

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.06.017

车用塑料收纳盒的随形冷却系统设计及其 CAE 分析

王乾

(常州轻工职业技术学院机械工程与技术学院, 江苏常州 213164)

摘要: 汽车用内饰件塑料收纳盒因其结构比较复杂, 装配精密, 成型要求较高, 普通的冷却水道不能满足塑料件的均匀冷却要求, 因此将冷却水道设计成随形冷却模式。模具的型芯部分设置深入塑料件凹空部分、均匀分布的冷却水道分支, 分上下两层冷却; 模具型腔部分设置的冷却水道环绕塑料件外表面, 分上、中、下三层冷却。并对塑料件的冷却效果和充填效果进行了 CAE 分析。结果表明, 随形冷却水道的设计合理, 实现了对塑料件的全方位多层次冷却, 加强了冷却的均匀性。生产实践也表明, 设计的随形冷却水道获得了良好的冷却效果, 制品质量优良。

关键词: 收纳盒; 随形冷却水道; 冷却效果; 均匀冷却; 制品质量

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)06-0001-04

Design and CAE Analysis of the Conformal Cooling System for the Plastic Storage Box in Automotive

Wang Qian

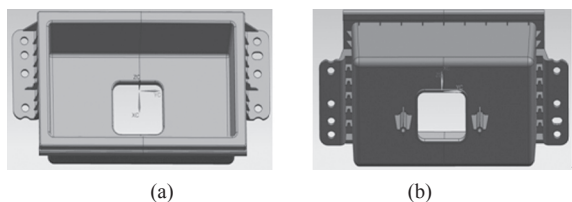
(Department of Mechanical Engineering and Technology, Changzhou Vocational Institute of Light Industry, Changzhou 213164, China)

Abstract : Because of its complex structure, precise assembly and high requirement for molding, the uniform cooling requirement could not be satisfied with common cooling channels for the plastic storage box of automotive interior decoration. The cooling channels were designed as a form of conformal cooling. The branches of the cooling channels were set in the core which were deep plastic depressions and uniform distribution. The core was cooled by two layers. The cooling channels in the cavity were surrounded on the outer surface of the plastic part. The cavity was cooled by three layers. The CAE analysis of the cooling and filling effects were also carried out. The results show that the design of the conformal cooling channels is very reasonable, and the all azimuth cooling of the plastic part is realized, and the uniformity of cooling is strengthened. The production practice also shows that the designed cooling channels have good cooling effect, and the quality of the products is excellent.

Keywords : storage box ; conformal cooling channels ; cooling effect ; uniform cooling ; product quality

1 塑料件分析

汽车用内饰件塑料收纳盒外观图如图 1 所示。因其结构比较复杂, 装配精密, 成型要求较高, 对塑



a—正面; b—反面

图 1 塑料件外观图

料件的成型冷却提出了更高的要求, 普通的冷却水道不能满足塑料件的均匀冷却要求, 成型后的塑料件易因收缩不均而导致各种成型缺陷, 故需将冷却水道设计成随形冷却模式^[1-2], 以确保塑料件各个部位的冷却效果均匀一致, 以达到最佳的冷却成型质量^[3]。

2 冷却水道设计

由图 1 可以看出, 塑料件呈现中间凹陷的中空形状, 如果按照普通的冷却水道设计, 只在塑料件的四周设置水道实施冷却, 显然塑料件在中间凹陷部

基金项目: 江苏省高职院校青年教师企业实践培训项目 (2017QYSJ006)

通讯作者: 王乾, 硕士, 副教授, 主要从事塑料模具 CAD/CAM/CAE 方面的研究和教学 E-mail: 241869197@qq.com

收稿日期: 2018-03-13

引用格式: 王乾. 车用塑料收纳盒的随形冷却系统设计及其 CAE 分析 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(6): 79-83.

Wang Qian. Design and CAE analysis of the conformal cooling system for the plastic storage box in automotive[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6): 79-83.

分的冷却效果会很差,故在模具的型芯部分设置深入塑料件凹陷部分的冷却水道分支,如图2所示,塑料件左右各设置一个完全对称的冷却水道,每个冷却水道上设置有6个深入到塑料件凹陷空间的分支,均匀分布于模具型芯;每个冷却水道一进一出两个水口,进水口均设置于靠近浇口的一侧,对浇口加强冷却。在模具型腔部分设置前后两个完全对称的冷却水道将塑料件外表面完全包裹住,每个水道又分三层冷却,以实现塑料件的全方位多层次冷却,加强冷却的均匀性和冷却效果^[4-5]。

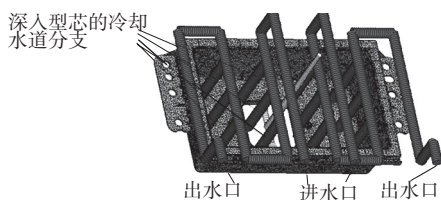


图2 模具型芯部分的冷却水道

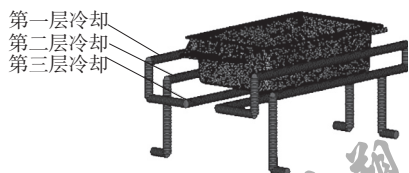


图3 模具型腔部分的冷却水道

3 冷却效果 CAE 分析

采用 Moldflow 软件对建立的冷却水道模型进行注塑的冷却模拟 CAE 分析^[6-8],通过分析结果观察随形冷却水道的冷却效果,可为实际注塑提供理论参考,以检测设计的可行性。

3.1 回路冷却液温度

冷却水道的设置是否合理,首先看回路冷却液温度的变化,如果进水口和出水口的温度变化过大,说明冷却水在水道中流动的时间过长,在水道的后端因温度升高会逐渐失去最初的冷却效果,导致塑料件后填充部位不能得到充分的冷却而引起收缩不均,一般来说,进出口冷却水的温差不要超过 2℃。图4为回路冷却液温度的 CAE 分析结果,从图4可以看出,整个冷却回路的最大温差是 1.63℃,说明水道的设计非常合理,能得到较好的冷却效果。

3.2 回路管壁温度

回路管壁温度显示了冷却回路的管壁温度,其分析结果如图5所示,它表征了冷却管道每个位置的冷却效果,与冷却液入口温度的温差以不超过 5℃为宜,从图中可以看出,整个冷却管道主体部分温度基本在 25~27℃,能起到很好的冷却效果,但是上模冷却水道深入型芯的分支末端普遍温度过高,



图4 回路冷却液温度

最高的区域有 37℃,这与该处接近浇口有关,所以温度较高,表明该处需要加强冷却可通过适当加大冷却回路分支管径的方式加强冷却,可有效解决这一问题。

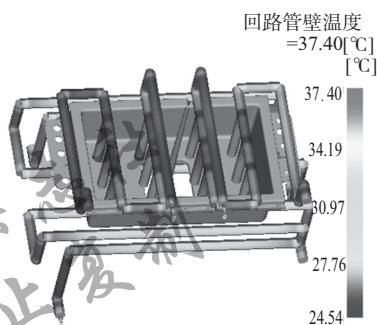


图5 回路管壁温度

3.3 塑料件最高温度

塑料件冷却结束时在厚度方向上的温度是不同的,截面的最高温度位置一般在截面的中部,图6为塑料件在冷却结束时截面的最高温度。

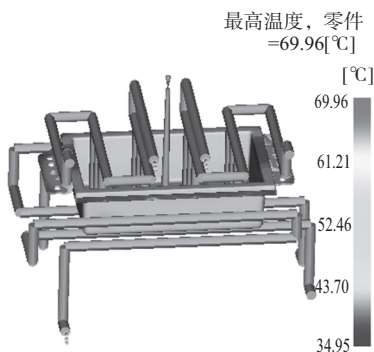


图6 零件最高温度

由图6可以看出,塑料件大部分区域的截面温度在 40~50℃,温差不大,说明随形冷却水道的冷却效果很好,塑料件的温度场分布均匀;只有个别区域高温点接近 70℃,而注塑时设置的制品顶出温度为 90℃,满足顶出要求,制品可以顺利脱模。在实际注塑时也可对个别的高温区域加强冷却,以期获得更好的冷却效果。

3.4 塑料件冻结层百分比

图7显示冷却结束时,塑料件各部分冻结层厚

度占全部厚度的百分比。从图 7 可以看出,塑料件在冷却时全部冻结层百分比都达到了 100%,一般来说当塑料件冻结层百分比达到 80% 时就可以脱模顶出,虽然 100% 代表了冷却是充分的,但是占用的冷却时间也相对较长,后期可适当减少冷却时间,以缩短整个注塑周期,提高生产效率^[9]。

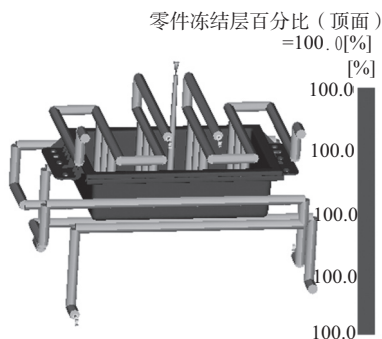


图 7 零件冻结层百分比

4 充填效果 CAE 分析

在上述冷却分析的情况下同步模拟充填效果^[10-11],以期观察冷却水道的设置对塑料件质量的影响,检验冷却水道设置的合理性。

4.1 充填时间

充填时间三维分析图如图 8 所示,塑料件的充填时间是一个很重要的因素,要求塑料熔体能在较高温度下快速地充满整个型腔,既能起到保持塑料熔体的流动性避免短射的作用,又能较好地保持型腔内的温度分布差异不致过大,以免收缩不均带来缺陷^[12]。尤其是在随形冷却水道的高冷却效果下,充填时间尤为重要。由图 8 可见,整个型腔的充填时间是 1.096 s,充填速率高,型腔最后的充填部位是两侧的耳朵,也是塑料件最薄的部分,这符合注塑的原则,无任何短射发生。

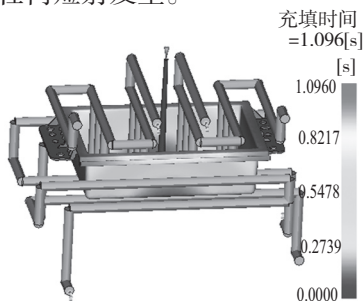


图 8 充填时间

4.2 流动前沿温度

图 9 为型腔内塑料熔体的流动前沿温度。由图 9 可见,整个充填过程基本在 230℃ 的温度区域附近完成,型腔各部位之间的温差极小,说明充填快速高

效,冷却效果分布均匀,这对于减小温差带来的收缩不均、减小内应力、促进熔接痕的融合等缺陷的改善都有明显的效果,塑料件质量得到提高。

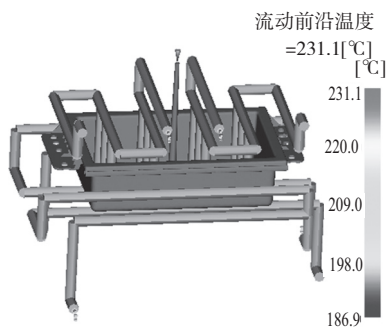


图 9 流动前沿温度

4.3 翘曲变形

翘曲变形是塑料件在成型过程中不可避免的缺陷,主要表现为制品形状与型腔形状不一致,局部部位发生变形,翘曲变形的产生机理主要是由于塑料件内壁不均匀的残余应力而导致的,残余应力产生的多少又主要受收缩不均、冷却不均和分子取向三大因素的影响。塑料件由于长度方向比宽度方向大很多,以长度方向为标杆可以更清楚地看出冷却因素对塑料件翘曲变形的影响,所以选择长度方向即 Y 方向来对比塑料件的整体变形程度和受冷却不均影响的变形程度。图 10 为塑料件在 Y 方向上受所有因素影响导致的翘曲变形量。图 11 为受冷却不均因素影响导致的翘曲变形量,从图 10 和图 11 的对比中可以看出,整体最大变形量是 0.5954 mm,冷却不均导致的最大变形量是 0.0893 mm,所占比例不到 15%,不是构成塑料件翘曲变形的主因,可见随形冷却水道的均匀冷却达到了预期的冷却效果^[13-14]。

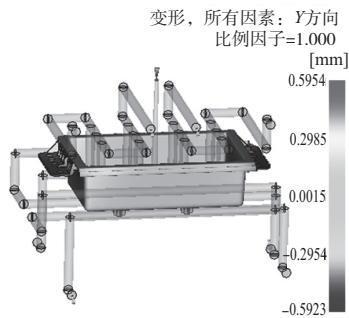


图 10 Y 方向所有因素导致的变形量

5 模具设计和塑料件生产

根据上述随形冷却水道的设计和 CAE 分析结果,对实际生产进行理论指导,设计的模具总装配图如图 12 所示^[15]。经制造的模具进行塑料件注塑生

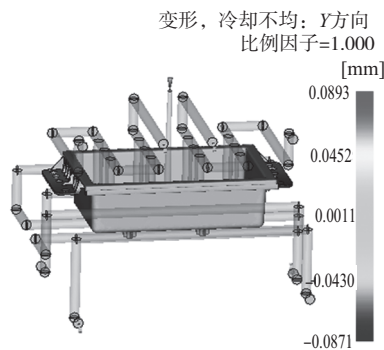
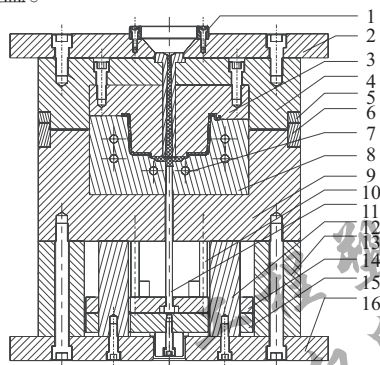


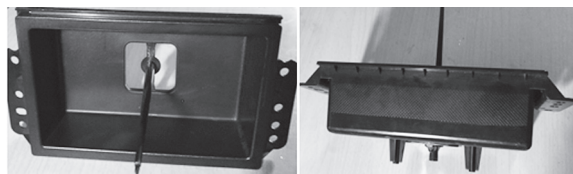
图 11 Y方向冷却不均导致的变形量

产,得到的制品如图 13 所示,整个注塑周期为 17 s,缩痕指数和翘曲变形量分别控制在 4% 和 5% 以内,制品质量优良,完全满足装配和使用要求,具有较高的经济效益。



1—浇口套; 2—定模座板; 3—型芯; 4—定模板; 5—上边锁;
6—下边锁; 7—冷却水道; 8—型腔; 9—动模板; 10—推杆;
11—拉料杆; 12—支撑柱; 13—垫块; 14—推杆固定板;
15—推杆推板; 16—动模座板

图 12 模具装配图



(a) (b)

a—正面; b—背面

图 13 注塑的塑料件

6 结论

(1) 针对汽车内饰件收纳盒的结构特点,对该模具采用了随形冷却的方式,在模具的型芯部分设置深入塑料件凹陷部分、且均匀分布的冷却水道分支,分上下两层冷却;在模具的型腔部分设置完全环绕塑料件外表面的冷却水道将塑料件包裹住,分上、中、下三层冷却。实现了对塑料件的全方位分层次冷却,加强冷却的均匀性和冷却效果。

(2) 采用 Moldflow 进行了模拟冷却分析和充填分析,结果表明随形冷却水道的设计非常合理,冷却效果显著,回路冷却液温度最高温差只有 1.63℃,塑料件冷却结束时最高温度低于材料顶出温度,可顺利脱模。分析还指出,深入型芯的水道分支还可以比设计尺寸再加大一些,并可适当缩短冷却时间,以获得更好的冷却效果和生产效率。

(3) 通过实际生产注塑的塑料件表明,设计的随形冷却水道获得了实践上的良好效果,制品质量优良,完全满足装配和使用要求,具有较高的经济效益。

参考文献

- [1] 周屹. 基于 3D 打印的叶轮随形冷却模具设计与制造[J]. 塑料科技, 2017, 45(3): 76-80.
Zhou Yi. Design and manufacture of impeller conformal cooling mold based on 3D[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(3): 76-80.
- [2] 张美丽, 辛勇. 基于随形冷却技术的医用针筒注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2015, 43(11): 61-64.
Zhang Meili, Xin Yong. Design of injection mold for medical syringe barrel based on conformal cooling technology[J]. China Plastics Industry, 2015, 43(11): 61-64.
- [3] 王章生, 辛勇. 注塑模具随形冷却结构对制品成型的热响应分析[J]. 中国塑料, 2015, 29(6): 102-106.
Wang Zhangsheng, Xin Yong. Thermal response analysis of conformal cooling structure of molding in products formation in injection molding[J]. China Plastics, 2015, 29(6): 102-106.
- [4] 刘斌, 吴茜. 注塑模具随形冷却水道的设计方法与分析[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(8): 123-128.
Liu Bin, Wu Xi. Analysis and design method of conformal cooling channel of injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(8): 123-128.
- [5] 陈盛贵, 刘艾岑, 孙振忠. 基于 Moldex3D 的塑胶模具随形冷却水道优化设计[J]. 机电工程技术, 2016, 45(7): 44-50.
Chen Shenggui, Liu Aicen, Sun Zhenzhong. Optimization design of conformal cooling channel for plastic mould based on Moldex3D[J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology, 2016, 45(7): 44-50.
- [6] 陈开源. 电器外壳注塑模冷却系统 CAE 优化分析与设计[J]. 塑料科技, 2016, 44(7): 78-81.
Chen Kaiyuan. CAE optimization analysis and design on injection mold cooling system of electrical equipment shell[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(7): 78-81.
- [7] 汤小东. 基于 CAE 开口管件注塑模具冷却系统的研究与分析[J]. 塑料科技, 2016, 44(12): 55-58.
Tang Xiaodong. Design and analysis of cooling system for injection

- mould of open-ended pipe fitting based on CAE[J]. *Plastics Science and Technology*, 2016, 44(12):55–58.
- [8] 班梦凯, 牛强, 周雄辉, 等. 基于 CAD/CAE 集成的注射模冷却系统分析评估方法 [J]. *模具工业*, 2015(1):17–23.
- Ban Mengkai, Niu Qiang, Zhou Xionghui, et al. Analysis and evaluation method of injection mould cooling system based on CAD / CAE integration[J]. *Die and Mould Industry*, 2015(1):17–23.
- [9] 贺圣彦, 楚纯朋, 邓娇, 等. 基于 CAE 厚壁件注塑浇口优化设计 [J]. *塑料工业*, 2016, 44(6):53–56.
- He Shengyan, Chu Chunpeng, Deng Jiao, et al. Optimization design of injection mold gate for gauge apron based on CAE[J]. *China Plastics Industry*, 2016, 44(6):53–56.
- [10] 吴燕华, 王宏霞, 朱芬芳. 基于 Moldflow 的手机外壳注塑成型过程中充填分析及设计优化 [J]. *模具技术*, 2015(5):53–56.
- Wu Yanhua, Wang Hongxia, Zhu Fenfang. The filling analysis and optimization design for injection molding process of mobilephone shell based on Moldflow[J]. *Die and Mould Technology*, 2015(5):53–56.
- [11] 邓宇峰. 基于 Moldflow 的注塑料件填充分析与浇注系统优化设计 [J]. *橡塑技术与装备*, 2015(22):146–148.
- Deng Yufeng. Injection parts filling analysis and casting system optimization design based on Moldflow[J]. *Plastics Technology and Equipment*, 2015(22):146–148.
- [12] 黄力, 许傲. 用 Moldflow 设计汽车后保险杠支架注塑模具 [J]. *工程塑料应用*, 2016, 44(10):76–80.
- Huang Li, Xu Ao. Injection mould design for car rear bumper bracket using Moldflow[J]. *Engineering Plastics Application*, 2016, 44(10):76–80.
- [13] 刘成娟, 刘成钢, 刘艳, 等. 基于 CAE 与正交试验法的工艺参数对翘曲变形的影响分析 [J]. *中国塑料*, 2018, 32(1):102–107.
- Liu Chengjuan, Liu Chenggang, Liu Yan, et al. Analysis of effect of injection-molding process parameters on warpage deformation of printer plastic parts based on CAE[J]. *China Plastics*, 2018, 32(1):102–107.
- [14] 李坤全, 文睿. 汽车内饰注塑工艺优化、数值模拟及缺陷分析 [J]. *工程塑料应用*, 2017, 45(8):139–142.
- Li Kunquan, Wen Rui. Injection molding process optimization, numerical simulation and defect analysis of automotive interior[J]. *Engineering Plastics Application*, 2017, 45(8):139–142.
- [15] 王乾, 徐自明. 汽车内饰件收纳盒的模具创新优化设计 [J]. *合成树脂及塑料*, 2017(6):74–77.
- Wang Qian, Xu Ziming. Innovatively optimal design of mold of storage box for automobile interior decoration[J]. *China Synthetic Resin and Plastics*, 2017(6):74–77.

科腾亮相 2018 年国际橡塑展, 鼎力推动市场发展

苯乙烯嵌段共聚物、特种聚合物和以松树制浆副产品为原料制备的高性能产品的全球生产商科腾公司携最新的创新成果亮相于 4 月 24~27 日上海举办的“2018 年国际橡塑展”(CHINAPLAS 2018)。科腾在 CHINAPLAS 2018 上展示了公司在医疗、粘合剂、凝胶和汽车等应用领域的核心产品以及聚合物改性和共混解决方案。

科腾亚洲区销售副总裁表示, 国际橡塑展对于科腾来说是一场至关重要的行业盛会, 因为亚洲市场, 尤其是中国, 拥有着巨大的增长潜力。他们已经在医疗和汽车市场实现了研发突破, 开发出了振奋人心的解决方案。此外, 借助科腾上海创新中心的支持以及中国台湾省麦寮石化苯乙烯嵌段共聚物 (HSBC) 工厂的完工, 科腾将持续扩展创新产品组合, 从而为亚洲客户提供更加优质的服务。

科腾在汽车应用领域的创新成果包括科腾注塑软皮 (IMSS) 和搪塑软皮技术。基于科腾公司新近推出的高流动性苯乙烯嵌段共聚物 (SBC), 这些轻质、低挥发性的有机化合物技术将为目前以搪塑聚氯乙烯 (PVC) 工艺为主的汽车内饰应用领域提供一个可节省整体系统成本的基于苯乙烯嵌段共聚物 (SBC) 的热塑性弹性体 (TPE) 解决方案。

(工程塑料应用杂志社)

聚碳酸酯首入产能预警, 未来或面临过剩

在 2018 年石化产业发展大会上, 中国石油和化学工业联合会发布了《2018 年度重点石化产品产能预警报告》。报告重点监测的 28 个主要石化产品中, 出现了近期较为热门

的产品——聚碳酸酯。

近年, 我国聚碳酸酯供应缺口较大, 2017 年对外依存度高达 68%, 需求端强劲增长, 利润空间充足。工信部、国家发改委也在各项优惠政策、重大项目库中鼓励发展聚碳酸酯, 因此近几年我国聚碳酸酯行业发展速度加快, 产能连续 4 年年均增长率超过 20%, 当之无愧属于“风口”上的产品。

有数据显示, 2017 年我国聚碳酸酯产能 87.5 万 t, 产量超过 63.6 万 t, 进口 138.5 万 t, 出口 28.8 万 t, 表观消费量 173.3 万 t。相比国内目前产能而言, 聚碳酸酯行业无疑存在一个巨大的商机和投资蓝海。

在无限风光背后, 呈现的却是对产能急剧扩张和过剩竞争的担忧。据统计, 目前国内将有超过 200 万 t/a 的聚碳酸酯装置拟在建, 甚至有更大产能处于调研阶段。鲁西集团近期表示“百万吨级聚碳酸酯项目被列入《山东省新旧动能转换综合试验区》重点项目”。未来三年是我国聚碳酸酯产能的集中释放期, 2018 年将是产能集中释放元年。至 2021 年, 预计规划项目将大部分完成建设和投产, 国内产能大幅提高, 将给国内聚碳酸酯行业带来巨大的冲击。而相较于 2017 年 2.2% 的表观消费量增长率, 供需增长的不平衡或导致在未来几年呈现过剩状态。

聚碳酸酯的下游电子电器、建筑板材领域的增长缓慢, 需求萎缩, 于此同时聚碳酸酯高端产品研发滞后, 聚碳酸酯行业或将面临低端产品过剩、高端产品缺乏的困境。而近期备受关注的国际贸易摩擦也将成为行业发展的不确定因素。

(中化新网)