

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.01.016

健身手圈工业设计与子零件模内注塑组装模具设计

涂秋艳¹,熊运星¹,梁莉¹,尤倩子¹,王声杭²

(1.浙江工商职业技术学院机电工程学院,浙江宁波 315012; 2.宁波固德模具有限公司,浙江宁波 315006)

摘要:健身手圈产品注射成型生产中,需要在已成型球圈子零件的基础上,再通过注塑法成型2个独立的塑料环体子零件。针对这一成型难题,设计了一副三板模具实现健身手圈独立塑料环体的自动化注塑生产。模具中,首先使用二级点浇口流道浇注系统解决了多个健身手圈产品多腔同步生产和单腔内多个子零件同步独立注射成型的难点。其次,采用分区设置成型件和成型件集成驱动的方法实现了单腔内2个子零件注射成型后的自动脱模。分区成型件设计中,以球圈子零件中心环线为界,结合脱模的需要,将单腔成型件分为6个成型件;其中,中心环线外侧的2个成型件设置为侧滑块机构用于侧抽芯脱模,1个成型件设置为延时滑块机构用于侧抽芯强制脱模;中心环线内侧的3个成型件设置为一个复合斜顶机构,用于内侧狭小区域的3向联动同步抽芯脱模。模具分3次开模,较好地实现了流道废料、环体塑件的自动脱模及2个环体塑件在球圈子零件上的注塑组装,为该产品的工业设计提供了新的产品工业设计方法选择。

关键词:工业设计;健身手圈;子零件;注塑组装;模具设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)01-0113-06

Industrial design and sub component injection molding assembly in mould design for fitness wristbands

TU Qiuyan¹, XIONG Yunxing¹, LIANG Li¹, YOU Qianzi¹, WANG Shenghang²

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo 315012, China;

2. Ningbo Gude Mold & Plastic Co., Ltd., Ningbo 315006, China)

Abstract : In the industrial design of fitness bracelet injecting products, it is necessary to use injection molding to form two independent plastic ring sub parts on the basis of the already formed ball ring parts. To address the molding problem, a three plate mould was designed to achieve automated injection molding production of independent plastic rings for fitness bracelets. In the mould, the first step was to use a two-stage pin-point gate runner gating system to solve the difficulties of synchronous production of multiple fitness hand ring products in multiple cavities and synchronous independent injection molding of multiple sub parts in a single cavity. Secondly, the difficulty of automatic demoulding of two sub parts after injection molding in a single cavity was achieved through the use of partition settings for molded parts and integrated driving of molded parts. In the design of partitioned molded parts, with the center ring of the spherical ring part as the boundary, combined with the needs of demoulding, the single-cavity molded parts were divided into 6 molded parts. Two molded parts on the outer side of the central loop were set as side slide mechanisms for side core pulling and demoulding, and one molded part was set as a delay slide mechanism for side core pulling and forced demoulding. The three molded parts on the inner side of the central ring line were set as a composite inclined top mechanism, which was used for three-way synchronized core pulling and demoulding in the narrow area on the inner side. The mould was opened in three stages, which effectively realized the automatic demoulding of channel waste and ring plastic parts, as well as the injection molding assembly of two ring plastic parts on the spherical ring parts, providing a new industrial design method for this type of product.

Keywords : industrial design ; fitness hand ring ; sub component ; injection molding assembly ; mould design

基金项目: 浙江省教育厅一般科研项目(Y202455906, Y202351814)

通信作者: 熊运星,副教授,主要研究方向为模具设计与制造、产品设计、职业教育

收稿日期: 2024-11-03

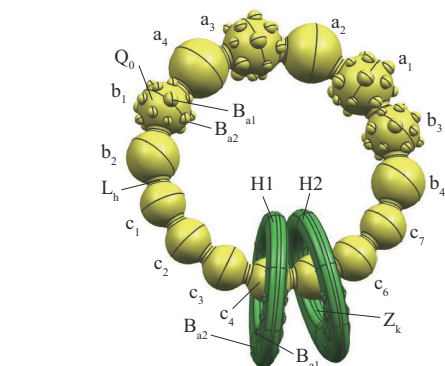
引用格式: 涂秋艳,熊运星,梁莉,等.健身手圈工业设计与子零件模内注塑组装模具设计[J].工程塑料应用,2025,53(1):113-118.

TU Qiuyan, XIONG Yunxing, LIANG Li, et al. Industrial design and sub component injection molding assembly in mould design for fitness wristbands[J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(1): 113-118.

健身手圈作为一种流行的室内健身器材,其工业设计结构对于提升用户体验和延长产品寿命至关重要^[1-3]。健身手圈的材料选择对于性能和耐用性有着直接影响,一般来说,健身器材会选择高强度、耐磨损的材料,如铝合金或工程塑料,以确保产品的稳定性和安全性^[4-6]。健身手圈的装配成本是该类产品中的一项重要成本,环体、手柄和连接部的组合往往需要人工进行组装,显然这一装配模式已无法满足人力资源日趋紧张的当下工业生产环境。基于以上背景,笔者结合某健身手圈的装配需要,对环体采用注塑+模内装配一次成型的办法进行注射成型,设计了一副点浇口三板模具,该模具顺利地实现了环体在手持柄上的直接注塑装配,有效降低了健身手圈的整体制造成本,也为该产品的工业设计提供了一种新的设计参考方法。

1 健身手圈工业造型设计

健身手圈由3个元件组成(如图1所示):1个球圈 Q_0 ,2个环体H1和H2。球圈 Q_0 由3种类型的球通过连接环节 L_h 链接构成,球圈 Q_0 的3种类型球分别为大球 $a_1 \sim a_4$,中球 $b_1 \sim b_4$,小球 $c_1 \sim c_7$ 。大球 a_1 和 a_3 ,中球 b_1 和 b_3 上都分别设置有2种不同直径的按摩球 B_{a1} 和 B_{a2} , B_{a1} 为大尺寸按摩球, B_{a2} 为小尺寸按摩球。环体H1和H2的两侧都设置有按摩球1个大按摩球 B_{a1} 和4个小按摩球 B_{a2} ,中间为椭圆形过孔 Z_k 。通过中间的椭圆形过孔 Z_k ,两个环体H1和H2自由组装在球圈 Q_0 上。球圈 Q_0 为预制件,依据用户的喜好,可采用树脂、轻金属、玻璃、玉石等材质制造。环体H1和H2采用注塑方式成型,材料采用高强度/高刚度聚甲醛(POM),牌号为988PA(美国杜邦公司



Q_0 —Ball circle; H1, H2—Ring body; B_{a1} , B_{a2} —Massage balls;
 $a_1 \sim a_4$ —Large balls, $b_1 \sim b_4$ —Medium balls, $c_1 \sim c_7$ —Small balls;
 Z_k —Elliptical through-hole; L_h —Connecting link

图1 健身手圈

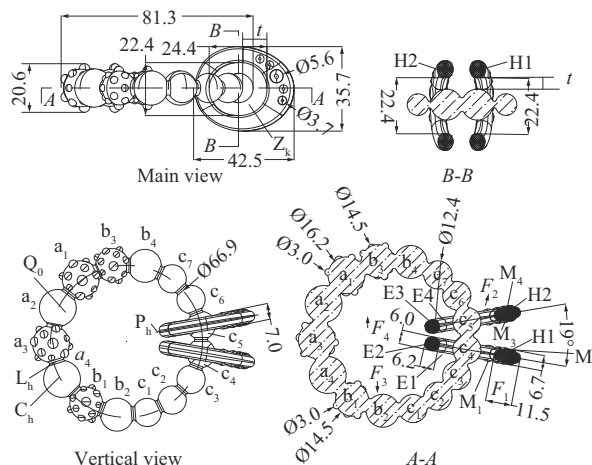
Fig. 1 Fitness hand ring

生产),该材料具有抗紫外线、高耐磨等特性,材料收缩率1.2%~3.0%。该健身手圈总产量30万件。

2 成型难点分析

本健身手圈的成型难点在于由于球圈 Q_0 的存在而导致环体H1和H2的成型模腔设计、模腔浇注系统及两个环体的自动脱模困难。环体H1和H2注射成型后的脱模是本制件首要难点^[7-11];其次是环体模腔浇口位置及浇注系统的设置;最后是生产效率提升问题。

图2为健身手圈结构尺寸与注射成型难点,如图2中前视图和俯视图所示,由于球圈 Q_0 在两个环体中穿“心”而过,环体H1和H2的成型件设计无法避开球圈 Q_0 的存在,因而合理地选择环体H1和H2与球圈 Q_0 的相对位置是保证环体H1和H2能实施注射成型的关键所在。环体H1和H2与球圈 Q_0 的相对位置既要保证H1和H2的成型模腔有足够的强度,又要保证H1和H2方便脱模,还要保证H1和H2模腔浇口方便开设、无阻塞,且浇口及流道废料等比较好切除或者能够自动切除。



Q_0 , H1, H2, B_{a1} , B_{a2} , $a_1 \sim a_4$, $b_1 \sim b_4$, $c_1 \sim c_7$, L_h , Z_k —The same as Fig. 1;
 t —Inner wall core wall thickness; P_h —Symmetric intermediate layer;
 C_h —Centerline; E1~E4, $M_1 \sim M_4$ —Area numbers;
 F_1, F_2, F_3, F_4 —Core pulling direction

图2 健身手圈结构尺寸与注射成型难点

Fig. 2 Structure size and injection molding difficulties for fitness hand ring

针对第一问题模腔成型件强度的问题,如图2中前视图及B-B图所示,环体H1和H2的中心中空型椭圆形过孔 Z_k 与球 $a_1 \sim a_4$ 或 $b_1 \sim b_4$ 或 $c_1 \sim c_7$ 的中心同心,且只有环体H1和H2的对称中间层面 P_h 垂直连接环 L_h 的中心线 C_h 时,才能保证环体H1和H2内侧的成型件有均衡的最大厚度 t ,否则会产生一边厚一

边薄的情况,在注塑时中空型芯会变形,容易造成环体H1和H2的中空中心在对称中间层面上有分型痕迹线,该痕迹线会导致使用者在使用时产生较差的“割手”体验感,因而H1和H2套在小光球 $c_1 \sim c_7$ 上较为合适。

由于环体H1和H2的两侧侧壁都需要脱模,且两者装配时一半在 L_h 圆内,一部分在 L_h 圆外,显然 L_h 圆内和 L_h 圆外的部分需分开进行脱模设计。对于环体H1和H2的侧壁脱模而言,侧壁脱模时受到球圈 Q_0 的形状及位置干涉的影响,成型零件及机构件不好设置,如图2中A-A视图所示,环体H1的侧面脱模受到球 c_3 和 c_5 的限制和影响,环体H2的侧面脱模受到球 c_4 和 c_6 的限制和影响。 L_h 圆内部分由于受 Q_0 环的限制,脱模成型件尺寸及机构尺寸都受到空间限制,而 L_h 圆外的部分则相对较为宽裕。经尺寸分析,环体H1和H2的 L_h 圆内部分套在 $c_1 \sim c_7$ 中相邻两球(球 c_4 和 c_5)上时,两者的侧壁脱模较为方便,有合适的尺寸空间来设置成型件及布置脱模机构,处理方式E1和E4区域使用侧向斜顶成型与脱模,E2和E3区域为H1和H2留在型芯上的区域,在其它区域脱模完成后,直接取出塑件从而实现脱模。

由于受到按摩球 B_{a1} 和 B_{a2} 的影响, L_h 圆外的部分也分4个区域($M_1 \sim M_4$), M_1 和 M_4 分别可按 F_1 向和 F_2 向实施侧抽芯脱模, M_2 和 M_3 则在 M_1 和 M_4 脱模后采取强制脱模的方式脱模。

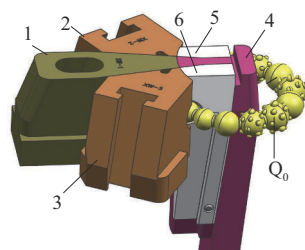
在脱模方式设定的条件下,单个模腔的浇注只能从顶面开设点浇口进行浇注,点浇口浇注有2个好处:一是可以自动实现塑件与流道废料的分离,二是不会在塑件上留下明显的浇注痕迹。

3 成型方案

基于上述注塑件H1和H2的成型难点及解决方案,所确定的单件模内组装注射成型方案如下。

(1)单腔模腔组成零件。结合脱模的需要,采用分区设置成型件的方法,单个模腔的组成件由图3中的成型件(件1~件6)构成。

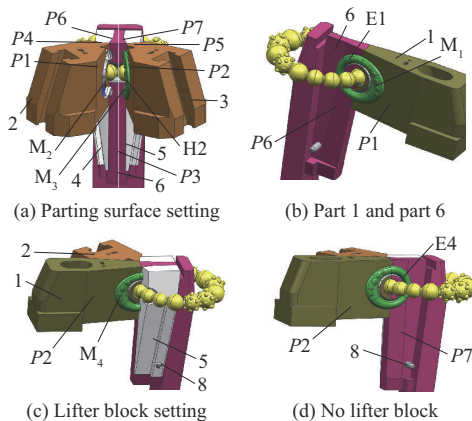
(2)模腔组成零件的分型设置及作用。结合图2、图3,如图4所示,单腔模腔中各组成零件的作用分别为:延时滑块1的成型头部用于 L_h 圆外H1和H2两者之间侧壁M2和M3区域的强制脱模,如图4a和图4b所示,所用分型面中,延时滑块1与H1侧滑块2之间的分型面为分型面P1;延时滑块1与H2



Q_0 —The same as Fig.1; 1—Delay slider; 2—H1 side slider; 3—H2 side slider; 4—H1 side lifter block; 5—H2 side lifter block; 6—Lifter head

图3 单腔成型件设计

Fig.3 Single cavity molded part design



$Q_0, E1 \sim E4, M1 \sim M4$ —The same as Fig.2; 1~6—The same as Fig.3; 8—Guide pin; P1~P7—Parting surface serial number

图4 单腔分型设计

Fig.4 Single cavity parting design

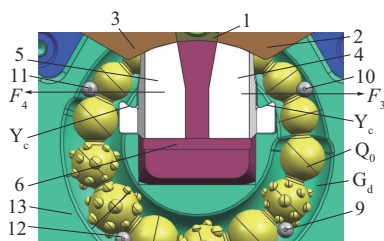
侧滑块3之间的分型面为分型面P2,延时滑块1与H2侧斜顶块6之间的分型面为分型面P3;H1侧滑块2用于 L_h 圆外H1的M1区域的成型与 F_1 向的抽芯,所用分型面中,H1侧滑块2与斜顶头4之间的分型面为分型面P4;H2侧滑块3用于 L_h 圆外H2的M4区域的成型与 F_2 向的抽芯。所用分型面中,H2侧滑块3与H2侧斜顶块5之间的分型面为分型面P5;H1侧斜顶块4用于 L_h 圆内H1的E1区域的成型与 F_3 向的侧抽芯。所用分型面中,H1侧斜顶块4与H2侧斜顶块6之间的分型面为分型面P6;H2侧斜顶块5用于 L_h 圆内H2的E4区域的成型与 F_4 向的侧抽芯。所用分型面中,H2侧斜顶块5与H2侧面斜顶块6之间的分型面为分型面P7。

如图4c和图4d所示,为实现E1~E4狭小区域内H1和H2的脱模,采用成型件集成驱动的方法^[12-16],将H1侧斜顶块4和H2侧斜顶块5镶装在斜顶头6两侧,由穿过三者的导向销8对两者进行限位和导向(F_3 向/ F_4 向),防止两者从斜顶头6上脱落。

如图4b所示,斜顶头6用于成型 L_h 圆内H2的

E2和E3区域的成型,成型后的H1和H2在其它区域脱模完成后最终留在该零件上,最终由机械手取件脱模。

(3) H1侧斜顶块4和H2侧斜顶块5的功能设计如图5所示,由图5可见,斜顶头6所镶装的H1侧斜顶块4和H2侧斜顶块5分布斜顶头6两侧,除受到导向销8限位并导向外,两者都设置有燕尾槽 Y_c 与型芯镶件13配合安装,燕尾槽 Y_c 为斜向导槽,作用为在斜顶头6顶出时,迫使H1侧斜顶块4和H2侧斜顶块5在导向销8的限制下,分别按 F_3 向、 F_4 向侧抽芯。因而,斜顶头6所在的斜顶机构为一种复合型斜顶机构。另外,需要指出的是,球圈 Q_0 在模具闭合时需要放置在型芯镶件13的定位圆槽 G_d 内,并使用4个弹簧柱9~12进行卡位定位。

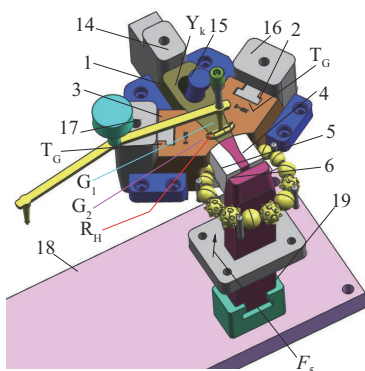


Q_0, F_3, F_4 —The same as Fig.2; 1~6—The same as Fig.3;
9~12—Spring pillar; 13—Core insert; Y_c —Dovetail groove;
 G_d —Positioning circular groove

图5 斜顶设计

Fig. 5 Lifter design

(4) 延时滑块机构设计。如图6所示,在模具中,延时滑块1使用锁紧块14锁紧,使用斜导柱15驱动,延时滑块1上设置有用斜导柱15延时驱动延时斜孔 Y_k 。H1侧滑块2和H2侧滑块3分别由带T



1~13—The same as Fig.4 and Fig.5; 14, 16, 17—Locking block; 15—Angular pin; 18—Ejector plate; 19—Lifter base; F_5 —Lifter ejecting direction; T_g —T type guide rail; G_1 —Primary point gate runner; G_2 —Secondary point gate runner; Y_k —Delayed angular hole

图6 延时滑块机构设计

Fig. 6 Design of delay slider mechanism

型导轨 T_g 的锁紧块16,17驱动。H1侧斜顶块4,H2侧斜顶块5、斜顶头6由推板18及斜顶座19按 F_5 向斜向推动而实现3向侧抽芯脱模的功能。成型后的产品脱模过程为:H1侧滑块2和H2侧滑块3先抽芯;然后延时滑块1强制抽芯;再是斜顶头6按 F_5 向顶出,同时带动H1侧斜顶块4和H2侧斜顶块5同步实施侧抽芯;最后产品由机械手取件。

(5) 浇注系统设计。浇注系统设计中,为实现一模两腔设计,设计了二级点浇口流道 G_2 ,用于分别对H1和H2模腔进行浇注,在此基础上,依据模具整体空间尺寸,再设计了一级点浇口流道 G_1 ,用于给二级水平流道RH供料。模具开模时, G_1 与 G_2 分离, G_2 与产品上的H1和H2连在一起,待产品脱模后,再使用专用设备切除分离。该二级点浇口流道浇注系统解决了多个健身手圈产品多腔(一模两腔)同步生产和单腔内多个子零件(一腔两环)同步独立注射成型的难点^[17]。

(6) 冷却系统设计。针对成型件的冷却设计中,由于H1,H2体积较小,加上件1~件6尺寸小,无法设置冷却管道,故模腔不设置冷却管道进行冷却加速。又由于成型件较小,无法在成型件内部开设水路,故冷却方式采用两种方式,一是针对动模板、定模板内开设水路;二是在模腔打开时,使用高压空气气嘴吹冷成型件后再闭模注塑。在一定条件下,如产量不多的条件下,依靠H1和H2的自然冷却也能满足产品的成型周期要求。

4 模内装配模具设计

基于上述模内装配式注射成型模腔及成型件等的设计,所设计的模内装配模具为一种三板式结构模具,其外形及定、动模结构如图7所示。由图7可见,模具模腔布局为1模2腔。模具有3个开模面,一次顶出。

5 模具结构安装及工作原理

模具安装与工作原理如图8所示。结构安装中,定模一侧的脱料板22需要使用小拉杆37进行定距控制,脱料板22与定模板23之间的分离使用外置式定距拉杆31进行控制,定模板23与动模板24之间使用尼龙扣机34进行临时扣紧。限位块29用于调整顶出推板18的顶出高度。

模具的工作原理如下:

(1) 模具打开,放入球圈 Q_0 。

(2) 模具闭合,在注塑机上完成注塑过程后等待

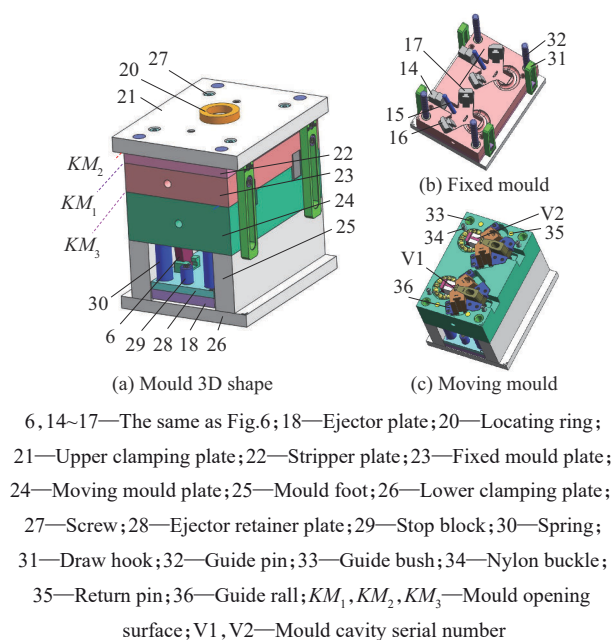


图7 模具结构

Fig. 7 Mould structure

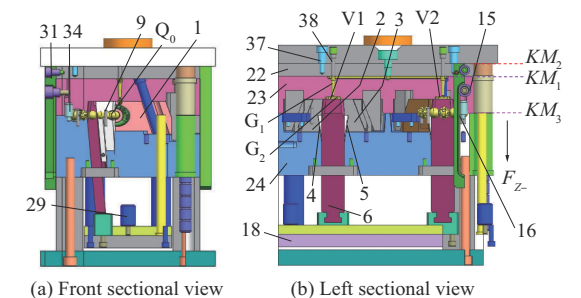


图8 模具安装与工作原理

Fig. 8 Mould installation and working principle

开模。

(3) KM_1 面打开。模具在注塑机动模板带动下, KM_3 面以下模具动模下行, 由于尼龙扣机 34 的扣紧, 模具首先在 KM_1 面处打开, 打开过程中, 一级流道 G_1 的废料与二级流道 G_2 的废料自动脱离, 二级流道 G_2 与产品连在一起。

(4) KM_2 面打开。动模继续下行, 由于定距拉杆 31 的拉动, 脱料板 22 跟随下行, 模具在 KM_2 面处打开, 脱料板 22 将流道废料 G_1 从拉杆 38 上拉出而自动掉落。

(5) KM_3 面打开。随着动模的继续下行, 定模部分的模板脱料板 22 被小拉杆 37 拉住, 从而定模板 23 不能继续下行, 尼龙扣机 34 的临时摩擦锁紧力被克服, KM_3 面被迫打开。打开过程中, H1 侧滑块 2 和 H2 侧滑块 3 先完成抽芯, 随后在延时距离完成后,

延时滑块 1 也完成抽芯。

(6) 顶出。 KM_3 面完全打开后, 注塑机顶杆推动推板 18 顶出而推动斜顶头 6 及其两侧的 H1 侧斜顶块 4、H2 侧斜顶块 5 同步顶出, 最终产品留在斜顶头 6 上, 被机械手取走, 实现产品的完全脱模。

(7) 复位。复位前, 推板 18 及斜顶头 6 等顶出元件先复位, 然后球圈 Q_0 被放入模腔 V1 和 V2 中由 4 个弹簧柱 9~12 进行卡位定位。然后模具按 $KM_1 \rightarrow KM_2 \rightarrow KM_3$ 顺序闭合, 开启下一注塑循环。

模具生产中, 单次成型周期为 45 s, 月产量为 76 800 件。

6 结论

(1) 使用注塑装配方法对健身手圈产品进行了模内注塑组装成型, 使产品的工业设计方案得以简化, 节省了产品制造成本, 也丰富了该类型产品工业设计方式。

(2) 针对环体注射成型后的脱模难、浇注时间长、生产效率低等问题进行了分析, 并有针对性地制定了模腔成型件组成方案, 单腔成型件由 3 个滑块和 1 个复合斜顶机构组成。模腔浇注系统创新设计为两级点浇口形式, 使注塑件能实现不同件多腔布局, 同腔多件分布式注塑, 使产品上各独立分件独立注塑成为可行, 解决了同一产品上注塑多个独立分件的注射成型难题。模腔冷却采用模板冷却+开模高压空气空冷形式冷却。

(3) 为产品的模内注塑组装而设计了一副三板模具, 为一模两腔布局。模具中采用中心环内、环外分区成型和脱模方法实现了同产品上 2 个独立组装件的无干涉自动脱模, 自动脱模实现的机构设计中, 所设计的延时滑块实施强制脱模、斜顶头侧边附带两个复合斜顶实施同步三向抽芯脱模, 解决了狭小区域脱模机构难设计及难以实现自动化脱模难题, 使产品的子零件模内组装能顺利进行。

参考文献

- [1] 孙明阳, 陈文智. 基于用户需求的滑雪运动手环交互设计[J]. 工业设计, 2024(6):125-128.
SUN Mingyang, CHEN Wenzhi. Interactive design of ski sports bracelet based on user needs[J]. Industrial Design, 2024(6): 125-128.
- [2] 丁悦. 感性工学在可穿戴设备设计中的应用研究[J]. 工业设计, 2019(3):152-153.
DING Yue. Application research of kansei engineering in wearable equipment design[J]. Industrial Design, 2019(3):152-153.
- [3] 张娜娜, 刘遵月. 针对女性用户的智能手环设计研究[J]. 工业设

- 计,2022(4):59–61.
- ZHANG Nana, LIU Zunyue. Research on smart bracelet design for female users[J]. Industrial Design, 2022(4):59–61.
- [4] 葛婷. 情感化设计在可穿戴设备中的应用——以小米手环4为例[J]. 工业设计, 2020(5):113–114.
- GE Ting. The application of emotional design in wearable devices: Taking xiaomi band 4 as an example[J]. Industrial Design, 2020(5): 113–114.
- [5] 简桦, 闫胜誉. 老年人智能手环设计研究[J]. 工业设计, 2020(2): 152–153.
- JIAN Ye, YAN Shengyang. Research on the design of intelligent bracelets for the elderly[J]. Industrial Design, 2020(2):152–153.
- [6] 崔思佳. 现代老年公寓智能家居系统中智能手环的设计应用[J]. 工业设计, 2018(7):137–138.
- CUI Sijia. Design and application of smart bracelet in modern home apartment smart home system[J]. Industrial Design, 2018(7): 137–138.
- [7] 吴成龙, 刘斌. 注射成型模内组装技术现状与应用[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(6):103–106.
- WU Chenglong, LIU Bin. Present situation and application of in-mold assembly technology of injection molding[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(6):103–106.
- [8] 张巍, 祝铁丽, 孙先成. 模内组装注射成型微小塑料铰链的极冷装置研究[J]. 模具工业, 2015, 41(7):48–52, 60.
- ZHANG Wei, ZHU Tieli, SUN Xiancheng. Ice-cold device of in-mould assembly injection for micro plastic hinge[J]. Die & Mold Industry, 2015, 41(7):48–52, 60.
- [9] 郝彦琴. 扣盖模内自动装配热流道模具设计[J]. 塑料, 2021, 50(4): 112–117.
- HAO Yanqin. Design of hot runner mold for hinged-cover automatic assembly in mold[J]. Plastics, 2021, 50(4):112–117.
- [10] 梁蓓, 王伟伟, 肖国华, 等. 基于模内组装的环式挂链多功能注射模具设计[J]. 塑料, 2024, 53(5):77–81.
- LIANG Bei, WANG Weiwei, XIAO Guohua, et al. Design of a multifunctional injection mold for ring chain based on in-mold assembly[J]. Plastics, 2024, 53(5):77–81.
- [11] 冯刚, 王华峰. 聚合物模内组装成型技术研究进展[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(2):125–128.
- FENG Gang, WANG Huafeng. Technological advances of polymer molding in-mold assembly technology[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(2):125–128.
- [12] 万小龙. 聚合物微型机械模内组装成型的实验研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2016.
- WAN Xiaolong. Experimental study on polymer micro mechanical in mold assembly molding[D]. Nanchang: Nanchang University, 2016.
- [13] 谢茂青, 王雷刚. 空调座盖塑件模内装饰成型工艺与模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(8):117–125.
- XIE Maoqing, WANG Leigang. In mold decoration molding process and mould design for air-conditioning seat-cover[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(8):117–125.
- [14] 周国发, 江先念, 杨先鲁. 微型机械运动副模内微组装成型热流固耦合变形模拟[J]. 中国塑料, 2015, 29(9):60–66.
- ZHOU Guofa, JIANG Xiannian, YANG Xianlu. Numerical simulation on thermal-fluid-structure coupling deformation of polymer micro-mechanical motion pair in-mold micro assembly molding process[J]. China Plastics, 2015, 29(9):60–66.
- [15] 吴成龙, 刘斌. 翻盖塑料制品的模内合盖注射模设计[J]. 模具工业, 2013, 39(12):58–60.
- WU Chenglong, LIU Bin. Design of injection mold for inside mold closure of flip plastic products[J]. Die & Mold Industry, 2013, 39(12):58–60.
- [16] 刘岑. 聚合物微型机械模内组装成型机理研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2011.
- LIU Ceng. Research on the mechanism of polymer micromachinery in mold assembly and forming[D]. Nanchang: Nanchang University, 2011.
- [17] 田科. 一种单腔双色多功能注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2020, 34(12):82–87.
- TIAN Ke. Mold design with single cavity for bi-color molding and family layout multi-function for button base[J]. China Plastics, 2020, 34(12):82–87.