

基于流动模拟的瓶底注射成型浇注系统优化设计

陈吉平 丁智平

(株洲工学院机械工程学院,株洲 412008)

摘要 以开水瓶底塑料件为例,利用 Pro/E 的外挂程序 Plastic Advisor 模块分析塑料件的最佳浇口位置,选取不同的浇口数目,通过对塑料件注射成型过程的流动模拟,预测塑料熔体注射成型的填充性、填充时间、压力降、熔体流动前沿温度、熔接痕、气穴、材料消耗量及塑料件质量等,并对不同注射成型方案的流动模拟结果进行比较、选优,获得最佳注塑模浇注系统设计方案,为模具设计与制造提供可靠的设计数据,减少了试模时间,降低了制造成本。

关键词 注塑模 Plastic Advisor 模块 浇注系统 流动模拟 优化设计

随着生活水平的不断提高,人们对消费产品的要求已不仅仅满足于基本功能的完备,同时更注重外观的美感。塑料制件(塑料件)的外形和结构越来越复杂,不规则性随处可见,因此塑料件的成型质量已成为人们特别关注的问题,而注塑模的浇注系统(特别是浇口数量和位置)与注塑料件的成型质量有很大关系。

在传统的设计方法中,注塑模浇注系统的确定主要是凭经验。试模前无法对塑料在型腔中的填充情况进行有效地验证,因而不能准确判断模具设计是否成功。这导致了模具设计、制造过程具有明显的设计-试验-修正-再设计的特点。如何减少该过程的循环次数,使初始设计达到或者逼近预期的结果,缩短模具制造周期,降低成本,减少塑料件存在质量隐患的可能性,这在实际工程中具有重要意义。利用注塑模计算机辅助工程(CAE)系统,对塑料件的质量和成型工艺参数进行计算和预测,可以避免传统模具设计的弊端。

运用 Pro/E 的外挂程序 Plastic Advisor 模块,可对塑料在型腔中的填充情况进行流动模拟,分析不同浇注系统的注射成型压力降分布、温度分布,预测熔接痕位置、浇注时间、模具型腔是否充满和塑料件最终质量等;在模具设计阶段,可对浇注系统进行优化,为获得高质量的注塑料件提供保障。笔者以开水瓶底注射成型为例,介绍通过流动模拟,实现浇注系统优化的设计过程。

1 塑料件结构分析

该塑料件为开水瓶底。内螺纹支撑瓶胆,外螺纹与瓶壳配合,有一定的强度、尺寸精度要求。瓶底的最大外径 123 mm,总高度 28 mm。根据瓶底参数在 Pro/E 的 Part 模块中建立三维实体模型如图 1 所示。该塑料件要求壁厚均匀,为一个规则旋转

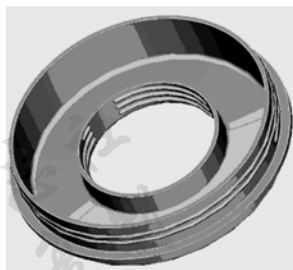


图 1 瓶底实体模型图

体。为便于侧向抽芯,内螺纹应设计成相等的三段。塑料件外表面要求光洁,底部应平整,不得有缩孔、气泡,对熔接痕强度有一定要求。

2 浇注系统的确定

浇口的位置和数量对注塑料件的质量影响极大,应尽量减少注射成型中因浇口位置和数量引起熔融树脂流动取向不同及残留应力不同造成的塑料件变形。

2.1 浇口位置^[1]

在 Pro/E 基本窗口打开瓶底三维模型(图 1),点击主菜单“应用程序(P)”中的“塑料顾问(T)”。系统提示选择一个或多个基准点作为浇口位置,点击“退出选取”,系统打开 Plastic Advisor 的界面(图 2)。选择主菜单“Adviser”中的“Gate Locator”项,系统自动分析塑料件结构,得出最佳浇口位置在塑料件的内凸台(图 2 箭头 1 部位)上;最差浇口位置在外螺纹上(图 2 箭头 2 部位)。

根据分析结果,在不影响塑料件外观质量及尽量使模具结构简化的基础上,将浇口开设在塑料件内凸台的上平面中心位置。这样既满足熔融树脂的填充性,又不影响塑料件与其它零件的配合,且浇口部位便于修整,符合浇口位置确定原则。



图2 最佳浇口位置示意图

2.2 浇口数量

由于塑料件中心处为空心, 考虑到塑料件熔接痕强度等性能方面的因素, 浇口应相对塑料件中心均匀分布。浇口数量预设 2、3、4 个, 分别称为方案 1、方案 2、方案 3。

2.3 浇注系统计算

由于塑料件尺寸不大, 为了提高生产率, 采用一模两腔、浇注系统平衡进料的结构形式。两型腔中心距取 150 mm。主流道小端直径取 4.5 mm (由相匹配的注塑机喷嘴而定), 长度取 47 mm (由模具尺寸而定), 锥度为 2°; 第一级分流道 (单向) 长度取 75 mm, 端头加 5 mm 的冷料穴; 第二级分流道长度取 31.5 mm (由浇口位置而定), 端头加 5 mm 的冷料穴; 第三级分流道和浇口相连接, 总长度为 45.4 mm。各浇注系统方案中主流道和第一级分流道的长度、截面大小均不变, 第二级、第三级分流道和浇口的截面尺寸随方案不同而变化。第一级、第二级分流道均为半圆形截面。

经 Pro/E 测量, 单个塑料件体积为 44.2 cm³, 浇注系统体积按两个塑料件体积的 1/3 估算, 总注塑体积约为 117.8 cm³。注射时间约为 2 s^[2], 由此得出总体积流量为 58.9 cm³/s。根据剪切速率 $\dot{\gamma}$ 、体积流量 Q 和流道截面当量半径 R_n 之间的关系^[3]: $\dot{\gamma} = 3.3Q / (\pi R_n^3)$, 为使成型的塑料件具有最小的内应力和最小的力学性能各向异性, 主流道、分流道、浇口的 $\dot{\gamma}$ 分别取 5×10^3 、 5×10^2 、 $1 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, 由此计算可得各流道的当量半径 R_n 。根据流道截面面积 $S = \pi R_n^2$, 得出各方案浇注系统尺寸如表 1 所示。

表 1 各方案浇注系统尺寸 mm			
名称	方案 1	方案 2	方案 3
第一级分流道直径	12	12	12
第二级分流道直径	10	9	8
浇口直径	1.8	1.6	1.2
浇口长度	1.8	1.4	1.0

3 充模分析^[1]

3.1 建立流动模型

将两个瓶底三维图装进 Pro/E 的 Mould Cavity

模块, 生成型腔, 再根据上述浇注系统尺寸建立各种流道方案, 铸模, 系统生成带有各浇注系统的模型。

3.2 建立浇注点

分别打开流动模型, 在与注塑机喷嘴接触的中心选一基准点, 作为系统分析的浇注点。点击主菜单“应用程序 (P)”中的“塑料顾问 (T)”, 选择已作出的基准点, 点击“完成选取”。系统弹出 Plastic Advisor 界面, 模型的塑料熔体注入位置出现一个圆锥形。

3.3 设定工艺条件

点击菜单“Adviser”中的“Molding Parameters”, 按照塑料件所选材料“Generic SAN (Luran) [SAN001]”的工艺要求, 成型工艺参数设置为 Mold Temp (模具温度) 55℃, Melt Temp (熔体温度) 240℃, Max Injection Pressure Limit (最大注塑压力限制) 栏里的 Default (缺省) 130 MPa, Current (当前) 100 MPa。

3.4 模拟结果

点击“Adviser”下的“Start Analysis”, 系统开始充模, 完毕出现 Results Summary 窗口, 显示出采用各浇注系统方案注射成型的模拟结果均为绿灯 (绿灯表示可行, 黄灯一般, 红灯不可行)。点击 Close 可查看塑料件注射成型时各种流动模拟方案的填充时间、压力降、熔体流动前沿温度、熔接痕、气穴、质量预测等详细分析结果的色层分布图。

在相同的注射成型工艺条件下, 采用不同的浇注方案对瓶底进行注射成型数值模拟, 得出的主要结果列于表 2。

表 2 各浇注方案的分析结果

项目	方案 1	方案 2	方案 3
填充性	全绿色	全绿色	全绿色
注射体积 / cm ³ (含浇道凝料)	99.30	101.32	106.12
填充时间 / s	1.37	1.56	1.34
压力降 / MPa	36.78	35.21	35.50
熔体流动前沿 温度 /℃	232.34	231.15	225.74
熔接痕	较少	中等	较多
气泡	较少	中等	较多
预测质量	除浇口处有稍许红、黄色外, 其余均为绿色	浇口处有稍许红色, 黄色比方案 1 多, 其余为绿色	浇口处有稍许红色, 黄色比方案 2 稍少, 其余为绿色

4 浇注系统优化

由以上各种方案流动模拟的结果可见, 各方案均有良好的填充性。设定的注塑压力 100 MPa 能满

足塑料件注射成型时所需的 $30\text{ MPa}^{[4]}$ 的平均型腔压力,填充时间也可满足注塑机额定注射时间 2 s 。

三种方案分析结果比较如下:

(1) 材料消耗。方案 1 流道部分体积最小,材料消耗最少,方案 3 材料消耗最多。

(2) 压力降。方案 1 虽比其它两个方案压力降稍大,但注塑压力完全能满足型腔成型压力的需要。

(3) 温度场。方案 1 熔体流动前沿温度降低最少,温度分布最均匀,因浇注系统不同引起温度变化所导致的塑料件残留内应力最小。

(4) 熔接痕。方案 1 形成的熔接痕数量最少,冷却系统排布时可尽量避开,不影响熔接痕强度。

(5) 气穴。方案 1 出现的气穴相对较少,位置分布也较合理,基本可通过模具拼合结构的设计排出模外。

(6) 预测质量。方案 1 中,除浇口处因流体剪切速率较高、剪切应力较大引起稍许的红、黄色外,塑料件其余全部为质量很好的绿色。方案 3 比方案

2 黄色区域稍小,但比方案 1 大。

综上所述,得出方案 1 为最优设计。实际试模情况与分析结果吻合,按方案 1 设计的模具结构所生产的塑料件质量良好,达到了技术要求。

5 结语

在注塑模设计中,应用 Pro/E 的三维建模功能的同时,利用其外挂程序 Plastic Advisor 模块,对注射成型的填充阶段进行流动模拟,预测型腔是否能充满、塑料件可能出现的缺陷、气穴和熔接痕可能出现的位置等,在模具结构上做一些可行性分析,判别注射成型质量,获得最优的浇注系统设计,对提高模具的一次试模成功率具有非常重要的实际意义。

参考文献

- 1 黄圣杰,张祥杰.实战 Pro/Engineer 2001 模具设计.北京:中国铁道出版社,2002.
- 2 张克惠.注塑模设计.西安:西北工业大学出版社,1995.
- 3 王孝培.塑料成型工艺及模具简明手册.北京:机械工业出版社,2000.
- 4 李德群.塑料成型工艺及模具设计.北京:机械工业出版社,1994.

OPTIMIZATION OF POURING SYSTEM OF BOTTLE-BOTTOM MOLDING BASED ON FLOWING SIMULATION

Chen Jiping, Ding Zhiping

(School of Mechanical Engineering, Zhuzhou Institute of Technology, Zhuzhou 412008, China)

ABSTRACT The best gate location for a bottle-bottom plastic part was analyzed by using Plastic Advisor block based on Pro/E. Flowing simulation of injection process for the plastic part was done in terms of different gate amount. The filling ability, filling time, pressure drop, flow front temperature, weld lines, air traps, wastage of raw material and quality of part, etc, were forecasted. The flow simulating results about different molding project were compared, and the best pouring system design project about the injection mould of bottle-bottom was obtained. The design could supply reliable data for mould designing and manufacturing, reduce the time of trying mould, and decrease the manufacturing cost.

KEYWORDS injection mould, Plastic Advisor block, pouring system, flowing simulation, optimization design

北京星贝达化工材料有限公司

美国大湖化学公司指定经销商:十溴联苯醚、十溴二苯乙烷(环保阻燃剂)、四溴双酚 A(适于 ABS)、聚溴化苯乙烯(PBS-64HW)(适于尼龙、聚酯,热稳定性好,不析出)、苯氧基四溴双酚 A 碳酸酯齐聚物(BC-58、BC-52)(适于 PC、PBT、PET、PC/ABS 合金,且热稳定性好)、磷酸酯(无卤阻燃 PC 用)系列阻燃剂;抗氧剂:1010、168、DSTP、330、GP-45(245)、TBM6(300)。

湖南嘉星铋业公司专售商:三氧化二铋、铋酸钠(塑料用)、硫化铋(粉/块)、铋锭。

阿托菲纳(阿科玛)指定经销商:核-壳增韧剂 MBS(E-920, C223)/ACR(D440, D320)和三元共聚增韧剂(聚酯或尼龙专用)(AX8900, LOTADER4700, LOTADER3210), EMA, EBA 等。

本公司还销售:POE、乙丙胶、SBS、SEBS、EAA、超韧尼龙增韧剂、PC/ABS 合金相容剂、接枝 PP、接枝 PE。

总公司地址:北京上地信息路 1 号国科创业园 1-802(100085)

电话:010-82895069 82895074

http://www.starbetter.com

E-mail: sales@starbetter.com, info@starbetter.com

广州办事处:东圃商业大厦 A-802(510660)

电话:020-82580538 82580439

上海湖盟化工公司:中山北路 2918 号 1-1415 (200063)

电话:021-62164991 51272622