

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.11.016

# 直升机座舱连接件注塑模具设计

杨琴<sup>1</sup>, 王清<sup>1</sup>, 吴芳榕<sup>2</sup>, 熊建武<sup>3,4,6</sup>, 胡智清<sup>5</sup>, 陈黎明<sup>5</sup>, 高伟<sup>5</sup>, 陈利<sup>6</sup>

(1. 长沙航空职业技术学院, 长沙 410124; 2. 湖南汽车工程职业大学, 湖南株洲 412001; 3. 湘潭科技职业学院, 湖南湘潭 411199; 4. 邵阳通航职业技术学院, 湖南邵阳 422000; 5. 湖南财经工业职业技术学院, 湖南衡阳 421002; 6. 湖南智达新材料有限公司, 长沙 410019)

**摘要:** 针对直升机座舱连接件的功用要求及采用注射成型生产要求, 选用了玻纤改性的聚砜对其进行注射成型, 并为之配套设计了一副两板式冷流道两次开模模具用于塑件的注塑生产。模具中, 使用聚砜成型时, 浇注系统设计为潜伏式单浇口, 浇口开设于模具型腔一侧, 浇注口直径选用 $\varnothing 1.5$  mm。针对塑件局部位置的两个深方形孔的成型与脱模, 设计了2个油缸抽芯机构。针对塑件螺柱座中分段式间隔非连续性内螺纹特征的成型与脱模, 创新设计了一种缩芯式滑块抽芯机构, 机构中, 将3段非连续性内螺纹分别使用3个内缩抽芯滑块进行成型, 然后此3个内缩抽芯滑块使用1个中央型芯通过斜燕尾槽进行驱动, 中央型芯的驱动动力来自模具开模打开动力。使用该机构可以避免内螺纹特征采用缩芯方式抽芯时用6面差速滑块机构或内螺纹旋转抽芯机构而带来的机构复杂性和模具制造成本的提高。在使用本内缩抽芯滑块的条件下, 模具制造成本和加工装配难度都有所降低, 模具制造成本有效缩减10%左右。

**关键词:** 聚砜; 玻纤改性; 直升机座舱连接件; 缩芯滑块机构; 模具结构; 注射成型

**中图分类号:** TG243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)11-0110-06

## Design of injection mould for helicopter cockpit connectors

YANG Qin<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, WU Fangrong<sup>2</sup>, XIONG Jianwu<sup>3,4,6</sup>, HU Zhiqing<sup>5</sup>, CHEN Liming<sup>5</sup>, GAO Wei<sup>5</sup>, CHEN Li<sup>6</sup>

(1. Changsha Aeronautical Vocational and Technical College, Changsha 410124, China; 2. Hunan Automotive Engineering Vocational University, Zhuzhou 412001, China; 3. Xiangtan Vocational College of Science and Technology, Xiangtan 411199, China; 4. Shaoyang General Aviation Vocational College, Shaoyang 422000, China; 5. Hunan Financial Industrial Vocational-technical College, Hengyang 421002, China; 6. Hunan Zhida new material Co., Ltd., Changsha 410019, China)

**Abstract :** In response to the functional requirements of helicopter cockpit connectors and the production requirements for injection molding, glass fiber modified polysulfone was selected for injection molding, and a kind of two plate cold runner double opening mould was designed for the injection molding production of plastic parts. In the mould, when using polysulfone for molding, the gating system was designed as a single submarine gate, with the gate opening on one side of the mould cavity and a gating port diameter of  $\varnothing 1.5$  mm. Two oil cylinder core pulling mechanisms were designed for the molding and demoulding of two deep square holes in the local position of the plastic part. A core shrinking slider core pulling mechanism was innovatively designed for the forming and demoulding of segmented discontinuous internal threads in plastic screw seat. In the mechanism, three discontinuous internal threads were formed using three core shrinking sliders, and then these three core shrinking sliders were driven by a central core through a diagonal dovetail groove. The driving power of the central core comes from the opening power of the mold. The advantage of using this mechanism is that it can avoid the complexity of the mechanism and the increase in mould manufacturing costs caused by the use of a 6-sided differential slider mechanism or an internal thread rotating core pulling mechanism when the internal thread feature was used for core pulling. Under the condition of using the internal shrinkage core pulling slider, the mould manufacturing cost and processing assembly difficulty have been reduced, and the mould manufacturing cost had been effectively reduced by about 10%.

**Keywords :** polysulfone ; glass fiber modification ; helicopter cockpit connector ; shrinking core slider mechanism ; mould structure ; injection molding

**基金项目:** 2023年长沙航空职业技术学院院级重点课题(YB2302)

**通信作者:** 吴芳榕, 工程师, 讲师, 主要从事新能源与智能网联汽车技术、职业教育信息化研究工作; 熊建武, 硕士, 教授、高级工程师, 主要从事模具设计与制造、职业教育研究工作

**收稿日期:** 2024-09-05

**引用格式:** 杨琴, 王清, 吴芳榕, 等. 直升机座舱连接件注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(11): 110-115.

YANG Qin, WANG Qing, WU Fangrong, et al. Design of injection mould for helicopter cockpit connectors[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(11): 110-115.

聚砜(PSU)是一种高性能的热塑性工程塑料,具有优异的耐热性、耐化学腐蚀性、电绝缘性等特性。耐热性方面,PSU的热变形温度为175℃,可在-100~150℃之间长期使用,而且在高温下耐老化性能极好。耐化学腐蚀性方面,PSU是一种耐无机酸碱盐的腐蚀的材料,除强溶剂(芳香烃和卤化烃)、浓硫酸、硝酸以外对其他化学试剂(如无机酸碱盐等)稳定。电绝缘性方面,PSU在潮湿的环境中仍然能够保持良好的电绝缘性能。耐辐射性方面,PSU具有良好的耐辐射性,经过0.4~1.6 MGy辐射和良好干燥过的PSU粒料,可以很容易地进行注射成型<sup>[1-4]</sup>。因其独特的性能,PSU被广泛应用于各个领域,包括机械工业、医疗器械、食品工业等。用于制造钟表壳体及零件、复印机及照相机等零件,以及食品机械的热水阀、冷冻系统器具、传动零部件等强度要求和综合应用较高的场合。

PSU 复合材料在注射成型过程中表现出良好的性能<sup>[5-7]</sup>。例如,在+310℃的温度和模温+170℃的条件下,PSU 材料很容易进行注射成型。此外,PSU 复合材料还可用作层压材料的黏合剂,所有带硅烷的聚砜如 PSU-SR、PKXR 等均可作为黏合剂,用于上浆玻纤(GF)和石墨纤维制作复合材料。通过 GF 增强改性,PSU 耐磨性可以大幅度提高。

在直升机座舱连接件以塑料替代金属件的零件设计中,考虑到直升机座舱连接件需要承受较高的机械应力和要求良好的耐热等综合性能要求,选用GF改性的PSU能较好地满足这一设计要求。结合某款直升机座舱连接件塑件成型要求,笔者设计了基于使用20%GF改性PSU注射成型的模具,由于塑件结构复杂的特点,模具中塑件浇注系统的设计、内缩芯脱模机构及模具整体布置等有一定设计优点,可为同类塑件成型模具设计提供有益借鉴。

## 1 直升机座舱连接件塑件分析

直升机座舱连接件塑件结构如图1所示。塑件主体为一个90°扇形盒。扇形盒盒盖高度为36.5 mm,盒壁平均壁厚为3.8 mm。从俯视图中看,盒盖正面在半径181.5~106.8 mm之间的平面上设置有沿射线规则排列的136个星形凸台X和144个浅圆突h,星形凸台X高度为0.8 mm,浅圆突h高度为0.5 mm。在半径181.5~189.0 mm之间的平面为弧形凸台T1,高度为5.5 mm。

T2, T3 也为同类型凸台, 高度为 0.8 mm。扇形

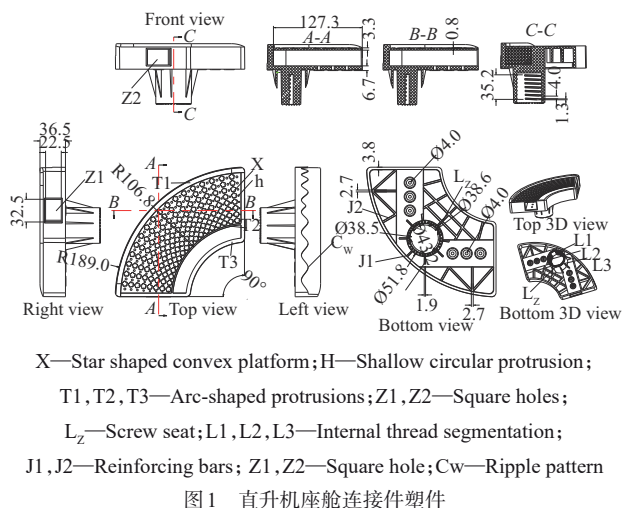


Fig. 1 Plastic part of helicopter cockpit connector

最外端外壁上设置有波纹图样  $C_w$ ,  $90^\circ$  分度的两个侧壁上分别设置方孔 Z1 和 Z2, Z1, Z2 尺寸相同, 截面为矩形  $32.5\text{ mm} \times 22.5\text{ mm}$ , 深度都为  $127.3\text{ mm}$ , 两者是贯通的。如仰视图所示, 塑件的底面特征中, 中间部位设置有 1 个螺柱座  $L_z$ , 其内径  $38.5\text{ mm}$ , 内螺纹径  $43.2\text{ mm}$ , 内壁内螺纹为分段式螺纹, 单圈内螺纹分为 L1, L2, L3 三段。内螺纹总长度  $35.2\text{ mm}$ , 节距  $4\text{ mm}$ , 螺纹厚度  $1.3\text{ mm}$ 。螺柱座  $L_z$  外壁周围使用三角加强筋 J1 加强, J1 壁厚  $1.9\text{ mm}$ 。底面与侧壁的使用了多条加强筋 J2 进行加强, J2 壁厚  $2.7\text{ mm}$ 。

塑件材料使用 20% GF 增强热稳定级 PSU(美国苏威 GF-120 NT), 平均缩水率 0.42%。塑件成型尺寸等级 MT3 ~ MT5, 总产量 3 万件。

## 2 模具设计基础方案

塑件模具结构设计有以下几个突出难点需要预先解决,如图2所示,具体如下:

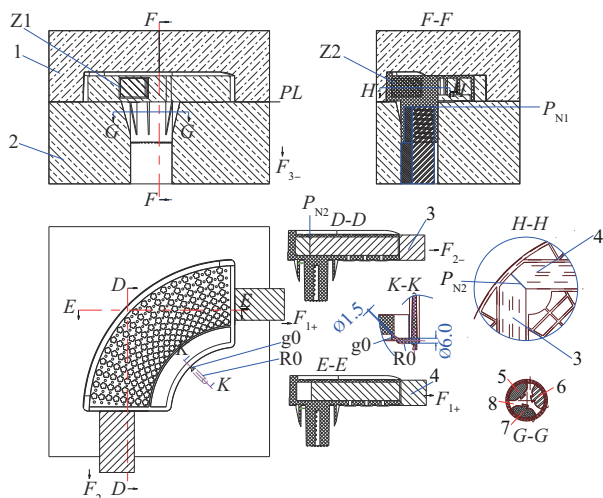
(1) 主要脱模方向即开模方向 $F_3$ 方向设定为与螺柱座 $L_z$ 的中心线相同,这样便于塑件大部分特征及螺柱座 $L_z$ 内的三段分段内螺纹的脱模机构设计,便于模具自动化注塑生产的实现。

(2) 在开模方向  $F_3$ , 主分型面  $PL$  选择塑件下底面最大外沿轮廓位置处, 能使塑件以最少的脱模机构设计实现自动脱模。通过  $PL$  面分型, 塑件的成型模腔切分为型腔镶件 1 和型芯镶件 2 两个主要成型件。

(3) 在既定分型面选定为  $PL$  面条件下, 采用单浇口潜伏式浇口  $g_0$  对模具实施充填, 浇口进浇口直径  $1.5\text{ mm}$ 。潜伏式浇口  $g_0$  设置在型腔成型面一侧,

这样在塑件从型腔中脱模脱出时,流道废料与塑件能在 $g_0$ 处自动切断分离,避免手工剪浇口及流道废料,节省人工成本。

(4) 方孔Z1,Z2采用侧抽芯型芯实施成型和侧抽芯脱模,如 $H-H$ 剖视图所示,使用内部分型面 $PN_2$ 进行分型( $H-H$ 剖视图所示),分别获得Z1型芯镶件4( $E-E$ 剖视图所示)和Z2型芯镶件3( $D-D$ 剖视图所示),Z1型芯镶件4按模具坐标的 $F_2$ 方向抽芯,Z2型芯镶件3按模具坐标的 $F_{1+}$ 方向抽芯。



Z1,Z2—Same as fig.1;  $PL$ —Main parting surface;  $P_{N1}, P_{N2}$ —Parting surface;  $F_{1+}$ —Mould coordinate axis  $X+$ ;  $F_{2-}$ —Mould coordinate axis  $Y-$ ;  $F_{3-}$ —Mould coordinate axis  $Z-$ ; 1—Cavity insert; 2—Core insert; 3,4—Square hole core; 5,6,7—Internal shrinkage core sliding block; 8—Center core;  $g_0$ —Submarine gate;  $R_0$ —Runner

图2 分型及成型方案

Fig. 2 Parting and molded scheme

(5) 螺柱座 $L_z$ 的外壁及加强筋J1由型芯镶件2成型,而内壁的 $L_1, L_2, L_3$ 分段式螺纹需单独成型,其成型零件设计可以考虑使用内螺纹旋转抽芯方式进行旋转抽芯脱模,也可以考虑采用6面差速滑块内缩芯抽芯机构,但这两种内螺纹机构的设计相对较为复杂,模具制造成本高且装配难度较大,因而此处创新设计一种缩芯滑块机构进行成型和抽芯脱模。如 $F-F$ 视图所示,螺柱座 $L_z$ 的内壁中在其内壁分型面 $PN_1$ 的分型设置下,内螺纹 $L_1, L_2, L_3$ 的成型件分别设计成 $G-G$ 视图所示的滑动块5,6,7,滑动块5,6,7由中心型芯8同斜燕尾槽驱动,使滑动块5,6,7向螺柱座 $L_z$ 靠拢进行缩芯抽芯,实现内壁 $L_1, L_2, L_3$ 分段式螺纹特征的缩芯式侧抽芯脱模。

(6) 成型件冷却设计为保证模腔获得均衡冷却,

型腔镶件1、型芯镶件2、Z2型芯镶件3、Z1型芯镶件4、中心型芯8中均开设冷却油路水路,使模具温度控制在 $110\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,冷却管道直径为12 mm。

(7) 通过上述设计,成型后塑件的脱模方式可以按以下步骤获得。首先塑件从型腔镶件1中脱出;其次,Z2型芯镶件3、Z1型芯镶件4从塑件中抽出;再次中心型芯8从螺柱座 $L_z$ 的内壁中抽出,同时驱动滑动块5,6,7与塑件内螺纹特征 $L_1, L_2, L_3$ 分离;塑件最后从型芯镶件1上的脱模采用顶针顶出。

### 3 模具设计

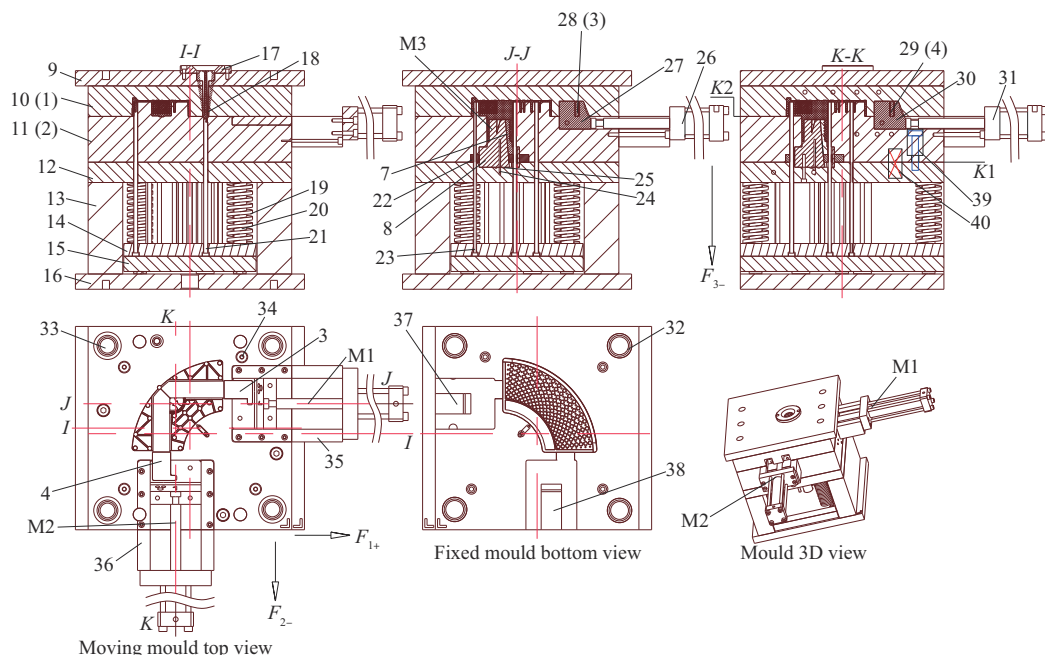
#### 3.1 模具结构<sup>[8-12]</sup>

模具结构采用一种两板模冷流道模具结构,模腔布局一模一腔,如图3所示。相比于普通两板模具,模具中增加了垫板12,用于增加一次模具开模打开,打开面为 $K_1$ 面。模具有两次开模打开,一次为 $K_1$ 面的打开,一次为 $K_2$ 面的打开。开模顺序为 $K_1 \rightarrow K_2$ ,闭模顺序为 $K_2 \rightarrow K_1$ 。 $K_1$ 面对应于模腔分型设计中的主分型面 $PL$ 面。 $K_1$ 面打开用于驱动机构M3中的中心型芯8抽芯,从而驱动滑动块5,6,7与塑件内螺纹特征 $L_1, L_2, L_3$ 分离。为保证 $K_1$ 面先打开,模具中动模板11与动模垫板12之间设置了分离弹簧40用于在模具动模打开下行时弹簧40首先撑开 $K_1$ 面, $K_1$ 面打开距离为50 mm,该定距由小拉杆39进行控制。模具中布置有2个油缸抽芯机构,分别为M1和M2。机构M1为Z2型芯镶件3的抽芯机构,机构M2则为Z1型芯镶件4的抽芯机构。机构M1,M2,M3都位于 $K_1$ 面以下的模具动模一侧。模具中的脱模机构除机构M1,M2,M3外,塑件的最终顶出由推板机构的推板15推动其上的顶针23等将塑件从动模板11(2)上顶出而实现。

#### 3.2 成型件设计

依据图2所示的模腔分型方式,由于模具为单腔布局,且结合塑件生产总量为3万件(小批量生产)的特点及增强模腔成型件强度考虑,模具中型腔镶件1和型芯镶件2不采用常规方法中的单独镶件镶装形式,而是直接从定模板10和动模板11上分别直接加工出模腔型腔面及型芯面。因而,定模板10既用作模架功能模板,又用作模腔的成型件型腔镶件1,动模板也是按此进行设计。定模板10和动模板11的设计如图4所示。滑块27,30的滑块槽 $S_{G1}, S_{G2}$ 面直接在定模板10上加工出来。

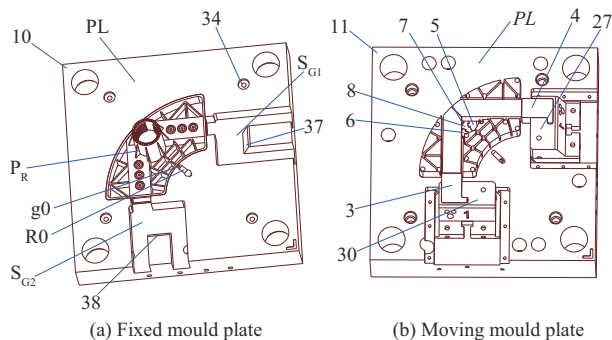
选择合适的模具钢材对于PSU塑料至关重要。传统的注塑模具材料如P20钢或718钢虽然在



$F_{1+}, F_{2-}, F_{3-}$ , 1~8—The same as Fig.2; 9—Upper clamping plate; 10—Fixed mould plate; 11—Moving mould plate; 12—Moving mould back plate; 13—Mould foot; 14—Ejecter retainer plate; 15—Ejecter plate; 16—Lower clamping plate; 17—Locating ring; 18—Sprue bushing; 19—Spring; 20—Return pin; 21—Runer pull rod; 22—Cover board; 23—Ejector; 24—Water way; 25—Seal ring; 26, 31—Hydraulic cylinder; 27, 30—Slider; 28, 29—Square hole core; 32—Straight guide bush; 33—Guide pin; 34—Nylon buckle; 35, 36—Guib(Guide Rails); 37, 38—Jaw; 39—Puller bolts; 40—Separate spring; K1—First mould opening surface; K2—Second mould opening surface; M1, M2—Slider mechanism; M3—Shrinking core mechanism

图3 模具结构

Fig. 3 Mould structure



(a) Fixed mould plate

(b) Moving mould plate

3~8, PL, g0, R0—The same as Fig.2;  
10, 11, 27, 30, 34—The same as Fig.3;  
 $P_R$ —Plastic part;  $S_{G1}, S_{G2}$ —Slider groove

图4 定模板、动模板设计

Fig. 4 Design of fixed mould plate and moving mould plate

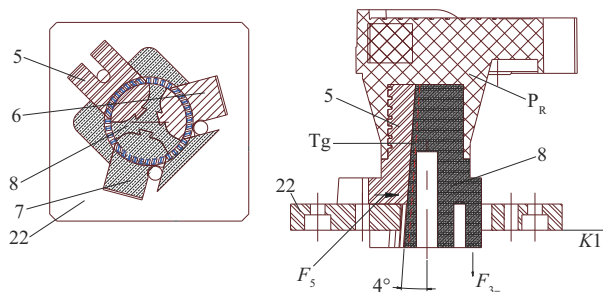
许多应用中表现良好,但在处理PSU这类高性能塑料时不够理想。因此对于定模板10、动模板11及其它模腔成型件而言,更硬且耐磨的模具钢材如H13或者S136不锈钢,通常被推荐用于PSU塑料的注塑模具,这些材料能够承受更高的工作温度和压力,从而提供更长的模具寿命和更好的产品质量。成型件选用H13和S136不锈钢是基于它们具备足

够的硬度和耐磨性,以保证在高压和高温的注塑过程中保持形状稳定,同时还需要有良好的抛光性能,以确保成型后的产品表面光洁度符合标准。本次设计中,件10等型腔成型件选用S136,件3~件8,件11等型芯成型件选用H13。

### 3.3 脱模机构设计<sup>[13-18]</sup>

(1)如图3所示,脱模机构中机构M1, M2的结构相同,如图3中J-J剖视图所示,机构M1的主要组成件包括方孔型芯28(3)、滑块27、导轨35、液压油缸26。液压油缸26驱动滑块27而带动其上的Z2型芯镶件3(28)实施侧抽芯,滑块27在模具闭合时由锁紧块37锁紧。机构M2的情况与此相同,如图3中K-K剖视图所示,机构M2的构成件包括方孔型芯29(4)、滑块30、液压油缸31、导轨36。

(2)机构M3的设计如图5所示。机构的组成件主要包括件5~件8,件22及动模板11、动模垫板12。件5, 6, 7一方面通过燕尾槽Tg与中央型芯8活动连接,一方面通过盖板22安装动模板11内,其下端底面可以在盖板22上滑动(同时也在动模板11相应的活动槽内滑动,如图6a所示),燕尾槽Tg的斜度为4°。

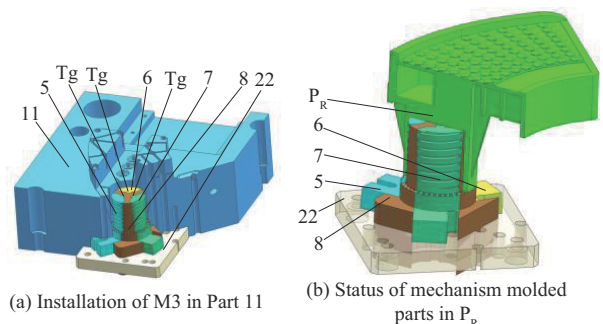


5~8, 22, K1,  $F_3$ —The same as Fig.3;  $P_R$ —Plastic part;

Tg—Angle dovetail groove

图5 机构M3结构及工作原理

Fig. 5 Structure and working principle of mechanism M3



5~8, 11, 22, K1, Tg,  $P_R$ —The same as Fig.3

图6 机构M3的安装3D视图

Fig. 6 Installation 3D view of mechanism M3

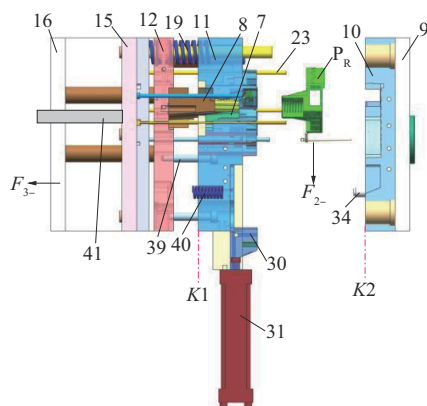
中央型芯8用螺丝紧固安装在动模垫板12上,如图6所示,在K1面打开时,动模垫板12跟随模具动模按 $F_3$ 下行时,中央型芯8将通过3个燕尾槽Tg驱动件5,6,7做向心的缩芯移动抽芯,如件5按 $F_5$ 向移动抽芯。模具复位闭合时,K1面先闭合,中央型芯8按 $F_{3+}$ 向推动件5,6,7做离心的扩张移动复位。机构中,滑动块5,6,7做向心的缩芯移动抽芯距离为2.35 mm,滑动块5,6,7的径向内缩量为3.3 mm,滑动块5,6,7斜导轨斜角为 $5^\circ$ ,所需中央型芯8的抽芯移动的距离为37.7 mm。

### 3.4 模具工作原理

模具工作原理如图7所示。模具在完成注塑过程后,开模动作步骤如下。

(1) K1面打开。注塑机动模板驱动模具K2面以左动模部分按 $F_3$ 向移动时,由于弹簧40的撑开及尼龙扣34的摩擦吸紧作用,模具先在K1面处打开,打开过程中,动模垫板12上的中央型芯8驱动滑块7等3个零件同步完成缩芯抽芯动作。缩芯抽芯完成后,动模板11将被定距小拉杆39拉住,将跟随动模垫板12按 $F_3$ 向移动,K2面将被打开。

(2) K2面打开。随着动模继续按 $F_3$ 向移动,K3



7~12, 15, 16, 19, 23, 30, 31, 34, 39~41, K1, K2,  $P_R$ ,  $F_3$ ,  $F_{3+}$ ,  $F_{3-}$ —The same as Fig.3

图7 模具工作原理

Fig. 7 Working principle of mould

面被打开,打开时塑件将被动模板11从定模板10中抽出而留于动模板11上。

(3)油缸抽芯。模具注塑完成后,准备开模前,机构M1、M2的油缸31,26动作,驱动型芯30,27完成各自侧抽芯动作。

(4)顶出。随着动模的继续移动,到达一定位置后,注塑机顶杆41顶住顶针推板15,从而顶针推板15上的顶针23等将塑件顶住,动模板11上的成型特征将从塑件中抽出,塑件最终停留在顶针23上而自行脱落。

(5)复位。复位时,复位弹簧19先将推板15等推回复位,而后模具按K1→K2面顺序闭合,最后油缸31,26动作,驱动型芯30,27复位,模具完全闭合,开启下一注塑周期循环。

## 4 结论

结合直升机座舱连接件采用PSU注射成型的要求,及塑件中存在的间隔非连续性内螺纹特征难以脱的难题,设计了一副两板两次开模冷流道模具用于塑件的注射成型。模具中对于塑件中存在的分段式间隔非连续性内螺纹特征的成型与脱模,采用了缩芯型芯脱模机构来实现内螺纹的成型与脱模。机构中对于分段内螺纹成型件可以设计成内缩滑块形式,由中央型芯通过斜燕尾槽加以驱动,中央型芯的驱动通过模具的开模动作借助注塑机开模动力加以实现,这样能有效避免差速滑块式内缩芯机构的结构设计复杂性,有利于降低模具制造难度和加工成本。

收缩型芯机构在模具设计中起着至关重要的作用,在设计过程中,需要充分考虑多种因素,以确

保模具的高效运行和产品的质量。模具的制造精度和装配精度也会对收缩型芯机构的性能产生影响。高精度的加工和严格的装配工艺能够保证模具的工作可靠性和稳定性。

### 参考文献

- [1] 刘雪宇.高性能聚砜合成及其介电复合材料研究[D].自贡:四川轻化工大学,2022.  
LIU Xueyu. Synthesis of high-performance polysulfone and study on its dielectric composite materials[D]. Zigong: Sichuan University of Science & Engineering, 2022.
- [2] 魏柯,张道海,秦舒浩,等.聚砜分离膜的亲水改性研究进展[J].高分子材料科学与工程,2018,34(8):179-183.  
WEI Ke, ZHANG Dao hai, QIN Shuhao, et al. Advances in hydrophilic modification of polysulfone separation membrane[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2018, 34(8):179-183.
- [3] 杨硕,高红军,叶少勇,等.增韧剂对玻纤增强聚亚苯基砜复合材料性能的影响[J].工程塑料应用,2019,47(6):26-31.  
YANG Shuo, GAO Hongjun, YE Shaoyong, et al. Effects of toughening agents on properties of glass fiber reinforced poly(phenylene sulfone) composites[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(6):26-31.
- [4] 芦文慧,黄肖容.抗菌性聚砜超滤膜的制备与表征[J].中国新技术新产品,2018(9):1-5.  
LU Wenhui, HUANG Xiaorong. Preparation and characterization of antibacterial polysulfone ultrafiltration membrane[J]. New technologies and products, 2018(9):1-5.
- [5] 王鹏. PSU基驻极纳米纤维空气过滤材料的可控制备及其在车载空气净化器应用研究[D].上海:东华大学,2019.  
WANG Peng. Controllable preparation of PSU based electrified nanofiber air filter materials and their application in vehicle air purifiers[D]. Shanghai: Donghua University, 2019.
- [6] 姬春梅.超声波对聚砜酰胺结晶性能影响研究[J].橡塑技术与装备,2018,44(20):9-15.  
JI Chunmei. Effect of ultrasonic wave on crystallization properties of polysulfonamide[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2018, 44(20):9-15.
- [7] 李玉杰.聚亚苯基砜/聚苯醚共混物及其玻纤增强材料的制备与性能研究[D].吉林:吉林大学,2016.  
LI Yujie. Preparation and properties of polyphenylene sulfone/polyphenylene ether blend and its fiberglass reinforced materials[D]. Jilin: Jilin University, 2016.
- [8] 徐文庆,肖国华,汪哲能,等.带有内外壁特殊脱模机构的摄像机支座多板式模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(2):70-75.  
XU Wenqing, XIAO Guohua, WANG Zheneng, et al. Multi-plate mould design of camera pedestal with special demoulding mechanism in inner and outer walls[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(2):70-75.
- [9] 薛丽,王训杰.涡旋压缩机气阀复杂脱模机构及模具结构优化设计[J].中国塑料,2020,34(10):86-93.  
XUE Li, WANG Xunjie. Design of complex demoulding mechanism and mold structural optimization for air valve of scroll compressor [J]. China Plastics, 2020, 34(10):86-93.
- [10] 许孔联,谭赞武.带两种复杂抽芯机构的汽车滤清盒盖热流道模具设计[J].塑料,2020,49(5):151-155.  
XU Konglian, TAN Zanwu. Design of hot runner mould with two complex core pulling mechanisms for the cover of auto filter box [J]. Plastics, 2020, 49(5):151-155.
- [11] 张斌,童大权,申荣卫,等.碟刹封盖内滑块抽芯注射模设计[J].工程塑料应用,2021,49(9):92-97.  
ZHANG Bin, TONG Daquan, SHEN Rongwei, et al. Design of injection mold for disc brake cover with inner slide block core pulling mechanism[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(9):92-97.
- [12] 杨安,董扬德,胡宏伟,等.法兰盖滑块脱模机构及注塑模具设计[J].工程塑料应用,2017,45(10):82-86.  
YANG An, DONG Yangde, HU Hongwei, et al. Flange cover slider demoulding mechanism and injection mould design[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(10):82-86.
- [13] 王怀奥,肖国华.电饭煲注塑模具自动脱模机构及控制机构设计[J].中国塑料,2017,31(9):137-144.  
WANG Huaiao, XIAO Guohua. Design of automatic demoulding mechanisms and control mechanism for injection moulds of rice cookers[J]. China Plastics, 2017, 31(9):137-144.
- [14] 雷芳,黄克勤,刘路兴.具有多种脱模结构的汽车灯罩精密模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(5):97-102.  
LEI Fang, HUANG Keqin, LIU Luxing. Precision mold design of automobile lampshade with various demoulding structures[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(5):97-102.
- [15] 石海水.双向卡扣脱模设计分析和创新[J].模具制造,2012(4):55-57.  
SHI Haishui. Design analysis and innovation of two-way snap release[J]. Die and Mould manufacturing, 2012(4):55-57.
- [16] 何柏海,何骏.一种带推管侧顶脱模机构的注塑模设计[J].工程塑料应用,2016,44(2):92-95.  
HE Bohai, HE Jun. Design of an injection mould with push tube side top demoulding mechanism[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(2):92-95.
- [17] 贺柳操,卞平,肖国华.双头螺纹花洒旋转式抽芯脱模机构及其注塑模具设计[J].塑料工业,2016,44(10):42-45,49.  
HE Liucuo, BIAN Ping, XIAO Guohua. Design of injection mold and core demoulding mechanism for double thread rotary sprinkler pump[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(10):42-45, 49.
- [18] 王颖,黄卫庭,黄健等.汽车座椅内外侧盖板复杂抽芯注塑模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(9):87-91.  
WANG Ying, HUANG Weiting, HUANG Jian, et al. Design of injection mould with complex core pulling mechanism for inner and outer cover of automobile seat[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(9):87-91.