

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.04.016

新能源汽车 PC 灯罩的注塑模具设计

彭贤峰^{1,2}, 翁礼杰^{1,2}, 邵俊^{1,2}, 傅莹龙^{1,2}, 任建平^{1,2}, 张留伟^{1,2}

(1. 台州科技职业学院, 浙江台州 318020; 2. 台州市模具智能制造重点实验室, 浙江台州 318020)

摘要: 针对某款新能源汽车聚碳酸酯(PC)灯罩的结构特点, 模具采用一模两腔“L+R”形式的型腔布局。通过对产品成型的 CAE 分析, 模具采用两组针阀式的热流道结构。根据产品外表面局部多处内凹的特征, 对定模设计了结构紧凑的“弹块+斜导柱”的脱模结构, 并通过机械拉钩机构保证弹块工作的可靠性。由于产品为透明塑件, 因此对产品内表面的质量要求也高, 又由于其结构较为复杂, 产品有多处安装定位特征, 对动模采用“斜导柱+滑块+成型块”的联动抽芯结构。在顶出系统方面采用了“方直顶杆+导向块+大顶块”的方式, 成功解决产品顶出困难的问题。在冷却系统方面, 各个大弹块及大顶块中都设有直径 8 mm 的独立水路, 其余部位设计为直径 11.5 mm 的水路, 将产品包在中间, 组成“随形水路”。模具投产后, 各抽芯及顶出机构运行平稳, 产品各项参数均符合要求, 证明各机构设计合理, 安全有效。

关键词: 聚碳酸酯灯罩; 机械拉钩; 弹块; 联动抽芯; 随形水路

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)04-0101-07

Design of injection mould for PC lampshade of new energy vehicles

PENG Xianfeng^{1,2}, WENG Lijie^{1,2}, SHAO Jun^{1,2}, FU Yinglong^{1,2}, REN Jianping^{1,2}, ZHANG Liuwei^{1,2}

(1. Taizhou Vocational College of Science and Technology, Taizhou 318000, China;

2. Taizhou Key Laboratory of Mold Intelligent Manufacturing, Taizhou 318000, China)

Abstract : Based on the structural characteristics of a polycarbonate (PC) lampshade for a certain new energy vehicle, the mould adopted the cavity layout of “L+R” form with one mould and two cavities. Through CAE analysis of the product forming, the mould adopted two sets of needle valve hot runner structures. Based on the local concave features on the outer surface of the product, a compact demolding structure of “spring block+inclined guide pillar” was designed in the fixed mold, and the reliability of the spring block's operation was ensured through a mechanical hook mechanism. As the product is a transparent plastic part, the quality requirements for the inner surface of the product are also high. Due to the complex structure, the product has multiple installation and positioning features, the dynamic mold adopted a linked core pulling structure of “inclined guide pillar+slider+forming block”. In terms of the ejection system, the method of “square top rod+guide block+large top block” was adopted, successfully solving the problem of difficult product ejection. In terms of cooling system, independent waterways with a diameter of 8 mm were installed in each large projectile and top block, while the rest of the parts were designed as waterways with a diameter of 11.5 mm, the product was packaged in the middle to form a “conformal waterway”. After the mould was put into production, each core pulling and ejection mechanism operated smoothly, and all product parameters met the requirements, proving that the design of each mechanism was reasonable, safe and effective.

Keywords : polycarbonate lampshade ; mechanical hook ; bullet block ; linkage core pulling ; conformal waterway

随着新能源乘用车的快速发展, 汽车车灯产品的迭代升级更加快速, 在车身设计中, 前脸和尾部的车灯布局代表着该种品牌车身的设计形象, 特别

是汽车前脸左右两侧大灯总成灯罩, 它不仅是提供车灯照明的必备部件, 从设计上来看, 也是整车的“眼睛”, 可用来展示品牌特性, 是消费者关注的一

基金项目: 2023 年台州市科技计划项目(23gyb25), 浙江省教育厅 2022 年度高校国内访问工程师项目(FG2022376), 2023 年度台州科技职业学院校级课题(23QNZ05), 2023 年浙江省一般科研课题(Y202352555)

通信作者: 彭贤峰, 讲师, 主要研究方向为模具 CAD/CAE

收稿日期: 2024-02-23

引用格式: 彭贤峰, 翁礼杰, 邵俊, 等. 新能源汽车 PC 灯罩的注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(4): 101-107.

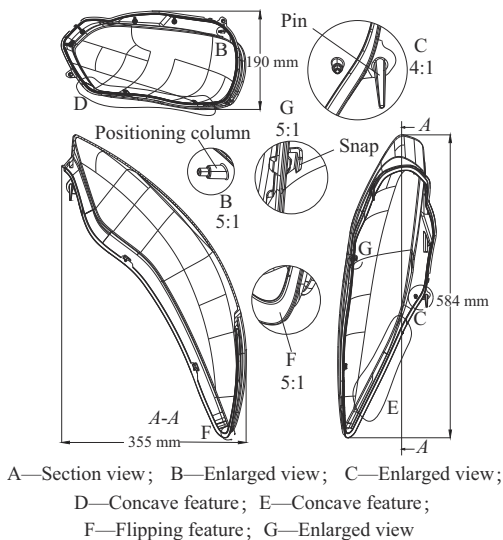
PENG Xianfeng, WENG Lijie, SHAO Jun, et al. Design of injection mould for PC lampshade of new energy vehicles[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(4): 101-107.

个潮流设计要点。因此车灯灯罩的设计成为汽车厂家超越竞争对手的一个核心关键点^[1]。

车灯模具作为车灯塑件批量生产的工具,是一种细化的高端塑胶模具,具有模具零件精度高、结构复杂、结构创新性强等特点^[2]。通过提升车灯模具的技术水平,可以使得国内模具产业向高端化升级,提升国际竞争力,使国内模具在国际的高端模具中占有一定的比例,对于推动模具产业向高质量发展具有重要意义^[3]。模具结构的紧凑化、轻量化发展是一个重要的途径,笔者针对某款车型的聚碳酸酯(PC)灯罩的复杂产品,应用CAE技术对模具设计方案进行模拟充填、翘曲变形等分析比较,优化模具结构设计,为开发模具提供有效的方案。

1 PC灯罩结构的工艺分析

图1为某款新能源车型灯罩的结构图,产品整体尺寸为584 mm×355 mm×190 mm,平均壁厚为3.3 mm,产品质量为656 g,其材料为德国拜耳公司生产的牌号为PC Makrolon 2407,收缩率为0.65%。PC是一种无定型、高度透明的热塑性工程塑料,具有优良的耐冲击性、耐热性和耐低温性,蠕变性小,在较宽的温度范围内具有稳定的力学性能和尺寸稳定性^[4]。由于灯罩要与车灯的底座相互装配为大灯总成,因此灯罩背面有多处固定及定位的特征,如图1所示,灯罩结构有4处内径为2.5 mm、深度10 mm的boss柱结构,两处有卡扣特征(G处),图1B处为长度12 mm、直径为5 mm的侧向凸台定位柱,如其放大图所示,与产品脱模方向成69°的夹角,C处为长度达23 mm的细长插脚;灯罩A面的D处与



A—Section view; B—Enlarged view; C—Enlarged view;
D—Concave feature; E—Concave feature;
F—Flipping feature; G—Enlarged view

图1 灯罩结构图

Fig. 1 Structural diagram of lampshade

E处有局部内凹特征,其中D处的内凹最大深度为5 mm,E处的内凹最大深度为4.5 mm,F处产品的沿口位置有局部翻边倒扣特征,这些结构给产品模具设计造成了较大的困难,又由于灯罩材料为透明材质,产品成型时不得出现流痕、气泡、飞边等缺陷,这些要求进一步提高了模具设计与制造的难度^[5]。

2 产品浇注系统的设计与CAE工艺分析

塑料制品的质量既与材料本身的特点有关,也与该产品浇注系统的设计息息相关,如浇口的形式、数量、位置等^[6-7]。因此产品在进行模具设计前,通过CAE仿真分析来判断浇注系统的合理性后,再进行模具的整体设计^[8]。

根据灯罩的形状与装配特点,考虑到产品为透明塑件,可在产品的边缘开设侧浇口,采用一模两腔(L+R)的结构,如图2所示,浇注系统采用“热流道+冷流道+扇形侧浇口”的结构。

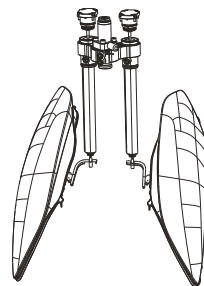


图2 浇注系统的设计

Fig. 2 Design of pouring system

在CAE分析中,其网格类型为双层面的三角形网格,网格数量为133 176个,网格匹配百分比达到90.8%,通过CAE软件的“填充+保压+翘曲”分析,得到部分分析结果如图3所示。图3a表明PC熔体充满整个灯罩的时间为3.25 s;图3b的结果表明注塑机喷嘴处的注射压力在2.6 s时达到最大值98.7 MPa;图3c冻结层因子的结果表明产品在充满型腔33 s后,产品的内外表面基本冻结;图3d中的翘曲变形发生在产品的装配沿口位置为2.8 mm。

3 成型模具的设计

3.1 模具动定模的设计

产品型腔的布局与模具整体结构的复杂程度息息相关。由于制件空间结构较为复杂,又为两个镜像件,为了保证塑件能够满足精度要求,又能符合浇注系统平衡的要求,确定产品的布局方式为一模两腔,模具的动定模整体设计如图4所示。为了保证塑件能顺利脱模,分型面选取在制件的最大轮廓处,模具开模后塑件留在动模这一侧^[9-10]。模腔的

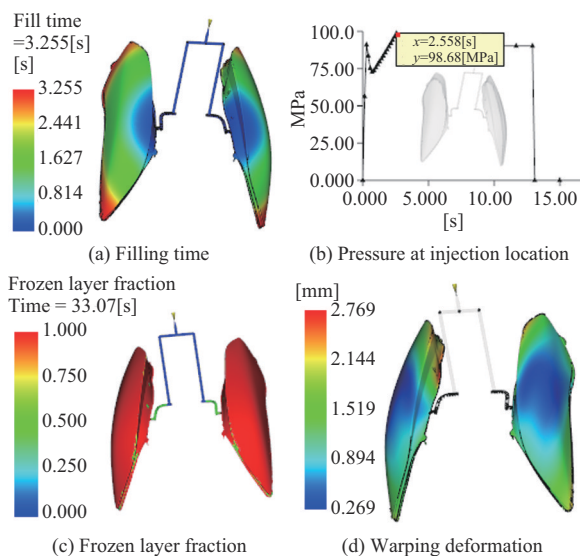


图3 CAE分析结果

Fig. 3 CAE analysis results

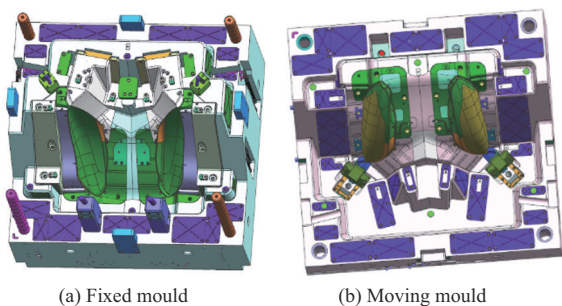


图4 动定模的整体结构

Fig. 4 Overall structure of moving and fixed molds

成型零件采用多个镶块拼接而成,镶块材料采用日本进口的NAK80预硬塑胶模具钢,硬度可达37~43 HRC,具有良好的镜面抛光性能,可使模具的寿命不低于35万次;动定模AB板的材料采用性价比较高的S50C,同时为降低模具实际生产时NAK80镶块分型面配合的磨损度,在AB板相互接触的平面及锥面上设有厚度为12 mm耐磨板,也减少了AB板锥面配合处的飞模时间^[11-12]。

由于定模A板的最大厚度达640 mm,为方便4根直径60 mm导柱的安装,采用直身式导柱,即导柱的尾部不带台阶结构,4根导柱通过M20的螺钉锁紧安装于定模A板上。动模B板上的导套通过孔用卡簧将其固定住。为增强定模A板和动模B板的闭合定位精度,在A板上设计了4块精度较高的方导板,同时在AB板的内部设计有10°的锥面锁模结构,进一步提高锁模的定位精度^[13]。

3.2 定模自弹式弹块的设计

由图1可知,产品D与E处的两个区域位于定

模侧有内凹特征,无法强制脱模。常规的设计方案采用油缸+锁紧块+滑块的结构,在开模前油缸先抽动锁紧块再带动滑块做抽芯运动,这种结构会占用较大的空间,机构也比较复杂,会造成定模A板整体尺寸变大,成本增加,性价比较低。综合评估,在定模上设计了一种带斜导柱导向的弹块脱模机构(图5),解决了这两处内凹特征的脱模问题。

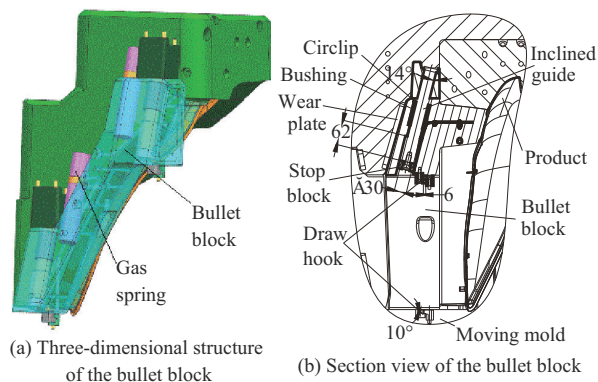


图5 弹块机构的设计

Fig. 5 Design of spring block mechanism

这一机构结构相对简单,几乎不增加定模A板的尺寸,模具可以设计得非常紧凑,尺寸较小,节约成本。图5a所示弹块的尺寸为355 mm×264 mm×522 mm,质量达58 kg。由于弹块质量较大,长度也较长,为了保证弹块运动的稳定性,在弹块内部设计了两个导套用卡簧固定,采用两根直径为30 mm,倾斜角为14°的斜导柱导向,同时在弹块内部设计了两根外径40 mm,工作行程为65 mm的氮气弹簧,其具有体积小、弹力大、行程长、工作平稳的特点,为弹块的运动提供动力,在两根斜导柱的末端设计了一个限位块以防止弹块的运动超行程。由图5b可以看出,弹块沿着斜导柱方向的工作行程为62 mm,可以算出其横向抽芯距离 $s=62 \cdot \sin(14^\circ) \approx 15$ mm,满足脱模要求。为防止因模温过高或者锁模力过大等原因造成弹块卡死,在弹块与动模上分别设计了小拉钩的机构,开模时利用开模力使动模上的拉钩缓慢带动弹块上的拉钩运动,当弹块侧向运动6 mm后,两个拉钩自动分离。

3.3 动模复杂抽芯机构的设计

图1产品背面的B处有一侧向凸台定位柱,如果采用常规的斜顶块机构,很容易在该区域形成顶块印或者飞边的缺陷,因此在该处设计了如图6a所示的脱模机构,采用了“斜导柱+滑块+成型块”的联动抽芯结构,同时为了防止B处产生困气,还在该处

设计了镶针结构以利于排气,该机构的运动原理图如图6b所示。斜导柱的角度为 12° ,有效工作行程为99 mm,可以算出大滑块的工作行程BC为 $99 \cdot \sin(12^\circ) \approx 21$ mm;又由于抽芯块运动轨迹与大滑块的运动方向成 21° ,成型块的运动距离CD为 $BC \cdot \cos(21^\circ) \approx 19$ mm,满足脱模要求。同时成型块与大滑块之间还有BD方向的相对运动,它们之间采用T形槽结构的滑动副连接,为了保证成型块的运动精度,在成型块的上下面都设计了带石墨自润滑的导向块结构。

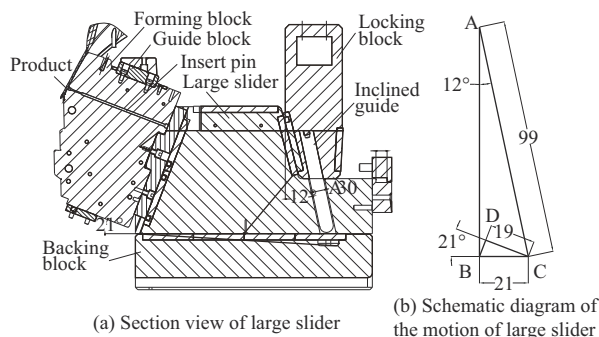


图6 “斜导柱+滑块+成型块”的机构设计

Fig. 6 Mechanism design of inclined guide pillar+slider+forming block

图1产品F处的沿口位置有局部的翻边倒扣特征,无法将产品从该位置直接顶出,因此设计了图7所示的抽芯结构。其由“倒扣成型块+滑块+斜导柱”组成,其中倒扣成型块与滑块的运动方向成 50° ,倒扣成型块通过T形块与滑块行程 40° 的滑动幅连接。倒扣成型块的运动原理如图7b所示,斜导柱的工作距离 $L1=64$ mm,滑块的工作距离为 $64 \cdot \sin(18^\circ) \approx 15$ mm,最终可以算出倒扣成型块的脱模运动距离为 $15 \cdot \sin(40^\circ) \approx 9$ mm,满足条件。

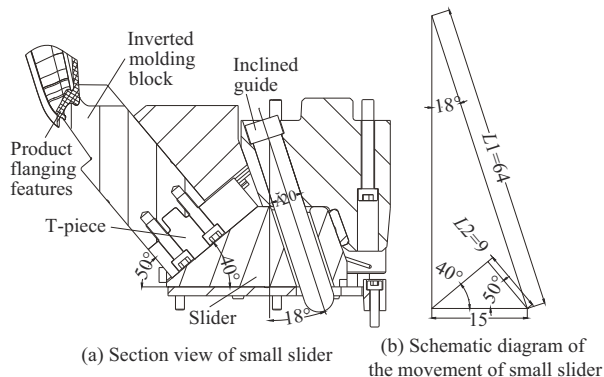


图7 F处的抽芯结构

Fig. 7 Core pulling structure in area F

3.4 顶出机构的设计

产品与浇注凝料能被顺利推出是保证产品生产的重要步骤,尤其对于透明的塑件产品,要求在顶出过程中不能出现卡滞的情况,被顶出的产品不能出现拉伤的划痕,更不能破坏产品的结构^[14]。为满足上述要求,此模具的顶出机构采用了“直顶块+方顶杆+顶针+司筒”的方式,如图8所示。由于其中一个直顶块较大,在其两端分别设计了两根方顶杆,为了提高顶出的稳定性,在方顶杆的外围设计了铝青铜导套;另外两个较小的直顶块采用了两个直径为20 mm的直顶杆,有4根司筒的直径为6 mm,两个插脚的顶针为4 mm,并且采用了分段式的结构,底部采用直径为15 mm的加强杆,以加强其顶出时的强度。

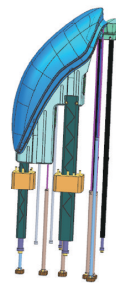


图8 顶出机构的设计

Fig. 8 Design of ejection mechanism

3.5 冷却系统的设计

在注射成型的冷却过程中,理想状态是产品各个部位的冷却速率一致,这样减少因冷却不均而造成的缺陷问题^[15-16]。由于该产品为PC材料,实际生产时其模具温度一般要达到 $65 \sim 90^\circ\text{C}$ 之间,通常冷却系统需接模温机,该模具的水路设计采用了“直通式管道+截断式管道+隔水片式管道+软管+集水块”的组合形式,如图9所示,在热流道周围也设计了一组直径为11 mm的水路,由于该模具内部结构

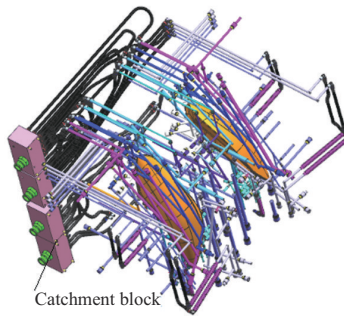


图9 冷却系统的设计

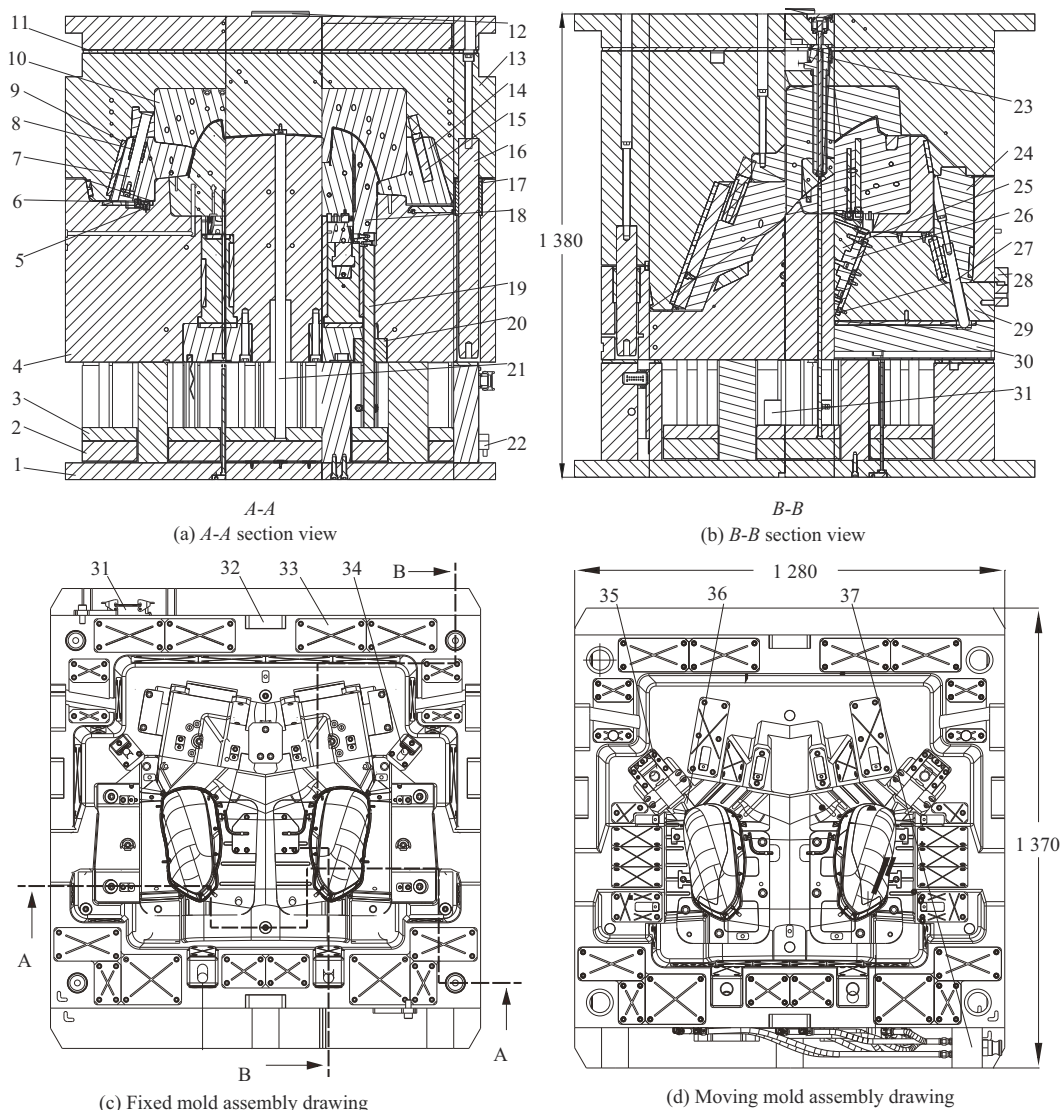
Fig. 9 Design of cooling system

较为复杂,有多处的滑块、镶块等结构,在每个大的滑块及镶块中都设计有直径11.5 mm的单独循环水路,空间较小的弹块部位设计了直径为8 mm的循环水路,管道随产品的形状布置在周围,冷却水可以快速将高温熔料的热量带走,使得模塑周期更短;动定模上所有的出水口与进水口分别通过软管连接到对应的集水块中,集水块上设计有内径为30 mm的快速接头,方便与模温机连接。

4 模具装配图及工作原理

该款新能源汽车车灯灯罩的模具总装配如图10所示,模具采用以一模两腔左右件布局,每腔浇注系统采用针阀式热流道,总体尺寸为1 280 mm×1 370 mm×1 380 mm,属于中型精密类的汽车注塑模。

模具工作的过程如下:首先将模具安装到注塑机上,用定位圈12定位并通过压板固定,将热流道的加热线圈接口31与温控箱相连并加热,把集水



- 1—Bottom plate; 2—Ejector plate; 3—Top pin panel; 4—Moving mold B plate; 5—Moving mold hook; 6—Fixed mold hook;
7, 27, 34—Inclined guide; 8—Copper bushing; 9—Bearing plate; 10—Fixed mold core; 11—Bakelite; 12—Locating ring;
13—Fixed mold A plate; 14—Large bullet block; 15—N₂ gas spring; 16—Guide pillar; 17—Guide sleeve; 18—Straight top block;
19—Straight top rod; 20—Guiding copper sleeve; 21—Reset lever; 22—Reset travel switch; 23—Hot runner; 24—Locking block;
25—Formed inlay block; 26—T-shaped guide strip; 28—Sliding block limit block; 29—Large slider; 30—Ejection limit block;
31—Hot runner junction; 32—Square guide plate; 33—Bearing Plate; 35—Small slider; 36—Small molding inserts; 37—Catchment block

图10 模具装配图

Fig. 10 Mould assembly drawing

块的接线口与模温机连接,通过模温机与水路系统将成型零件加热到75℃,待所有加热系统加热到设定的值后,模具中的两个针阀式浇口打开,注塑机料筒里的PC熔体在螺杆的推动下,快速流入模具的型腔;待熔体快速充满模具的腔体后,螺杆由速度控制转为压力控制,对产品进行保压补缩,待保压结束后,阀浇口关闭,同时产品也迅速冷却;待冷却时间结束,注塑机的动模板开始缓慢开模,动模上的拉钩5拉动定模的大弹块14上的拉钩6,同时氮气弹簧15推动大弹块14沿着斜导柱7运动;在开模的同时,定模上的斜导柱27与34,分别带动滑块29与35运动,与此同时大滑块29通过与T形导滑条26行程的滑动幅连接,带动成型镶块25做抽芯运动,小滑块35带动小成型块36也做定向的抽芯运动,待开模动作结束后,所有抽芯机构完成运动;接着在注塑机顶棍的推动下,使得直顶杆19推动直顶块18,从而使产品缓慢顶出,最后通过机械手将产品从模具中取出,顶出系统复位,待复位的行程开关22发出信号,注塑机动模重新合模,开始下一轮的循环。

5 结论

模具采用了两个针阀式热流道系统的结构,由于产品的A面与B面质量要求都较高,通过CAE分析产品的成型过程,发现潜在的成型问题,保证了产品的成型质量。在定模侧不增加模具尺寸的情况下,每个型腔设计了两处弹块抽芯的结构,解决了产品A面局部内凹的特征;在动模侧的每个型芯上都设计了“斜导柱+滑块+成型块”的联动抽芯结构,使得成型块都能沿着各自的脱模方向运动,使得产品能够顺利脱模。该PC灯罩模具试模成功后,经批量投产,各机构运行可靠平稳,无卡滞拉伤的现象发生。产品成型周期、塑件表面要求与尺寸精度均符合客户标准,达到了预期的效果,证明该模具结构合理,为类似结构的设计提供了参考。

参考文献

- [1] 李孔富,廖锐豪,黄金香.车灯壳体模具定模自弹性斜顶研究设计[J].模具制造,2022,22(6):36-39.
LI Kongfu, LIAO Ruihao, HUANG Jinxiang. Research and design of mold fixed-mold self-elastic inclined top for lamp housing[J]. Die & Mould Manufacture, 2022, 22(6):36-39.
- [2] 谢俊杰.车灯装饰罩注射模设计[J].模具工业,2022,48(4):47-51.
XIE Junjie. Design of injection mould for car lamp trim cover[J]. Die & Mould Industry, 2022, 48(4):47-51.
- [3] 陈叶娣,严小锋.基于CAE技术的PMMA灯壳注塑成型缺陷分析及模具设计[J].塑料,2021,50(6):87-92.
CHEN Yedi, YAN Xiaofeng. Defect analysis and mold design of PMMA lamp shell injection molding based on CAE technology[J]. Plastics, 2021, 50(6):87-92.
- [4] 陈兵,王静,胡银芬.基于DFM的车灯盖零件的热流道模具设计[J].塑料科技,2022,50(10):91-94.
CHEN Bing, WANG Jing, HU Yinfen. Design of hot runner mold for car lamp cover parts based on DFM[J]. Plastics Science and Technology, 2022, 50(10):91-94.
- [5] 张春彬,王海常.基于Maya造型的前车灯热流道注塑模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(11):71-76,93.
ZHANG Chunbin, WANG Haichang. Forming design of hot runner injection mould for headlamp based on maya modeling[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(11):71-76, 93.
- [6] 孙先明,魏雷,邹焕.基于Moldflow的汽车车灯面罩模具设计与开发[J].塑料科技,2014,42(12):98-101.
SUN Xianming, WEI Lei, ZOU Huan. Design and development of automobile light lens mold based on Moldflow[J]. Plastics Science and Technology, 2014, 42(12):98-101.
- [7] 费晓瑜,郑伟.汽车车灯边框侧壁多向侧抽芯注塑模具设计[J].工程塑料应用,2020,48(10):80-85.
FEI Xiaoyu, ZHENG Wei. Design of injection mould with multi-directional side core pulling for thin wall plastic parts of automobile lamp frame[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10):80-85.
- [8] 周忠祥,范方华,陈维,等.一种用于车灯模具的流道弹针设计[J].模具制造,2022,22(9):37-39.
ZHOU Zhongxiang, FAN Fanghua, CHEN Wei, et al. Design of the runner spring thimble for automobile lamp mold[J]. Die & Mould Manufacture, 2022, 22(9):37-39.
- [9] 洪维,傅莹龙.汽车仪表板下本体大型注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(5):107-112.
HONG Wei, FU Yinglong. Design of large injection mould for automobile instrument panel lower body[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(5):107-112.
- [10] 傅莹龙,符立华,叶星辉,等.汽车副仪表骨架大型精密倒装注塑模具设计[J].塑料科技,2023,51(2):79-83.
FU Yinglong, FU Lihua, YE Xinghui, et al. Design of large precision inverted injection mold for automobile auxiliary instrument frame[J]. Plastics Science and Technology, 2023, 51(2):79-83.
- [11] 傅莹龙,符立华,叶星辉,等.基于CAE技术的汽车转向管柱护

- 罩热流道注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(11):97–101, 116.
- FU Yinglong, FU Lihua, YE Xinghui, et al. Design of hot runner injection mould for car steering column protecting cover based on CAE technology[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11):97–101, 116.
- [12] 傅莹龙, 张留伟, 叶星辉, 等. 基于SVG与CAE技术的汽车副仪表板倒装模具设计[J]. 塑料工业, 2023, 51(2):55–61.
- FU Yinglong, ZHANG Liuwei, YE Xinghui, et al. Auxiliary instrument panel based on SVG and CAE technology[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(2):55–61.
- [13] 傅莹龙, 邵明朝. 儿童安全座椅头枕的双滑块二次抽芯注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2020, 34(7):92–96.
- FU Yinglong, SHAO Mingchao. Injection mold design for child safety seat headrest with double slider secondary core-pulling mechanism[J]. China Plastics, 2020, 34(7):92–96.
- [14] 傅莹龙, 任建平. 基于动定模双侧斜顶机构的水箱底座模具设计[J]. 现代塑料加工应用, 2019, 31(6):52–55.
- FU Yinglong, REN Jianping. Injection mould design of double inclined roof mechanism in moving and fixed side[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(6):52–55.
- [15] 陈黎明, 熊建武, 胡幼华, 等. 除尘器吸尘罩热流道注射模设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(11):102–107.
- CHEN Liming, XIONG Jianwu, HU Youhua, et al. Design of the injection mold for the hot runner of the dust collector cover[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(11):102–107.
- [16] 傅莹龙, 褚建忠, 邵明朝. 高光后盖热流道注塑模具结构设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(3):104–108.
- FU Yinglong, CHU Jianzhong, SHAO Mingchao. Design of hot runner injection mold structure for high gloss back cover[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3):104–108.