

基于 MPI 的注塑三通管件变形分析

宋财福 张 鹏 钟健灵

(广东工业大学材料能源学院,广州 510090)

摘要 影响注塑制品翘曲变形的因素很多,在产品结构、材料不变的情况下,利用 MPI 软件对 Y 型聚乙烯 (PE) 三通管件进行模拟分析,找出影响其孔口失圆的主要原因是 PE 材料的收缩性能,同时根据模拟结果对模具结构、注塑工艺进行优化,从而减少孔口变形,使产品满足市场需求。

关键词 三通管件 MPI 软件 变形失圆

塑料管道是三类主要化学建材产品之一,已成功被列入《国家化学建材推广应用“九五”计划和 2010 年发展规划纲要》。根据纲要,中国成为仅次于美国的全球第二大塑料管材、管件生产和应用大国^[1]。但由于受材料本身性能、注塑工艺参数、模具结构等的综合影响,制品容易出现熔接痕、银丝纹、气泡等质量问题,从而导致管件与管道对接难、堆焊重叠面积小、容易开裂漏水等。

澳大利亚 Moldflow 公司的 MPI 模流软件可以很精确地模拟熔体在不同注塑设备和注塑工艺下在模腔中的流动,为用户提供不同时刻的应力场、速度场和温度场,能够准确预测制品缺陷产生的位置及时间,从而大大地缩短产品的开发周期、降低生产成本、提高原材料利用率、保证产品质量^[2-3]。笔者以某市政管道公司用于同层排水的 60°Y 型聚乙烯 (PE) 三通管件新产品为例,根据公司原模具结构及注塑工艺,利用 MPI 软件进行模拟,找出影响孔口变形失圆的主要原因,并优化它们以期减少变形失圆。

1 模拟分析前处理

该产品为 Y 型三通管件,夹角为 60°,外径 110 mm,内径 100.4 mm,壁厚 4.8 mm,最大轮廓尺寸为:267 mm × 279 mm × 110 mm,属于厚壁管件,主要用于同层排水,管所承受的压力不大,对外观要求不高。

1.1 产品建模及前处理

用 UG4.0 进行三维造型,经转换后导出 .stp 格式的文件,并通过 MDL 导入 Cad doctor 3.0 进行破面修复及去除不重要的小圆角,将导出的 .udm 格式文件导入 MPI 后生成双层面网格 (Fusion) 模型并进行网格划分及修补,如图 1 所示。网格质量统计如图 2 所示,有限元网格数 15 080,节点数 8 126,最大纵横比小于 6,匹配率达 97.9%,完全可以进行 Warp



图 1 Y 型 110° 三通管件 Fusion 模型

最小纵横比	1.155000
最大纵横比	5.928000
平均纵横比	1.569000
匹配率	97.9%
互惠百分比	99.8%

图 2 网格质量统计

分析。

1.2 注塑机及材料的选择

注塑机采用海天的 TTI350,最大注塑压力 3 500 kN,螺杆直径 70 mm,最大射程 280 mm,最大注射速率 340 cm³/s。产品实际所用材料为法国 AtoFina 公司的中密度聚乙烯 (MDPE) 3802B,其具有流动性好、收缩范围大、易取向、易产生翘曲变形等特点,因此笔者选用材料库中 Fina Oil 公司的 Finathene 3802B 作为替代。

1.3 设置工艺参数

本模拟直接采用 MPI 推荐的成型条件,即模具温度 48℃,熔料温度 210℃,开模时间 5 s,原始方案所用的产品成型周期、注射曲线、保压曲线都是经优化后使用的,如图 3、图 4 所示。

2 原始方案

原设计方案是将浇口放于 Y 型的一分支处(取该分支为 I 分支,另一分支为 II 分支,Y 型根部为 III 分支,下同),距离该分支末端 29 mm,采用 8 mm

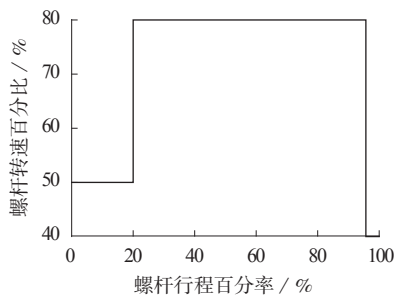


图3 原始方案产品的注射曲线

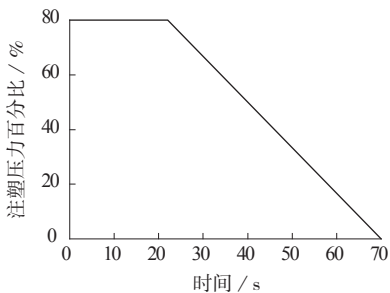


图4 原始方案产品的保压曲线

的圆形单浇口, 型腔、型芯均采用挡板水路, 共 5 条, 其 MPI 模型如图 5 所示。

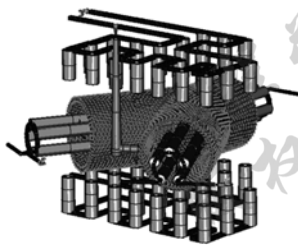


图5 原始方案的 MPI 模型

2.1 填充时间

整个产品注塑时间为 4.3 s, 3 个分支填充时间分别是: 0.340、3.927、4.247 s, 其中最先填充的 I 分支较最后填充的 III 分支早 3.907 s, 如图 6 所示。

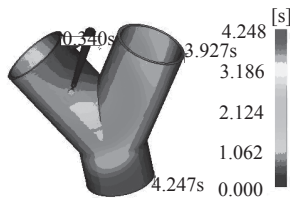


图6 注射时间

2.2 锁模力及注塑压力

在 V/P 转换点的压力接近于最大注塑压力, 为 55.87 MPa, 最大锁模力为 2902 kN, 为注塑机最大锁模力的 64.4%, 在其允许的 80% 最大注塑压力范围之内。

2.3 熔接痕与气穴

熔接痕与气穴位于分型面处, 气体可从分型面

逸出, 故产生的可能性不大。

2.4 表面温度和体积收缩

经分析知, 表面温度比较均匀, 说明冷却效果较好, 但最大温度位置位于三分支交叉处, 该处体积收缩、缩痕指数较大, 会导致大的变形。

2.5 变形分析

产品最大的总体变形位于 Y 型根部为 2.488 mm, 绝大部分是由于收缩引起, 冷却因素引起的仅为 0.088 mm, 如图 7 ~图 9 所示, 分子取向因素可忽略不计, 各分支平行分型面方向(横向) 和开模方向(纵向) 收缩率如表 1 所示。

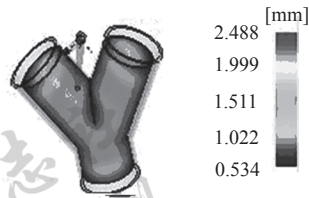


图7 原始方案总体变形



图8 原始方案收缩引起的变形

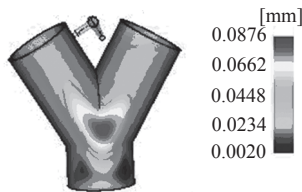


图9 原始方案冷却引起的变形

表 1 原始方案收缩率

项 目	分支号 I	分支号 II	分支号 III
横向收缩率 / %	-0.23	0.23	-0.24
纵向收缩率 / %	1.35	1.37	2.18
失圆率 / %	1.17	0.83	1.11

3 注塑方案的优化

原始方案中, 浇口容易除去, 熔接线位于分型面处, 无气泡产生, 但产品流长较长, 压力降、温度较大, 对注塑设备要求较高; 填充所需时间长, 熔融料流到达各个末梢的时间不等, 使得先填充完全的末梢易产生过保压, 产生大的变形, 故应对其进行优化。

进行 Gate Location 分析, 得出最佳单浇口位置处于 Y 型两分支交叉处 Node3965 处, 如图 10 所示, 考虑到该点不利于模具设计, 经综合考虑改取最优

浇口于三分支汇合的 Node53356 处, 在产品外观及质量允许范围内, 采用直浇口方式, 同时冷却水路在原来的基础上将 Y 型交叉处的挡板水槽加深了 40 mm, 如图 11 所示。

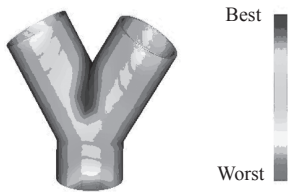


图 10 最佳浇口位置

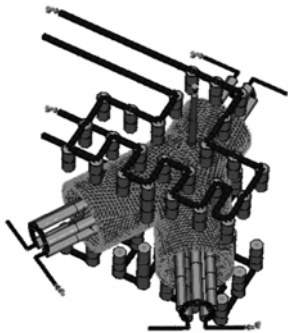


图 11 优化方案的 MPI 模型

优化后产品的注射曲线、保压曲线如图 12、图 13 所示。

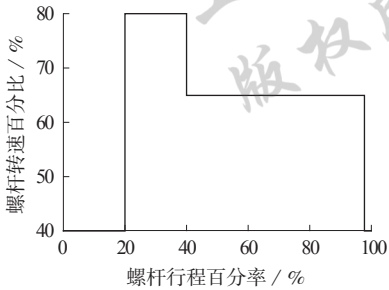


图 12 优化方案产品的注射曲线

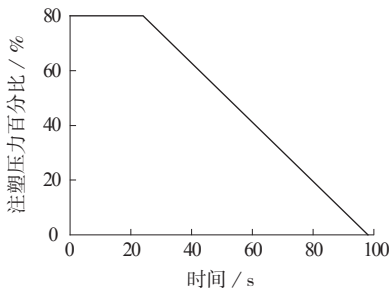


图 13 优化方案产品的保压曲线

3.1 填充时间

I、II 分支所用时间相等, 约为 4.2 s, 是整个产品最后填充时间, III 分支填充完全时为 2.7 s, 与前两者间隔 1.5 s, 3 个分支的填充时间差大大缩短, 减少了过保压的风险。

3.2 最大注塑压力与锁模力

在 V/P 转换点的压力为 40.37 MPa, 锁模力约为 2 156 kN, 比原始方案分别减少了 27.7%、25.7%, 大大减少对注塑设备的要求, 降低了能耗。

3.3 熔接痕与气穴

熔接痕位于料流前锋交汇处, 呈 Y 字形, 如图 14 所示, 在熔体温度较高的情况下, 熔接痕的强度较高, 对产品质量影响不大, 但该处排气不方便, 故需专门开设排气槽。

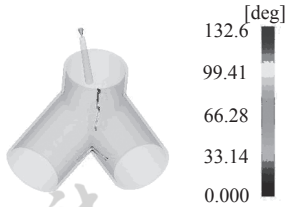


图 14 熔接痕

3.4 体积收缩与缩痕指数

整个产品各处体积收缩比较均匀, 其收缩率范围为 2.25% ~ 2.95%, 同时由于 Y 型三分支交叉处得到了加强冷却, 该处缩痕指数为 0, 不会产生缩痕。

3.5 变形分析

管件由于收缩引起的总体变形只有 1.728 mm, 由冷却引起的收缩降至 0.0497 mm, 如图 15、图 16 所示, 三分支纵、横方向的收缩率如表 2 所示。由表 2 可知, 通过 Moldflow 模流分析优化后的方案中 III 分支的失圆率减小, 管件孔口的失圆得到了有效控制, 尤其是 III 分支基本接近圆形。

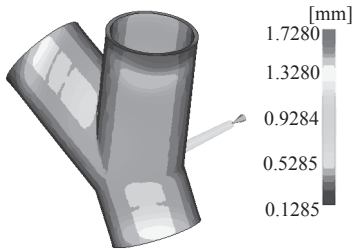


图 15 优化后的总体变形

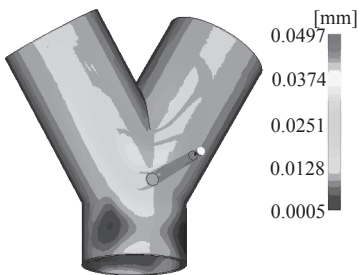


图 16 优化后冷却因素引起的变形

表 2 优化方案收缩率

项目	分支号 I	分支号 II	分支号 III
横向收缩率 / %	1.40	1.35	0.87
纵向收缩率 / %	0.61	0.69	0.57
失圆率 / %	0.56	0.49	0.35

表 3 两方案实际收缩数据

项 目	原始方案			优化后的方案		
	I	II	III	I	II	III
横向收缩率 / %	-1.04	0.7	-0.53	3.15	3.89	3.74
纵向收缩率 / %	5.44	4.23	4.89	1.80	1.89	1.26
失圆率 / %	1.19	0.83	1.11	0.56	0.49	0.34

3.6 结论与验证

优化后的直浇口进胶时,熔体从喷嘴直接通过浇口进入型腔,熔料流程短,节省了原料,同时压力和热量损失都较小;浇口截面大,浇口凝固时间较长,使得保压补缩效果好;浇口位置位于中心,熔体进入型腔后成扩展流动充模,分子为多轴取向^[4],水平方向与垂直方向收缩差距减小;模具结构简单,同时由于用于排水的三通管件管内压力不大,对于外观要求也不高,故虽然直浇口去除较难,去除后表面疤痕很大,但亦可忽略不计。两方案实际加工出来的管件各孔口数据所得的收缩率与模拟结果相似,如表 3 所示,进一步验证了模拟的准确性。

4 结语

PE 管件孔口变形一直困扰着注塑管道行业,在

产品设计已经完成、结构无法改变、材料亦已确定的情况下,单凭实践经验很难发现问题的实质,通过 CAE 分析找出影响变形的最大原因是材料本身的收缩,通过有目的地优化模具结构及成型工艺来减少变形失圆为最佳选择。

参考文献

[1] 工程塑料应用编辑部. “十一·五”期间塑料管道发展目标[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(9): 30.
[2] 陈戈, 陈建. Moldflow 的变形分析及其应用[J]. CAD/CAM 制造业信息化, 2003, 2(3): 151 - 152.
[3] 高月华, 王希诚. 注塑制品的翘曲优化及影响因素分析[J]. 化工学报, 2007, 58(6): 1575 - 1580.
[4] T. A. 奥斯瓦德, L. 特恩格, P. J. 格尔曼. 注射成型手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

BASED ON MPI ANALYSIS ON WARPAGE OF THE THREE-WAY PIPE FITTING
IN PLASTIC INJECTION MOLDING

Song Caifu, Zhang Peng, Zhong Jianling

(Institute of Materials Science and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

ABSTRACT Many factors affected the warpage of plastic products. The warpage of the Y-shaped pipe fittings in the injection molding was simulated by means of Moldflow Plastic Insight under the same circumstances of product structure and materials. the results showed that the main factor was the unbalanced shrinkage of the PE. The die design and processing parameters were optimized to reduce the deformation according to the results of simulation, manufactured by the optimized die and processing and the products could meet the market demand.

KEYWORDS Three-way pipe fitting, MPI software, Deformation, out of round

《食品用塑料自粘保鲜膜》新标准 12 月起实施

保鲜膜是家中最常见的用品之一,但仍有许多消费者不知道保鲜膜不能加热、不宜包裹油脂类食品。不过,今后消费者购买保鲜膜将会“一目了然”,了解哪些保鲜膜可用来包装食品及包装注意事项。

由国家质检总局和国家标准化委员会发布的《食品用塑料自粘保鲜膜》将从 12 月起正式实施。新标准与原来相比,增加了对原料的技术要求,对于使用的树脂要求必须为“食品级”原料;而且,可用于包装食品的保鲜膜将标识“食品用”字样,并将标示出“不能接触带油脂食品”、“不得微波炉加热”、“不得高温使用”等警示性语言。

据了解,聚氯乙烯(PVC)膜也是可用于食品包装的一种保鲜膜,但对人体的安全性有一定影响。而在新标准中,商家用 PVC 保鲜膜直接包装肉食、熟食及油脂食品的行为被明令禁止。(中聚网)

高效环保硬质发泡聚苯乙烯生产线问世

总部位于德国汉诺威的贝尔斯托夫(Berstorff)公司最近向一家意大利顾客交付了一条硬质发泡聚苯乙烯(XPS)板的高效生产线,并投入试运转。新型 Schaumtandex ZE110/KE400 是双螺杆挤出机与单螺杆挤出机的组合。它令 Sirap Gema 绝缘系统公司把 XPS 的生产能力提高到两倍以上。该生产线适合使用与环境相协调的发泡剂,如 CO₂。

随着试运行这条额定最大生产能力为 1500 kg/h 的新生产线, Sirap Gema 现在运行着几条硬质 XPS 发泡板的生产线,主要销往意大利的建筑行业。XPS 板的平均密度为 35 kg/m³,其特色是一种闭室的均匀泡沫结构,具有高稳定性和压缩强度,同时抗吸水稳定性突出,满足了特别是压应力与极湿条件下用途中越来越多的需求。除了 XPS 板以外, Sirap Gema 公司的产品种类还包括了膨胀型聚苯乙烯板(EPS)板,象 XPS 板一样,在建筑业中被用作绝缘。(中色网)