

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.05.020

汽车前侧风挡饰条模具热流道系统设计

刘鑫¹, 李金良¹, 郭恒亚¹, 黄明²

(1. 浙江工业职业技术学院机械工程学院, 浙江绍兴 312000; 2. 郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

摘要:以汽车前侧风挡饰条双色注塑模具的热流道系统设计应用为例,分析了制件的结构特征,在不影响制件整体结构的合适位置设置工艺孔从而保证制件两种材料部分的牢固贴合。针对两种不同材质组成的制件注塑成型工艺中的难点,在硬胶部分设置软胶浇注工艺凹槽,避免软胶浇口分离时应力集中破坏制件表面,利用 CAE 模流分析结果对浇注系统进行优化设计,通过对热流道板加热功率分析计算设计了热流道板和喷嘴,完成了双色模具不同材料热流道系统的设计。模具的实际生产实践证明,该模具热流道系统结构设计合理,提高了制件成型质量,缩短了制件成型周期,大批量生产过程运行平稳。

关键词:汽车前侧风挡饰条;热流道系统;热功率分析

中图分类号: TQ320.662 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)05-0109-05

Design of Hot Runner System for the Mould of Automotive Front Windshield Decoration Strip

Liu Xin¹, Li Jinliang¹, Guo Hengya¹, Huang Ming²

(1. School of Mechanical Engineering, Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China;

2. NERC for Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract : Taking application of hot runner system in design of bicolor mould for automobile front side windshield decorative strip as an example, the structural characteristics of the parts were analyzed, process holes were be set at appropriate positions that do not affect the overall structure of the parts so as to ensure that the two materials of the parts fit firmly. Aiming at the difficulties in injection molding process of the parts composed of two different materials, the soft plastic injecting process groove was set in the hard plastic part to avoid the stress concentration damaging the surface of the part when the soft plastic gate was separated, the gating system was optimized by using the results of CAE mold flow analysis. The hot runner plate and nozzle were designed by analyzing and calculating the heating power of the hot runner plate, and the bicolor mould hot runner systems of two different materials were designed. The actual production practice of the mould proves that the design of the hot runner system structure is reasonable, the forming quality of the parts is improved, the forming cycle of the parts is shortened, and the mass production process runs smoothly.

Keywords : automobile front windshield decorative strip ; hot runner system ; heating power analysis

近年来,随着我国制造业由制造大国向制造强国的转变,模具行业特别是精密制造模具中大量应用多色多材料共注成型、热流道技术、模内装配及装饰、气体辅助注塑、叠层模具生产等新技术手段,我国的模具制造水平也快速发展,出口模具的份额也迅猛发展^[1]。特别是随着汽车行业竞争日趋激烈,热流道技术由于其具有无水口料、压力损耗小、标准化设计互换性好、完全实现自动化、节省工作时间、

提高生产效率等显著优势,在汽车塑料模具的制造中已经广泛应用^[2],相比较国外 50% 以上的普及率,我国的使用比例也逐年提高。双色注塑汽车配件产品质量稳定性高,同时可减少成型后产品的组装和后处理过程,增加产品的外观视觉效果,提升汽车配件的档次和附加价值,但是采用双色注塑后模具的设计难度随之增加^[3],而其中热流道系统的结构设计也具有较高的难度。笔者以汽车前侧风挡饰条为

基金项目: 国家自然科学基金项目 (11432003), 2018 年浙江省高校访问工程师校企合作项目 (FG2018142)

通讯作者: 刘鑫, 硕士, 讲师, 主要研究方向为模具设计与制造、产品逆向造型设计 E-mail : Lxtomorrow@126.com

收稿日期: 2020-02-12

引用格式: 刘鑫, 李金良, 郭恒亚, 等. 汽车前侧风挡饰条模具热流道系统设计 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(5) : 109-113.

Liu Xin, Li Jinliang, Guo Hengya, et al. Design of hot runner system for the mould of automotive front windshield decoration strip[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(5) : 109-113.

例,详细介绍了其双色注塑模具热流道系统的结构设计及应用。

1 制件结构分析

汽车前侧风挡饰条主要安装在汽车的前挡风玻璃的边缘部位,主要作用是密封前挡风玻璃和汽车边框之间的缝隙,避免雨水进入车内,因此采用材质较软的聚烯烃热塑性弹性体(TPO)以满足良好的密封作用。但是,风挡饰条又需要安装在汽车边框上达到固定挡风玻璃的作用,材质太软不能满足牢固固定安装的需求,因此,只用一种TPO材料难以满足产品使用需求,结合汽车行业流行的双色注塑模具技术,采用两种不同材料来设计汽车前侧风挡饰条,需要固定安装的部位使用硬胶材质丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS),需要密封配合的部位使用软胶材质TPO,将两种不同材料分别注塑到同一副模具中从而实现由硬胶和软胶两种不同材料组成的汽车前侧风挡饰条产品,如图1所示。

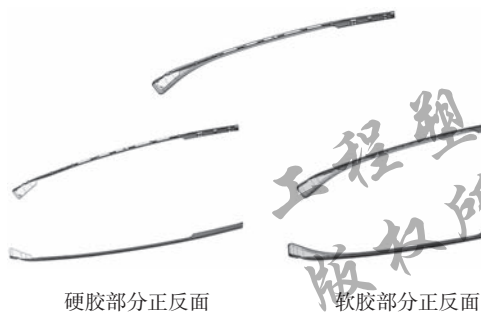


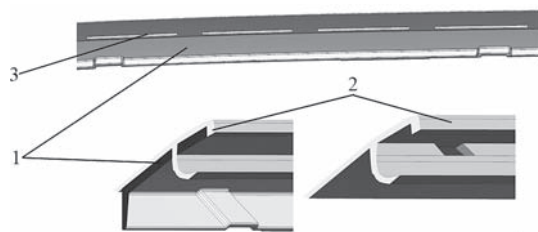
图1 汽车前侧风挡饰条

2 制件成型分析及模具热流道系统工艺方案确定

由于制件在实际使用时需要在挡风玻璃左右两边对称使用,因此,在模具设计时将左右对称的一副汽车前侧风挡饰条在一副模具中同时注射成型,产品长度方向外形尺寸为1274.3 mm,模具外形尺寸较大,单副模具重量达到十几吨,为避免因模具自重太大引起的模具损坏,选择配有水平转盘的对称式模具结构,实现汽车前侧风挡饰条的双色注塑。由于对称式模具有两套独立的模具分别注塑不同材料的产品,模具动模型芯相同,定模型腔不同,硬胶部分注射完成包裹在动模型芯上旋转180°后需要实现和软胶部分定模的精密定位配合,避免第二次注射成型合模时局部发生碰撞或者对第一次成型制件的表面产生划痕等不良现象。浇口位置的设置也要考虑不影响旋转后的精确定位,故需要通过精确计算熔料流量,合理设计主流道、分流道和浇口尺寸,并分别调节不同喷嘴的温度控制熔料的黏度,从

而达到使流道和浇口保持平衡的目的;另外,每个浇口塑料的填充时间和注塑压力等需要做到尽量相同,同时制件的重心位置布置需要做到尽量平衡,从而保证整个注塑过程的整体平衡。

汽车前侧风挡饰条由于需要安装固定,制件上存在卡扣、U字型抵靠脚等结构,多处有倒扣和凹槽结构,需要设计侧抽芯和斜顶结构,又需要双色注塑,其模具由分别成型不同材料的两幅模具组成,模具结构比较复杂。模具设计时要充分考虑两种材料之间必须具有良好的粘合性和融合性,同时还需考虑两种材料的界面作用、收缩率差异、热力学性能、流动性、加工工艺参数等方面。制件外形尺寸为1274.3 mm×83.7 mm×169.7 mm、壁厚2.5 mm,外观整体结构属于细长薄壁类零件,为了保证软胶能紧紧包裹硬胶,在硬胶部分产品上设置有18个狭长型工艺孔,软胶穿过工艺孔牢固包裹硬胶,注塑完成后不影响制件结构,如图2所示。采用传统工艺在注塑过程中会因为流道太长而引起流动末端成型困难,严重影响制件质量^[4],采用热流道技术可以使熔料在流道中始终保持热的流动状态且压力损耗小,可以很好地解决这类问题。热流道系统的设计是汽车前侧风挡饰条双色模具的难点^[5],因此,需先结合CAE技术模拟分析塑料成型过程来合理设计热流道系统。



1—硬胶部分塑料;2—软胶部分塑料;3—工艺孔

图2 工艺孔细节结构

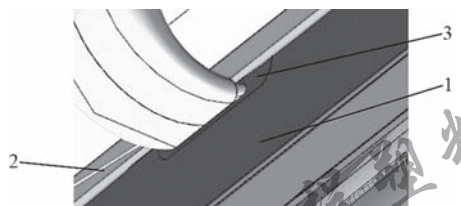
3 模具浇注系统CAE分析

笔者使用的CAE注塑仿真工具为Moldflow,它能通过模拟熔料在注射过程中的流动速度、瞬间温度、压力和冷却过程等状态来验证和优化制件的注塑过程^[6]。

3.1 浇口设计及位置选择

根据制件结构特点,由于软胶材料容易变形,为防止第二次注射时的注塑压力冲击第一次注射成型完成的制件而造成变形,必须先注塑硬胶材料,后注塑的软胶材料将硬胶材料包裹。第一次注射成型的硬胶部分采用点浇口形式进胶,这样制件和流道

可以自动切断,硬胶部分注射完成后的制件包裹在动模型芯上,必须保证制件在旋转 180° 时不能掉落或者发生位移、变形。硬胶材料的点浇口直接浇注在产品的外表面,点浇口脱落后的痕迹会被第二次注射成型的软胶材料覆盖,不会影响制件外观质量。第二次注射成型的软胶部分需要在设计的浇口部位实现自动浇口脱落,但由于软胶部分由高弹性软材料制成,故在软胶部分浇口设计中,需要考虑浇口脱落时的应力集中问题对产品外观的影响。软胶材料的浇口形式采用香蕉型浇口浇注在制件背面,有利于浇口的自动脱落,为了避免软胶浇口分离时应力集中破坏制件表面,在香蕉浇口对应位置的硬胶部分设置有浇口工艺凹槽,软胶从硬胶上的工艺凹槽进入软胶型腔进行充填成型,从而有效地避免了第二次注射成型对第一次注射成型制件的冲击影响,保证了整个制件的外观质量,如图 3 所示。



1—硬胶部分塑料; 2—软胶部分塑料; 3—工艺凹槽

图 3 工艺凹槽

汽车前侧风挡饰条为细长类零件,产品长度方向尺寸较大,宽度方向尺寸除了端部宽度增大其它部位基本均匀,根据以上特征将制件模型导入 Moldflow 软件中定义划分网格,使用浇口分析模块计算分析求得最佳浇口位置^[7],并结合制件的形状和模具设计实践经验,在宽度均匀部位沿着长度方向均布四个浇口,在端部宽度增大的部分增加一个浇口,制件上总共设置五个浇口,从而保证塑料能沿着长度方向快速均匀地将型腔充满^[8]。由于产品两种材料不同,浇口形式不同,在 Moldflow 软件中分别建立两种材料的浇注系统模型,以硬胶部分的注塑成型过程为例进行分析。

3.2 充填过程模拟及结果分析

硬胶部分材料为 ABS,主要成型工艺参数为:熔融温度 270°C 、模具温度 70°C 、注塑压力 120 MPa ;注塑机主要参数为:最大注塑压力 180 MPa 、最大注射速度 132 mm/s 、最大锁模力 3000 t 。在 Moldflow 软件中选择对应的材料参数及注塑工艺参数后进行填充过程熔料流动模拟分析,主要模流分析结果如图 4、图 5、图 6 所示。

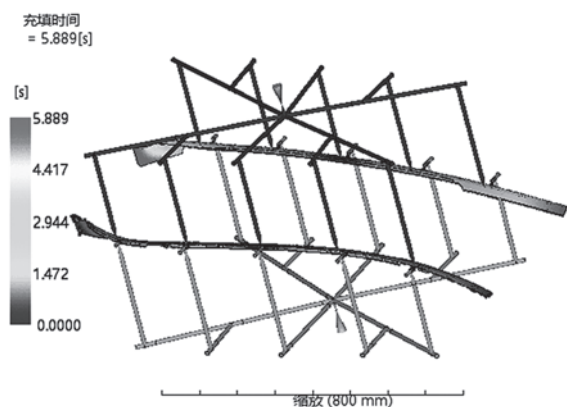


图 4 充填时间

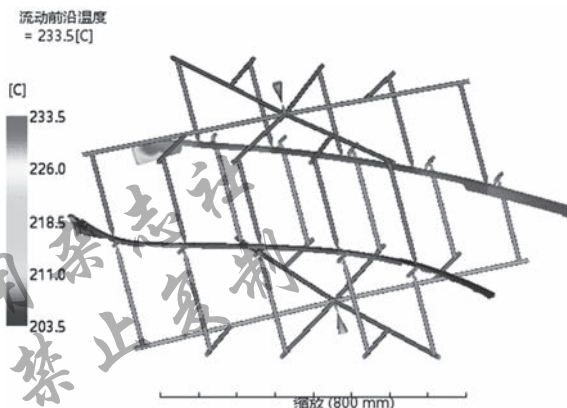


图 5 流动前沿温度

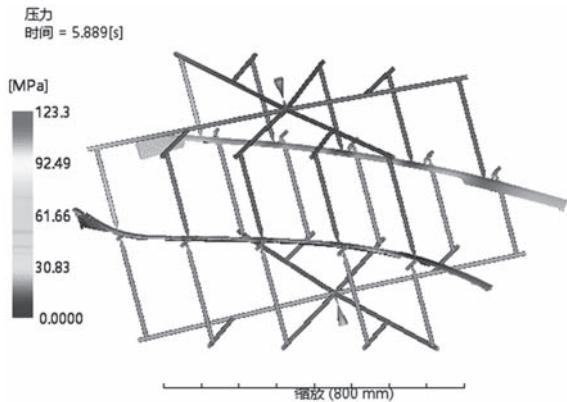


图 6 注塑压力

如图 4 所示,制件熔料完成填充全部型腔需要的时间是 5.889 s ,制件两端充填时间最长的区域是由于制件在两个端部的宽度方向尺寸增大造成的,两个腔体的充填时间基本相同,说明熔料流动基本平衡,能保证熔料在制件端部同时充满模具型腔。如图 5 所示,熔料流动前沿温度分布比较均匀,最高温度 233.5°C ,最低温度 223°C ,最低温度区域较小且出现在制件端部即制件体积突然增大部分,流动前沿温差并不大,在材料允许范围内,不会对制件质量产生影响。如图 6 所示,整个模具型腔压力分布均匀,塑件收缩差异较小。

4 热流道系统设计

热流道系统主要组成部件包括:主流道喷嘴、热喷嘴、热流道板、加热部件、支承部件以及温控系统等。其中加热以及加热温度的合理控制是应用热流道技术的最关键因素,特别是加热元件的位置、数量和加热功率的设计。

4.1 热流道板设计

热流道板是整个系统中的重要部件,热流道系统中大部分部件安装在热流道板上,通过合理划分加热区域,每个区域单独设计布置加热元件和温控系统可以高效地实现热流道系统的温度控制。采用外加热方式,在热流道板的表面上平行对称地于流道的两侧开槽,再将容易弯曲成不同形状的管状加热元件镶嵌在沟槽内实现将温度传递到热流道板中的流道内^[9]。根据制件外观形状和确定的五个浇口位置在热流道板上对称布置加热元件,最终设计的热流道板如图7所示。

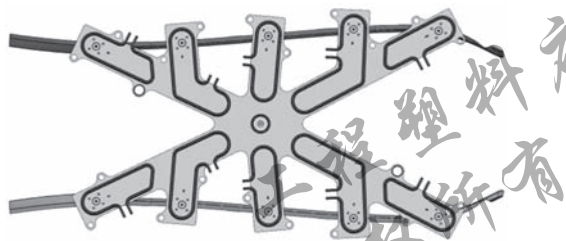


图7 热流道板

通过安装在热流道板中的加热部件补偿熔料在流动过程中的热损失,使塑料从注塑机喷嘴射出后经过浇注系统进入模具腔体的整个流动过程中始终处于熔融状态,不需要修剪浇口,从而实现绿色无废料加工。热流道系统的热损失主要包括:热对流、热传导和热损失,为了弥补热损失需要加热元件的热补充来保证整个热流道温度均匀,从而提高注射成型产品质量。热流道板的加热总功率主要由热流道板从室温加热到工作温度所需的加热功率和热损失造成的损耗功率两部分组成。

采用简化算法根据热流道板的体积估算所需的加热功率,即在一定时间内将热流道板从室温加热到塑料注射温度所需的功率,同时由温控系统补偿热损失功率,维持热流道温度的恒定^[10]。加热功率计算公式如式(1)所示。

$$P = \frac{mc\Delta T}{60t\eta_0} \quad (1)$$

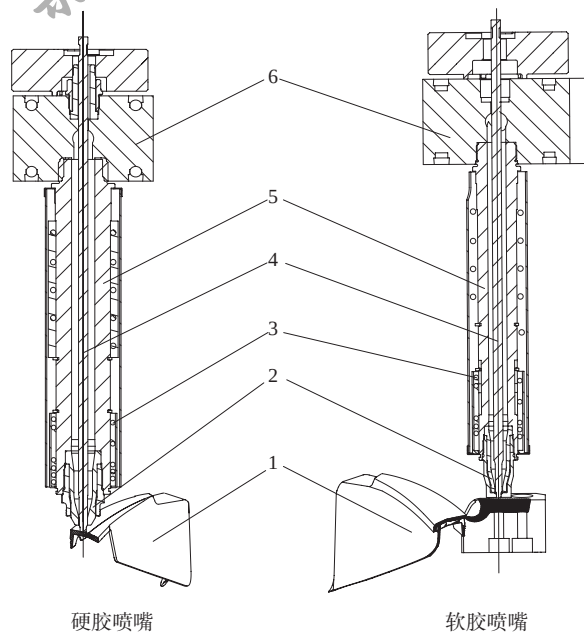
式(1)中, P 为热流道板加热元件的加热总功率, kW; m 为热流道板的质量, kg; c 为热流道板

材料的比热容, kJ/kg $^{\circ}\text{C}$; ΔT 为热流道板塑料注射时工作温度与室温之差, $^{\circ}\text{C}$; t 为热流道板从室温加热到工作温度的升温时间, min; η_0 为加热效率系数,不仅包含加热元件本身的电加热效率,还包括对热流道板热损失部分的补充功率,根据生产实践经验一般取 0.2~0.3。

该热流道板质量约为 99.317 kg,钢板的比热容取 0.48,热流道板从室温 20 $^{\circ}\text{C}$ 升温到工作温度 230 $^{\circ}\text{C}$ 需要 30 min,加热效率系数取 0.2,由此可计算热流道板所需的加热总功率 $P=27.808$ kW,由图7可以看出热流道板的上下两面共布置 20 根加热管,因此选取每根加热管的功率为 1.5 kW,可以满足设计需要。

4.2 喷嘴设计

喷嘴选用延伸型针阀系列喷嘴,塑料注射过程中阀针打开,熔料在注射压力作用下进入型腔,模具型腔充满后阀针关闭,从而防止熔料流出拉丝。喷嘴采用高导热材料,周围安装有加热圈,使喷嘴保持温度控制平稳,避免熔料流动性能变化进而影响产品质量。硬胶和软胶的热流道喷嘴如图8所示。



硬胶喷嘴

软胶喷嘴

- 1—制件; 2—延伸式热嘴尖; 3—弹簧;
4—针阀; 5—热喷嘴主体; 6—热流道板

图8 热流道喷嘴

结合热流道板的相关分析计算和 CAE 模流分析结果对热流道系统进行合理的优化设计,最终设计确定的硬胶部分模具的热流道系统如图9所示,软胶部分模具的热流道系统如图10所示,热流道系统定模结构图如图11所示。

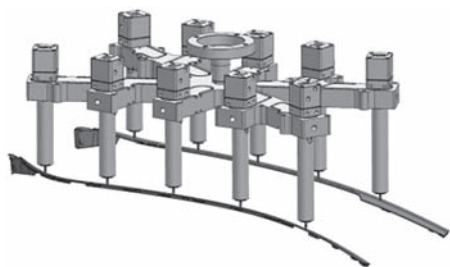


图9 硬胶部分热流道系统

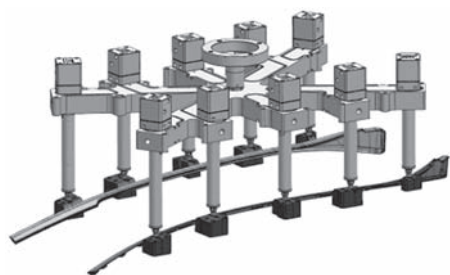
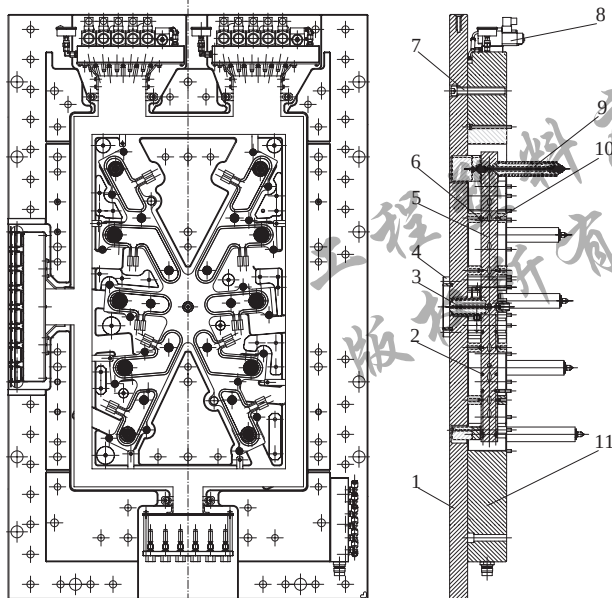


图10 软胶部分热流道系统



1—定模座板; 2—热流道加热器; 3—主喷嘴; 4—定位圈;
5—热流道板; 6—上承压块; 7—螺钉; 8—热喷嘴温控线路;
9—热喷嘴; 10—下承压块; 11—热流道支撑板

图11 热流道系统定模结构图

5 结语

针对汽车前侧风挡饰条这类采用两种不同材质组成的细长类大型塑料件,利用 CAE 技术模拟熔料在注射过程中的流动速度、瞬间温度、压力和冷却过程等状态来验证和优化制件的注塑过程。通过对热流道板加热功率分析计算设计了热流道板和喷嘴,完成了双色模具不同材料热流道系统的设计。模具实际生产实践证明,汽车前侧风挡饰条双色注塑模具热流道系统结构设计合理,提高了制件成型

质量,缩短了成型周期,大批量生产过程运行平稳。

参考文献

- [1] 夏天,范进桢.大尺寸电视面框热流道注射模具设计[J].工程塑料应用,2014,42(9):58-62.
Xia Tian, Fan Jinzhen. Design of injection mold with hot runner for large-size television surface frame[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(9):58-62.
- [2] 范玉,张君伟,赵阳培.音响面板热流道注射模具设计[J].工程塑料应用,2015,43(8):73-76.
Fan Yu, Zhang Junwei, Zhao Yangpei. Audio panel hot runner injection mold design[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(8):73-76.
- [3] 刘庆东.宾利轿车某内饰件双色注塑模具设计[J].中国塑料,2017,31(8):122-126.
Liu Qingdong. Design of bicolor injection moulds for an interior trim part in Bentley automobiles[J]. China Plastics, 2017, 31(8):122-126.
- [4] 肖小峰,宋琪,薛琼.基于 Pro/E 旋转桶热流道注塑模设计[J].塑料,2012,41(1):101-104.
Xiao Xiaofeng, Song Qi, Xue Qiong. Design of spin-tubs hot runner injection mold based on Pro/E[J]. Plastics, 2012, 41(1):101-104.
- [5] 任长春,窦宝林.浇口偏置笔记本电脑外壳注塑模设计[J].工程塑料应用,2012,40((8)):64-67.
Ren Changchun, Dou Baolin. Design of injection mold with offset gate for notebook computer cover[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40((8)):64-67.
- [6] 范伟.汽车仪表盘右侧饰板热流道模具设计[J].塑料工业,2014,42(5):53-56.
Fan Wei. The hot runner mold design for the right trim panel of car dashboard[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(5):53-56.
- [7] 黄继战,范玉,侯世赟,等.基于 CAD/CAE 的音响面板双腔热流道注射模设计[J].工程塑料应用,2018,46(12):96-100.
Huang Jizhan, Fan Yu, Hou Shiyun, et al. Design of double cavity hot runner injection mould for audio panel based on CAD/CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(12):96-100.
- [8] 蔡厚道.基于 UG 和 Moldflow 的塑料外壳注塑模具设计与数控加工[J].塑料,2015,44(6):89-92.
Cai Houdao. Design and NC machining of injection mold for plastic shell based on UG and moldflow[J]. Plastics, 2015, 44(6):89-92.
- [9] 纪仁敏,胡青春,姜晓平.针阀式群腔热流道板的温度场有限元分析[J].塑料,2013,42(6):90-93.
Ji Renmin, Hu Qingchun, Jiang Xiaoping. Finite element analysis of temperature field for valve gated hot runner plate with a large group of cavity[J]. Plastics, 2013, 42(6):90-93.
- [10] 陈剑玲,陈剑梅.医药瓶盖内侧进浇的延伸式热流道系统设计[J].中国塑料,2019,33(3):101-105.
Chen Jianling, Chen Jianmei. Design of extending hot runner system for inside-gating injection mould used for medical bottle caps[J]. China Plastics, 2019, 33(3):101-105.