

基于 Moldflow 软件的型腔各异模具流动平衡优化

洪剑城

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 采用 Moldflow 6.1 的填充分析模块和流道平衡模块,分析型腔各异模具的不平衡流动。发现优化流道截面尺寸,流动不平衡率仅从 28.16% 降为 20.88%,而同时调整型腔布局和优化流道截面尺寸,能将流动不平衡率从 28.16% 降为 1.16%。结果表明,当熔体流动不平衡率较大时,应首先考虑调整型腔布局,再结合调整流道截面尺寸、浇口等因素使之达到流动平衡;型腔布局对熔体的平衡流动起着重要作用。

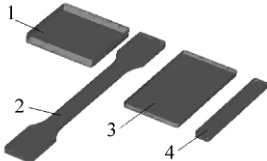
关键词 Moldflow 型腔 流动平衡 布局

20 世纪 70 年代以来,随着计算机技术的迅猛发展和普及,注射模 CAD/CAE 技术也随之推广。注射模 CAD/CAE 技术的发展和运用使模具设计、加工的成本大大降低,效率则成倍提高,该技术的重要作用已得到充分的认可。其中以 Moldflow 软件的应用最具代表性,它不仅能够模拟分析热塑性塑料熔体注入模具的流动过程,而且可以对注塑的浇口位置、压力分布、冷却过程及注射工艺条件等进行模拟分析^[1]。

注塑机大批量生产中,由于剪切作用使一模多腔模具常用的“自然均衡”流道产生明显的不均衡现象^[2],以及大众追求个性导致小批量注塑的逐渐增加,使型腔各异多腔模具的应用得到迅速发展。如果塑料熔体能够同时到达并充满模具的各个型腔,则称该熔体流动是平衡的。在一模多腔或者组合型腔的注射成型过程中,熔体在浇注系统中流动的平衡问题是十分重要的。浇注系统的不平衡流动可能导致许多成型缺陷,如飞边、短射、制件密度不均匀、气穴和产生过多熔接痕等^[3]。平衡的浇注系统不仅可以保证良好的制件质量,而且可以保证不同型腔内制件质量的一致性^[4]。

1 制件的结构、尺寸

图 1 所示为材料性能测试用试样的结构,表 1 列出各试样的相关尺寸。为了操作方便和节省费用,要求将它们放在同一副模具中成型,并且保证试样的质量。



1—1# 试样; 2—2# 试样; 3—3# 试样; 4—4# 试样

图 1 试样的结构

表 1 试样相关尺寸

项目	1# 试样	2# 试样	3# 试样	4# 试样
长 × 宽 × 厚 / mm × mm × mm	50 × 50 × 6	172 × 20 × 4	80 × 40 × 4	80 × 10 × 4
面积 / mm ²	2 496.6	2 429.6	3 196.6	798.1
体积 / mm ³	14 979.6	9 718.4	12 786.4	3 192.4
数量 / 个	1	1	1	3

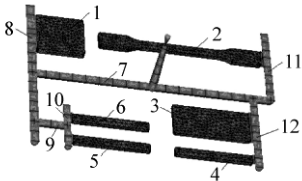
由于这些试样的几何形状和体积各不相同,设计这副模具的关键就在于如何保证各个试样的质量,难点是如何使熔体在各个型腔中平衡流动并且保证锁模力中心在主流道的轴线上。

2 初始设计方案及流动分析

2.1 初始设计方案

初始设计方案的确定主要基于以下几点:①试样都是长条形,分流道以“工”字形布局;②流道的断面形状和截面尺寸按照经验给定;③考虑到模具大小,最长的 2# 试样与最短的 1# 试样搭配;④考虑到流动平衡,将体积仅次于 1# 试样的 3# 试样放在 2# 试样一侧;⑤为保证 3 个 4# 试样质量的一致性,将其中 2 个放在 1# 试样一侧;⑥根据锁模力中心在主流道轴线上的原则,计算各型腔的位置尺寸。

方案确定后用 Pro/E 建模,将模型转换成 IGES 格式,导入到 Moldflow,用 Fusion 模块划分网格,建立浇注系统。初始方案如图 2 所示。其中主流道为



1—1# 试样; 2—2# 试样; 3—3# 试样; 4 ~6—4# 试样;

7 ~12—1# ~6# 流道

图 2 初始设计方案

锥形,长 60 mm,小端直径为 6 mm,锥度为1.5°;分流通道断面形状为 U 形,具体尺寸见表 2。

表 2 初始设计方案各段分流道的截面尺寸						
项目	1# 流道	2# 流道	3# 流道	4# 流道	5# 流道	6# 流道
宽度/mm	9	9	9	7	8	8
高度/mm	6	6	6	6	6	6

2.2 流动分析

采用 Moldflow 的填充分析模块(Fill) 分析熔体在流道和型腔中的流动情况。材料选用聚丙烯(PP); 模具表面温度设为 40℃, 熔体温度设为 240℃。在分析结果中, 应主要关注熔体在型腔内是否平衡填充及填充过程中的压力变化情况。

(1) 填充时间

填充时间分析如图 3 所示。最先充满的是 3# 试样型腔, 用时 3.330 s, 而最后充满的是 2# 试样型腔, 用时 4.635 s, 流动的不平衡率达到了 28.16%, 这样不平衡的流动会造成各个型腔内的压力分布不均衡, 不仅使成型的试样有飞边, 还使 3 个 4# 试样之间的质量不一致, 严重影响了试样的质量和性能。

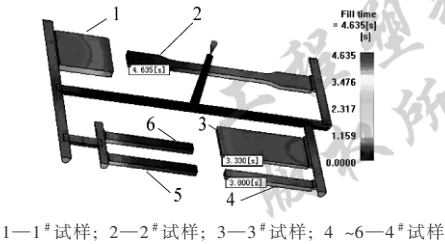


图 3 填充时间分析

(2) V/P 转换点压力

V/P 转换点压力分析如图 4 所示。从图 4 可以清楚地看到, 3# 试样型腔由于过早地被充满, 因此在填充结束时, 腔内压力仍很高, 其末端的压力达到 12.61 MPa, 这样很容易造成过保压, 形成高密度高应力区域, 使制件出现缺陷。

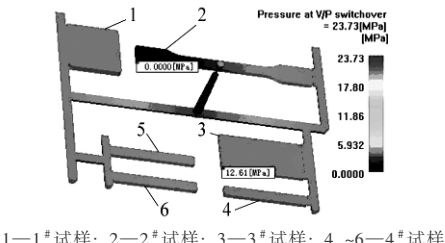


图 4 V/P 转换点压力分析

(3) 浇口位置压力曲线

浇口位置压力曲线表达了浇口处压力在整个熔体填充过程中的变化, 分析结果见图 5。从图 5 可以看出, 曲线在 3.8 s 附近出现明显的转折, 即浇口

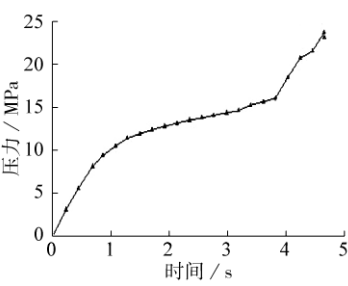


图 5 浇口位置压力曲线

位置的压力在熔体充满 4# 试样型腔(3.8 s) 时仅有 16.09 MPa, 然后开始迅速上升, 在熔体充满 2# 试样型腔(4.635 s) 时达到最大值 23.73 MPa, 这说明熔体的不平衡流动会造成注塑压力的明显提高。

3 方案优化

对于型腔各异模具, 其流动平衡与流道布局、型腔布局、流道截面尺寸、浇口类型和浇口截面尺寸等因素有关。但本例中的试样对浇口类型和截面尺寸有特殊要求, 因此要调整熔体流动, 只能从流道截面尺寸、流道布局和型腔布局入手。

3.1 优化流道截面尺寸

采用流道平衡分析模块(Runner Balance) 对初始方案的流道截面尺寸进行优化。参数设置为: 目标压力 20 MPa, 步长 0.1 mm, 最大迭代计算次数 30, 时间收敛精度 5%, 压力收敛精度 5 MPa, 所有流道尺寸约束条件均设为不约束。经迭代计算可知, 优化后的流动不平衡率仍高达 20.88%。这表明优化结果并未在预期之内, 即仅靠对流道截面尺寸进行优化不能得到理想的设计方案。因此, 流动平衡的优化需要从型腔和流道的布局入手, 由于重新布置流道可能会导致型腔布局的变化, 所以先改变型腔布局, 再优化流道截面尺寸。

3.2 重新布局型腔, 优化流道截面尺寸

从图 3 可以看出, 3# 试样型腔的流程最短, 1# 试样型腔次之, 2# 试样型腔最长。为此, 将 3# 试样型腔后移, 增加其流程; 将 4# 试样型腔移至 5#、6# 试样型腔的外侧。这样在流动速率相同的情况下, 会延长整个分流道左侧的填充时间, 使流动趋于平衡。再根据型腔的压力中心在主流道的轴线上这一原则, 计算出 4#、5# 和 6# 试样型腔在 X、Y 方向上的尺寸, 重新布局后的型腔如图 6 所示。

再对流道截面尺寸进行优化, 参数设置为: 目标压力 22 MPa, 步长 0.1 mm, 最大的迭代计算次数 30, 时间收敛精度 1%, 压力收敛精度 5 MPa, 所有流道尺寸约束条件均设为不约束。经迭代计算可知,

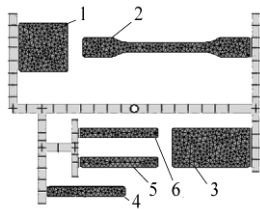
1—1[#]试样; 2—2[#]试样; 3—3[#]试样; 4—4[#]试样

图6 型腔新布局

经过流道平衡分析模块的优化, 流动不平衡率为 1.16%, 已基本达到流动平衡, 具体结果如下。

(1) 优化后的流道截面尺寸

图7示出优化后的流道。各段分流道的截面尺寸如表3所示。

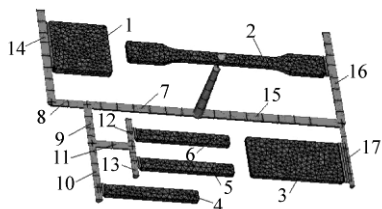
1—1[#]试样; 2—2[#]试样; 3—3[#]试样; 4—4[#]试样;7~17—1[#]~11[#]流道

图7 优化后的流道

表3 优化后各段分流道的截面尺寸

项目	1 [#] 流道	2 [#] 流道	3 [#] 流道	4 [#] 流道	5 [#] 流道	6 [#] 流道	7 [#] 流道	8 [#] 流道	9 [#] 流道	10 [#] 流道	11 [#] 流道
宽度/mm	7.3	6.7	6.7	5.9	6.7	4.7	4.8	7.0	7.9	6.7	4.2
高度/mm	4.9	4.5	4.4	3.9	4.4	4.1	4.1	4.6	5.3	5.1	3.2

(2) 填充时间

优化后的填充时间分析见图8。由图8可知, 方案优化后, 2[#]试样型腔的填充时间从原来的4.635 s降至现在的4.045 s; 最先充满的型腔也由原来3[#]试样型腔的3.330 s变为现在4[#]试样型腔的3.998 s。流动的不平衡率由原来的28.16%降为现在的1.16%, 基本达到了流动平衡。

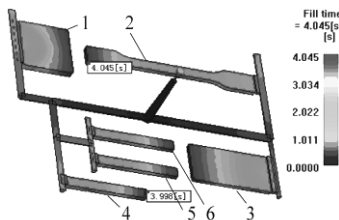
1—1[#]试样; 2—2[#]试样; 3—3[#]试样; 4—4[#]试样;

图8 优化后的填充时间

(3) V/P 转换点压力

图9示出优化后的V/P转换点压力分布。由图9可知, 填充完成时, 最先充满的4[#]试样型腔末端的压力仅为0.0495 MPa, 与原方案相比, 各型腔

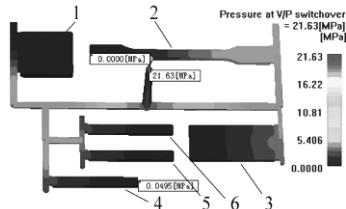
1—1[#]试样; 2—2[#]试样; 3—3[#]试样; 4—4[#]试样

图9 优化后的V/P转换点压力

内的压力分布也非常均匀, 这说明流动平衡避免了模具局部过保压, 提高了试样的质量。

(4) 浇口位置压力曲线

图10示出优化后的浇口位置压力曲线。由图10可知, 浇口处的压力在整个充模阶段的变化都很均匀, 这也是流动平衡优化的结果。

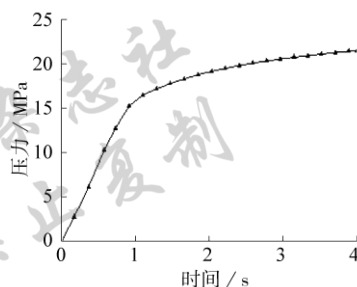


图10 浇口位置压力曲线

4 结论

(1) 有时仅优化流道截面尺寸并不能使流动趋于平衡。本例初始方案中, 仅优化流道截面尺寸, 流动的不平衡率仍高达20.88%, 这说明熔体的流动不平衡率超出了流道截面尺寸所能调控的范围。

(2) 调整型腔布局结合优化流道截面尺寸, 能在大尺度范围内调控流动平衡。经过调整型腔布局和优化流道截面尺寸, 本例的流动不平衡率从28.16%降为1.16%, 基本达到了流动平衡。

(3) 型腔布局对熔体的平衡流动起着重要作用, 当熔体流动不平衡率较大时, 应首先考虑调整型腔布局, 再结合优化流道截面尺寸、浇口等其它因素使之达到流动平衡。

参考文献

- [1] 丁国军. Moldflow 软件在注射模设计中的应用[J]. 模具制造, 2008(6): 13-15.
- [2] Beaumont J P, Nagel R, Sherman R. Successful injection molding: Process, design and simulation[M]. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 2002: 118.
- [3] 王刚, 单岩. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 14.
- [4] 王刚, 单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 152.

FLOW BALANCE OPTIMIZATION OF DIFFERENT CAVITIES OF MOLD BASED ON MOLDFLOW SOFTWARE

Hong Jiancheng

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

ABSTRACT The filling analysis module and flow runner balance module of Moldflow 6.1 software were used to analyze the imbalance flow of different cavities of mold. It was found that the optimized cross-section size of cold runners could only reduce the flow imbalance ratio from 28.16 percent to 20.88 percent, but simultaneously adjusted layout of cavities and optimized cross-section size of cold runners could reduce the flow imbalance ratio from 28.16 percent to 1.16 percent. The results indicated that adjusting the layout of cavities should be considered firstly, and then was optimizing the cross-section size of cold runners or gates; the layout of cavities played an important role in balancing the melt flow.

KEYWORDS Moldflow, cavity, flow balance, layout

合成树脂行业市场景气度回升

2009 年下半年开始,随着金融危机对世界经济的冲击有所减缓,合成树脂的市场需求逐步恢复,从而带动了产量增长。

产能方面,专家预测,2009 年底国内五大合成树脂产能将达到 3897 万 t。其中,聚乙烯产能将达到 882.6 万 t,聚丙烯产能将达到 961.6 万 t。五大合成树脂产量估计在 3200 万 ~3400 万 t 之间,与 2008 年的 3129.6 万 t 相比,略有增长。

需求方面,包装是合成树脂消费最大的领域,预计 2009 年国内包装业对合成树脂需求量为 1230 万 t,同比增长 1.7%。近年来食品安全标准不断严格,环境保护也逐渐成为潮流,因此食品类的包装正在发生变化,保鲜、保味、保湿日益受到重视,各种新型复合包装膜越来越受到青睐。

农业对合成树脂的消费增长将主要集中在农用输水器材和大棚养殖等领域,预计 2009 年国内农业对合成树脂需求 223 万 t,同比增加 1.9%,国内棚膜覆盖面积和地膜覆盖面积都将维持在 2008 年的水平。

预计 2009 年国内建筑业对合成树脂需求 600 万 t,同比增长 1%。2009 年社会对房地产的投资增幅回升,将导致塑料在建筑中的需求随之回暖。从用料结构看,聚氯乙烯仍是建筑塑料中的主要品种,而高密度聚乙烯将保持较快增长,可发性聚苯乙烯在墙体保温等领域发展潜力巨大。预计 2009 年国内电子电气行业对合成树脂需求 500 万 t,同比增长 2.2%。近年来我国电子电气工业的发展带动了合成树脂的需求,预计 2009 年国内微型计算机的产量将达到 1.8 亿台,同比增长在 15% 左右;但冰箱、彩电、洗衣机、空调等产品的产量增幅将大幅下降,其增速估计在 3% ~5% 之间。

日用化学品行业对合成树脂需求 730 万 t,同比增长 1.6%。我国是一个人口大国,对日用品的需求量巨大,塑料制品已逐步在人们的日常生活中普及。但由于出口受阻,估计国内日用品行业对塑料制品的需求增速也将有所降低。

值得警惕的是,2009 年亚洲地区约有 40% ~50% 的装置将陷于亏损的边缘,特别是只生产通用产品且装置较小的企业将面临亏损。由于我国大部分石化产品价格高于国际

市场,韩国和日本等企业为了转移矛盾,以低于我国 30% 的价格向我国销售,而中东石化产品也正已较快的速度进军我国。

专家预测,明年合成树脂供需情况为:聚乙烯消费量将达到 1637 万 t,产能将达到 1228 万 t。其中,低密度聚乙烯产能 213 万 t,线性低密度聚乙烯产能 675 万 t,高密度聚乙烯产能 340 万 t。聚乙烯进口量大约 370 万 t,自给率为 75%。

2010 年低密度聚乙烯消费量将达到 290 万 t,主要用于包装膜,大约占总消费量的 70%;线性低密度聚乙烯消费量每年增长 7%,达到 486 万 t。低密度聚乙烯和线性低密度聚乙烯消费结构为:包装膜 59%、电缆 3%、注塑膜 9%、管材 3%、衣料 6%、农膜 17%、其它 3%。2010 年高密度聚乙烯消费量将达到 638 万 t。其消费结构为:膜 20%、吹膜 22%、注塑 18%、电缆 3%、纤维 11%、管材 15%、其它 11%。2010 年聚丙烯产能将增加 85 万 t,2010 年总能力达到 1055 万 t,2011 ~2015 年将增加 300 万 t 产能,2015 年产能将达到 1350 万 t。

(中聚)

美国将为卫星设计新型复合材料太阳能帆板

美国一名国会议员近日宣布,美国众议院已经批准了麻省海德州立大学(MSU)研发并试验用于卫星的太阳能技术,为该项目拨款 160 万美元。该项目将为卫星设计新型复合材料太阳能帆板,以提高其功率和灵活性。(工程塑料网)

航天 43 所研制成功复合材料绝缘支撑杆

近日,由中国航天科技集团公司四院 43 所绝缘子公司历时半年研制的复合材料绝缘支撑杆项目终于研制成功,产品通过了国家电工材料权威机构验证,全部性能检测合格,该公司也成为我国唯一一家复合绝缘支撑杆的合格供应方。

绝缘支撑杆是高性能的复合材料绝缘结构杆,大量应用于电力行业高压互感器、断路器和 GIS。这一产品目前只有瑞士一家公司生产,国内所需产品全部依赖进口。每年该产品的供应需求金额约 5 亿元,具有广阔的市场前景。目前,该产品已经通过了世界 500 强企业——阿海珐输配电(雷兹)互感器优先公司的合格供方评审,成为该产品的中国唯一合格供方,并已签订了小批量订货合同。(慧聪)