

POM 精密微型齿轮注射成型的 Moldflow 模拟分析

王汝海 严 正 李 波

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 以聚甲醛(POM)精密微型齿轮注射成型为例,展示 Moldflow 在精密微型注塑制品加工中的指导作用。结果表明,模温是 POM 精密微型齿轮加工参数中最为重要的影响因素,齿轮的齿顶边缘是最容易产生制品缺陷的区域。使用 Moldflow 对精密微型注塑制品的加工过程进行模拟,对其加工工艺有着重要的指导作用,同时大大缩短了产品的开发周期和费用,具有显著的经济效益。

关键词 Moldflow 模拟 精密微型注塑 优化设计

近年来,随着微电子、生物、医学等技术领域的不断发展,精密微型零件和微型系统(如微型齿轮、微型泵、微型传递系统、微型医疗器械等)的需求越来越大^[1]。原来主要的加工技术如平板印刷技术、热压制技术、微蚀刻技术、激光成型技术存在成本昂贵^[2]、效率低下且选材范围较窄等缺陷。而精密微型注塑技术可在较低的成本下大批量生产微型制品。然而精密微型注塑技术本身是一个发展中的技术,传统的注射成型工艺和模具设计方法对于精密微型注射成型有着相当大的局限性和不适用性。昂贵的模具制造费用,不成熟的制造工艺,以及经验的欠缺使得精密微型注塑在较长一段时间里还不能扮演关键的角色。为此人们把目光投向了 CAD、CAE 技术,以期能最大程度地降低产品开发成本,并为精密微型注塑用于实际生产提供较为可靠的参考,积累宝贵的经验。笔者以聚甲醛(POM)精密微型齿轮的注射成型为例,展示 Moldflow 在精密微型注塑制品加工中的指导作用。

1 Moldflow 在精密微型注塑制品加工中的应用背景

目前 Moldflow 虽然还不能全面地分析出影响制品质量的相关因素,但能够预测出大体趋势及优化设计的方向。通过数年来的实践验证, Moldflow 在精密微型注塑制品加工中作为一种新型的加工工艺指导参考软件,越来越体现出巨大的优越性。

(1) 较之于传统注塑模具,精密微型注塑模具精密而不易加工,且模具成型后关键零件几乎无法再修改,这使得模具的制造成本更显昂贵。由于制品的加工工艺与模具息息相关,故 Moldflow 的预先模拟无论是对精密微型注塑模具的设计还是对制品的加工都具有重要的指导作用,也克服了传统做法生产周期长的缺点。

(2) 绝大多数微型制品的尺寸从次微米级到几毫米,小到几乎不能用肉眼观察到,使用 Moldflow 模拟可以非常直观地将加工过程呈现在眼前。

(3) 较之于传统制品的 CAE 分析技术, Moldflow 可将微型制品划分成很细很合理的网格,这既不会需要太长的计算时间,较之于传统制品又可以使模拟更加精确而接近真实加工。

2 POM 精密微型齿轮注射成型的 Moldflow 模拟分析

目前精密微型齿轮正日益广泛地应用于钟表、微型泵、微型马达及微型传送等领域。笔者对图 1 所示两组 POM 精密微型齿轮的精密微型注塑过程通过 Moldflow3.1 进行了模拟分析,从而直观地反映出塑料熔体在模具型腔中的流动、保压、冷却过程,并对制品可能发生的翘曲等缺陷进行预测,最终得到优化设计的工艺参数。

2.1 精密微型齿轮的建模

(1) 齿轮模型的建立

通过 Pro/Engineer 建立齿轮模型,模型几何尺寸如图 1 所示。

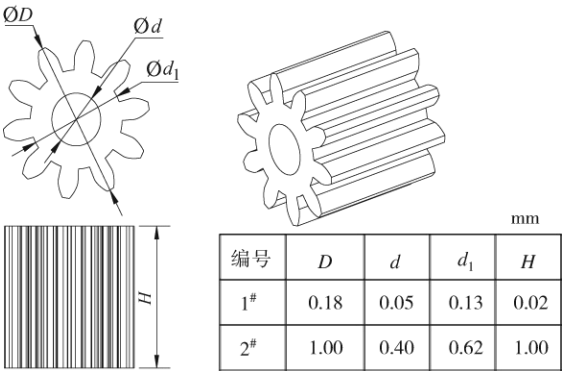


图 1 POM 精密微型齿轮

(2) MPI 模型的建立

以 igs 格式读入 MPI, 材料是美国 Du Pont 公司的 delrin 500T POM。划分网格后 1[#] 齿轮的模型如图 2 所示。



图 2 1[#] 齿轮 MPI 模型的网格划分

2.2 最佳浇口位置的确定

利用 Moldflow 3.1/gate location, 并选取浇口的数量和注塑机类型进行浇口位置计算分析, 得到如图 3 所示的最佳浇口位置区域。

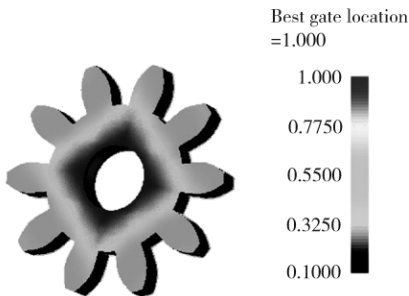


图 3 最佳浇口位置区域

2.3 工艺参数的优化设计

(1) 运用 Molding Window 确定初始工艺参数

通过 Molding Window 分析得到注射成型的初始工艺参数。这些工艺参数包括注射时间、模具温度和熔体温度等。以 2[#] 齿轮为例, 用前面划分的网格模型、选择的材料、设定的浇口, 同时指定工艺参数的范围, 然后用 Molding Window 进行分析, 其模拟结果图 4 所示。

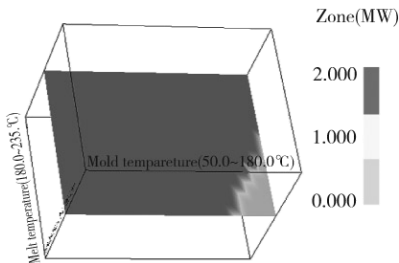


图 4 初始工艺参数的确定

从图 4 可看出, 在一定的注射时间下, 模温在 50 ~180℃、熔体温度在 180 ~235℃ 的范围内改变, 对制品质量的影响很大。Molding Window 分析结果用绿色、黄色和红色表示工艺参数对制品质量的影

响, 绿色的范围越大表示工艺参数的可调范围越广。由分析结果可以看出, 该微型齿轮的模温可调范围很窄, 只有在模温较高的区域, 才能保证制品的质量。

应该注意的是, Molding Window 分析只是提供一个快速、初步的结果, 为随后的分析做准备, 它的分析结果不能作为实际的工艺参数。图 5 显示了模拟结果的推荐参数。

Recommended Mold Temperature : 160.00 °C
Recommended Melt Temperature : 180.00 °C
Recommended Injection Time : 2.4539 s

图 5 模拟结果推荐的工艺参数

(2) 运用 Moldflow/Optim 进一步优化注射速率曲线

利用 MPI 生成齿轮的热流道浇注系统, 根据给定的注塑机参数来优化注射速率曲线。结果主要有两个: ①流动前沿面积随时间变化曲线。流动前沿的面积越大, 注射速率也应越大, 反之亦然。②熔体随时间固化曲线。通过该曲线可以初步确定冷却时间。图 6 为流动前沿面积模拟分析的结果。

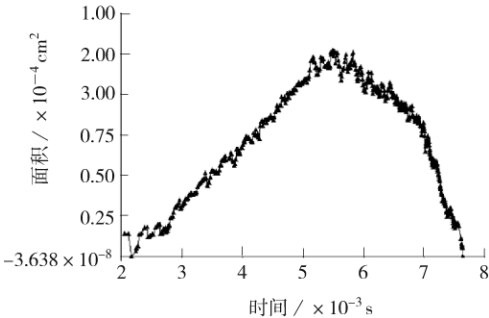


图 6 流动前沿面积曲线

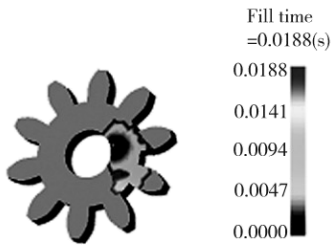
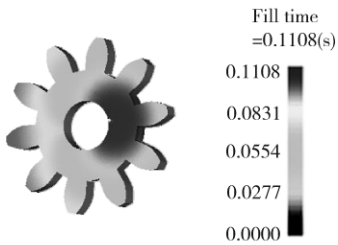
(3) 运用 Moldflow/DOE 进一步对关键工艺参数进行优化设计

DOE 是基于实验的设计, 它采用类似于正交实验的方法来确定影响制品质量的主要工艺参数。图 7 所示 DOE 模拟结果表明, 模温对于齿轮质量的影响最大^[3]。

同时还可从图 5 及相关模拟结果看出, 精密微型注塑的模温比传统注塑的模温要高很多。如果模温不够高, 将出现图 8 所示的充模不足的情况。由于 1[#] 齿轮的尺寸极其微小, 当熔体温度和注塑压力足够高时, 如果模温仍保持传统注射成型时的模温, 将会发生短射现象。图 9 显示了在 160℃ 的模温下 (POM 的玻璃化转变温度为 140℃) 完全充满的模拟结果。模拟结果表明, 对于尺寸在毫米级以下的

Overall quality criterion weightings :		
	Factor Rank	Weighting (%)
Mold wall temperature	1	62.33870
Melt temperature	2	32.42790
Injection time	3	1.02160
Packing time	4	1.00467
Global thickness multiplier	5	0.94755
Packing profile multiplier	6	0.01249

图7 DOE 模拟结果

图8 1[#] 齿轮在模温不够高时的充模结果图9 1[#] 齿轮在 160℃ 模温下的充模结果

微型注塑制品,其模温通常要高于该材料传统注射成型时的模温才能完全充模,因此在模具设计中需要考虑特殊的变温控制系统,以满足先高温,后冷却的加工过程。

2.4 其它模拟分析

通过 Moldflow 的其它模拟分析还可以看出在充

模过程中,齿轮的齿顶边缘由于结构微小是最难充满的区域,也是容易形成气泡产生灼伤的区域,在精密微型注塑的工艺中可以采用真空注塑的方法加以解决^[4]。其它诸如熔接痕,翘曲变形等缺陷也可以很直观地模拟出发生的区域,以便在实际生产中加以解决。

3 结语

研究表明,模温是 POM 精密微型齿轮加工参数中最为重要的影响因素。微型注塑模具的温度比传统注塑模具的温度要高,需采用变温控制系统。齿轮的齿顶边缘由于结构微小是最难充满的区域,也是最容易产生制品缺陷的区域。

通过 Moldflow3.1 对 POM 精密微型齿轮注射成型的模拟可以看出,使用 Moldflow 对精密微型注塑制品的加工过程进行模拟,可以非常直观的预见到加工中可能出现的问题,能为精密微型注塑技术从制品设计、模具设计到成型工艺提供全面和并行的解决方案,特别是对精密微型注塑制品的加工工艺有着重要的指导作用,同时大大缩短了产品的开发周期和费用,为生产企业带来显著的经济效益。

参考资料

- 1 李志平,严正,陈占春.注射成型的微型化——微注射成型技术.塑料工业,2004,32(5):23
- 2 Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren.注射模具制造工程.闫光荣译.北京:化学工业出版社,2003.
- 3 钟世云,陈铤.微型注塑——工艺、模具及其应用.上海塑料,2002(1):10
- 4 Zhao J, Mayes R H, Chen G E, et al. Effects of process parameters on the micro molding process. Polymer Engineering and Science, 2003,43(9):1553

MOLDFLOW SIMULATION FOR THE PRECISE POM MICRO-GEAR INJECTION MOLDING PROCESS

Wang Ruhai, Yan Zheng, Li Bo

(College of Polymeric Material & Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT The molding of precise micro-gear of POM was employed to demonstrate the instruction of Moldflow in precise micro injection molding process. The result showed that mold temperature was the most important parameter which influenced the molding process of the POM precise micro-gear. The gear tooth tip was the area where had the biggest chance to produce defects. The simulation by using Moldflow for precise micro injection molding process provided important instruction for the manufacturing process. It reduced cost and period of the product design consumedly and had remarkable economic efficiency.

KEYWORDS Moldflow, simulation, precise micro-injection molding, optimization design

2004 年亚洲热塑性混配料需求统计

据《欧洲化学新闻》统计分析,2004 年亚洲热塑性混配料需求量为 780 万 t,其中中国占 58%、韩国占 11.2%、印度

占 5.3%、泰国占 6.5%、中国台湾省占 7.7%、马来西亚占 3.5%、印度尼西亚占 3%、新加坡占 1.7%、其它占 3.3%。

(钱伯章)