

利用 Moldflow 软件优化注塑模的冷却系统

余玲 张诗

(东莞航天精密模具有限公司成都分公司,成都 610100)

摘要 利用 MPI/Cool 软件对支柱护板的冷却过程进行模拟分析,并根据 CAE 结果分析优化其冷却系统,从而优化冷却管路排布,以达到制品快速、均衡冷却,缩短注塑成型周期,提高生产效率的目的。

关键词 注塑模 Moldflow 冷却系统

在注射成型塑料制品的过程中,模具的冷却系统是控制模具温度的主要手段,也是缩短成型周期、提高生产率和保证制品质量的重要措施,因此,合理规划及设计模具的冷却系统具有重要意义^[1]。但目前的冷却系统设计几乎都是根据传统的经验和简化公式所得,很难完全应用于日趋复杂的制品结构,导致出现后期冷却效果不理想、成型周期长等问题,并且此时模具大部分结构已定,冷却水路的更改有很大的局限性,因此需要在前期设计时准确地预测其冷却系统的合理性,计算机分析与模拟则是完成这种预测的最佳方法,Moldflow 软件的 Cool 模块就可以通过分析冷却系统对流动过程的影响,优化冷却管路的布局和工作条件,从而产生均匀的冷却,并由此缩短成型周期,减少制品成型后的内应力,提高制品质量,降低成本^[2]。

1 MPI/Cool 简介

影响注塑模冷却系统的因素很多。如制品的结构形状、冷却介质的种类、温度、流速、冷却管路的几何参数及空间布置、模具材料、熔体温度、制品要求的顶出温度、模具温度、制品和模具间的热循环交互作用等。这些参数之间互相联系,互相影响,唯有这些参数的合理组合才能获得理想的效果,但靠传统的经验和简化公式是很难确定的,只有通过 CAE 分析才能得到理想的结果^[3]。利用 MPI/Cool 并采用边界元法对模具的温度场进行三维模拟,在制品厚度方向上采用解析法来计算其温度分布,并通过制品的热流量将二者完全耦合进行迭代计算求解,同时将模具的温度场与冷却管路中冷却介质的能量方程联立起来求解,可靠地计算出制品与模具、模具与冷却介质间的界面温度。在整个计算过程中,考虑了型芯和型腔在制品厚度方向的不对称性对制品温度分布的影响。MPI/Cool 能够模拟拟冷却管路(包括隔板管、喷流管、连接软管)、镶块、多种模具材料、普通流道和热流道、分型面及模具边界对模具和制

品温度的影响,从而为优化冷却系统提供可靠的依据。

笔者以某汽车的支柱护板为例,设计冷却系统,并利用 MPI/Cool 软件模拟其冷却过程,根据模拟结果分析优化冷却系统。

2 MPI 应用实例

2.1 制品简介

图1所示为支柱护板的3D模型,制品为左右两件,几何尺寸为629 mm×129 mm×342 mm,壁厚大部分均匀,平均厚度为2.5 mm,在制品背部有多处的薄筋和定位卡子,为保证制品顺利脱模,模腔中制品的摆放成“√”型。考虑到制品尺寸较小,模具设计为一模两腔,为尽量避免熔接痕,采用一个热流道,一个香蕉浇口。



图1 制品的3D模型

2.2 冷却系统的设计

冷却系统设计主要包括冷却系统的尺寸、位置和方式设置。首先分析制品的模具设计情况,观察需要且可以水路排布的位置。制品定模部分无其它结构,因此定模水路沿制品型面排布,且要求水路离型腔表面的距离保持相等。动模背部和侧面的抽芯机构,往往导致热积聚,为保证动、定模模腔表面温度的均匀一致,因此在抽芯机构处均采用隔板式的冷却形式进行冷却。为满足客户要求的冷却系统内循环方式,同时为缩短冷却水的流程,降低冷却的模具面积,采取串联和并联同时使用的方式,并尽可能地增加冷却水路。为防止熔融塑料注入型腔时,浇口附近的温度过高,因此在热流道附近及浇口

处也设置水路来加强冷却。

根据分析,综合考虑到模具的材料、几何尺寸、分型面的位置、动定模及顶出杆等的情况,本方案共设计有 6 条水路,其中定模侧有 3 条水路(无翻水孔),动模侧有 3 条水路,细管道为 14 mm 的直通水路,粗管道为直径 26 mm 的挡板水路。

将制品模型导入 Moldflow 中,在 Moldflow 中创建冷却系统和浇注系统,划分并修改好网格,原始设计的浇注系统和冷却系统如图 2 所示。

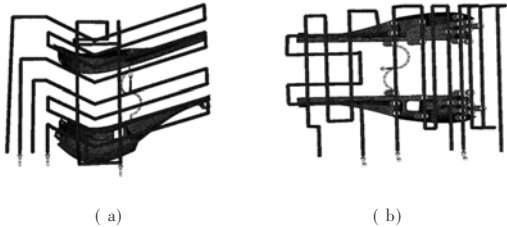


图 2 原始设计的冷却系统和浇注系统方案

2.3 工艺条件

材料选用金发公司牌号为 API - C15 的聚丙烯 (PP), 工艺参数为: 熔体温度 220℃, 型腔温度 35℃; 冷却介质为水, 温度为 25℃, 入口雷诺数为 10 000; 整个注塑成型周期为 35 s, 其中注射、保压及冷却时间为 30 s, 用于顶出的时间为 5 s。

2.4 原始方案的冷却分析

按照上述工艺条件, MPI7/Cool 通过对模具、制品、冷却系统的传热分析, 为用户提供了丰富的模拟分析结果, 现根据影响冷却系统的主要因素, 列出部分重要模拟结果进行分析。

图 3 示出冷却水流经冷却管路时的温度变化。进出模具的冷却水温度在某种程度上决定和反映了模具的温度。进水温度低, 模具与冷却水之间的热交换就迅速, 模具温度下降得就快。出水的温度则反映出模具的温度, 而进出模具的水温差则直接反映模具温度的均匀程度。一般情况下, 冷却水温度的升高不超过 3℃。由图 3 可知, 水温升高较小 (进、出口水温差仅为 0.74℃ 以内), 冷却水路长度设计是可以达到冷却要求的。

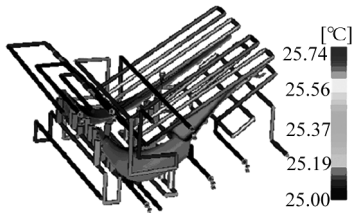


图 3 冷却介质的温度变化

图 4 为冷却水的流速分布。由图 4 可知在一个回路中冷却液流经某一单元时的流动速率。该方案中动模侧冷却水流速约为 6.726 L/min, 定模侧冷却水流速约为 5.928 L/min, 每条水路的流速均匀, 模具冷却速度快。

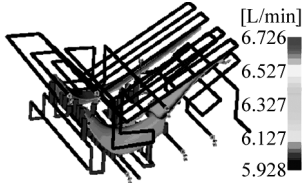


图 4 冷却水流速分布

图 5 为制品完全凝固所需的时间。由图 5 可知, 从注射开始每个单元所需要的凝固时间, 即冷却到整个单元的截面温度都低于材料数据库中所定义的顶出温度的时间。该制品完全凝固所需时间为 46.75 s。大部分区域在 20 s 内就已凝固, 但开模时制品定模大端凹处未完全凝固, 其凝固时间与整体凝固时间最大相差 7.6 s 左右, 需适当调整该区域的冷却水路, 以降低该处温度, 从而减少该处的变形, 提高制品整体质量。

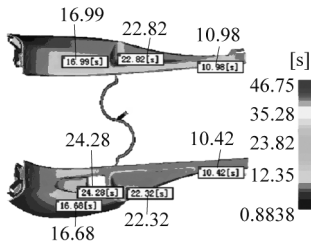


图 5 制品完全凝固所需的时间

图 6 为型腔的表面温度分布。由图 6 可知, 制品定模大端凹处温度偏高, 与整体温度最大相差 21.39℃, 结合图 4 看出, 此处完全凝固时间略长, 为保证成型温度均匀, 缩短成型周期, 因此建议在定模侧大端凹处根据实际情况增加 3 个翻水孔, 并适当调整水路的位置, 以加强整体冷却效果, 消除局部冷却不均现象。

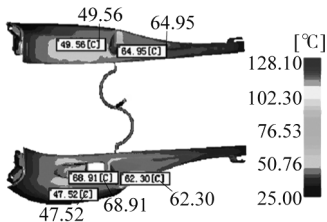


图 6 型腔的表面温度分布

图 7 示出回路中某一单元中冷却液的动、定模侧的雷诺数。雷诺数是用来表征流体流动状态的一个参数。流体的流动状态一般分为层流和湍流两

种,当雷诺数大于 2 200 时,流体开始处于过渡流状态,大于 4 000 时处于湍流状态,此时,冷却水与模具之间的热交换速度要比层流状态高 10~20 倍。因此,生产过程中应保证冷却水流量,使之处于湍流状态,增强模具的冷却效果。由图 7 可知,定模侧入口雷诺数为 10 000,动模侧入口雷诺数为 11 347,翻水孔雷诺数为 10 000,表明流体都处于湍流状态,模具冷却效果佳。

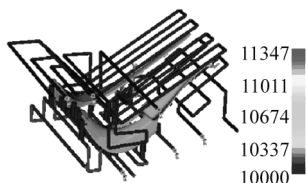


图 7 动、定模的侧雷诺数分布

图 8 为料流前锋的温度分布。由图 8 可知,制品整体料流前锋温度较高,仅在薄壁部分和最后填充位置料流前锋温度稍微偏低,但整个制品温差没有超过材料极限(极限值 $\pm 20^{\circ}\text{C}$),表明制品质量好。

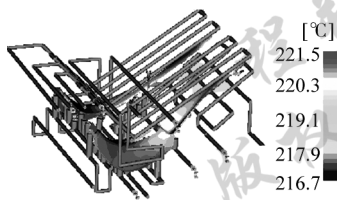


图 8 料流前锋的温度分布

图 9 示出冷却管路表面温度的分布情况。冷却管路表面温度不能比冷却水温度高 5°C 以上。从图 9 还可以看到,回路中热量传递最高的部位,如果该部位温度太高,则表明该部位需要加强冷却。从图 9 可以看出,冷却管路的表面温度比冷却水温度高 4°C 左右,满足要求。

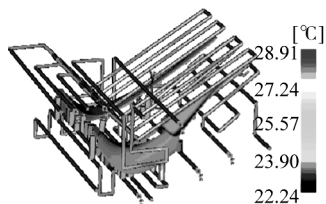


图 9 冷却管路表面温度的分布

2.5 优化改进方案

根据模拟分析结果可以看出,冷却系统初步实现了预期的冷却效果,仅在制品定模大端凹处温度较高,因此根据初步分析结果对冷却系统局部进行了修改,在温度较高的区域增加了冷却水路,并相应地调整水路的位置,优化后的方案如图 10 所示,再

进行 MPI/Cool 的流程模拟分析。

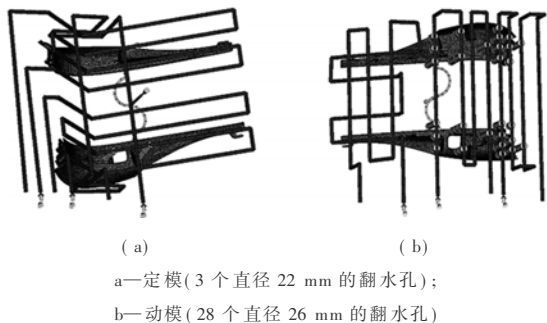


图 10 优化的冷却系统和浇注系统方案

优化后的方案达到了预期的效果,模具的冷却水出口温度为 25.73°C ,与进水温差仅为 0.73°C ,冷却水路长度设计符合要求,动模侧冷却水流速约 6.726 L/min ,定模侧冷却水流速约为 5.928 L/min ,每条水路的流速均匀,模具冷却速度快,定模侧入口雷诺数为 10 000,动模侧入口雷诺数为 11 347,翻水孔雷诺数为 10 000,表明流体的流动状态都处于湍流状态。图 11 为制品完全凝固所需时间。从图 11 可以看出,优化方案的制品各处完全凝固时间接近,制品定模大端凹处的凝固时间与整体凝固时间最大相差仅为 0.65 s ,结合图 12 型腔表面温度分布图,发现型腔表面温度分布均衡,制品定模大端凹处温度与整体温度相差仅为 3.91°C ,避免了原始方案中局部温度过高的情况,模具冷却效果佳。

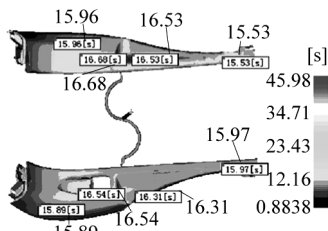


图 11 制品完全固化所需时间

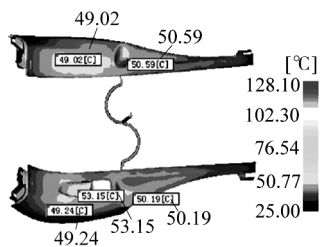


图 12 型腔表面温度分布

以优化的冷却系统进行加工和实际生产,其生产结果同 CAE 分析结果基本吻合,制品质量与外观均达到要求,图 13 所示为实际生产得到的制品图。

3 结语

笔者利用 MPI/Cool 软件对支柱护板的冷却过

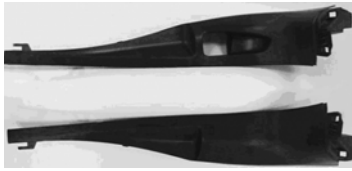


图 13 制品图

程进行模拟分析,并根据 CAE 结果分析优化其冷却系统,避免了制品局部温度过高,没有均衡冷却的问题,证明运用 CAE 冷却模拟技术能有效地帮助模具设计人员和工艺人员全面了解模具冷却系统的冷却

效率及其合理性,从而优化冷却管路排布,以达到制品快速、均衡冷却,缩短注塑成型周期,提高生产效率的目的。

参考文献

- [1] 塑料模具设计手册编写组. 塑料模具设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [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.
- [3] 胡泽豪,吴庆定,庄进发,等. 注塑模技术在注射模冷却系统中的应用[J]. 中南林学院学报,2005,35(3):96-98.

APPLICATION OF MOLDFLOW SOFTWARE IN OPTIMIZING THE COOLING SYSTEM OF INJECTION MOULD

Yu Ling, Zhang Shi

(Chengdu Branch Office, Dongguan Space Precision Mould Co. Ltd., Chengdu 610100, China)

ABSTRACT By using MPI/Cool software, the cooling process of the automobile support cover were simulated and analyzed. Based on result of CAE, the cooling system was analyzed and optimized. By optimizing arrangement and distribution of the cooling channel, fast and balanced cooling of the product was achieved. That's shortened the molding cycle and increased produce efficiency.

KEYWORDS injection mould, moldflow, cooling system

能之光新材料在我国首次推出了 PA/ABS 合金增容剂

宁波能之光新材料科技有限公司新近研发生产出了高接枝功能化苯乙烯-乙烯/丁烯-苯乙烯构成嵌段共聚物 (SEBS) 系列产品,该产品具有接枝率高、流动性好等特点,广泛应用于包胶弹性体、弹性体电缆料、聚苯醚 (PPO) 增韧及合金增韧增容剂,可以取代美国、日本等公司的同类产品。

该公司为了满足不断增长的木塑材料的需要,解决多种塑料与各类木纤维(木粉、木屑、秸秆、竹粉、果壳等)相容性问题,研制了系列木塑专用增容剂。该系列增容剂能增强木纤维与塑料之间的界面强度,促进木纤维在塑料中的分散,提高木塑产品的拉伸强度和拉伸弹性模量,提高复合材料的尺寸稳定性,降低吸水率。该公司的系列木塑材料专用增容剂满足了木塑材料向多元化、高端化发展的需要。公司产品还进入北美、东南亚等市场。

该公司在我国首次推出了聚酰胺/(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)塑料合金增容剂,填补了我国在该类产品领域的空白。该产品通过对复合高分子材料接枝功能基团制得,获得了客户的广泛好评。

(慧聪网)

国产交联聚乙烯专用料崭露头角

辽阳石化公司自主研发并生产的交联聚乙烯专用树脂近日成功推向市场。截至 2010 年 12 月 22 日,首批 599 t 产品销售一空。经检测,用专用料生产的管材不仅性能达到国外同类产品水平,在交联度和粒度分布等指标上还优于国外产品,完全可替代进口。该产品的问世彻底结束了我国交联聚乙烯专用树脂全部依赖进口的历史,同时也为下游地暖管材企业降低成本、扩大产能打下基础。

辽阳石化自 2007 年开始致力于交联聚乙烯研究,并于 2008 年成功申报中国石油股份有限公司课题——交联聚乙烯专用树脂的开发。该公司科研人员采用自主研发的催化剂,开展了专用料小试、中试的聚合试验,在对产品及加工制品进行多次成功测试的基础上,最终研制成功交联聚乙烯。2008~2009 年辽阳石化公司先后两次在聚乙烯生产装置进行工业化试生产,产品各项性能达到国家标准。

2010 年 10 月 12 日,辽阳石化生产的交联聚乙烯专用料顺利通过中国石油股份有限公司炼油化工板块的验收,进入批量生产,辽阳石化自此成为国内首家成功研发并实现交联聚乙烯市场销售的企业。

交联聚乙烯专用树脂是生产地暖用塑料管材的主要原料。目前国内地暖用该种材料的生产企业有 150 多家,生产线 600 余条,每年对管材原料的需求量达 6 万多 t,全部依赖进口。辽阳石化公司生产的交联聚乙烯专用料不仅在性能、质量等方面达到进口同类产品水平,还在产品包装方面有了突破性改进,有效避免了下游加工过程中的二次污染。产品销售期间,交联聚乙烯专用料比 L0555P 专用料在华北地区的售价每吨高出 400 多元,创造了可观的经济效益。

(慧聪网)

巴斯夫扩大比利时、美国高级吸水聚合物产能

巴斯夫计划扩大其比利时安特卫普和美国自由港的现有高级吸水聚合物产品的产能。这两地装置每年产能均将增长 3.5 万 t,将于 2012 年总数达到 47 万 t。

巴斯夫计划投资的目标为满足市场增长和创新的支持。同时,附加产能也要求对增长地区的新装置准备投资。

(中国色母粒网)