

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.201808016



# 鼠标上盖流动平衡数值模拟分析

许建文, 刘斌, 骆灿彬

(华侨大学 福建省特种能场制造重点实验室, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 非平衡式浇注系统的鼠标上盖注塑模, 容易导致熔体流动不平衡, 需要进行浇注系统优化. 运用 Moldflow 软件模拟浇口位置设计、熔体的填充及流动平衡过程, 初步优化浇注系统, 并得到流动平衡分析的结果. 以分析结果为基础, 调整浇注系统设计后, 进行填充及流动平衡模拟分析. 结果表明: 浇注系统优化后, 型腔间的填充时间不平衡率低于 5%, 压力不平衡值小于 5 MPa, 有效改善熔体的流动平衡性.

**关键词:** 浇注系统; 鼠标上盖; 流动平衡; 熔体; 填充; Moldflow 软件

中图分类号: TQ 320.66

文献标志码: A

文章编号: 1000-5013(2018)06-0801-06

## Numerical Simulation Analysis of Flow Balance of Mouse Upper Cover

XU Jianwen, LIU Bin, LUO Canbin

(Fujian Provincial Key Laboratory of Special Energy Manufacturing, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** Since injection mold of mouse upper cover with imbalance runner system can easily lead to melt flow imbalance, the runner system should be optimized. Through simulations including gate position design, melt filling and flow balance process by using Moldflow software, the runner system was preliminarily optimized and preliminary flow balance analysis results were obtained. Based on those analysis results, the simulation analysis including filling and flow balance were conducted after the runner system was adjusted. With optimization of runner system, the filling time of cavities imbalance rate is under 5% and the pressure imbalance value is under 5 MPa. Results show that the characteristic of melt flow balance is improved effectively.

**Keywords:** runner system; mouse upper cover; flow balance; melt; filling; Moldflow software

在一模多腔的注塑成型过程中, 塑料熔体同时到达各型腔的终端, 则流动是平衡的; 否则, 流动不平衡<sup>[1]</sup>. 流动不平衡很难保证不同型腔内产品质量的一致性, 容易导致飞边、短射、产品密度不均匀、气穴和过多熔接痕等缺陷<sup>[2-4]</sup>. 为使塑料熔体能平衡填充, 在模具设计时, 需对型腔和浇注系统进行流动平衡分析, 优化浇注系统设计<sup>[5-7]</sup>. 传统的多型腔注塑模设计过程中, 为获得理想的产品, 通常依靠经验, 在试模阶段, 不断修改流道与浇口来调整流动不平衡问题, 致使生产周期较长, 成本较高<sup>[8-9]</sup>. 利用 Moldflow 软件, 对模具浇注系统设计进行数值模拟分析, 预测熔体流动不平衡的原因, 经过优化可以得到理想的浇注系统设计方案, 缩短了生产周期<sup>[10-14]</sup>. 在注塑模多型腔浇注系统的设计过程中, 非平衡式布局具有缩短分流道长度、减少注射压力损失、缩短充模时间及减小模具总体尺寸等优点, 具有一定的应用优势<sup>[15-16]</sup>. 因此, 本文针对非平衡式浇注系统, 以鼠标上盖为例, 以填充时间不平衡率和压力不平衡值为评

收稿日期: 2018-08-15

通信作者: 许建文(1984-), 男, 实验师, 博士研究生, 主要从事聚合物材料模塑成型的研究. E-mail: xjianwen@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省工业引导性基金资助项目(2016H0020)

价指标,运用 Moldflow 软件进行一模八腔的流动平衡分析,优化浇注系统设计.

## 1 浇注系统的创建与填充分析

### 1.1 浇注系统的创建

运用 PRO/E 软件进行鼠标上盖的三维建模,长×宽×高为 118 mm×62 mm×38 mm. 选用 GE Plastics(Europe)公司、牌号为 CycolacT 的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)塑料.

运用 Moldflow 软件进行浇口位置分析,模具及熔体温度设置分别为 60,240 ℃,最大注射压力及锁模力采用自动控制方式,结果如图 1 所示. 图 1 中:数值接近 1 是浇口位置较为理想的区域;接近 0 则是浇口位置较差的区域. 考虑到模具设计的合理性以及熔体在型腔内流动的平衡性,将浇口位置设在鼠标上盖尾端位置(图 1 圆圈处).

在运用 Moldflow 分析过程中,为提高效率,设置模型及浇注系统出现次数为 4,即可实现一模八腔分析,第一个型腔、第二个型腔及浇注系统初步设计,如图 2 所示.

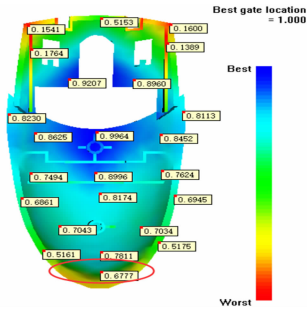


图 1 浇口位置分析结果

Fig. 1 Result of gate location analysis

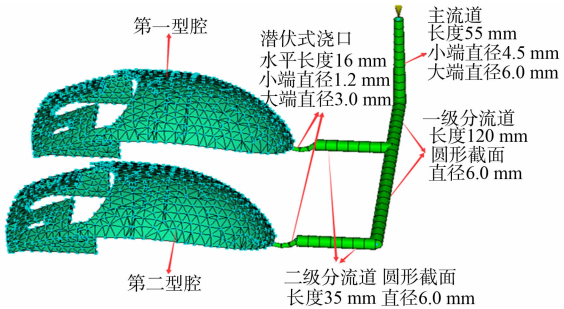


图 2 浇注系统设计

Fig. 2 Design of runner system

### 1.2 填充分析

浇注系统创建后,进行填充分析,模具及熔体温度分别设置为 60,240 ℃,采用自动的填充控制方式,为得到最大注射压力值,设置充填体积为 100% 时进行速度/压力(V/P)切换,模拟结果如图 3 所示. 图 3 中: $F$  为注射位置压力; $t$  为时间.

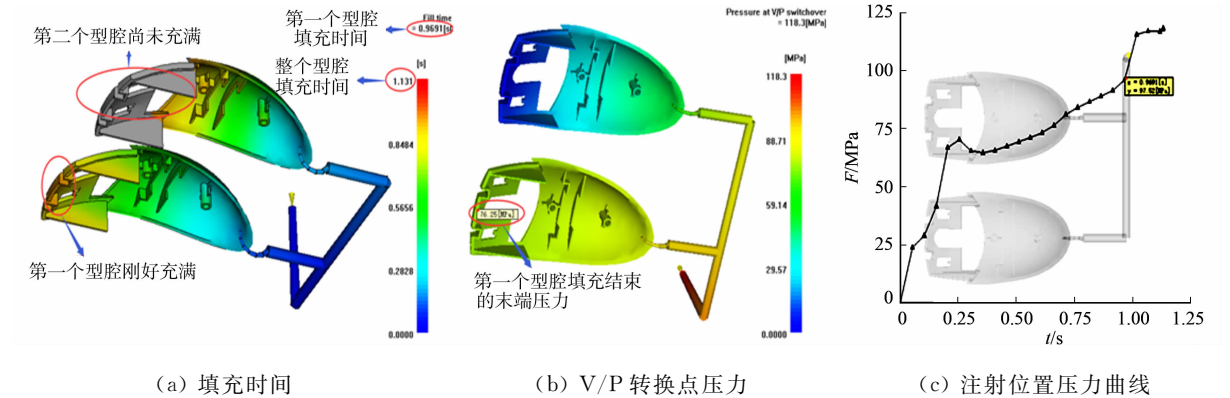


图 3 初步的填充分析结果

Fig. 3 Results of original filling analysis

由图 3(a)可知:整个型腔填充时间为 1.131 0 s,当填充时间为 0.969 1 s 时,第一个型腔刚好完全充满,第二个型腔尚未充满,时间差异为 0.161 9 s,则时间不平衡率为 0.161 9/1.131 0,即 14.3%. 因此,型腔间的时间不平衡率较高,流动较为不平衡,容易造成型腔间的压力分布不均衡.

由图 3(b)可知:V/P 转换点浇口位置压力,即最大注射压力为 118.30 MPa. 一方面,第一个型腔填充结束时,末端压力达到了 76.25 MPa,较高的压力易引起过保压,使产品出现质量缺陷;另一方面,第二个型腔填充结束时,末端压力接近 0 MPa,型腔间的压力分布较不均衡,容易造成产品质量不均一.

由图 3(c)可知:注射位置压力在 0.969 1 s 时,熔体充满第一个型腔时仅有 97.52 MPa,此后,以较

快的压力上升速度填充第二个型腔,填充完成时压力为 118.30 MPa. 分析其原因,熔体充满第一个型腔后,随着温度的下降,不断增大的浇注系统及型腔壁的阻力与仅剩下第二个型腔末端的排气空间,需要更快的压力上升速度才能将熔体注入型腔,致使压力上升的速度较之前快,出现突变.

综上,由初步的填充分析可知,型腔间的填充时间不平衡率为 14.3%,压力分布较为不均衡,注射位置压力曲线存在突变问题. 因此,需要进行流动平衡分析,改善熔体的流动平衡性.

## 2 流动平衡分析

### 2.1 初步的流动平衡分析

流动平衡的约束条件设置为:目标压力通常小于最大注射压力值,由初步的填充分析可知其值为 118.30 MPa,故设置为 115 MPa;迭代计算中,流道截面直径的改变步长为 0.1 mm;最大的迭代计算次数为 30 步;时间收敛精度为 5%;压力收敛精度为 5 MPa;流道尺寸约束条件设置为不限制. 运用 Mold-flow 软件进行流动平衡分析,填充分析界面设置同前述填充分析,结果如图 4 所示.

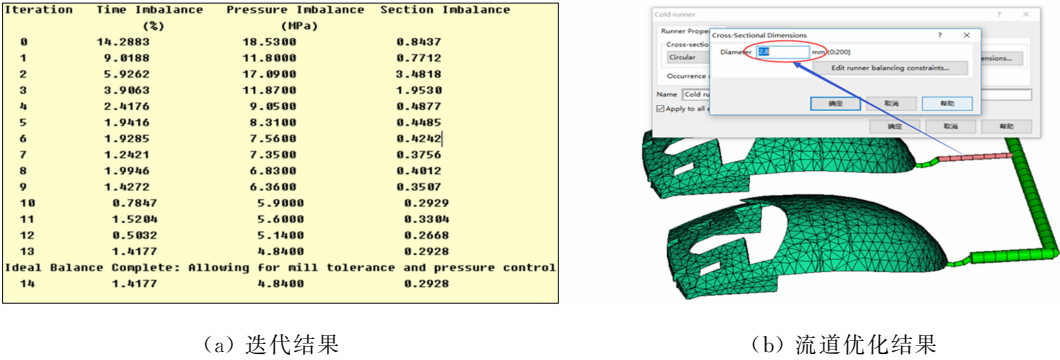


图 4 流动平衡分析结果  
Fig. 4 Results of flow balance analysis

由图 4 可知:时间不平衡率为 1.4177%,压力不平衡值为 4.84 MPa,均在设置的约束条件之内;但第一个型腔的二级分流道直径仅有 2.8 mm,小于潜伏式浇口的大端直径 3.0 mm,说明初始浇注系统的设计有问题,需要重新设计.

### 2.2 优化的流动平衡分析

由初步的流动平衡分析结果可知,初始时间不平衡率为 14.2883%,较高的时间不平衡率使迭代后分流道尺寸变换较大. 因此,考虑减小初始时间不平衡率,即增加第一个型腔的填充时间,将其二级分流道及浇口尺寸减小,如图 5(a)所示. 由图 5(a)可知:一级分流道直径均保持不变;第一个型腔二级分流道直径由 6 mm 减小为 4 mm,浇口大端和小端直径分别由 3.0,1.2 mm 减小为 2.1,1.0 mm;第二个型腔二级分流道及浇口尺寸保持不变. 浇注系统修改会导致最大注射压力变化,因此进行填充分析,参数设置同初步的填充分析,结果如图 5(b)所示. 由图 5(b)可知:V/P 转换点浇口位置的压力为 126 MPa,因此,设置平衡约束条件中目标压力为 120 MPa.

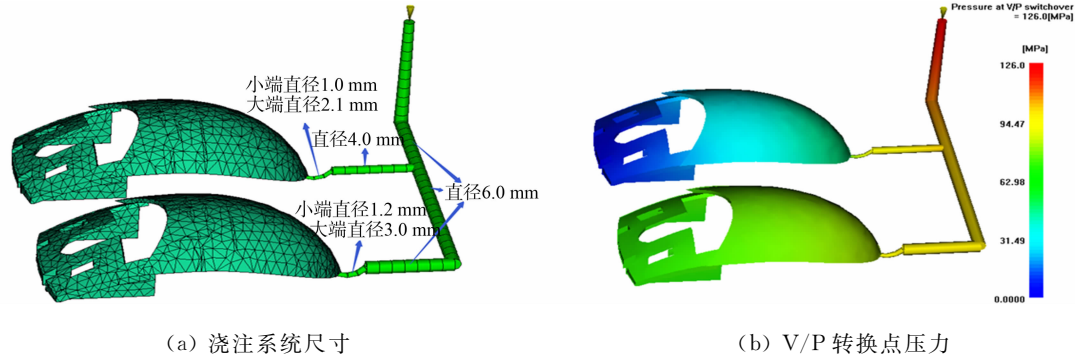


图 5 修改的填充分析  
Fig. 5 Modified filling analysis

为了更好地优化浇注系统,比较 2 种方案. 方案 1 为分流道直径约束条件均设置为无限制;方案 2 为一级分流道直径约束条件设置为固定,二级分流道则为无限制,其他则同初步的流动平衡分析. 运用 Moldflow 软件进行流动平衡分析,其他参数设置同初步的流动平衡分析,结果如图 6~9 所示.

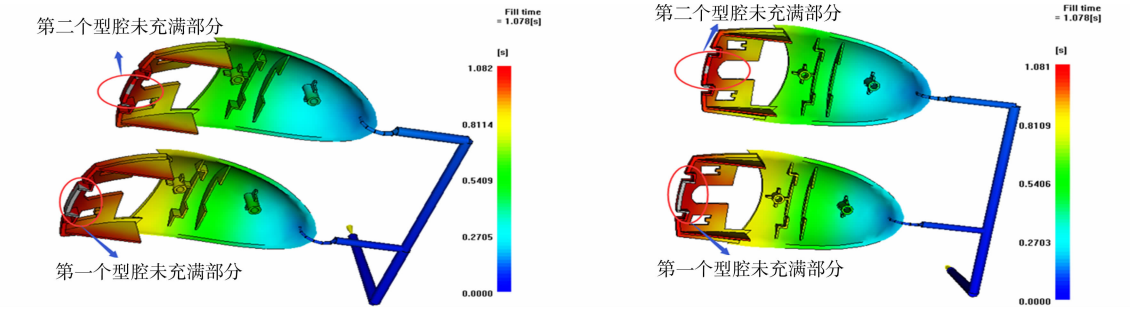
Iteration	Time Imbalance (%)	Pressure Imbalance (MPa)	Section Imbalance
0	9.7400	14.2000	1.1097
1	2.9413	8.4100	0.3815
2	0.9835	6.4700	0.3833
3	0.3361	5.9800	0.3744
4	0.3853	5.6300	0.3559
5	0.0007	5.1900	0.3233
6	0.0066	4.7000	0.3011
Ideal Balance Complete: Allowing for mill tolerance and pressure control			
7	0.0066	4.7000	0.3011

Iteration	Time Imbalance (%)	Pressure Imbalance (MPa)	Section Imbalance
0	9.7400	14.2000	1.4360
1	3.4060	8.7700	0.6531
2	1.6946	7.1300	0.5900
3	0.8570	6.2500	0.5140
4	0.5654	6.0100	0.4784
5	0.6230	5.5500	0.4424
6	0.0000	5.2200	0.3916
7	0.0116	5.0100	0.3734
8	0.0159	4.6800	0.3461
Ideal Balance Complete: Allowing for mill tolerance and pressure control			
9	0.0159	4.6800	0.3461

(a) 方案 1 (b) 方案 2

图 6 迭代结果对比

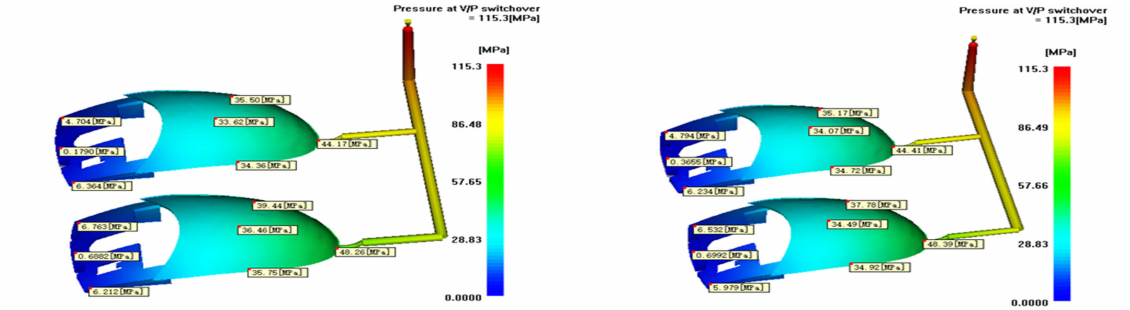
Fig. 6 Iterative result comparison



(a) 方案 1 (b) 方案 2

图 7 填充时间对比

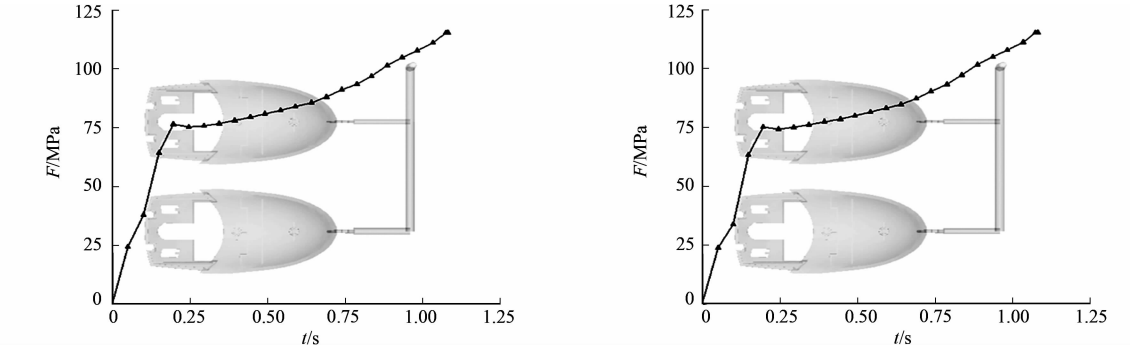
Fig. 7 Filling time comparison



(a) 方案 1 (b) 方案 2

图 8 V/P 转换点压力对比

Fig. 8 Pressure comparison at V/P switchover



(a) 方案 1 (b) 方案 2

图 9 注射位置压力曲线对比

Fig. 9 Pressure comparison plot at injection location



由图 6 可知:初始时间不平衡率和压力不平衡值分别为 9.740 0%和 14.20 MPa,较浇注系统调整前的 14.288 3%和 18.53 MPa,有一定程度的改善;流动平衡分析以后,对于时间不平衡率和压力不平衡值,方案 1 为 0.006 6%和 4.70 MPa;方案 2 为 0.015 9%和 4.68 MPa,均在设置的约束条件之内。

由图 7 可知:对于方案 1,当填充时间为 1.078 s 时,第一个型腔未充满部分较第二个型腔多,当填充时间为 1.082 s,则充满整个型腔;对于方案 2,当填充时间为 1.078 s 时,第一个型腔未充满部分较第二个型腔多,当填充时间为 1.081 s,则充满整个型腔;两种方案均能大致实现同一时间充满整个型腔,实现流动平衡。

由图 8 可知:方案 1、2 的 V/P 转换点的压力均为 115.30 MPa,小于约束条件中目标压力 120 MPa;型腔间的压力大致相同,分布较均匀,流动较为平衡,能够确保产品质量均一。

由图 9 可知:在注塑成型过程中,2 种方案浇口位置的压力均能稳定上升,特别是在熔体填充的后期变化较为均匀,没有出现压力突变问题。这是由于流动平衡优化的结果,且在不同的约束条件下,浇口位置压力曲线差别不大。

### 2.3 优化后的浇注系统

优化后的浇注系统,如图 10 所示。由图 10(a)、(b)可知:对于方案 1,一级分流道第一段、第二段的体积分别变化了-9.75%,-21.97%,第一个型腔的二级分流道不变,第二个型腔的二级分流道变化了-30.56%;对于方案 2,因一级分流道直径约束条件设置为固定,所以直径没有变化,第一个、第二个型腔的二级分流道分别变化了-9.75%,-55.56%。由图 10(c)、(d)可知:对于方案 1,第一段、第二段的一级分流道直径分别为 5.7、5.3 mm,第一个、第二个型腔的二级分流道直径分别为 4.0、5.0 mm;对于方案 2,第一个、第二个型腔的二级分流道直径分别为 3.8、4.0 mm。

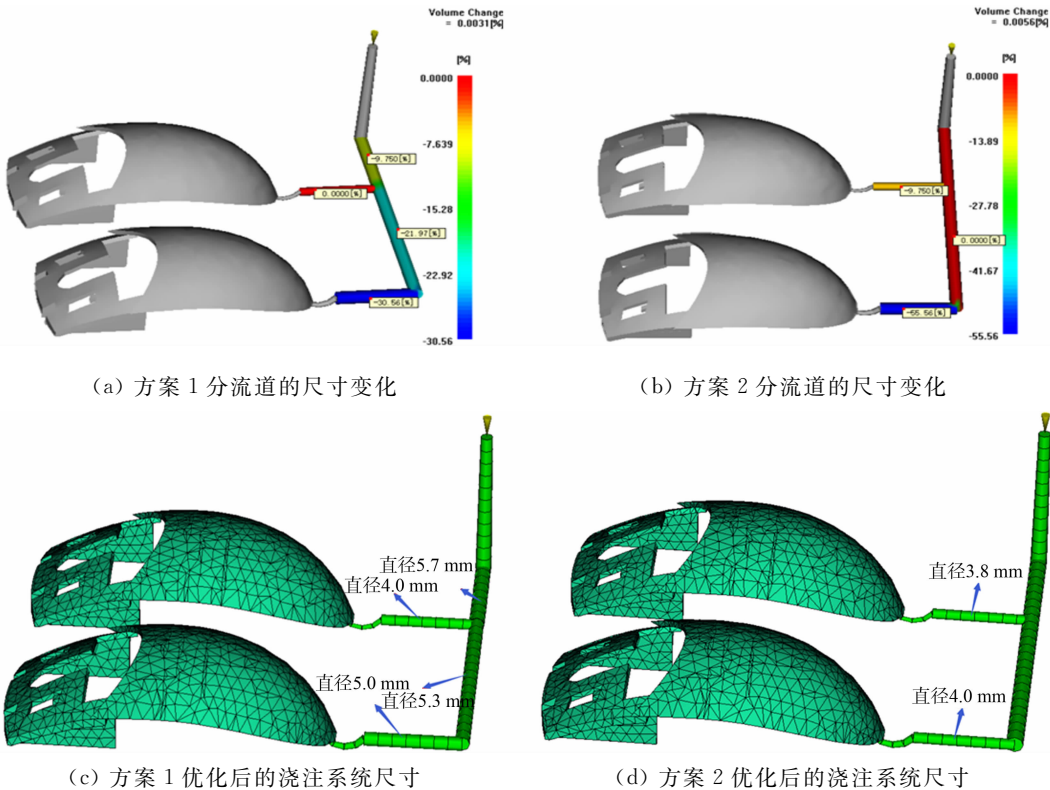


图 10 优化后的浇注系统

Fig. 10 Optimized runner system

综上所述,方案 1 的时间不平衡率小于方案 2,相差为 0.093%,差异较小,都能保证流动的平衡;方案 1 的压力不平衡值大于方案 2,相差为 0.02 MPa,差异不大,都能保证型腔间压力分布均衡;整个注塑过程中,方案 1、2 均能实现浇口位置压力稳定上升;方案 1 浇注系统优化后,一级分流道有 2 种尺寸,后续的加工则更为复杂,加工时间相对较长。因此,在流动平衡效果相差不大的情况下,为了便于加工、提高效率,方案 2 的优化结果更为合理。

3 结 束 语

对于非平衡浇注系统的设计,在运用 Moldflow 软件分析前,不同型腔的流道及浇口设计的相同尺寸,由此进行流动平衡分析.流动平衡分析过程中,根据时间不平衡率及压力不平衡值评价浇注系统的结构合理性,对流道及浇口设计尺寸进行反复调整,可以得到几种优化的浇注系统设计结果.对结构优化后的几种浇注系统需进行工艺性评估,得出工艺可靠、成本效益好的浇注系统设计方案.

参考文献:

[1] 何柏海.汽车前保左右加强件注塑流动平衡优化研究[J].塑料工业,2018,46(6):52-57.

[2] 孙庆东,杜晋,王传红.CAE技术在GPS壳体注塑模缺陷分析中的应用[J].塑料科技,2009,37(6):55-58. DOI:10.15925/j.cnki.issn1005-3360.2009.06.016.

[3] 赵亚穷,韩健,张鸿洲,等.基于CAE技术的注塑模组合型腔流动平衡设计及工艺分析[J].计算机辅助工程,2013,22(4):62-66. DOI:10.3969/j.issn.1006-0871.2013.04.013.

[4] 王波,王震,田志飞,等.组合型腔注塑模浇注系统的平衡设计与优化[J].塑料工业,2011,39(8):62-64.

[5] 陈为国,李和平.非平衡浇注系统的人工平衡设计与数值仿真[J].模具工业,2006,32(5):38-43. DOI:10.16787/j.cnki.1001-2168.dmi.2006.05.011.

[6] 王振飞,陈静波,刘春太,等.基于流动模拟的注射模流动平衡设计[J].模具工业,2000(8):13-16. DOI:10.16787/j.cnki.1001-2168.dmi.2000.08.004.

[7] 王艳萍.多腔注塑模具浇注系统的平衡研究[J].塑料科技,2010,38(6):77-79. DOI:10.15925/j.cnki.issn1005-3360.2010.06.013.

[8] 姜开宇,横井秀俊.注射成型过程熔体前沿充填不平衡现象的试验研究[J].机械工程学报,2009,45(2):294-300. DOI:10.3901/JME.2009.02.294.

[9] 袁根华.基于CAE鼠标多腔异件模具与流动平衡性设计[J].中国塑料,2014,28(7):100-104. DOI:10.19491/j.issn.1001-9278.2014.07.020.

[10] 陈开源,程国飞.基于Moldflow的手电筒注塑模组合型腔流动平衡优化设计[J].塑料,2017,46(1):68-71.

[11] 时虹.Moldflow在不对称薄壳注塑件浇注系统中的平衡优化[J].现代塑料加工应用,2014,26(5):45-48. DOI:10.3969/j.issn.1004-3055.2014.05.013.

[12] 王传洋,沈剑.薄板注塑成型浇注系统的设计与优化[J].机械设计与制造,2013(9):131-133. DOI:10.19356/j.cnki.1001-3997.2013.09.040.

[13] 曾喜生,林启权.基于Moldflow软件的多腔注塑模浇注系统设计[J].现代机械,2010(6):33-34,52. DOI:10.13667/j.cnki.52-1046/th.2010.06.006.

[14] 尤芳怡,戴秋莲,刘晶峰.Moldflow辅助壳形注塑件变形分析及其加强筋的优化设计[J].华侨大学学报(自然科学版),2013,34(4):376-379. DOI:10.11830/ISSN.1000-5013.2013.04.0376.

[15] 申开智.塑料成型模具[M].2版.北京:中国轻工业出版社,2002.

[16] 唐明真,胡青春,姜晓平.多型腔注塑模浇注系统设计及CAE分析[J].塑料工业,2009,37(6):32-35. DOI:10.3321/j.issn:1005-5770.2009.06.009.

(责任编辑:黄晓楠 英文审校:崔长彩)