

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.03.012

Moldflow 在注射压缩成型中的应用

李小林,洪剑城

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要:以厚壁圆盘为例,详细论述了 Moldflow 在注射压缩成型中的应用过程。通过模拟分析确定了浇注系统,得到了注射压缩成型厚壁塑料制品的最大注塑压力、缩痕分布情况、冷却时间和引起翘曲变形的主要因素,从而为注射压缩成型模具结构设计及工艺参数设置提供一定的指导。

关键词:注射压缩成型; Moldflow; 厚壁圆盘

中图分类号: TQ320.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)03-0049-04

Application of Moldflow in Injection-Compression Molding

Li Xiaolin, Hong Jiancheng

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The application of Moldflow software in injection-compression molding was expounded in detail with a thick-wall disk as an example. The gating system, maximum injection pressure, distribution of shrinkage mark, cooling time and main factor that caused warping deformation of thick-wall plastic part prepared by injection-compression molding were gained through simulation analysis. The use of Moldflow could guide the mold structure design and technics parameters setting of injection-compression molding.

Keywords: injection-compression molding; Moldflow; thick-wall disk

注射压缩成型(简称注压成型)是传统注射成型的延伸,是注射和压塑的组合成型技术。注压成型开始时,初次合模,用较小的锁模力使模具在型腔厚度稍大于塑料制品厚度的位置上闭合,型腔封闭且保留一定的压缩间隙,此时的型腔称为初始型腔,用于成型制品形状的型腔则称为制品型腔;然后向初始型腔中注射精确计量的熔融树脂,由于初始型腔厚度较大,模腔压力较低,因此可以采用较低的注塑压力,从而可以有效降低由充模引起的内应力;注射完毕或注射同时,合模装置接受到控制信号开始第二次合模,立即增大锁模力并推动带有动模的动模板前进,通过动模型芯对初始型腔内的物料进行压缩,使其充满整个制品型腔;模具完全闭合后,制品型腔内的物料在压缩作用下取得精确形状,并开始冷却;制品型腔内的物料完全冷却定型后即可开模取出制品^[1]。

由于模具型腔内的熔体在压缩时获得均匀的压力,从而使注压成型能够生产出具有高尺寸稳定性、高精度及低残余应力要求的塑料制品。但以往注压成型模具主要根据设计者的经验进行设计,模具生产周期长,模具费用和生产成本高,不能综合考

虑各种影响因素。故利用 CAE 技术(如 Moldflow)对塑料制品的注压成型进行模拟分析以指导注压成型模具的设计和工艺参数的设置极为必要。但目前 Moldflow 在注压成型中的应用较少,所以笔者以厚壁圆盘为例,详细介绍 Moldflow 软件在注压成型中的应用。

1 塑料制品模型结构及尺寸

图 1 为厚壁圆盘模型,最大直径 120 mm,中间薄壁区域直径 72.5 mm,边沿厚壁区域厚 20 mm,中间薄壁区域厚 5 mm。该制品模型壁厚较大,比一般注射成型的塑料制品壁厚厚很多,同时存在明显的厚薄变化。现用 Moldflow 6.1 软件对该塑料制品模型进行注压成型模拟分析。

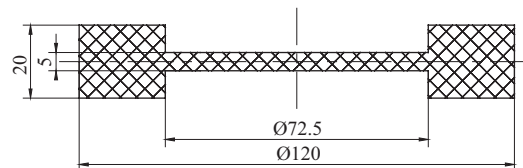


图 1 厚壁圆盘模型尺寸

联系人: 李小林,主要研究方向为高分子材料成型模具及其优化设计

收稿日期: 2011-12-26

2 前置处理

2.1 模型导入及网格划分

用 Pro/E 进行三维造型,并创建冷却水道曲线,如图 2 所示,其中 3 号水道位于制品侧壁的中面平面上,1,2 号与 5,4 号上下对称布置于制品的两侧,距离制品中间平面 35 mm。将模型导入 Moldflow 软件,依次对制品和水道进行网格划分。网格划分类型必须选择中面模型,因为在 Moldflow 中仅中面模型才能支持注压成型的模拟分析。制品网格划分的“全局网格边长”采用软件默认值 7.54 mm。划分网格后,利用“网格诊断”中的网格诊断工具对网格的纵横比、交叠单元、单元定向、连通域及自由边等依次进行诊断,如果诊断结果存在不合理的网格,利用“网格工具”里对应的网格工具对不合理网格进行处理,直至所有网格符合要求为止。水道网格划分设置水道截面尺寸,如表 1 所示。水道网格划分的“全局网格边长”设为 10 mm。划分网格后,设置冷却介质入口,选择 25℃ 的水作为冷却介质。

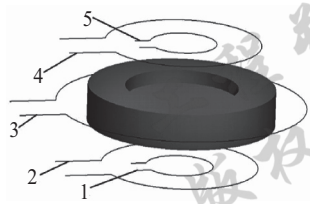


图 2 厚壁圆盘的三维造型及水道曲线

表 1 水道截面尺寸

水道	截面形状	宽/mm	高/mm
1,5 号	矩形	13	5
2,4 号	矩形	15	6
3 号	矩形	5	20

2.2 分析类型及分析次序设置

在 Moldflow 中选择“Flow+Cool+Flow+Warp”作为模型分析类型及分析次序。

2.3 成型材料选择

成型材料选用玻璃纤维(GF)增强聚丙烯(PP)材料,其中 PP 为 Soledi Italy 公司生产的牌号为 Niplene F 30 HF 的结晶型 PP,GF 质量分数为 30%。

2.4 成型工艺参数设置

注压成型基本工艺参数设置如表 2 所示。

注压成型工艺参数说明:

(1) 注射时间是指塑料熔体注射的体积达到 100% 设计的“型腔”体积时所经历的时间;

(2) 注压成型工艺中,成型制品所需的熔体量是在注塑阶段一次注射完成,即动定模相对于制品

表 2 注压成型基本工艺参数

注压成型工艺参数	设定值
注射时间/s	23
保压压力	100% 注塑压力
保压时间/s	1.5
冷却时间	自动
压缩距离/mm	1.4
静待时间 ¹⁾ /s	26
压缩时间 ²⁾ /s	1000
压缩结束后是否关闭进料口	是
其它	默认值

注:1) 静待时间是指从塑料熔体开始注入初始型腔直到动模开始压缩所经历的时间;2) 压缩时间是指动模开始压缩直到停止移动并完成压缩所经历的时间。

型腔打开的距离所形成的“型腔”空间可看成补缩的熔体量。因此在注射完成后并不需要补压,只需将熔体压实到制品型腔即可。故保压压力设为 100% 注塑压力,而且保压时间仅为 1.5 s,使得熔体在保压期间刚好充满整个型腔。

(3) 压缩距离是根据式(1)和式(2)计算得到的。

$$V_2 = [(V_1 \cdot \rho_1) / \rho_2] - V_1 \quad (1)$$

$$h_0 = V_2 / A \quad (2)$$

式中: V_2 ——塑料在顶出温度和熔融温度之间的体积膨胀量, cm^3 ;

V_1 ——塑料件设计体积, cm^3 ;

ρ_1, ρ_2 ——顶出温度、熔融温度时塑料的密度, g/cm^3 ;

h_0 ——动定模的开距,即压缩距离, cm ;

A ——塑料件在脱模方向的投影面积, cm^2 。

其中, V_1 为 164.22 cm^3 , A 为 113.01 cm^2 , ρ_1 为 $1.0939 \text{ g}/\text{cm}^3$, ρ_2 为 $0.99805 \text{ g}/\text{cm}^3$ (此处数据均由 Moldflow 数据库提供)。

(4) 由于 Moldflow 模拟时注射时间设定为 23 s, 因此静待时间 = 注射时间 + 保压时间 + 余量 (余量自定为 1.5 s)。故静待时间设定为 26 s。

(5) 压缩时间可认为是注压成型中的“保压时间”, 因此压缩时间值设得较大。

(6) 压缩结束后需关闭进料口, 防止在压缩时塑料熔体回流到注塑机中。

2.5 压缩表面设置

模拟分析注压成型与一般注射模拟分析不同的是必须设置“压缩表面”, 用于压缩过程模拟分析。该制品模型的压缩表面为整个制品的中间平面, 因此分别选取中心部分相同厚度 (即 5 mm) 的网格及边缘部分相同厚度 (即 20 mm) 的网格, 将其

属性由“制件表面”改为“压缩表面”,并保持其厚度参数不变。

3 计算机模拟分析及结果

当方案任务视窗中各项任务前都出现图标,表明所有的任务已经设定,即可进行分析计算。分析计算是 MPI 求解器自行运算的过程。

3.1 浇口最佳位置分析

最佳浇口位置分析结果如图 3 所示。由图 3 可知,可供选择的最佳浇口位置有五个区域,其中中间一个区域位于薄壁区,其余四个位于厚壁区域。同时考虑到如果浇口位于壁厚区域时可能会存在以下问题:①熔体从浇口进入截面积较大的型腔后可能产生喷射现象,从而形成表面和内部缺陷,降低塑料制品质量;②由于厚壁区域体积较大,充模阻力小,熔体会先充满厚壁区域,再向中心流动,造成塑料制品模型中心区域气体无法排出,出现短射、焦痕或跑道效应^[2]。因此,将浇口设在塑料制品的中心位置。

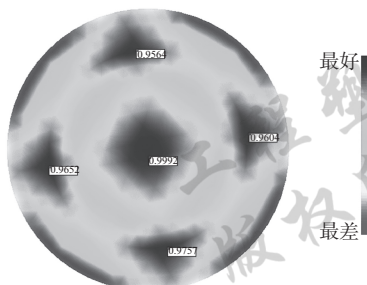


图 3 最佳浇口位置分析结果

3.2 浇注系统创建

由于制品壁厚较厚,型腔体积较大,为了快速地完成注塑过程,选用浇口尺寸较大的直浇口,如图 4 所示。其截面形状为圆形,小端直径 5.7 mm,大端直径 8 mm,长 69 mm。并在直浇口的小端设置进料口。

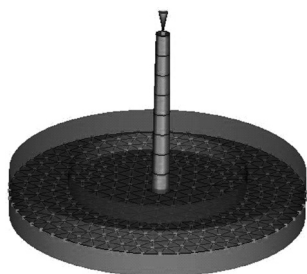


图 4 直浇口浇注系统

3.3 注塑压力分析

图 5 为 V/P 转换点时型腔内的压力分布。 V/P 转换点压力是指注塑机由速度控制向压力控制的转换点压力,可看成是最大的注塑压力。由图 5 可

知,注压成型的注塑压力比较小,仅为 3.992 MPa。其主要原因是注压成型开始注射熔体物料时动定模并未“闭合”,此时型腔比制品的实际型腔大,因此熔体流动空间较大,受到的阻力小,克服流动的阻力小,熔体充满型腔所需的压力相应降低。

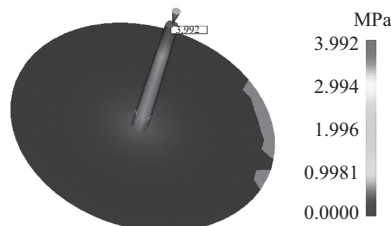


图 5 V/P 转换点注塑压力

3.4 缩痕分析

缩痕指数是指塑料制品表面缩痕或者内部缩孔的严重程度。缩痕指数为正时,数值越大代表缩痕或缩孔的程度越严重;缩痕指数为负时,代表过保压,其绝对值越大,说明过保压越严重。

图 6 为该塑料制品的缩痕指数分布情况。由图 6 可知,制品的厚薄交界区域缩痕指数为负值,说明该区域有过保压现象,但缩痕指数绝对值比较小,说明过保压并不严重。而厚壁区域缩痕指数由负值变成正值,并且在厚壁区越靠近边缘处的绝对值越大,说明在边缘处缩痕越严重,但最大值不超过 0.7%,这对于该厚壁制品来说是可以接受的。

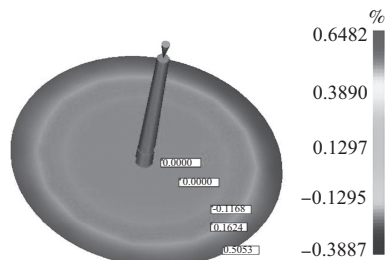


图 6 缩痕指数

3.5 冷却时间分析

冷却时间是塑料制品成型周期中的主要参数,从塑料熔体注入型腔开始,经压缩、冷却、凝固直至开模,所需要的时间通常占整个成型周期的一半以上,因此降低冷却时间对提高生产效率和充分利用成型机械的生产力均非常重要。可以通过模具冷却系统的优化设计来缩短冷却时间^[3]。由图 7 可知,该厚壁圆盘的冷却时间为 761.1 s。

3.6 翘曲分析

翘曲是由收缩不均引起的制品变形。收缩不均包括体积收缩不均、冷却不均和流动取向不均。图 8 为厚壁圆盘制品各个位置上的翘曲变形量。通过

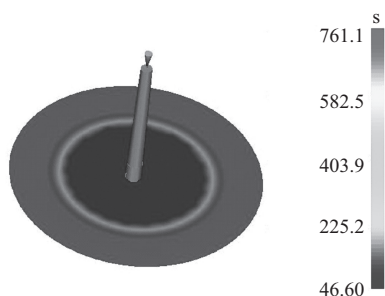


图7 制品冷却时间

进一步分析还可得知不同因素对翘曲变形量影响的大小,从而可以通过调节该影响因素来降低翘曲变形量。

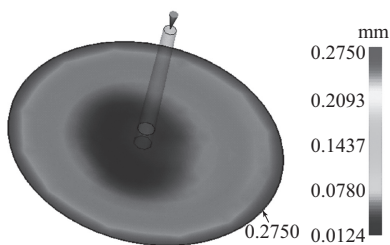
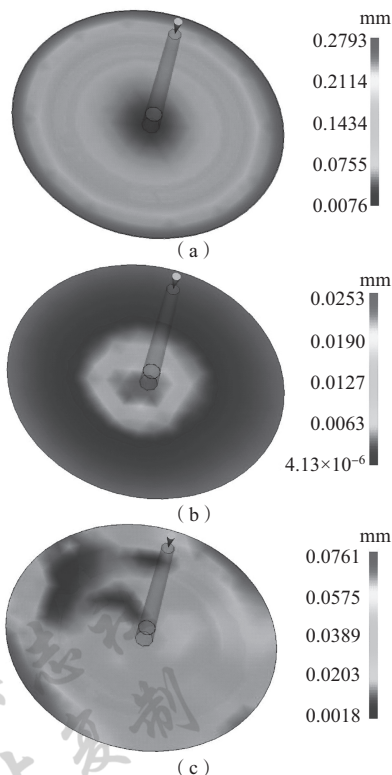


图8 翘曲分析结果

图9为体积收缩不均、冷却不均和取向不均三个独立因素对翘曲变形量的影响。由图9可知,体积收缩不均、冷却不均和取向不均引起的变形量分别是0.2793 mm、0.0253 mm、0.0761 mm,其中体积收缩不均引起的变形量最大,这说明体积收缩不均是引起该厚壁制品翘曲变形的主要原因。

4 结语

利用 Moldflow 软件对厚壁圆盘塑料制品的注压成型过程进行分析,在所设定的工艺参数条件下,确定了浇注系统,得到最大的注塑压力为3.992 MPa,边缘处的缩痕最严重,但不超过0.7%,冷却时间为761.1 s,引起翘曲变形的主要原因是体积收缩不均,其引起的变形量是0.2793 mm。因此,



a—体积收缩不均; b—冷却不均; c—取向不均

图9 不同因素对翘曲变形量大小的影响

可以通过模拟分析结果预测厚壁塑料制品在注压成型过程中可能存在的问题,了解产生问题的本质原因,进而指导制品、模具的优化设计及注压工艺参数的设置,有助于提高注压制品的成型质量,缩短开发周期并降低开发成本。

参考文献

- [1] 许菲. 注射压缩精密成型原理研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2010.
- [2] 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: 7-14.
- [3] 《现代模具技术》编委会. 注塑成型原理与注塑模设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996: 120.

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务,《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com)网站已开设“技术转让与合作”栏目,以方便买卖双方的有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让,公司新产品、新技术简介等方面。另外,为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象,《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍,人物专访等。来稿字数控制在5000字以内,可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,国内外公开发行,屡获国家期刊奖,是中国塑料行业的权威媒体,知名度高,发行量大,可确保您发布的信息有足够的浏览量。欢迎各有关企事业单位踊跃投稿!

投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址: 济南市天桥区田庄东路3号 邮编: 250031

联系电话: 0531-85878057