当壁厚为 1.15mm 左右时流动前沿温度值最高, 熔体流动性最好, 壁厚大于或小于 1.15mm 时流动前沿的温度值都低于 1.15mm 左右时流动前沿的温度值。

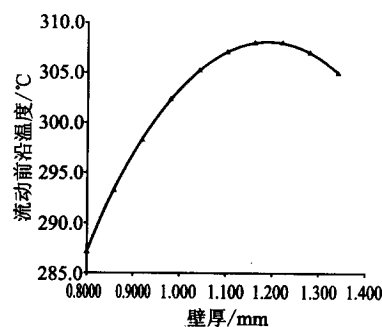


图 8 DOE填充(Fill)分析——壁厚对流动前沿温度

在图 9 中, 横坐标表示壁厚变化, 纵坐标表示体积收缩变量。可以看出当壁厚为 1.3mm 左右时体积收缩变量最小, 当壁厚大于或小于 1.3mm 左右时, 体积收缩变量都增大。这表示当壁厚为 1.3mm 左右时产品的收缩最均匀。

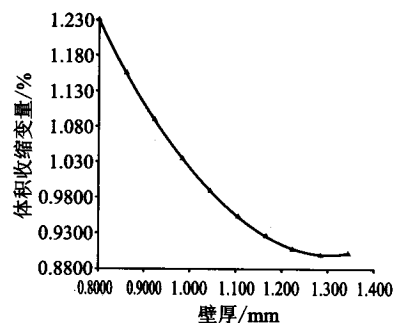


图 9 DOE流动(Flow)分析——壁厚对体积收缩变量

在图 10 中, 横坐标表示壁厚变化, 纵坐标表示收缩指数。可以看出当壁厚为 1.2mm 左右时收缩指数最大。

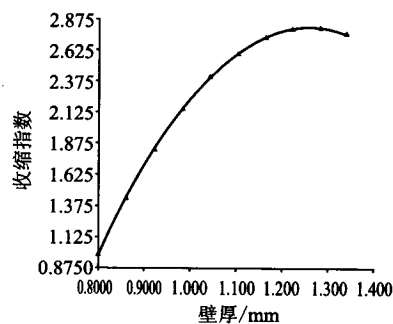


图 10 DOE流动(Flow)分析——壁厚对收缩指数

在图 11 中, 横坐标表示壁厚变化, 纵坐标表

示剪切应力。可以看出当壁厚为 0.95mm 左右时剪切应力最大，当壁厚大于 0.95mm 后，剪切应力逐渐减小。

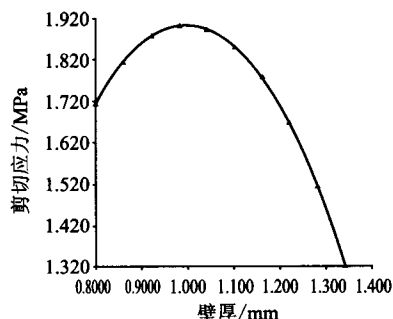


图11 DOE流动(Flow)分析——壁厚对剪切应力

由分析优化结果可以看出制件的平均壁厚为 1.25mm 时，流动前沿温度、体积收缩变量、收缩指数以及剪切应力得到最佳水平。所以制件的最优壁厚为 1.25mm。同传统的实验方法相比，DOE 不仅节省了时间和精力，而且利用最少的实验获得覆盖面非常广泛的实验结果，得到了产生

(上接第 39 页)

比值均可按 ≤ 6 进行工艺设计。

镢头用坯料（棒料）的材料规格 fD 的确定可按式计算求得：

$$V = \frac{\pi}{3}(R^2 + r^2 + Rr)L_1 + \frac{\pi D^2}{4}L_2 \left(\frac{L_1 + L_2}{D} \leq 6\right)$$

式中: V ——镦头后锻坯件的体积 $D = 2R$

r ——坯料 L_1 部位的小端半径

1.4 镦头工艺试验中对镦头模的改进措施

在 R10 系列叶片镢头模试模过程中有部分产品出现镢弯现象, 造成镢头后的折迭缺陷。针对这样缺陷的产品, 对其重新进行长径镢粗比的验证, 其比值略大于 6, 但往往某些品种的比值小于 6 较多时, 也同样会出现镢头时的镢弯现象。虽然对其中存在的影响因素进行原因分析时, 发现了前面所述的 4 种影响因素都存在不同程度的影响。为了不影响 R10 系列叶片批生产的生产周期, 最有效的镢头工艺改进措施就是改善 L_1 与 D 的镢粗比值, 就是在镢头坯料的材料规格不变的情况下, 缩短 L_2 的长度, 通过改变 L_1 部位的圆锥度 (α 的度数适当缩小) 来增长 L_1 的长

最佳效果的实验参数组合。

3 结论

针对手机产品的特点，研究了将浇口位置分析、充填分析、翘曲分析和 DOE 分析优化（实验设计分析）相结合的优化设计方法，在设计前期避免将来成型时产品可能出现的缺陷，利用 Moldflow 的 DOE 技术，优化了制件的结构和平均壁厚，在保证制件性能和功能的前提下，节省了材料，从而提高了产品设计和效率。

参考文献:

- [1] 李海梅, 高 锋, 申长雨. 注塑中的CAE技术[J]. 工程塑料应用, 2004, 32(1): 59~63.
- [2] 单 岩, 王 蓓, 王 刚. Moldflow模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

度，这样使得镢头工艺中的镢弯现象有了明显的改善，确保了后续叶片的镢头制坏顺利进行。

2 结论

R10 系列叶片锻造的镢头工艺，虽然在 R10 系列叶片的制坯中取得成功的运用，但目前叶片锻件的材料利用率仍较低。这有待于在首批叶片批生产完成的基础上进行总结，对镢头制坯工艺进行进一步的改进，在保证叶片锻件产品质量的基础上，努力提高叶片锻件的材料利用率。

参考文献:

- [1] 洪深泽. 挤压工艺及模具设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 张志文. 叶片锻造[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1987.
- [3] 中国机械工程学会模锻学会. 模锻手册(第1卷)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.