

# 手机后盖注塑工艺及模具优化设计<sup>\*</sup>

赵果 辛勇

(南昌大学机电工程学院,南昌 330031)

**摘要** 运用 Moldflow 软件对手机后盖进行了模拟分析,优化了浇口位置,并针对成型过程中出现的缺陷进行了工艺参数优化,在模拟结果的基础上对注塑模具进行了优化设计。CAE 优化与模具设计的有效结合,缩短了模具研发周期,降低了产品开发成本,提高了产品质量。

**关键词** Moldflow 手机后盖 工艺参数 注塑模具

随着塑料在家电、电子、机械等产品和日常用品中的广泛应用,对塑料模具设计和制造的要求也越来越高。传统的注塑模具设计主要依靠设计人员的直觉和经验,模具设计加工完成后往往需要反复地调试才能正式投入生产,发现问题后,需要重新调整工艺参数,甚至要修改塑料产品和模具,这种模具设计方式制约了新产品的开发速度。

借助于 CAE 软件 Moldflow 强大的分析和动态仿真功能,在模具加工之前对整个注塑过程进行模拟分析,找到产品可能存在的缺陷及其位置,然后根据模拟分析结果选择合适的注塑工艺或者对产品设计作必要的更改,从而使得产品和模具在设计阶段就能得到改进和完善,提高一次试模的成功率,以达到降低生产成本、缩短生产周期的目的。

笔者以手机后盖为例,利用 Moldflow 软件对产品的注塑工艺进行了模拟分析,优化了浇口位置,并针对成型过程中出现的制品缺陷进行了工艺参数优化,在此基础上进行了注塑模具设计。

## 1 基于 Moldflow 的注塑工艺模拟分析<sup>[1-5]</sup>

### 1.1 Moldflow 分析流程

目前,Moldflow 已成为塑料成型及模具分析领域的领导者,拥有广泛、深入的模拟分析工具,能够模拟最广泛的热塑性塑料的注射成型过程,并能预测产品成型后的缺陷。Moldflow 适用于优化产品和模具设计的整个过程,确定材料和工艺条件,从而在质量、成本和时间上取得最佳组合。图 1 所示为 Moldflow 分析流程。

### 1.2 手机后盖有限元模型的建立

采用 Pro/E Wildfire 2.0 建立手机后盖的实体模型,如图 2a 所示,产品外形尺寸为 113 mm × 48 mm × 13 mm。通过 Moldflow Design Link(MDL)将模型导入到 Moldflow 的 MPI 模块中,选择 Fusion 格式进行网格划分,对网格的缺陷修改后,如图 2b 所



图 1 Moldflow 分析流程图



a—实体; b—有限元模型

图 2 手机后盖实体及有限元模型图

示,其三角形网格单元数为 9 952 个,匹配率为 92.7%。

### 1.3 成型工艺要求及材料选择

手机后盖属于外置中小塑料件;塑料件内侧有挂钩和凹凸槽,需侧抽芯;表面质量要求高,不能有明显的气穴、熔接痕;配合面要求平整,翘曲量要小(小于 0.5 mm)。这就要求塑料件成型后要有良好的表面粗糙度和较小的形状误差,并具有较高的强

<sup>\*</sup> 教育部科技研究重点资助项目(03066)、江西省自然科学基金资助项目(0450060)、江西省主要学科跨世纪学术带头人资助项目(Z1815)

度和韧性。为此,材料选择美国 GE Plastics 公司的 Cyclocac GPM5500 ABS,属非结晶材料,性能参数见表 1。

表 1 Cyclocac GPM5500 ABS 性能参数

| 项 目                     | 数值     | 项 目                               | 数值      |
|-------------------------|--------|-----------------------------------|---------|
| 模温 /℃( 推荐值)             | 60     | 熔体密度 /g · cm <sup>-3</sup>        | 0.95495 |
| 料温 /℃( 推荐值)             | 245    | 固体密度 /g · cm <sup>-3</sup>        | 1.0751  |
| 最大剪切力 /MPa              | 0.3    | 热导率 /W · ( m · K ) <sup>-1</sup>  | 0.272   |
| 最大剪切速率 /s <sup>-1</sup> | 50 000 | 比热容 /J · ( kg · K ) <sup>-1</sup> | 2240    |

1.4 注塑机型号的选择

利用 Pro/E 求出塑料件参数, 体积为 9 447 mm<sup>3</sup>;最大投影面积为 5 103 mm<sup>2</sup>;浇注系统体积为 2 336 mm<sup>3</sup>;总体积为 11 783 mm<sup>3</sup>。根据上述参数选择 SZ-40/25 型卧式注塑机,其主要技术参数见表 2<sup>[4]</sup>。

表 2 SZ-40/25 型卧式注塑机主要技术参数

| 项 目                     | 数值       | 项 目                       | 数值  |
|-------------------------|----------|---------------------------|-----|
| 理论注塑容量 /cm <sup>3</sup> | 40       | 螺杆直径 /mm                  | 30  |
| 拉杆间距 /mm ×mm            | 250 ×250 | 锁模力 /kN                   | 250 |
| 注塑压力 /MPa               | 200      | 注射速率 /g · s <sup>-1</sup> | 50  |
| 模具最小厚度 /mm              | 130      | 模具最大厚度 /mm                | 220 |
| 喷嘴球半径 /mm               | 10       | 模板行程 /mm                  | 230 |

1.5 浇注系统设计

浇注系统是引导塑料熔体从注塑机喷嘴到模具型腔的进料通道,具有传质、传压和传热的功能。本模具采用普通流道浇注系统,包括主流道、分流道、冷料穴和浇口等。

为了避免注射成型时主流道与注塑机喷嘴之间溢料而影响脱模,设计模具时,主流道大端的球面必须比注塑机喷嘴半径略大 1 ~2 mm,主流道大端半径取 11.0 mm,主流道小端半径要比喷嘴半径大 0.5 ~1.0 mm,取 10.5 mm。

分流道的设计应遵循两方面原则,一方面排列紧凑、缩小模具板面尺寸;另一方面流程尽量短、锁模力力求平衡。第一流道截面设计为圆形,第二流道为圆锥形。

浇口是连接流道与型腔之间的一段细短通道,浇口的设计是整个注塑模设计的基础。浇口位置的正确与否,不仅影响到产品的外观,而且影响到产品的质量。手机后盖属于结构复杂的中小型塑料件,利用传统的设计方法很难确定浇口的位置。运用 MPI 软件中的 Gate Location 模块,找到了可供参考的最佳浇口位置( 位于外部表面中央节点 N2671 附近),即图 3 中的 A 处。考虑到模具设计时浇口位置的可行性,提出两个方案。方案 A:模拟得到的最

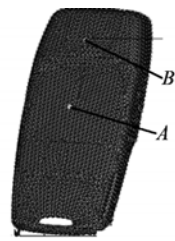


图 3 两种方案的浇口位置

佳浇口位置;方案 B:浇口居中偏上,即图 3 中的 B 处。

对 A、B 两种方案模拟分析,得到各项指标如表 3 所示。综合考虑生产效率、沉降指数及收缩变形等各项因素,方案 B 效果较好。

表 3 两种方案模拟结果对比

| 方案 | 注射时间 /s | 冷却时间 /s | 最大收缩率 /% | 沉降指数 /% | 最大变形量 /mm |
|----|---------|---------|----------|---------|-----------|
| A  | 0.31    | 19.25   | 8.530    | 5.221   | 0.6442    |
| B  | 0.42    | 19.50   | 8.254    | 5.298   | 0.5805    |

为了保证手机后盖的外观质量,采用点浇口进浇。这类浇口痕迹小,容易修整,有利于浇口与产品的自动分离。整个浇注系统如图 4 所示。

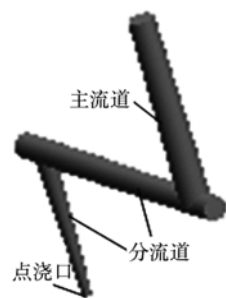


图 4 浇注系统

1.6 注塑机的校核

(1) 锁模力校核 锁模力是注塑机施加于模具的最大夹紧力,用以平衡和克服型腔压力作用所产生的胀型力,保证成型、防止溢料。校核公式见式(1)。

$$F \geq q \cdot A \tag{1}$$

式中:  $F$ ——注塑机的额定锁模力,250 kN;  
 $q$ ——型腔内塑料熔体的平均压力,查手册得 35 MPa;  
 $A$ ——塑料件及浇注系统在分型面上的总投影面积,5 416 mm<sup>2</sup>。

代入计算,可满足要求。

(2) 装模部分有关尺寸校核 模具最小厚度 130 mm < 模具闭合高度 187 mm < 模具最大厚度 220 mm;模具外形尺寸长 200 mm < 注塑机模板长

度 250 mm;宽 125 mm < 注塑机拉杆间距 250 mm。因此,模具长宽尺寸与注塑机模板尺寸和拉杆间距相适合。

(3) 开模行程校核 校核公式见式(2)。

$$H \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \tag{2}$$

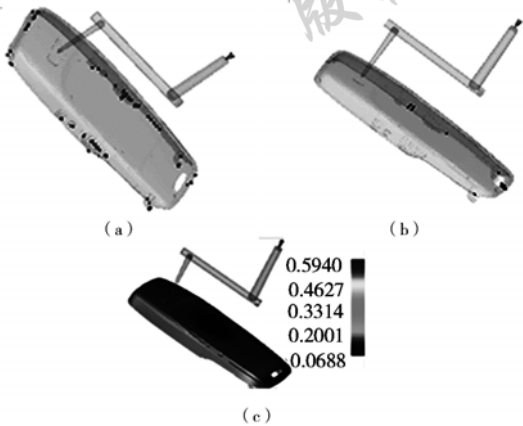
式中:  $H$ ——注塑机动模板的开模行程, 230 mm;  
 $H_1$ ——塑料件推出行程, 15 mm;  
 $H_2$ ——包括流道凝料在内的塑料件高度, 95 mm。

代入计算,可符合要求。

1.7 Moldflow 模拟分析

(1) 建立注塑机数据库 由于 Moldflow 数据库中的注塑机大多是国外品牌,为了更准确地模拟实际注射成型,并与实际生产进行比较,需要将所选用的注塑机加入到 Moldflow 数据库中。因此,笔者创建了 SZ-40/25 型卧式注塑机数据库,其中需要设置的主要参数为注射部分的最大顶出行程、最大注射速率、螺杆直径,液压系统的最大注塑压力及锁模系统的最大锁模力,具体参数值见表 2。

(2) 初始方案模拟分析 采用 SZ-40/25 型卧式注塑机,模温和料温为系统推荐参数,其余为默认值,利用 Moldflow 对塑料件进行模拟分析,结果如图 5、图 6 所示。



a—气穴; b—熔接痕; c—翘曲  
图 5 制件气穴、熔接痕、翘曲图

图 5a 表明,气穴位于制件边缘的末端,其表面不会出现明显的瑕疵和焦痕;图 5b 中黑色线条显示了熔接痕在制件中的位置,其外观无明显熔接痕。在本模型中,熔接痕和气穴对产品的影响不大,在随后的分析中可以忽略。

如图 5c 所示,制件最大变形为 0.594 0 mm,总变形量为 0.525 2 mm(0.068 8 ~0.594 0 mm),不满

足要求。因此有必要找出原因,减小制件的翘曲量。

(3) 翘曲变形分析 翘曲变形是由于塑料件的不均匀收缩,从而使制件的形状偏离了模具型腔的形状。这是塑料制件常见的缺陷之一,是整个注射成型过程的综合反映。它会影响到塑料件的形状精度、表面质量和装配精度。

MF/Warp 是 Moldflow 中的翘曲分析模块。该模块可以指出产生翘曲的原因及其相应的补救措施。MF/Warp 把翘曲产生的原因归结为冷却不均匀、收缩不均匀和分子取向不一致。

根据 Moldflow 默认的工艺参数进行 Flow + Warp(流动 + 翘曲)分析,可得到制件翘曲产生的原因,如图 6 所示。



a—收缩不均匀; b—冷却不均匀; c—分子取向不一致  
图 6 制件翘曲变形原因

从图 6 可以看出,引起制件翘曲变形的主要原因是收缩不均匀。改善收缩不均匀的措施主要有:①优化保压参数,把单一保压改为分段保压;②尽量使制件壁厚均匀,这与改善分子取向不均匀的措施矛盾,所以要具体情况具体分析;③确定合适的注塑工艺参数,在允许的范围内,适当提高注射温度和增加注射时间。

(4) 优化方案模拟分析 针对上述分析结果中收缩不均匀引起的翘曲变形问题,在原始方案的基础上优化成型参数如表 4 所示。使用优化后的成型参数重新进行模拟分析,结果如图 7 所示。从图 7 可看到,采用优化方案,最大变形量为 0.4900 mm,总变形量为 0.3881 mm(0.1019 ~0.490 0 mm),

| 表 4 优化后的成型工艺参数 |                  |           |                 |
|----------------|------------------|-----------|-----------------|
| 项 目            | 数值               | 项 目       | 数值              |
| 模具温度 /℃        | 62               | 熔体温度 /℃   | 250             |
| 注射时间 /s        | 2.5              | 冷却时间 /s   | 15              |
| 保压时间 /s        | 一段 2.5<br>二段 7.5 | 保压压力 /MPa | 一段 100<br>二段 80 |

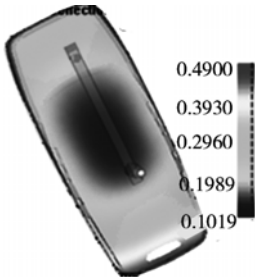


图 7 优化参数后的翘曲

其变形量明显减小,达到了精度要求,有效地保证了制件的质量。

2 模具设计<sup>[6]</sup>

2.1 零件工作尺寸

根据塑料件材料、形状、Moldflow 分析结果及经验,通过 Pro/E 设计确定型芯、型腔结构,如图 8 所示。用螺钉将它们分别固定在动模板和定模板上,型芯采用镶嵌固定的形式。

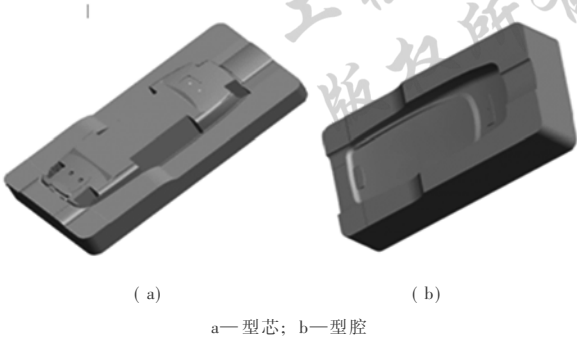


图 8 模具型芯、型腔结构

2.2 侧向分型与抽芯机构

由于塑料件内侧有 4 处挂钩和 4 处凹凸槽,为了使脱模顺利进行,采用 6 块斜滑块侧向分型,如图 9 所示。该套模具采用机动侧抽芯机构,在塑料件被推出脱模的同时由斜滑块完成内侧向抽芯动作。



图 9 几种斜滑块结构

2.3 模架的确定和标准件的选用

根据型腔的布局及相互的位置尺寸、零件尺寸,选用 P3 型 125 mm ×200 mm 的标准模架。P3 型模架是由 A3 型对应派生而成,适合于薄壁壳体塑料件及脱模力大、表面不许留有推出痕迹塑料件的注射成型。然后再确定模座板、定模板、脱料板、动模板、垫块、推板、推杆固定板的尺寸。

2.4 导向机构的设计

导向机构采用导柱、导套方式,以保证模具运动导向精度。该模具采用带头导柱和直导套,如图 10 所示。

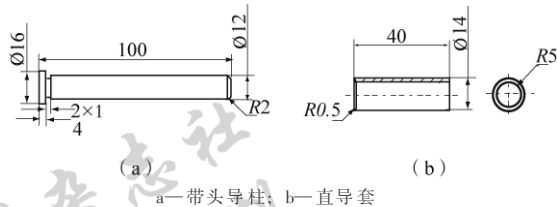


图 10 模具带头导柱、直导套结构

2.5 脱模机构

脱模采用推杆推出。6 块斜滑块既可完成内侧向抽芯,又可充当推杆推出塑料件。

2.6 装配、开模图

模具的三维模型及开模状态如图 11 所示。

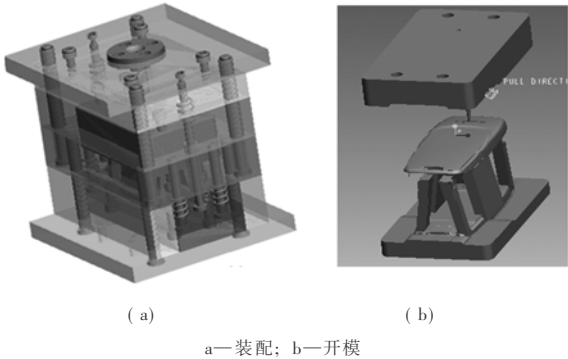


图 11 模具装配、开模结构图

3 结论

应用 Moldflow 软件模拟分析了手机后盖的注射成型过程,优化了浇口位置,并通过调整工艺参数来优化设计方案,降低了成型过程中的翘曲变形,达到了精度要求。在此基础上设计了一模一腔的注塑模具。研究表明,注射成型过程的模拟对优化模具设计、缩短模具加工制造周期、加快产品投放市场、增强企业竞争力具有重要意义。

参考文献

[1] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社,2004.

[ 2] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析应用实例[ M]. 北京: 清华大学出版社,2005.

[ 3] 洪慎章. 实用注塑成型及模具设计[ M]. 北京: 机械工业出版社,2006.

[ 4] 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.

[ 5] 邓明. 实用模具设计简明手册[ M]. 北京: 机械工业出版社,2006.

[ 6] 林清安. Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 模具设计[ M]. 北京: 电子工业出版社,2005.

INJECTION MOLDING PROCESS AND MOLD OPTIMIZATION DESIGN FOR  
MOBILE PHONE BOTTOM COVER

Zhao Guo, Xin Yong

( Institute of Mechanical and Electronic Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**ABSTRACT** The Moldflow software was used for the simulation analysis and optimization of the gate position for the mobile phone bottom cover. By optimizing the process parameters, the defects of the injection molding were successfully avoided. Based on the simulation result, the injection mold was designed. Combining CAE optimizing with mold design could shorten the mold developing cycle, reduce the product development cost and enhance the product quality.

**KEYWORDS** Moldflow, mobile phone bottom cover, process parameter, injection mold

鞍 山 君 利 工 程 塑 料 有 限 公 司

鞍山君利工程塑料有限公司是股份制企业,生产以工程塑料为主的改性材料。由教授级高级工程师、中国塑料加工工业协会专家委员会专家赵文聘负责生产技术。可为用户提供增强、增韧、复合、阻燃、环保阻燃、抗静电、耐磨、塑料合金类系列改性工程塑料。公司竭诚为用户“量身订做个性化需求的产品,为客户创造价值”。公司宗旨:信誉第一;质量第一。

欢迎新老客户前来指导、合作!

- 改性品种: PA66、PA6、PP、PE、ABS、AS、HIPS、POM、PC、PC/ABS、PBT、PET、PVC 等系列改性塑料。
- 适用行业: 家电、汽车、机械、铁路、纺织、石油化工、煤矿、农业等。

经 理: 徐长旭 13604228259, xuchangxu315@ 163. com  
总工: 赵文聘 13804910274, zhaowenpin315@ 163. com  
地址: 辽宁省鞍山市千山区旧堡 邮编: 114041  
电话: 0412 - 2326259 传真: 0412 - 2326256

欢迎查询有关广告

对于在我刊刊登的所有广告,如读者需要查询更详细的资料或了解情况,请填好《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料,以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品,我社将帮助您联系,以保证产品质量,争取优惠价格。欢迎各单位在我刊刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡

No \_\_\_\_\_

读者姓名 \_\_\_\_\_ 单位 \_\_\_\_\_

通讯地址 \_\_\_\_\_ 电话 \_\_\_\_\_ 邮政编码 \_\_\_\_\_

欲获得《工程塑料应用》 \_\_\_\_\_ 年第 \_\_\_\_\_ 期第 \_\_\_\_\_ 页 \_\_\_\_\_

广告中有关 \_\_\_\_\_ 的详细资料。

如空位不够,请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社

邮政编码: 250031