

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.12.016

矿用无线采集仪外壳双色注塑模具设计

黄继战^{1,2}, 范玉^{1,2}, 肖根先¹

(1. 江苏建筑职业技术学院智能制造学院, 江苏徐州 221116; 2. 徐州市模具新技术工程研究中心, 江苏徐州 221116)

摘要: 在分析某矿用无线采集仪外壳工艺性能的基础上,采用分体式结构和一模两腔布局,设计了一副定模滑块抽芯的三板式双色模具。为实现此产品的先后两次注射成型,设计了两组不同结构的型腔和两组相同结构的型芯;针对该产品部分外表面位于动模型腔的设计难题,采用定模抽芯的方法将前壳类圆锥外表面的下半部分转为定模型腔成型,设计了定模“弯销+滑块”抽芯结构;针对前壳的型芯较高且根部存在窄缝的情况,将此型芯设计成镶件,节省了高价材料且便于加工。两次注射成型的浇注系统均采用单一点浇口进料的点浇口浇注系统,并利用软件 Moldflow2021 分析确定了合适浇口的位置,验证了浇注系统设计的合理性,进而可减少修模次数。针对该产品内螺纹倒扣的设计难点,将螺纹型芯设计成活动镶件,即在定模滑块和螺纹型芯内部加工带凸起的六方通孔,用销钉将带凹槽的六方轴固定于滑块,螺纹型芯可通过六方孔套入或抽出六方轴,由此简化了模具结构。该模具已投入生产,其运行顺畅、平稳,生产的双色产品质量良好。

关键词: 外壳; 双色注塑模具; 一模两腔; 点浇口; 抽芯机构; 螺纹型芯

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)12-0110-07

Design of two-color injection mould of mine wireless acquisition instrument shell

HUANG Jizhan^{1,2}, FAN Yu^{1,2}, XIAO Genxian¹

(1. School of Intelligent Manufacturing, Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Engineering Research Center of Xuzhou Mould New Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract : On the basis of analyzing the technological performances of mine wireless acquisition instrument shell, the split structure and the one mould with two cavities were adopted, and a set of three plate type two-color mould with core pulling of fixed mould slider was designed. To achieve the two injection molding of this product, two sets of cavities with different structures and two sets of cores with the same structure were designed. In response to the design problem of the outer surface of the product being located in the moving mould cavity, the lower half of the conical outer surface of the front shell was transformed into fixed mould cavity molding using the fixed mould core pulling method. The fixed mould “slider + angular cam” core pulling structures were designed. According to the situation where the core of the front shell was high and there was a narrow gap at the root, this core was designed as an insert to save expensive materials and facilitate processing. Pin-point gate gating systems with single pin-point gate feeding were used in the gating system for both injection molding, and the appropriate gate position was determined through analysis by Moldflow2021, verifying the rationality of the gating system design and reducing the number of mould repairs. In response to the design difficulty of the product's internal thread reverse buckle, the threaded core was designed as a movable insert, which is to process a hexagonal through-hole with protrusions inside the fixed mould slider and the threaded core, and fix the hexagonal shaft with grooves to the slider with a pin, then the threaded core could be inserted into or extracted from the hexagonal shaft through the hexagonal hole to simplify the mould structure. The mould has been put into production and runs smoothly and steadily, producing high-quality two-color products.

Keywords : shell ; two-color injection mould ; one mould with two cavities ; pin-point gate ; core pulling mechanism ; threaded core

通信作者: 黄继战, 硕士, 教授, 主要研究方向为模具设计与制造

收稿日期: 2024-09-19

引用格式: 黄继战, 范玉, 肖根先. 矿用无线采集仪外壳双色注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(12): 110-116.

HUANG Jizhan, FAN Yu, XIAO Genxian. Design of two-color injection mould of mine wireless acquisition instrument shell[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(12): 110-116.

近年来,随着对塑料产品外观及功能的要求越来越高,双色注射成型应用得越来越广泛^[1]。双色注射成型是目前较为先进的注塑制品生产工艺,它采用一副双色模具,配备一台双色注塑机,直接生产出由两种不同颜色的材料组成的双色产品^[2]。本安型无线采集仪在煤矿气体、安全装置、设备运行等参数监测及测试中应用广泛。采集仪外壳由双色前壳和双色后盖装配而成,电路板及电子元器件安装于其内部。该外壳采用凸、凹止口进行配合定位,并用螺钉紧固,促使前壳和后盖的软胶挤压,实现密封,另外前壳按键处的密封采用软胶整体注射成型,密封等级为IP67。笔者结合设计经验,以某矿用无线采集仪为例,对其注射成型工艺性能进行了分析,采用UG NX2312设计了一副一模两腔的定模滑块抽芯的三板式双色模具。

1 产品工艺性分析

某矿用无线采集仪外壳由双色前壳和双色后盖装配而成,年产量为5万件。前壳和后盖内部的第一色产品采用硬胶材料,外部的第二色产品采用软胶材料,除了起到保护、绝缘及防尘作用外,还增加了产品防水、防震、防撞等功能^[3],满足了煤矿恶劣的工作环境要求。该类双色产品壁厚较薄,精度要求较高,柱孔位、骨位等结构较多,倒扣较多,且存在内螺纹倒扣,其模具结构复杂,具有典型性。

双色前壳如图1所示,属于深壳状结构产品,平均壁厚3.4 mm,外形尺寸为99 mm×47 mm×41.4 mm,其中紫红色部分P1是第一色透明产品,材料为聚碳酸酯(PC),体积为36.4 cm³,橙色部分P2是第二色产品,材料为热塑性弹性体(TPE),体积为19.1 cm³。双色后盖如图2所示,属于板状类产品,外形尺寸为76.9 mm×47 mm×11.2 mm,其中青色部分N1是第一色产品,材料为PC,体积为7.6 cm³,橙色部分N2是第二色产品,材料为TPE,体积为5.2 cm³。上述的两种材料具有良好的相容性,满足双色注射成型的要求。第一色产品材料PC收缩率较低,一般为

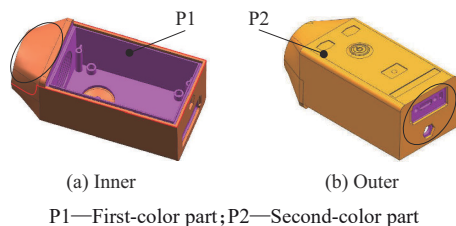


图1 双色前壳

Fig. 1 Two-color front shell

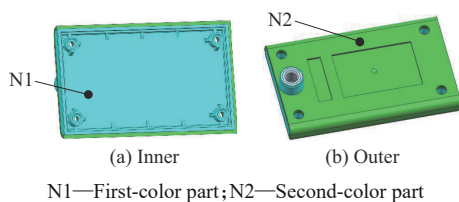


图2 双色后盖

Fig. 2 Two-color back cover

0.5%~0.7%,取为0.6%,流动性较差^[4]。第二色产品材料TPE是一种软胶,能起到防水、防振、防摔等作用,设计时其收缩率取值与第一色产品相同。

前壳和后盖配合精度为MT3,它们装配后裸露在外表面,外观要求较高,其余无特别要求。本模具设计的重点和难点有以下两个方面:一方面,由图1可知,若以图1a中前壳的最大轮廓线作为分型线(红色),则成型前壳类圆锥外表面(见图1a椭圆处)的型腔位于动模腔,不符合双色模的设计原则(即动模产品形状完全相同,定模产品形状可以不同),因此,必须将此转换为定模型腔,这使得该类圆锥外表面和内螺纹均为倒扣,前壳右侧壁为直壁,且存在多处倒扣(见图1b椭圆处),阻碍模具开模运动,必须设计恰当的定模抽芯机构;另一方面,由于该产品存在封闭窄槽、按键孔位、较多柱孔位和加强筋等,故需对动模型芯进行合理化的设计。除前壳右侧壁外表面斜度为0°外(此壁外表面由滑块成型),其他侧面均有合理的斜度,以便于产品脱模。由图2可知,该双色后盖结构简单,无倒扣,第二色产品的型腔均设在定模。

2 双色模具结构设计

2.1 双色模具分型面与型腔布局

前已提及,须将前壳图1a椭圆处的部分转换为定模型腔成型,笔者采取定模抽芯的方法加以实现,基于此,依据分型面的选择原则,前壳第二色产品的分型面设计如图3a所示,为其最大外形处。根据双色模设计原则,第一色产品和第二色产品的动模型腔及分型面必须相同,故第二色产品的胶位必须作为第一色产品的分型面密封胶,鉴于此,设计的前壳第一色产品的分型面如图3b、图3c所示(红色线)。

该后盖分型面的设计如图4所示(红色线),位于产品最大轮廓处,形状为平面型,好处是密封胶效果好,方便加工和配模。该后盖的第二色产品全部可以于定模型腔内成型,符合双色模设计原则。

从产品的批量、体积、外观要求以及模具成本、

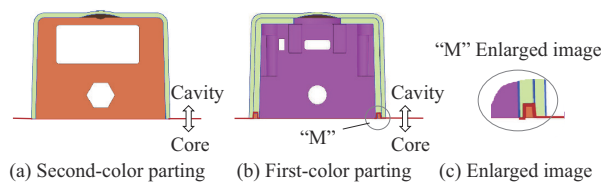


图3 前壳分型面设计

Fig. 3 Design of parting surface for front shell

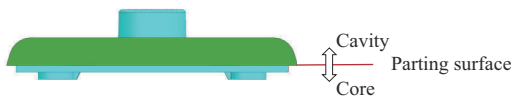


图4 后盖分型面设计

Fig. 4 Design of parting surface for back cover

进胶位置和方式等方面综合考虑,该塑件模具设计为分体模,其结构特点是两副子模具的定模结构相同,动模结构的二次注塑位置不同^[5]。每副子模具均采用一模两腔布局,每腔均为单一点浇口进料,型腔布局如图5所示,在长度方向上两个产品中心到模具中心的距离不等,原因是二者的体积相差较大,力求两个模腔填充和受力平衡。

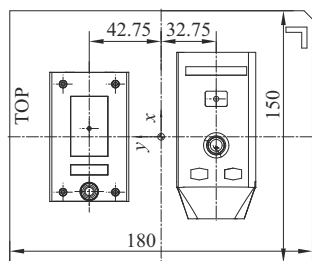


图5 型腔布局

Fig. 5 Cavity layout

2.2 双色模具浇注系统

浇注系统设计是否合理,将直接影响模具能否注塑出合格的塑料制品^[6]。浇口位置的选择是浇注系统设计的关键环节,运用软件Moldflow2021能模拟出塑件上最佳浇口位置^[7]。图6为模拟得出的浇口位置分析结果,蓝色区域代表浇口匹配性最好,适合设置浇口,红色区域代表浇口匹配性最差,浇口最好不要设置在此区域。从图6可知,产品顶部均可设置浇口,考虑到产品的外观、结构和双色注射成型工艺,前壳第一色产品的单浇口位置选择在顶部按钮的左侧,第二色产品的单浇口位置选择在顶部右侧的矩形凹槽内;后盖第一色产品的单浇口位置选择在顶部中心的左侧,第二色产品的单浇口位置选择在顶部中心的右侧,并位于凹槽内。

结合上述,根据经验设计的双色模浇注系统及其网格划分如图7所示。由于前壳和后盖两个产品的体积相差较大,为了使两模腔填充时流动平衡,

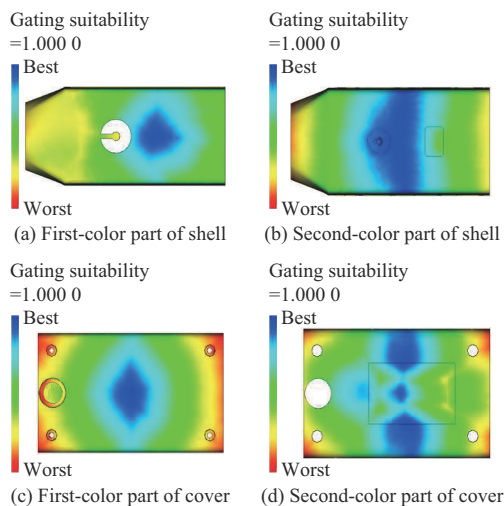
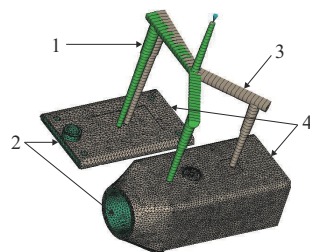


图6 浇口位置分析结果

Fig. 6 Analysis results of gate position



1—Gating system for first-color part; 2—First-color part; 3—Gating system for second-color part; 4—Second-color part

图7 浇注系统设计

Fig. 7 Design of gating system

同时充满,保证产品质量,并减少试模次数,通过多次修改、优化浇口的截面和长度尺寸,最终模拟得到的填充时间如图8所示,可知每副子模具的浇注系统填充平衡,流动顺畅,几乎同时充满两个模腔,验证了所设计浇注系统的合理性。

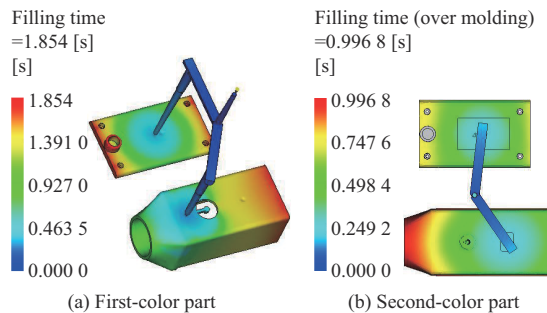


图8 填充时间

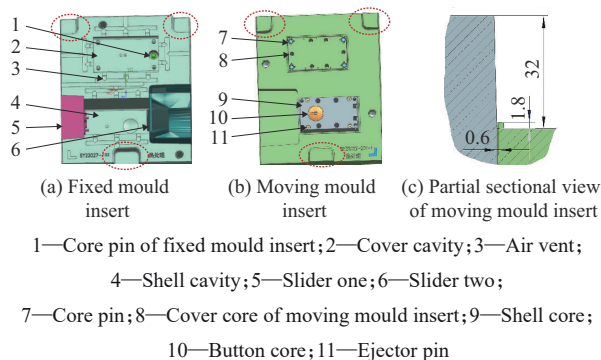
Fig. 8 Filling time

2.3 双色模具成型零件

成型零件主要由定模仁、动模仁及成型滑块等组成,是注射成型的关键部件^[8-10],性能要求较高,应选用优质的材料。双色模具有两组成型零件,定模

仁、动模仁及镶件均采用 1.2344 材料,热处理要求为淬火后回火,硬度 48~50 HRC;定模滑块采用 1.2344 材料,热处理要求为淬火后回火,硬度为 50~52 HRC。

第一色产品的定模仁设计如图 9a 所示,为组合式结构,尺寸为 150 mm×180 mm×65 mm,前壳的型腔由定模仁上的型腔和两个滑块围合而成,后盖的型腔由定模仁上的型腔和镶针组成。为了保证动、定模仁的对合精度,设计了 3 个凹虎口,如图 9a、图 9b 中椭圆形区域所示,并在分型面上沿两个型腔的周围设有排气槽,一、二级排气槽的深度分别为 0.02 mm 和 0.3 mm,宽度均为 5 mm,长度分别为 4 mm 和 6 mm,以利于排气。



1—Core pin of fixed mould insert; 2—Cover cavity; 3—Air vent;
4—Shell cavity; 5—Slider one; 6—Slider two;
7—Core pin; 8—Cover core of moving mould insert; 9—Shell core;
10—Button core; 11—Ejector pin

图 9 第一色产品定、动模仁设计

Fig. 9 Design of fixed mould insert and moving mould insert for first-color product

第一色产品的动模仁设计如图 9b 所示,为组合式结构,尺寸为 150 mm×180 mm×40 mm,目的是便于加工、配模及维修。如图 9c 所示,前壳型芯高出分型面太大(32 mm),且分型面上沿着型芯存在有宽 0.6 mm、深 1.8 mm 的窄槽,致使型芯加工非常困难,而且采用整体式浪费优质钢材和加工费,因此,将型芯分割成镶件(灰色)。为了便于加工和脱模,成型前壳内部 4 个角落上的 4 个柱孔部位需要拆分为推管顶针。另外,后盖型芯 4 个角落设有 4 支镶针,与定模仁相对应的位置,设计有 3 个凸虎口。

第二色产品的定模仁设计如图 10 所示,为组合式结构,与第一色产品的定模仁不同之处是定模仁的两个型腔变更为第二色产品的型腔,如图 10 中虚线区域,其他不变。第二色产品的动模仁结构与第一色产品的完全相同。

本双色模具所用的双色注塑机为水平式平行喷嘴,且射嘴距离固定。综合考虑产品产量、点浇口进料及模具成本等因素,模架类型选为简化型细

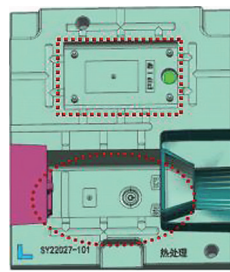


图 10 第二色产品定模仁设计

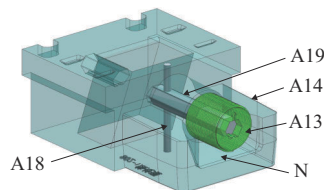
Fig. 10 Design of fixed mould insert for second-color product

水口模架。

2.4 双色模具定模抽芯

由前述可知,前壳产品必须设计恰当的定模抽芯机构,开模才能顺利进行。定模滑块抽芯机构结构复杂,是模具设计的重点和难点之一。抽芯距是抽芯机构设计的重要参数之一,抽芯距 S 一般按塑件的倒扣距离 T 加上 2~5 mm 的安全距离来确定。由软件 UG NX2312 测量前壳第一色产品左、右侧面的倒扣距离分别为 22 mm 和 5 mm,第二色产品的倒扣距离分别为 22 mm 和 3.8 mm,则前壳第一色产品和第二色产品的左滑块抽芯距均取为 27 mm,第一色产品和第二色产品的右滑块抽芯距均取为 10 mm。

由前述可知,两副子模具的模架类型为简化细水口模架,这为定模滑块抽芯机构提供了条件。考虑到第一色和第二色产品左侧抽芯距离较大(27 mm),且脱模力较大,故确定采用“滑块+弯销”的结构形式。综合考虑产品产量、模具的复杂程度和成本等各方面的因素,最终确定第一色产品左侧内螺纹的抽芯采用活动镶件的形式,也就是螺纹型芯与滑块其余部分采用活动连接,如图 11 所示,在滑块 A14 和螺纹型芯 A13 内部制作带凸起的六方通孔,用销钉 A18 将带凹槽的六方轴 A19 固定于滑块,滑块螺纹型芯通过六方孔套入或抽出六方轴。模具第一射开模后螺纹型芯留在前壳第一色产品,第二射开模后螺纹型芯随双色前壳一起被顶出,除此之



A13—Threaded core; A14—Slider; A18—Dowel pin;
A19—Hexagonal connector with groove; N—Molding part of slider

图 11 活动螺纹型芯设计

Fig. 11 Movable threaded core design

路直径取值为8 mm,脱料板水路直径取值为10 mm。第二色子模具冷却水路设计与第一色子模具相同。生产证明,设计的模具冷却系统能保证各处冷却均匀,成型周期短,产品质量高^[1]。

3 双色模具工作过程

基于上述双色模具结构的分析与设计,采用UG软件设计的三维双色模具结构如图15所示。由三维双色模具图绘制的第一色子模具工程图如图16所示,第二色子模具工程图如图17所示。结合图16和图17,本双色模具的工作过程如下。

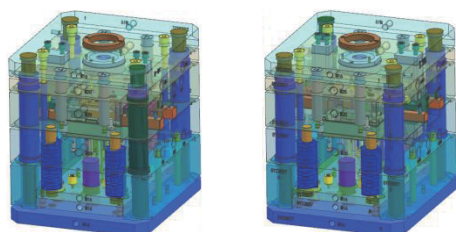
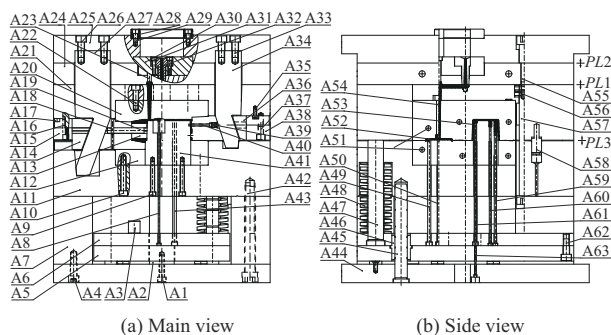


图15 三维双色模具结构

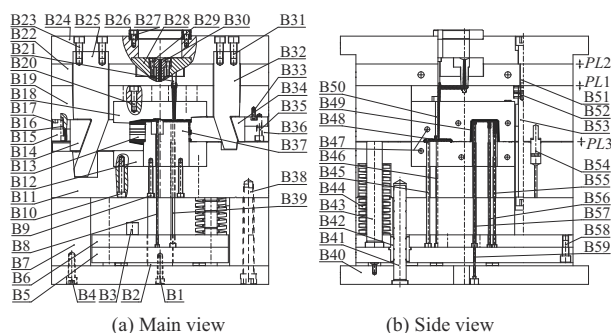
Fig. 15 Three dimensional two-color mould structure



- A1, A4, A9, A10, A16, A22, A25, A29, A31, A33, A37, A39, A42, A62—Screw; A2—Support pillar; A3—Stop pin; A5—Ejector plate; A6—Ejector retainer plate; A7—Spacer block; A8, A43, A49, A50, A59, A60, A63—Ejector pin; A11—Moving mould plate; A12—Core insert; A13—Threaded core; A14, A36—Slider; A15, A38—Plate; A17, A35—Stop screw; A18—Dowel pin; A19—Hexagonal connector with groove; A20—Cavity insert; A21—Fixed mould plate; A23—Pulling rod; A24—Stripping board; A26—Fixed clamp plate; A27, A34—Angular cam; A28—Locating ring; A30—Sprue bushing fixing plate; A32—Sprue bushing; A40—Core pin of slider; A41—Main core; A44—Moving clamp plate; A45—Ejector guide pin; A46—Ejector guide bushing; A47—Return pin; A48—Spring; A51—Cooling hole; A52—First-color part of shell; A53—First-color part of cover; A54—Core pin; A55—Small pull rod; A56—Mould opening spring; A57—Large pull rod; A58—Nylon lock; A61—Ejector sleeve

图16 第一色子模具工程图

Fig. 16 First sub mould engineering drawing



- B1, B4, B9, B10, B16, B20, B23, B27, B29, B31, B35, B38, B58—Screw; B2—Support pillar; B3—Stop pin; B5—Ejector plate; B6—Ejector retainer plate; B7—Spacer block; B8, B39, B45, B46, B55, B56, B59—Ejector pin; B11—Moving mould plate; B12—Core insert; B13—Threaded core; B14, B34—Slider; B15, B36—Plate; B17, B33—Stop screw; B18—Cavity insert; B19—Fixed mould plate; B21—Pulling rod; B22—Stripping board; B24—Fixed clamp plate; B25, B32—Angular cam; B26—Locating ring; B28—Sprue bushing fixing plate; B30—Sprue bushing; B37—Main core; B40—Moving clamp plate; B41—Ejector guide pin; B42—Ejector guide bushing; B43—Return pin; B44—Spring; B47—Cooling hole; B48—Second-color part of cover; B49—Second-color part of shell; B50—Core pin; B51—Small pull rod; B52—Mould opening spring; B53—Large pull rod; B54—Nylon lock; B57—Ejector sleeve

图17 第二色子模具工程图

Fig. 17 Second sub mould engineering drawing

(1)模具合模。人工在第一色子模具上装好螺旋型芯A13后,双色注塑机推动两副子模具的动模合模,与此同时,弯销A27, A34, B25, B32分别驱动定模滑块A14, A36, B14, B34准确复位,最终模具闭合锁紧。

(2)模具注射成型。双色注塑机的两个喷嘴分别对两副子模具注塑PC熔料和TPE熔料,经充填、保压和冷却后定型,即成型出一个第一色产品和一个完整的双色产品。

(3)模具开模。模具开模时,在弹簧A56, B52和尼龙胶扣A58, B54作用下,首先从分型面PL1处打开,第一色子模具和第二色子模具的点浇口同时被拉断,浇注凝料与产品分离;接着模具由于大拉杆A57, B53和尼龙胶扣A58, B54的作用,再从分型面PL2处打开,脱料板A24, B22分别将浇注系统凝料强制从浇口套A32, B30中拉出并自动脱落,在开模的同时,滑块A14, A36, B14, B34分别在弯销A27, A34, B25, B32作用下完成侧向抽芯;最后模具由于小拉杆A55, B51和大拉杆A57, B53的作用,从分型面PL3处打开,待两个动模运动一定距离后,完成

开模。

(4)模具脱模。模具完全打开后,第一色产品不顶出,第二色位置的注塑机顶棍推动该位置的顶出系统将双色产品顶出,完成脱模。在将双色产品顶出后,注塑机带动动模旋转180°,即第一色位置的动模(含第一色产品)旋转至第二色位置,第二色位置的动模旋转至第一色位置,至此模具完成本次工作循环。需要说明的是第一次工作循环,仅第一色子模具进行PC熔料的注塑,模腔经充填、保压和冷却后定型,成型出第一色产品,而第二色子模具不进行注塑^[10,12-16]。

4 结论

(1)设计了定模“弯销+滑块”抽芯结构,将前壳类锥部分外表面转换为定模型腔成型,解决了前壳类圆锥部分外表面位于动模型腔而导致的设计难题。

(2)针对前壳第一色产品类圆锥处内螺纹倒扣的设计难点,于滑块和螺纹型芯内部制作带凸起的六方通孔,用销钉将带凹槽的六方轴固定于滑块内,滑块螺纹型芯通过六方孔套入或抽出六方轴,上述设计不仅解决了设计难点,而且简化了模具结构,降低了模具成本。

(3)利用模流分析不仅可确定合适浇口的位置,而且能验证浇注系统设计的合理性,实现模具平衡填充。

(4)设计了一副一模两腔的定模滑块抽芯三板式双色注塑模具。该模具已投入生产,其运行顺畅、平稳,生产的双色塑料产品质量良好,达到了预期目标,对同类双色塑料产品的模具设计具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 翁礼杰, 彭贤峰, 傅莹龙, 等. 汽车激光雷达盖板的双色注塑模具设计[J]. 塑料, 2024, 53(3):50-55.
WENG Lijie, PENG Xianfeng, FU Yinglong, et al. Design of dual color injection mold for automotive lidar cover[J]. Plastics, 2024, 53(3):50-55.
- [3] 张维合. 鼠标面盖双色注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2013, 27(8): 95-99.
ZHANG Weihe. Design of double-shot mold for mouse cover[J]. China Plastics, 2013, 27(8):95-99.

- [4] 张维合. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
ZHANG Weihe. Plastic forming technology and die design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.
- [5] 赵利平, 温煌英, 罗哲. 等. 汽车灯饰面盖零件热流道双色注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(3):96-100.
ZHAO Liping, WEN Huangying, LUO Zhe, et al. Design of two-color injection mold for hot runner of automobile lamp cover[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(3):96-100.
- [6] 宾哲桂, 黄镇谨. 基于CAD/CAE的平板电脑后壳倒灌注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2019, 47(3):55-61.
BIN Zhegui, HUANG Zhenjin. Design of inverted filling mold for back shell of tablet computer based on CAD/CAE[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(3):55-61.
- [7] 明平象. 基于Moldflow的摩托车前中心盖模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(7):101-108.
MING Pingxiang. Mould design for motorcycle front center cover based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(7):101-108.
- [8] 黄继战, 范玉, 肖根先. 温控器面壳注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(10):118-124.
HUANG Jizhan, FAN Yu, XIAO Genxian. Design of injection mould for temperature controller shell[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(10):118-124.
- [9] 范玉, 黄继战, 范佳琦. 电池正极支架成型工艺分析及其注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(11):102-107.
FAN Yu, HUANG Jizhan, FAN Jiaqi. Molding process analysis of battery positive pole bracket and its injection mould design[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11):102-107.
- [10] 黄继战, 陈炜, 范玉. 气缸感应开关壳体注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(12):79-85.
HUANG Jizhan, CHEN Wei, FAN Yu. Design of injection mold for cylinder induction switch shell[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(12):79-85.
- [11] 杨双华. 轿车雾灯座注塑工艺CAE与成对模具设计[J]. 塑料工业, 2018, 46(3):61-66.
YANG Shuanghua. CAE and paired mold design of injection molding process for automobile fog lamp seat[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(3):61-66.
- [12] 刘义考. 医用电子检测仪支架双色成型模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(2):101-108.
LIU Yikao. Design of dual-color forming mould for medical electronic detector bracket[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(2):101-108.
- [13] 黄继战, 范玉, 仇文宁, 等. 汽车音响塑料面板热流道模具设计[J]. 塑料科技, 2017, 45(10):96-101.
HUANG Jizhan, FAN Yu, QIU Wenning, et al. Design of hot runner mold for car audio plastic panel[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(10):96-101.

(下转第143页)