

搭扣注射成型的 CAE 模拟研究

陈傲东

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要 运用 Moldflow 软件, 对塑料搭扣的填充过程进行模拟研究。先进行最佳浇口位置分析, 对两套浇口方案进行综合对比。然后进行 DOE 分析, 找出对填充影响最大的工艺参数, 并且根据实验结果确定了最佳的参数组合。最后再利用获得的实验参数进行填充分析, 分析结果表明, 在该组参数下熔体填充良好。

关键词 搭扣 注射成型 CAE 模拟 Moldflow

随着计算机技术的日益发展, 计算机辅助工程 (CAE) 技术已被广泛应用于现代制造业, 包括高分子材料的加工领域。利用注射成型 CAE 技术可以预测产品可能存在的缺陷, 及时对产品的外形结构、流道系统、冷却系统及工艺参数等进行优化, 从而提高设计质量, 降低开发成本, 缩短试模周期。笔者运用 Moldflow 软件对搭扣塑料件进行模拟分析, 并对工艺参数进行优化, 从而实现搭扣的完整填充。

1 搭扣的结构与材料

搭扣的结构如图 1 所示, 其属于薄壁塑料件。在填充试验中, 有很多塑料件没有完全填充, 有的中间部分没有填满, 而有的连流道部分也没有填满, 短射现象严重, 如图 2 所示。实验采用的填充材料为 (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯) 共聚物 (ABS), 注塑机型号为 Babyplast 6/10p。



图 1 搭扣结构

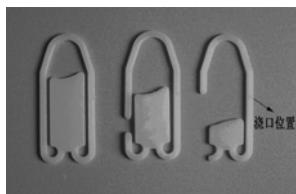


图 2 搭扣短射

发生短射主要是熔体流动阻力过大或其它妨碍足量高分子熔体射入型腔的原因造成的^[1], 具体包括以下方面: (1) 进料不足。可能是螺杆速率过低, 注塑压力不足或进料被异物堵塞等原因造成。(2) 熔体流动性不足。影响因素可能是模具温度或熔体温度太低。(3) 流动阻力过大。如浇注系统设计不

合理会导致熔体的流动受限, 浇口位置不当或流道与浇口之间的距离太长也会造成流动阻力过大。(4) 排气不充分。排气系统设计不合理, 造成气体没有及时排出, 使型腔内的压力过大从而导致填充不足。(5) 工艺参数设置不合理。如熔体温度过低, 较低的料温会使熔体的流动性能下降, 使得充模长度缩短。而较低的模具温度会使聚合物过早冷却, 从而无法填充整个型腔等。

避免产生短射的主要措施有: (1) 选择粘性较小的材料, 使其易于填充, 并且所需的注塑压力也较小。(2) 改进制件设计, 使射出的熔体容易流动, 如避免死角、锐角设计等。(3) 设计合理的排气系统, 使气体及时排除。(4) 调整工艺参数, 如提高注射速率、熔体温度、模具温度等, 使填充能顺利完成。

在实际操作中, 工件的几何现状和模具结构一般都已经固定下来, 所以调整工艺参数对优化塑料件质量显得尤为重要。笔者建立有限元模型对搭扣进行最佳浇口位置分析, 并对其填充过程进行 DOE 分析, 从而确定最佳的工艺参数组合。

2 搭扣的 CAE 分析

2.1 分析前处理

在 CATIA 中建立搭扣的三维模型, 将其保存为 STL 格式, 再导入到 MPI 中分析。采用表面网格 (Fusion) 类型命令进行网格划分。

2.2 浇口位置分析

浇口是浇注系统的关键部分, 它起着调节、控制料流速度、补料时间、防止倒流及在多型腔中起着平衡进料的作用^[2]。浇口位置的设计直接关系到熔体在型腔内的流动, 从而影响聚合物的分子取向、产品成型后的翘曲。同时, 浇口的设计还应该有利于减少熔接痕数量和提高熔接痕强度, 浇口的位置和

数量是产生熔接痕的主要原因。

初始浇口设计选择两种方案,方案 1 浇口位置设在制件中央处,方案 2 浇口位置设置在边缘处。在 Moldflow 中选择分析类型 Gate Location,分析结果如图 3 所示。从图 3 可知,最佳浇口位置在制件的中央处,其次是制件两边区域。

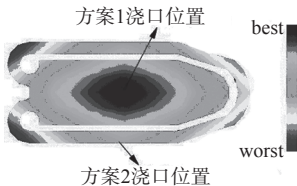


图 3 最佳浇口位置分析

在相同参数下对这两种方案再分别进行填充分析,对填充结果进行对比,结果发现: (1) 两种方案都只有一处有熔接痕,其中方案 2 熔接痕的角度小于方案 1; (2) 方案 2 制件有 2 处可能出现气穴,方案 1 制件有 3 处可能出现气穴; (3) 方案 2 的分子流向好于方案 1,单一的分子流向有均匀的收缩和应力,而分子流向不同会导致流痕、高剪切应力及翘曲; (4) 其它分析结果如填充时间、加权平均温度、剪切率等都差别不大。通过综合分析和比较,确定采用方案 2 的浇口位置方案。

2.3 DOE 分析

实验设计 (DOE) 分析是按照优化方法通过设计一系列的实验,以最少数量的实验完成所有实验参数在不同实验水平上组合的全部实验,确定出各个实验参数对实验目标的影响度大小,从而可以调节对实验目标影响最大的实验参数进而取得更好的实验结果,同时还可以获得各个实验参数的最佳水平组合^[3]。

Moldflow 中的 DOE 分析提供 Taguchi 和 Factorial 两种实验设计方法。Taguchi 方法通过运行数目较少的一组优化实验,确定出对实验目标影响最大的实验参数。Factorial 方法运行的实验数目要多于 Taguchi 方法,它用以确定实验参数的最佳实验水平组合。笔者运用 Taguchi 和 Factorial 实验相结合的方法,对搭扣的填充过程进行分析。Taguchi 实验分析出填充过程中较重要的 4 个工艺参数,分别为注射时间 (t_i)、熔体温度 (T_b)、模具温度 (T_m) 和整体厚度增量 (GTM)。表 1 为 DOE 实验的因素、水平。

表 2 为 Taguchi 实验结果。从表 2 可以看出,熔体温度对流动前沿温度的影响最大,所占的权重为 97.41%,其它 3 个参数所占权重很小,可以忽略;对

表 1 DOE 实验的因素、水平

水平	t_i / s	T_b / $^{\circ}\text{C}$	T_m / $^{\circ}\text{C}$	GTM / mm
1	0.10	200	40	0.95
2	0.30	230	60	1.00
3	0.50	260	80	1.05

表 2 Taguchi 实验结果

标准权重	控制参数	权重 / %
流动前沿温	T_b	97.41
	t_i	2.55
	T_m	0.03
	GTM	0.00
剪切应力	T_b	21.17
	t_i	21.17
	T_m	57.57
	GTM	0.02
综合质量	T_b	25.52
	t_i	27.58
	T_m	46.85
	GTM	0.00

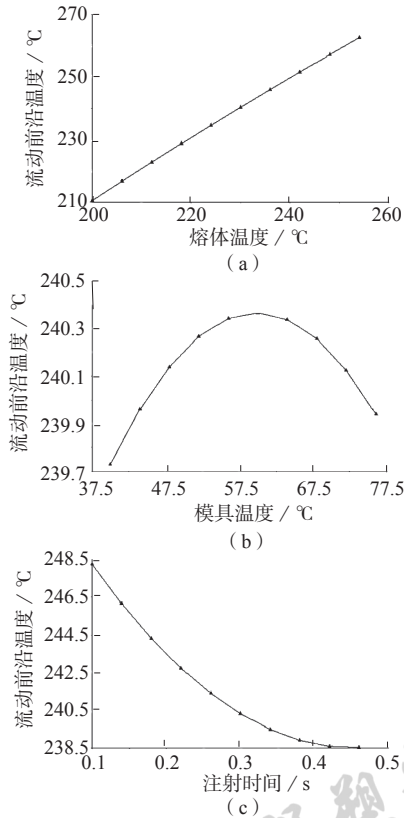
剪切应力影响最大的参数是模具温度,权重为 57.57%,注射时间和熔体温度所占权比重都是 21.17%,GTM 的权重很小;模具温度对综合质量影响最大,权重为 46.85%,注射时间和熔体温度所占权重分别为 27.58% 和 25.52%。可见,模具温度和熔体温度对熔体的填充影响较大,其次是注射时间,而 GTM 值对熔体的填充影响很小,可以忽略。

下面将分别从流动前沿温度、剪切应力和注塑压力三项 Factorial 实验优化结果来分析最佳的实验参数组合,其中输入参数分别是熔体温度、模具温度和注射时间。

在塑料件较薄的地方,如果流动前沿温度过低,可能会产生迟滞效应和短射现象;而流动前沿温度过高会导致制件表面缺陷,还会导致塑料的降解。图 4 为流动前沿温度的分析结果。

从图 4 可知,熔体温度与流动前沿温度几乎成正比,熔体温度增大,流动前沿温度随之增大;模具温度对流动前沿温度的影响不大,流动前沿温度的变化范围不到 1°C ;增加注射时间会使流动前沿温度降低,但变化范围并不大 (10°C)。由此可见,熔体温度决定了流动前沿温度,对流动前沿温度的影响最大。在本实验中,应该取较高的流动前沿温度,以避免产生迟滞效应和短射现象,同时也更有利于熔体的流动填充。所以熔体温度应该取较大的值。

剪切应力的大小对熔体填充和塑料件质量有着重要的影响。一方面,熔体粘度会随着剪切应力的增大而下降,呈现典型的“剪切变稀”行为^[4],粘度降低使得熔体相对容易充模成型,节省能耗,减少机器磨损。另一方面,剪切应力的值应该小于塑料的



a—熔体温度; b—模具温度; c—注射时间

图 4 流动前沿温度分析

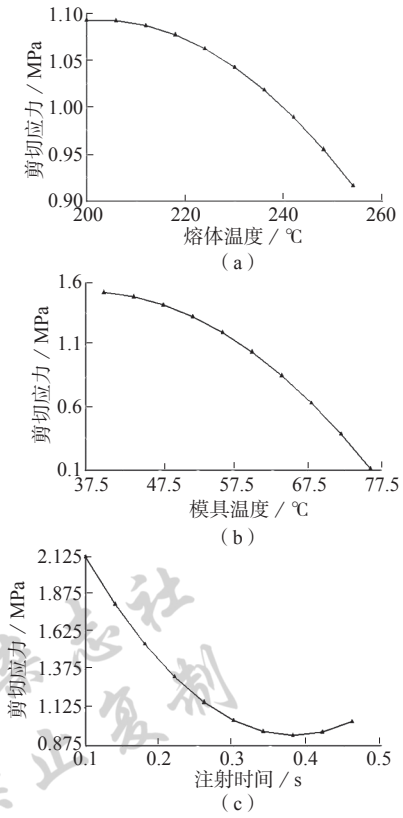
最大剪切应力, 否则会导致塑料降解, 而且塑料件在出模顶出的过程中或在以后的使用中, 容易出现应力裂痕。图 5 为剪切应力分析结果。

查阅 Moldflow 中的材料属性, ABS 的最大剪切应力为 0.28 MPa。从图 5a 和图 5c 可看出, 剪切应力值大大超过了塑料的最大剪切应力, 所以应该取较高的熔体温度 (高于 240℃), 而注射时间取 0.4 s 左右为宜。从图 5b 可知, 模具温度至少应该大于 72.5℃。

图 6 为注塑压力分析结果。从图 6 可以看出, 熔体温度、模具温度和注射时间都与注塑压力反相关, 而完成填充所需要的注塑压力值越小越好, 所以这 3 个参数都应该取较大的值。

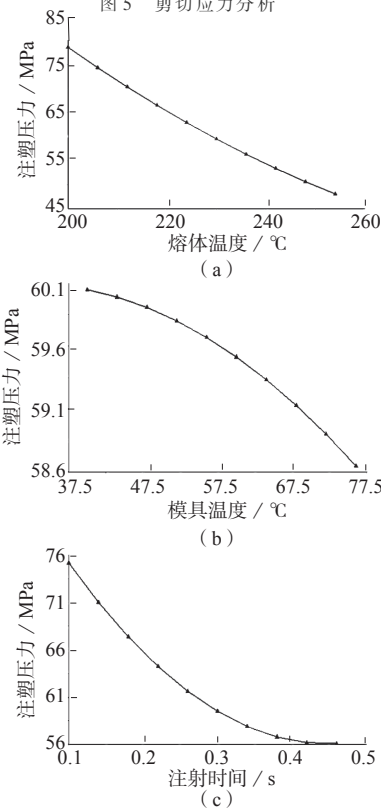
综合以上分析, 确定了对填充影响较大的这 3 个工艺参数的值分别为: 熔体温度为 250℃, 模具温度为 75℃, 注射时间为 0.4 s。

利用这 3 项参数的值, 再进行填充分析。分析结果显示, 熔体能够完全填充, 剪切应力值都小于 0.28 MPa, 只有浇口处的剪切应力较大; 而且流动前沿温度十分均衡, 波动很小, 分析结果很理想, 如图 7 所示。



a—熔体温度; b—模具温度; c—注射时间

图 5 剪切应力分析



a—熔体温度; b—模具温度; c—注射时间

图 6 注塑压力分析

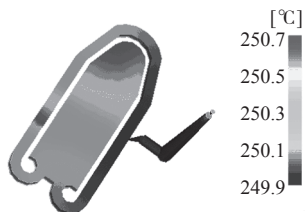


图7 流动前沿温度分布图

3 结论

利用 Moldflow 软件对搭扣进行了 CAE 分析。先进行浇口位置分析,确定出最佳的浇口位置,然后进行 DOE 填充分析,找到对填充影响较大的 3 个工艺参数:熔体温度、模具温度和注射时间。再利用 DOE 分析中的 Factorial 方法,选择其优化结果中的

流动前沿温度、剪切应力和注塑压力为分析对象,分析 3 个工艺参数对分析对象的影响,从而得出较优的一组工艺参数值。最后再利用这组工艺参数进行填充分析,模拟结果令人满意。

参考文献

- [1] 刘琼,吴向红,吴梦陵,等.塑料注射 Moldflow 实用教程[M].北京:机械工业出版社,2008:12-18.
- [2] 齐晓杰,陈绮丽,张旭,等.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:机械工业出版社,2007:118-131.
- [3] 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,2004:152-165.
- [4] 吴其峰,巫静安.高分子材料流变学[M].北京:高等教育出版社,2002:6-7.

CAE ANALYSIS OF PLASTIC CLASP FILLING PROCESS

Chen Aodong

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT Moldflow software is used to simulate the plastic clasp filling process. The best gate location analysis is processed and two sets of gate location plans are comprehensively analyzed. Then the DOE analysis is exploited to find out the process parameter which has greatest influence on plastic piece filling process, and optimal parameters are ascertained according to the experimental results. Finally the experimental parameters obtained are utilized in the filling process analysis. The analysis results indicate that the plastic piece is fully filled under this group of parameters and the problems of plastic molding filling are solved correspondingly.

KEYWORDS clasp, injection molding, CAE simulation, Moldflow

优惠销售 2000 ~2009 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000 ~2009 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 10 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,尤其突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析,应对 REACH、RoHS 的对策等行业规则、政策。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》,优惠价为 260 元/套,单册价格如下:

《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,50 元/册;

《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,45 元/册;

《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 343 页,40 元/册;

《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 346 页,含中国工程塑料工业“十一五”发展规划,35 元/册;

《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 338 页,30 元/册;

《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 337 页,25 元/册;

《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 105 篇,正文 373 页,20 元/册;

《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,20 元/册;

《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》,论文 80 篇,正文 270 页,20 元/册;

《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 339 页,20 元/册。

2. 论文集光盘,优惠价为 170 元/盘。

本光盘除收录上述 10 本《论文集》的全部内容外,还包括约 2000 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者,请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮局汇款

收款单位:山东济南市 108 信箱杂志社 邮编:250031

电话:(0531) 85878057 85878223 85878278

传真:(0531) 85947355 85878057

银行汇款

户名:中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

帐号:1602001229014425546

网上订购 <http://www.epa1973.com>