

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.08.018

车灯可参数化点亮的内配光饰圈结构及模具设计

何叶春, 施凯文, 唐高中

(上汽通用五菱汽车股份有限公司, 广西柳州 545000)

摘要: 汽车车灯可参数化点亮设计是提升灯具科技感、品牌辨识度的有效方法之一, 针对车灯系统里的内配光饰圈通过镭雕、烫印等后处理工艺实现参数化点亮造成的零件合格率低、生产效率低和成本昂贵问题, 提出一种基于车灯内配光饰圈双色注塑成型工艺的解决方案。该工艺由非透光树脂注塑成型遮挡光路的饰圈基体, 透光树脂注塑成型内配光饰圈的发光区域, 饰圈基体镂空参数化形状填补透光树脂即形成参数化透光区域; 此外, 根据双色模具加工工艺和模具结构要求对参数化设计的双色搭接结构制定了工程限制模型, 有效解决参数化特征周围边界不连续的缺陷。本文基于零件结构设计了一套双色注塑模具, 针对零件双色连接面倒扣结构、无脱模斜度面和一色成型件浇口导流道难以成型的问题, 模具设计两套定模弹块机构分别成型一色成型件、二色成型件和浇口导流道; 模具经过设计加工运用于实际生产, 通过实践证明, 该模具结构稳定可靠, 零件质量满足设计要求, 设计方案可为同类型产品开发提供参考, 并具有较高工程实践指导意义。

关键词: 参数化; 内配光饰圈; 双色注塑模具; 浇口导流道; 定模弹块

中图分类号: TQ315 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)08-0126-08

Structure and mold design of inner lens for parameterized lighting of the car lamp

HE Yechun, SHI Kaiwen, TANG Gaozhong

(SAIC GM Wuling Automobile Co., Ltd., Liuzhou 545000, China)

Abstract : The parameterized lighting design of car headlights is one of the effective methods to enhance the technological sense and brand recognition of lighting fixtures. A solution based on the dual color injection molding process of the internal light distribution ring in the headlight system was proposed to address the problems of low part qualification rate, low production efficiency, and high cost caused by parameterized lighting through post-processing processes such as laser engraving and hot stamping. This process consists of a non transparent resin injection molding decorative ring matrix that blocks the light path, a transparent resin injection molding inner light distribution decorative ring's luminous area, and a hollow parameterized shape of the decorative ring matrix filling the transparent resin to form a parameterized transparent area. In addition, an engineering constraint model was developed for the parameterized design of the two-color overlapping structure based on the requirements of the two-color mold processing technology and mold structure, effectively solving the defect of discontinuous boundary of the parameterized feature circumference. A set of two-color injection molds based on the structure of the parts was designed. In order to solve the problems of the reverse buckle structure of the two-color connection surface, the non demolding slope surface, and the difficulty in forming the gate guide channel of the one-color formed parts, two sets of fixed mold spring block mechanisms were designed for the mold to respectively form the one-color formed parts, the two-color formed parts, and the gate guide channel. The mold was designed, processed, and applied in actual production. Through practice, it has been proven that the structure of the mold is stable and reliable, and the quality of the parts meets the design requirements. The design scheme can provide reference for the development of similar products and has high engineering practice guidance significance.

Keywords : parameterization ; inner lens ; double color injection mold ; gate guide channel ; fixed mold spring block

通信作者: 何叶春, 工程师, 主要研究方向为注塑模具设计与开发管理

收稿日期: 2024-06-09

引用格式: 何叶春, 施凯文, 唐高中. 车灯可参数化点亮的内配光饰圈结构及模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(8): 126-133.

HE Yechun, SHI Kaiwen, TANG Gaozhong. Structure and mold design of inner lens for parameterized lighting of the car lamp[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(8): 126-133.

车灯作为汽车的“眼睛”,为驾驶者在黑夜中提供照明和安全行驶的作用,是汽车实现行车功能不可分离的一部分;此外,车灯如同眼睛般表达汽车的情绪,传递汽车的神韵,在表达汽车情感中扮演着主要的角色,是汽车造型的重要组成部分^[1]。随着汽车照明系统的发展,汽车车灯由最初的照明作用逐渐演变为用于装饰、品牌特性植入、展现技术实力和主机厂设计功力的重要载体,参数化点亮功能即为顺应车灯造型设计趋势之一^[2-3]。根据车灯的配光结构、法规要求和材料属性,在现有的技术手段中,通常在内配光饰圈的透光区域采用烫印^[4-7]和镭雕^[8-9]工艺实现参数化花纹点亮效果,华域视觉科技(上海)有限公司^[10-11]将不透光的参数化花纹贴片加热到预设温度后,采用预设压合力和预设压合时间烫压到透光的内配光饰圈本体上,灯具点亮后可突出不透光的花纹形状。湖北华中马瑞利汽车照明有限公司^[12]通过在内配光饰圈的透光区域上设置多层油漆层后使用镭雕工艺去除参数化形状的漆层以达到灯具参数化点亮的效果;实现以上两种后处理工艺均需投入成本高昂的专用设备、工装治具和生产线,生产的零件属高科技产品,附加值高,通常应用于高端车型中。随着参数化花纹点亮设计在车灯中的应用越加广泛,镭雕和烫印工艺已不能适应竞争日趋激烈的市场,因此,一种低成本可实现参数化点亮的双色成型工艺应运而生。

笔者以五菱某款车型尾灯内配光饰圈为研究对象,详细介绍双色注塑成型工艺,并根据工艺需求,对产品参数化结构及模具设计要点进行说明。

1 双色注塑成型工艺

双色注塑成型指将两种不同材质或不同颜色的材料分别塑化,然后按顺序或同时注入模腔从而得到两种不同颜色或不同材质的塑料成型制品的成型工艺。如图1所示,双色注塑使用两个注射系统和一个合模系统,其模具结构为动模两个型芯相同、定模两个型腔不同,分别用于成型一色成型件和二色成型件造型面,注塑机增加使模具动模实现旋转的动模回转盘^[13]。

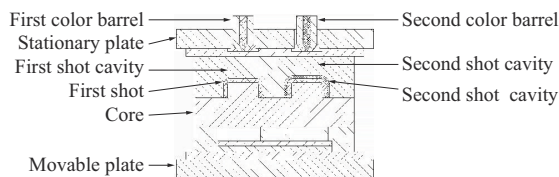


图1 双色注塑成型工艺原理图

Fig. 1 Schematic diagram of double injection molding process

2 可参数化点亮产品结构设计

2.1 尾灯内配光饰圈产品介绍

图2所示为内配光饰圈的造型面,位置灯及参数化氛围灯为互不连通的区域,参数化氛围灯单元为2.0 mm~3.8 mm宽、13.5 mm~46.3 mm长的矩形,灯具功能定义位置灯点亮时参数化矩形状的氛围灯同时发亮,材质定义位置灯及氛围灯为乳白色均

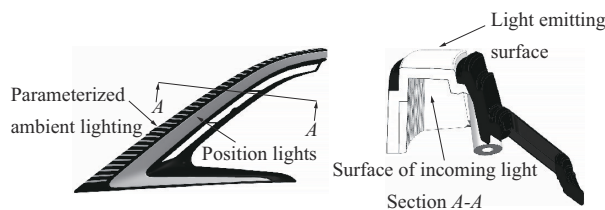


Fig. 2 Inner lens design surface and sectional diagram

光板,由光学级(聚碳酸酯)PC材料成型,内配光饰圈基体为高亮钢琴黑,表面设计哑光细磨砂黑皮纹,由PC材料注塑而成。由于零件为光学结构功能件,产品表面要求进光面、出光面及外观可视面达到镜面抛光A0等级,不允许存在拼接线、浇口残留、缩印等外观缺陷。

2.2 尾灯内配光饰圈双色结构设计

如图3所示,尾灯内配光饰圈按双色结构拆分为内配光镜(一色成型件)和饰圈基体(二色成型件),饰圈基体镂空透光区域设计内配光镜,互不连通的内配光镜通过设计厚度为2 mm~2.5 mm的导流道连通,导流道被饰圈基体覆盖不可视。

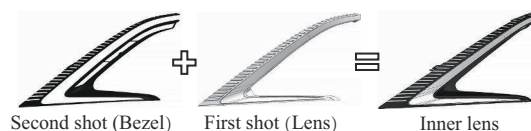


Fig. 3 Two color structure diagram for the Inner lens

2.3 尾灯内配光饰圈成型难点

2.3.1 浇注系统设计复杂

内配光饰圈造型面均为可视外观面,不允许存在浇口痕迹,按常规双色模具的浇注系统设计,一色成型件设计热流道针阀式点浇口于导流道处,二色成型的饰圈基体覆盖导流道使浇口不可视可提高外观感知质量;如图4所示,在该产品结构中,氛围灯区域需设计浇口确保塑件整体的填充和保压,氛围灯相邻两个参数化矩形之间相距5.8 mm,在此区域放置热流道点浇口后,型芯形成薄钢,生产过程容易破裂;设计搭底边浇口则浇口与产品连接面

积增大,浇口难以修剪形成残留导致点亮时零件该处漏光,为满足产品外观要求和提高模具稳定性,一色成型件设计浇口导流道进胶,该结构形成的出模倒扣通过定模弹块实现。

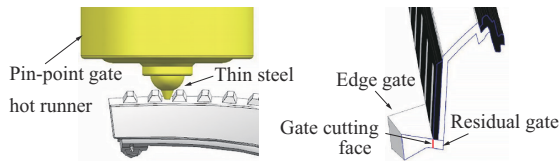


图4 一色成型件参数化区域设置各浇口示意图
Fig. 4 Schematic diagram of parameterized area setting for each gate of the first shot

2.3.2 参数化区域外观缺陷

内配光饰圈将参数化矩形氛围灯与饰圈基体设计为同一张曲面,该种设计下成型的塑件由于模具加工工艺的限制和双色模具结构的特性使参数化特征周围形成短射导致边界不连续(图5),严重影响灯具的动静态感知质量。如图6所示,成型参数化特征的一色型腔为凹槽,凹槽通过数控加工或镜面电火花加工在凹槽根部形成0.1 mm~0.3 mm的圆角,致使成型的参数化特征周围带有圆角,在进行二色成型件的注塑时,参数化特征周围为尖角填充难以填满;双色模具在注塑二色成型件时一色成型件A面作为密封胶面,为避免注射二色成型件时形成溢胶,二色型腔根据模具设计的收缩率增加0.01 mm~0.02 mm的预压量压实一色成型件A面,由于一色成型件不同区域收缩程度不同以及加工精度存在误差,压实一色成型件A面后,参数化特征周围的尖角角度不同使黑色胶料填充尖角存在差异,由此造成参数化特征边界的不平整。

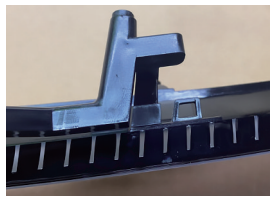


图5 参数化区域缺陷示意图
Fig. 5 Schematic diagram of parameterized area defects

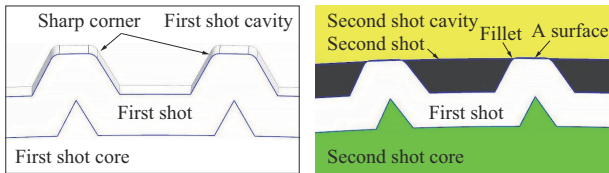


图6 内配光饰圈参数化区域双色注塑成型剖面简图
Fig. 6 Profile diagram of double injection molding in the parameterized area of the inner lens

为解决双色成型工艺参数化特征边界不连续的问题,对标了市面上几款设计参数化特征点亮的车型(表1),并根据模具加工工艺和双色模具结构要求设计含参数化特征的双色产品截面(图7),工程限制模型见表2。

表1 各车型尾灯不同成型工艺下参数化点亮对比

Tab. 1 Comparison of parameterized lighting of tail lamps for different vehicle models under different molding processes			
Vehicle model	Photo of parameterized lighting of tail lamp	Forming process	Characteristic
Vehicle model A		Laser engraving molding	Parameterized modeling with arbitrary design, clear and continuous boundaries, without considering the feasibility of the mold or the filling pressure of injection molding
Vehicle model B		Hot stamping molding	Parameterized modeling with arbitrary design, clear and continuous boundaries, without considering the feasibility of the mold or the filling pressure of injection molding, limited by the hot stamping surface
Vehicle model C		Double injection molding	Parameterized modeling symbolization, size constrained by mold structure and injection molding process
Vehicle model D		Double injection molding	
Vehicle model E		Double injection molding	
Vehicle model in this article		Double injection molding	

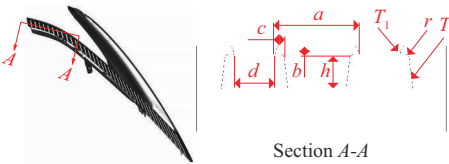


图7 双色注塑工艺成型参数化造型工程限制模型
Fig. 7 A parameter modeling engineering restriction model for double injection molding process

表2 工程限制模型参数

Tab. 2 Engineering restriction model parameters							
参数	a/mm	b/mm	c/mm	d/mm	r/mm	$T_1/(^{\circ})$	$T_2/(^{\circ})$
数值	≥ 5	≥ 0.5 and $\leq b+h$	0.5	≥ 3	R0.2	≥ 7	≥ 3

3 内配光饰圈双色注射模设计方案

双色注塑模具设计前期需根据产品外观要求、注塑材料及产品双色搭接结构确定一色成型件和二色成型件^[14-15]。对内配光饰圈的双色结构进行分析,零件在开模方向仅卡扣存在倒扣(图8),双色件均为同种材料成型,若以黑色饰圈基体作为一色成型件,二色注塑的乳白色熔融胶料熔化黑色饰圈表面将黑色胶料带到内配光镜表面,零件外观不满足使用要求;除此以外,产品的双色搭接结构为内配光镜导流道设计在饰圈基体B面下方,产品的结构及外观需求决定了内配光镜作为一色成型件,饰圈基体作为二色成型件,双色注射模采用正装模的设计方案。一色成型件注塑成型后留在动模型芯侧,然后型芯旋转180°,参与第二射饰圈基体的成型。

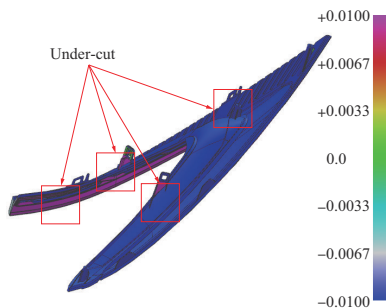


图8 内配光饰圈开模方向成型面斜率分析

Fig. 8 Analysis of slope of forming surface in the direction of inner lens mold opening

3.1 成型系统设计

一色成型件的进光面和出光面,二色成型件的外观可视面均要求高光镜面,模具的型芯型腔需抛光至镜面A0等级,这要求模具的钢材硬度达到HRC48以上,模具需使用价格高昂的预硬钢或淬火钢。为降低模具钢材成本,方便型芯型腔的机械加工和热处理,缩短模具的加工周期,模具的型芯型腔使用镶拼设计。内配光饰圈双色注射模具采用4腔布局,一个成型周期成型左、右内配光饰圈。图9a为定模采用镶块式设计,一色型腔和二色型腔镶块尺寸为778 mm×378 mm×476 mm,通过内六角柱头螺钉与模框固定。定模的模框采用S50C钢材,硬度28~32HRC,一色型腔和二色型腔镶块采用性能更好的1.2343ESR进口淬火钢,相比S50C钢材,它具有更高的表面硬度(48~52HRC),更好的抛光性能。产品周围有3个定模弹块,主要用于成型浇口、卡扣及一色成型件的密封胶。定模弹块每次往复运动都要与产品、型芯表面等不断的接触摩擦,因此

需要有很高的强度和耐磨性。定模弹块采用Cr12模具钢,硬度58~62HRC,它具有很高的强度、耐磨性能,可提高定模弹块的使用寿命。图9b为动模成型系统设计,根据双色模具结构特性,一色型芯和二色型芯设计相同,其布置的冷却水路和顶出机构均一致。与定模类似,动模模框采用S50C钢材,型芯采用1.2343ESR进口淬火钢。动模设计8个滑块抽芯结构,采用Cr12模具钢,用于成型饰圈基体的卡扣结构。

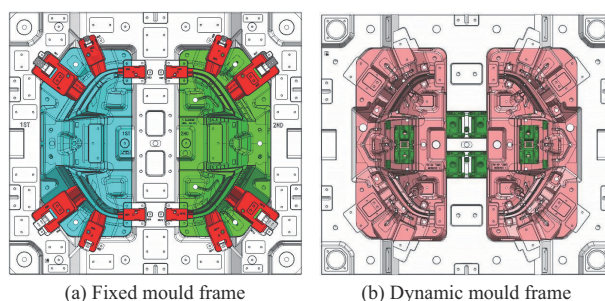


图9 内配光饰圈双色注塑模成型系统设计

Fig. 9 Design of double color injection molding system for inner lens

3.2 浇注系统设计

如图10所示,一色成型件和二色成型件分别设计了两套独立的热流道进胶系统,一色成型件和二色成型件的浇注系统分别采用3点和5点针阀式热

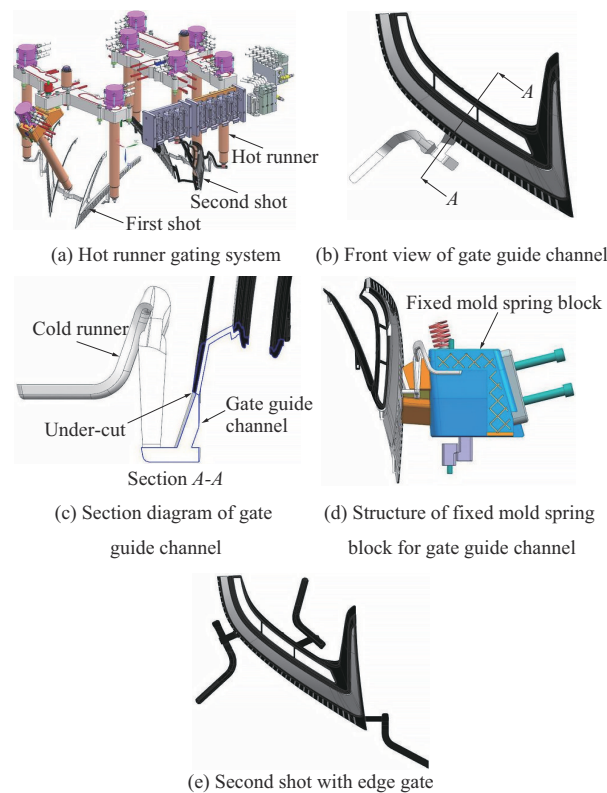


图10 内配光饰圈双色注塑模浇注系统

Fig. 10 Gating system of double color injection mold for inner lens

流道转冷流道进行设计,一色成型件单件两个浇口成型,二色成型件单件三个浇口成型。由上述的内配光饰圈成型难点分析,为避免白片浇口外露形成漏光,一色成型件采用浇口导流道设计,浇口导流道设置在一色成型件分型线以内避免外露,末端连接冷流道,该设计使浇口在开模方向形成倒扣,模具需增加定模弹块实现一色成型件的浇注系统设计;二色成型件采用搭底边浇口进行设计。

3.3 侧抽芯机构设计

根据双色注塑模具的结构特性,一色成型件和二色成型件的动模型芯和结构相同,当二色成型件的倒扣区域与一色成型件存在搭接的情况,通常采用定模弹块进行成型。如图11所示,内配光饰圈的卡扣均为倒扣结构,由二色黑料成型,避免了乳白色胶料成型产生的漏光缺陷,产品A处卡扣与B处卡扣不同,A处卡扣设计在一色成型件下方,而B处则设计在二色成型件上,B处卡扣可通过动模斜顶或滑块成型,若A处设计相同的结构,注射一色成型件时乳白色胶料即成型卡扣。为实现产品A处卡扣结构,定模一色型腔和二色型腔分别设计一色定模弹块和二色定模弹块,一色定模弹块在成型一色成型件时起到封胶的作用,二色定模弹块则完成卡扣的成型。

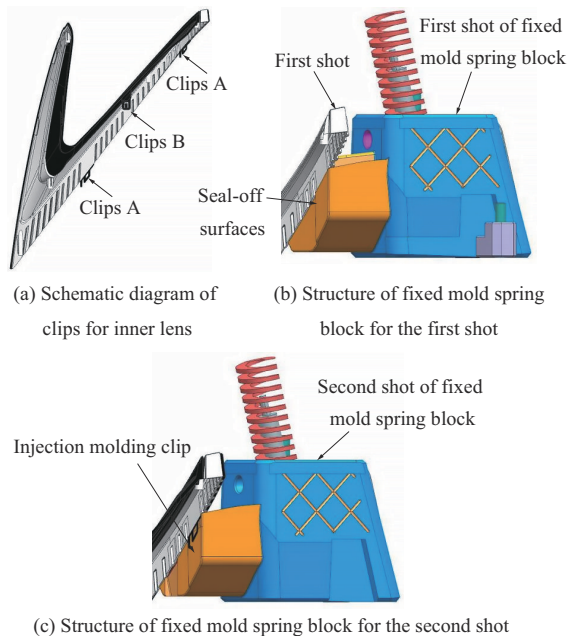


图11 参数化区域卡扣定模弹块结构

Fig. 11 Cavity plate spring block structure of parameterized area clips

如图12所示,随着车企逐渐强调内配光饰圈位置灯与尾灯贯穿位置灯点亮的连贯性,内配光饰圈

C面通常设计为出模方向无脱模角度,这使得该面成型存在拉伤缺陷。为解决该问题,模具设计定模弹块结构使C面在开模过程中与模具成型面的相对运动为C面的法向。定模弹块分为一色定模弹块和二色定模弹块,一色定模弹块在成型一色成型件时起到封胶的作用,二色定模弹块则成型与C面搭接的饰圈基体X和Y面。

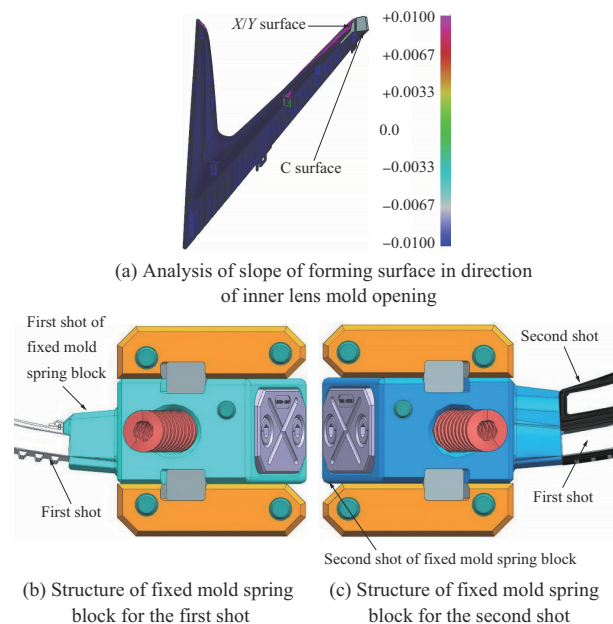


图12 内配光饰圈0°脱模面定模弹块结构

Fig. 12 Structure of fixed mold spring block on the 0° demolding surface of the inner lens

3.4 顶出系统设计

顶出机构的形式与塑件的形状、结构和塑料性能有关,根据塑件的外观功能要求及脱模阻力进行顶出机构数量和顶出位置的设计。顶出力平衡确保塑件不变形、不破损,模具顶出时需顺滑、平稳可靠^[16]。由于该双色模动模在注塑成型的过程中会进行互换,因此一色成型件和二色成型件的顶出机构完全一样。如图13所示,模具顶出机构主要由圆顶针、扁顶针、推管、斜顶块、直顶块、顶针面板及顶针

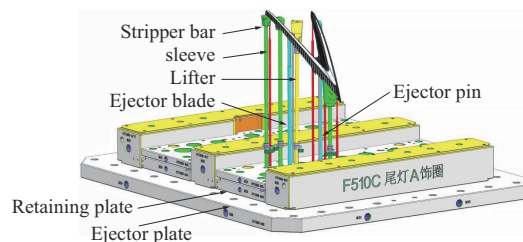


图13 内配光饰圈双色模具顶出结构

Fig. 13 Ejection structure of double color mold for inner lens

底板构成,螺钉柱设计推管顶出,卡扣安装座设计斜顶块成型及顶出,所有顶出机构固定在顶针面板和顶针底板之间,通过注塑机的推杆驱动顶针板进行顶出运动。

3.5 冷却系统设计

冷却系统设计原则之一是水路各处距模具成型面的距离大致相等,以达到成型面各处温度大致均衡^[17]。如图14所示,为避免塑件冷却不均导致成型周期偏长或翘曲变形,模具的冷却系统采用了“直通式水管+倾斜式水管+水井”的组合形式,该冷却系统整体沿塑件形状设计随形水路,局部冷却不均的区域设计水井冷却。冷却水路直径设计11.5 mm,水井直径为18 mm,水路之间的距离为45~50 mm,水路距离塑件表面距离为20~25 mm,以保证塑件的冷却均匀。

由于塑件整体外观为高光镜面且由PC成型,模具温度需设置80℃以上以保证外观质量,为此模具8个型芯型腔分别接模温机,热流道喷嘴处单独设置冷却水路,热流道及动定模模具温度独立控制。

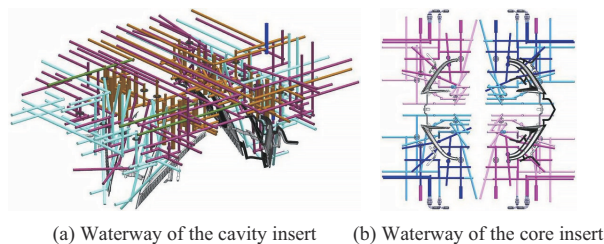


图14 内配光饰圈双色模具冷却系统

Fig. 14 Cooling system of double color mold for inner lens

4 双色注塑模工作原理

双色模采用转盘式双色注塑机进行生产^[18]。内配光饰圈双色模工作原理如下:

(1)如图15a所示,模具通过行车自上而下放入注塑机的4根格林柱之间,定模通过定位圈与注塑机喷嘴准确对接,动模采用两根定位销精准定位在注塑机动模板上,注塑机带动模具动定模合模,在模具圆导柱、方导柱和精定位的导向下,模具动定模完全配合,而后利用锁模码仔将动定模固定在注塑机动定模板上。固定模具后将模具进出水路与模温机相接,并设定相应的水路温度。热流道为针阀式热流道,需要连接电磁阀控制阀针的开启,待模具升温至85℃左右,胶料塑化完毕即可进行填充注塑。

(2)如图15b所示,在进行第一次注塑时,一色热

流道喷嘴针阀开启,二色热流道喷嘴针阀关闭,模具只注塑一色成型件,二色成型件不注塑;一色成型件注塑完成进行开模运动时,塑件在定模弹块、螺钉柱包紧力的作用下固定在一色型芯侧,动模上的顶出系统不执行顶出动作,随后注塑机动模转动盘带动双色模动模顺时针转动180°后模具闭合,实现双色模的换腔动作。

(3)在第二次注塑时,一色热流道喷嘴针阀和二色热流道喷嘴针阀同时开启,一色成型件与二色成型件同时进行注塑,二色型腔完成一色成型件和二色成型件的双色成型,同时一色型腔注射成型一色成型件,为下一模双色塑件的注塑成型做准备。二色成型件经过保压冷却固化后模具打开,定模弹块在弹簧的驱动和T形斜楔的导向作用下,配合限位块,向倒扣方向运动9 mm,成型饰圈基体使浇口导流道可正向顶出;滑块在斜导柱的驱动下,配合限位块,向倒扣方向运动6 mm,完成侧抽芯动作,卡扣倒扣完全脱出,塑件停留在动模上(图15c)。

(4)如图15d所示,产品温度达到顶出温度后模具打开,一色成型件模具动模不顶出,二色成型件模具动模在注塑机顶杆的作用下,顶针面板与顶针底板沿着导柱运动35 mm,带动圆顶针、扁顶针、推管、斜顶块、直顶块将塑件缓慢顶出,塑件顶出后进

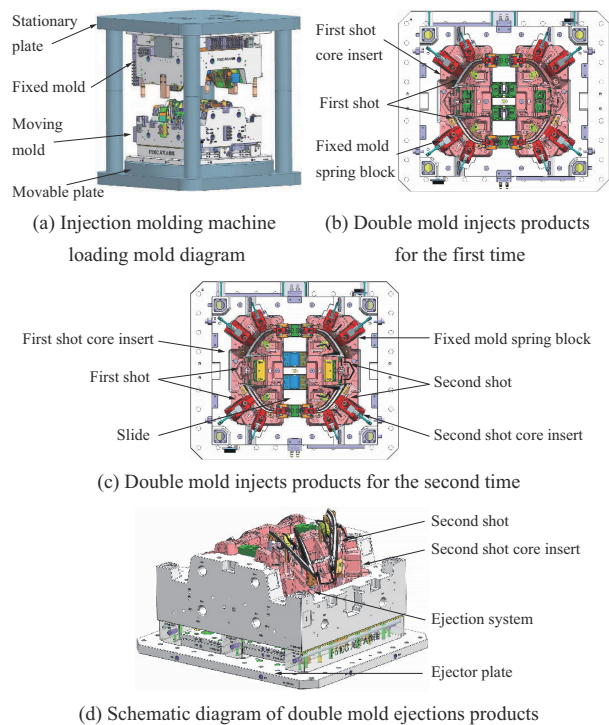


图15 内配光饰圈双色模具工作示意图

Fig. 15 Schematic diagram of double color mold for inner lens

行机械手取件。取件结束后双色模动模按逆时针方向转动 180°,模具闭合,开始双色注塑循环^[19]。

5 结论

在汽车车灯智能化、造型参数化的大背景下,提出使用双色注塑成型工艺替代成本高昂的镭雕、烫印工艺以实现车灯参数化点亮的效果,着重介绍了双色注塑成型的工艺流程及产品、模具设计难点,产品及模具结构方案经批量生产验证后,模具结构稳定,产品质量满足造车需求。根据内配光饰圈双色成型工艺的开发过程,得到如下结论:

(1)内配光饰圈采用双色成型的方法,相对于后处理烫印和镭雕工艺,降低了开发成本,产品合格率高,但参数化造型受到模具制造可行性及注塑工艺的制约,开发阶段需通过工程限制模型进行约束。

(2)内配光饰圈双色模在定模侧分别设计两套不同弹块结构的模具方案,有效实现了产品双色搭接处 0°脱模面、浇口导流道和卡扣的成型,避免了表面拉伤和漏光的外观缺陷,且弹块结构设计大大简化了双色模的模具结构。

(3)内配光饰圈成型面采用型芯型腔镶拼设计,单个型腔采用独立的随行水路+水井进行单独温度控制,提高模具成型面传热冷却效率的同时降低了模具钢材开发成本;双色模型型芯型腔通过模温机进行温度控制,通过调节模具温度使第一色成型件与第二色成型件的成型周期接近,提高了内配光饰圈模具的冷却效率。

目前应用双色注塑成型工艺还无法实现车灯任意参数化设计点亮的需求,但随着材料、光源的不断发展,注射机和模具结构的不断创新,对于实现灯具参数化发光的新成型方法及相应工艺还有待进一步研究和探索。

参考文献

- [1] 梁冰.车灯情感化设计研究[D].长沙:湖南大学,2011.
LIANG Bing. Research on emotional design of the auto-lamp[D]. Changsha: Hunan University, 2011.
- [2] 余祥杰.品牌语义下的前车灯造型特征与用户需求映射研究[D].湘潭:湘潭大学,2020.
YU Xiangjie. Research on mapping of vehicle headlamp modeling characteristics and user demand based on brand semantics[D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2020.
- [3] 冯钰涛.基于CAD/CAE技术的汽车车灯的设计研究与应用[D].武汉:湖北工业大学,2019.
FENG Yutao. Research and application of automobile lamp design based on CAD/CAE technology[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2019.
- [4] 谷晓杰.热烫印技术在汽车内外饰件上的应用[J].丝网印刷, 2014(2):13-18.
GU Xiaojie. The application of hot stamping technology in automotive interior and exterior decorations[J]. Screen Printing, 2014(2): 13-18.
- [5] 程道强.热烫印技术在汽车内外饰件中的设计要求[J].科学技术创新, 2021(16):173-174.
CHENG Daoqiang. Design requirements for hot stamping technology in automotive interior and exterior decorations[J]. Scientific and Technological Innovation, 2021(16):173-174.
- [6] 陈玲.汽车外饰件采用热烫印工艺的设计准则[J].时代汽车, 2021(6):134-136.
CHEN Ling. Design criteria for auto exterior parts using hot stamping process[J]. Auto Time, 2021(6):134-136.
- [7] 柴凯,马玉姣,徐晶才,等.汽车外饰烫印塑料件设计开发[J].汽车实用技术, 2019(20):159-161.
CHAI Kai, MA Yujiao, XU Jingcai, et al. Design and development of hot stamping plastic parts for automobile exterior[J]. Automobile Applied Technology, 2019(20):159-161.
- [8] 虞莲雯,龚伟.一款装饰性黑铬的镭雕工艺的开发[J].汽车零部件, 2022(8):28-31.
YU Lianwen, GONG Wei. Development of a decorative black chrome laser engraving process[J]. Automobile Parts, 2022(8): 28-31.
- [9] 刘帮毅,陈稳宏,苏英霞.外饰镭雕应用中油漆附着力失效的研究[J].环境技术, 2021, 39(S1):102-106.
LIU Bangyi, CHEN Wenhong, SU Yingxia. Research on the failure of coating adhesion in the automobile exterior painting parts with laser radium carving technology[J]. Environmental Technology, 2021, 39(S1):102-106.
- [10] 华域视觉科技(上海)有限公司.一种带有花纹的车灯饰圈: CN201920220457.1[P]. 2019-08-20.
HASCO VISION Technology CO., LTD. A decorative ring for car lights with patterns: CN201920220457.1[P]. 2019-08-20.
- [11] 华域视觉科技(上海)有限公司.一种带有花纹的车灯饰圈及其制造方法: CN201910129995.4[P]. 2019-04-12.
HASCO VISION Technology CO., LTD. A decorative ring for car lights with patterns and its manufacturing method: CN201910129995.4[P]. 2019-04-12.
- [12] 湖北华中马瑞利汽车照明有限公司.利用镭雕饰圈实现日行/位置灯星空点亮效果的车灯: CN202222791212.9[P]. 2023-04-11.
Hubei Huazhong Marelli Automotive Lighting Co., Ltd. Using laser carved decorative circles to achieve the effect of lighting up the daytime/position lights and starry sky in car lights: CN202222791212.9[P]. 2023-04-11.

- [13] 冯刚,田雅萍,张朝阁,等.双色注射成型技术研究进展[J].工程塑料应用,2014,42(8):111–115.
FENG Gang, TIAN Yaping, ZHANG Chaoge, et al. Research overview and prospects of bi-color injection molding technology[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(8):111–115.
- [14] 石波,铁盛武,沈亮涵,等.汽车翼子板三角饰盖高光双色注塑模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(7):110–115.
SHI Bo, TIE Shengwu, SHEN Lianghan, et al. Design of two-color injection mold for triangular cover of automobile fender[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(7):110–115.
- [15] 卢建生,邬新桥,陈栗.汽车大灯灯罩双色注射模设计[J].模具制造,2019,19(4):56–60.
LU Jiansheng, WU Xinqiao, CHEN Li. Design of double color injection mold for the automobile headlamp[J]. Die & Mould Manufacture, 2019, 19(4):56–60.
- [16] 施凯文,铁盛武,何叶春,等.车灯厚壁光导模具优化设计[J].模具工业,2024,50(1):36–42.
SHI Kaiwen, TIE Shengwu, HE Yechun, et al. Optimization design of mould of thick wall light guide for automobile light[J]. Die & Mould Industry, 2024, 50(1):36–42.
- [17] 石世铄.注射模具设计[M].北京:化学工业出版社,2017.
SHI Shiyao. A tutorial on injection mold design and manufacturing [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2017.
- [18] 杨明池.转盘旋转式双色注塑模结构设计[J].模具技术,2017(3):39–43.
YANG Mingchi. Rotating double-color injection mould design[J]. Die and Mould Technology, 2017(3):39–43.
- [19] 徐以国,王伟国.汽车3D内饰件双色注射模设计[J].模具工业,2020,46(9):43–48.
XU Yiguo, WANG Weiguo. Design of co-injection mould for 3D interior part in automobiles[J]. Die & Mould Industry, 2020, 46(9):43–48.