

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2026.01.018

尼龙 90°弯管接头 1 模 8 腔模具设计

杨少增^{1,2}, 励伟定³, 叶健辉⁴, 刘剑¹, 马长越¹

(1. 浙江工商职业技术学院宁海学院, 浙江宁波 315012; 2. 人工智能与品牌创新研究院, 浙江宁波 315012; 3. 宁波凯福莱特种汽车有限公司, 浙江宁波 315033; 4. 浙江蓝宝石仪表科技有限公司, 浙江宁波 315636)

摘要:针对某尼龙 90°弯管接头塑件高效多腔生产要求,设计了一副假三板模具用于塑件的自动化注塑生产。模具中模腔采用立式布局,从而使单模实现了 1 模 8 腔布局。配合模腔 8 腔布局,重点创新设计了一种油缸驱动摆臂式弯管型芯旋转抽芯机构用于塑件弯管内壁的抽芯脱模。该机构的工作特点为:布置在动模一侧,使用摇摆式油缸驱动摆臂带动弯管型芯做 90°旋转抽芯动作。但旋转抽芯前,依靠模腔打开的开模驱动力,通过带 T 型导轨的锁紧块驱动弯管的直管端头内壁镶件滑块先完成端头内壁的抽芯,为弯管型芯的旋转抽芯排除阻碍,而后由摆臂带动直管端头内壁镶件滑块和弯管型芯一起转动,完成塑件弯管内壁的旋转抽芯脱模。相应的模具设计为一种假三板模具结构,以便于塑件另一个弯管端头内壁抽芯脱模及流道废料的自动脱模。模具结构设计合理,生产稳定,成型周期时间 ≤30 s,良品率 ≥98%。

关键词: 1 模 8 腔; 弯管接头; 模具设计; 摆臂式旋转抽芯机构; 假三板模; 脱模机构创新

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2026)01-0141-09

Mould design of nylon 90° bending pipe joint with 8 cavities

YANG Shaozeng^{1,2}, LI Weiding³, YE Jianhui⁴, LIU Jian¹, MA Changyue¹

(1. School of Ninghai, Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo 315012, China; 2. Institute of Artificial Intelligence and Brand Innovation, Ningbo 315012, China; 3. Ningbo Careful Special Automobile Co., Ltd., Ningbo 315033, China; 4. Zhejiang Sapphire Instrument Science & Technology Co., Ltd., Ningbo 315636, China)

Abstract: To meet the requirements for efficient multi-cavity production of a certain nylon 90° elbow plastic part, a pseudo-three-plate mould was designed for automated injection molding of the plastic part. In the mould, the cavity layout adopted a vertical layout, which enabled the single-mode to achieve a layout of 1 mould with 8 cavities. In conjunction with the 8-cavity layout of the mould cavity, the key point of an innovative design of an oil cylinder driven swing arm type bent pipe core rotating core pulling mechanism has been developed for the core pulling and demoulding of plastic bent tube inner walls. The working characteristics of this mechanism are as follows: arranged on one side of the moving mould, using a swing oil cylinder to drive the swing arm to drive the bent pipe core to perform a 90° rotation core pulling action. However, before rotating the core pulling, relying on the opening driving force of the mould cavity, the wall insert slider of bending pipe's straight pipe end was driven by a locking block with a T-shaped guide rail to first complete the core pulling of the end wall, eliminating obstacles for the rotation core pulling of the bent pipe core. Then, the swing arm driven the inner wall insert slider of the straight pipe end to rotate together with the bent pipe core, completing the rotation core pulling of the plastic bent pipe inner wall. The corresponding mould structure was designed as a pseudo three plate mould structure, in order to facilitate the core pulling demoulding of the inner wall of the other bent end of the plastic part and the automatic demoulding of the runner waste. The mould structure design is reasonable, production is stable, the molding cycle time is not more than 30 s, and the pass rate is not less than 98%.

Keywords: 1 mould with 8 cavities; bend joint; mould design; arm-swinging rotating core pulling mechanism; pseudo three plate mould; innovation of demoulding mechanism

基金项目:宁波市新型智库—人工智能与品牌创新研究院成果,浙江省教育厅一般科研项目(Y202351814, Y202455622),教育部供需对接就业育人项目(2023122974978),浙江省访问工程师“校企合作项目”研究成果(FG2025097)

通信作者:励伟定,高级工程师,主要从事医疗专用车和汽车零部件的开发设计工作

收稿日期:2025-10-25

引用格式:杨少增,励伟定,叶健辉,等.尼龙 90°弯管接头 1 模 8 腔模具设计[J].工程塑料应用,2026,54(1):141-149.

YANG Shaozeng, LI Weiding, YE Jianhui, et al. Mould design of nylon 90° bending pipe joint with 8 cavities[J]. Engineering Plastics Application, 2026, 54(1): 141-149.

90°弯管接头塑件的注塑模设计是一类难度较大的模具设计,其难点主要体现在两个方面:一个是塑件弯管内壁脱模较为困难,需要设计专用抽芯脱模机构,专用机构的设计需要结合弯管两端出口部位内外壁的附加特征进行设计,如设计直抽芯机构、内螺纹旋转抽芯机构等^[1-5]。二是口部两端脱模机构的设计需要占用一定的模具结构空间,从而限制了单模模腔布局的数量^[6-11]。因此大多数90°弯管接头的模腔布局大多以1模2腔布局居多,1模4腔、1模8腔等布局较为少见。这严重影响到单副模具的生产效率及经济效益。要克服这个难题,需要模具设计工程师在模具结构设计中进行脱模机构和模具整体结构创新设计,以达到一模多腔高经济效益的目的。本文结合某尼龙90°弯管接头塑件的成型需要,在重点解决该接头内壁的脱模问题而创新设计了一种油缸驱动摆臂式弯管型芯旋转抽芯机构的基础上,设计了一副1模8腔假三板注塑模具用于该塑件的单模高产量自动化注塑生产,产生了较好的经济效益。

1 某尼龙90°弯管接头塑件

1.1 塑件基本结构

机床设备中,由于液压传动的需要,机床上需要大量快速接头和中间连接接头,用于机床中油路软管之间的连接。传统的接头多采用金属接头,但随着工程塑料的发展,以塑代钢成为接头制作生产的首选。在某型机床接头中,有一种用于改变液压油流向的尼龙90°弯管接头,其以塑代钢的塑件结构如图1所示。该塑件的主要特征为:两端分别为

直管端头 D_1 、 D_3 ,中间为90°弯管 D_2 。 D_2 的弯管中心线半径50 mm,弯管内壁内径40 mm,壁厚4.5 mm。端头 D_1 、 D_3 结构相同,内壁内径49 mm,壁厚4.5 mm,端头长度23 mm。端头 D_1 、 D_3 外壁上分别设置有凸台 T_1 、 T_2 ,两者直径12 mm,高度1 mm。端头 D_3 外壁有一处倒扣 Q_1 。塑件外形包装尺寸90.3 mm×90.3 mm×58 mm。本接头适用于通过外螺纹与软管进行连接, D_1 、 D_3 外壁预留用于二次加工外螺纹,以满足与不同内螺纹接头软管进行螺纹连接的需求。塑件产量20万件,出于生产效率考虑,客户指定要求单模布局为1模8腔,成型精度要求MT4~MT5等级。

1.2 塑件材料选用

塑件的颜色选项存在两种类型,分别为深灰色与黑色。其防护等级要求较高,同样有两类,即IP68/IP69K,需具备耐汽油、机油、酸以及其他溶剂的性能,以此确保其能够实现长期稳定运行。螺纹旋紧力矩要求严苛,这就要求塑件具备较高的力学强度与抗冲击能力。基于此,塑件材料选用30%玻璃纤维(GF)增强的聚酰胺66材料(PA66+30%GF,牌号A 205 F,法国罗地亚公司)。

该材料的密度为1.17 g/cm³,熔点达253 °C,拉伸强度为78.46~84.05 MPa,弯曲强度为88.49~98.02 MPa,压缩强度为83.24~91.23 MPa,冲击强度为35.4~48.9 kJ/m²,洛氏硬度为112~121(HRM标尺),热变形温度为66~86 °C(1.8 MPa),收缩率为0.56%~0.64%。材料推荐的注塑工艺参数如下:模具表面温度为90 °C,熔体温度为290 °C,模具温度范围为70~110 °C,熔体温度范围为260~320 °C,顶出温度为158 °C,最大剪切应力为0.31 MPa,最大剪切速率为100 000 s⁻¹。

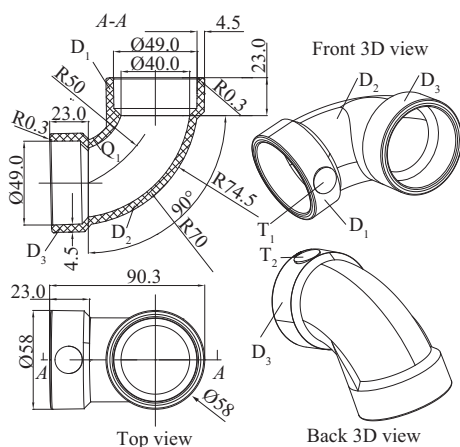
1.3 塑件模塑成型难点

塑件模塑成型难点主要体现在以下几个方面。

其一,90°弯管 D_2 内壁复杂曲面的成型与脱模问题。该弯管中心线半径为80.5 mm、内径为40 mm的封闭结构,致使传统直线抽芯方式无法实施。

其二,1模8腔布局对模具空间利用率和同步脱模机构提出了较高要求。需在有限的模架尺寸范围内,实现8组弯管型芯的协同动作。

其三,PA66+30%GF材料的成型存在挑战。玻纤增强材料流动性欠佳,且易产生熔接痕,需精准控制熔体温度(260~320 °C)与模具温度(70~110 °C),



D_1 , D_3 —Straight pipe end; D_2 —90° bent pipe;
 T_1 , T_2 —Cylindrical boss; Q_1 —Undercut area

图1 尼龙90°弯管接头

Fig. 1 Nylon 90° bend pipe joint

以满足MT4~MT5级精度要求。

其四,两端直管端头 D_1 、 D_3 的端口在成型后需确保无飞边,且外壁需预留二次加工余量,这对模具型腔表面光洁度要求较高。端头 D_3 外壁有一处倒扣 Q_1 脱模困难。

其中,最大的难点在于弯管内壁的脱模,以及在1模8腔布局要求下,实现8个塑件弯管内壁同步脱模所需脱模机构的设计。由于单个塑件弯管轴线呈空间90°弯曲,传统抽芯机构无法沿直线方向抽出型芯,因此必须设计特殊的曲线抽芯机构或分体式型芯成型结构。

2 模具整体设计基本思路

针对塑件存在的上述成型难点,模具设计从常规设计以及1模8腔布局下多腔弯管内壁的同时脱模两个维度入手,以解决该塑件的成型难题,其中后者为本模具设计的关键所在。

2.1 常规设计要点

基于塑件的结构特征与材料属性,综合考虑生产效率需求以及生产实践经验,针对塑件的1模8腔注塑模,其常规设计遵循以下方案展开。

(1)塑件前处理。

塑件内壁呈中空弯管结构,需对脱模斜度予以考量,脱模斜度设定为 $0.5^\circ\sim 1^\circ$ 。同时,需将壁厚均匀性控制在 $\pm 0.1\text{ mm}$ 范围内,以避免收缩不均现象。

(2)材料注塑工艺。

根据塑件材料的使用需求,初步将注塑成型温度设定为 $260\sim 290\text{ }^\circ\text{C}$ 。复合材料的基体PA66具备高流动性,添加纤维后流动性有所降低,但对剪切较为敏感,因此需预留浇口尺寸,以便在试模后进行修正。由于该材料吸湿性较强,需进行干燥处理,干燥工艺方案为在 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下烘干4 h以上。

(3)型腔排布。

采用“H型”对称布局(4×2排列),以确保充填平衡。模腔成型件材料选用具备耐高温、耐磨特性的S136模具钢,其硬度为HRC48~52。

(4)单腔浇注系统。

单腔浇口位置设置于弯管接头外侧端面进胶,如图2a所示。经CAE分析,该浇注系统能够有效减少注塑过程中的潜在缺陷,减少熔接线,并且能够较好地实现流道废料的自动脱模以及与塑件的分离(潜伏式浇口,自动分离)。单腔设置4条管道(W1~W4)进行模腔冷却,能够较好地实现模腔温度

的调节控制(进出口温差小于 $3\text{ }^\circ\text{C}$,塑件翘曲变形小于 0.34 mm),成型周期时间 $\leq 30\text{ s}$ 。

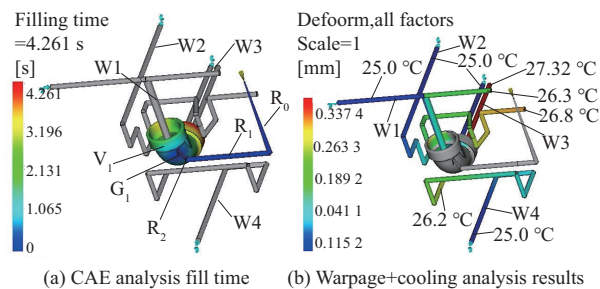


图2 单腔CAE模流分析

Fig. 2 Single cavity CAE Moldflow analysis

(5)脱模机构。

外壁可借助斜导柱驱动滑块达成倒扣 Q_1 的成型与脱模^[12-17]。内壁3分段中, D_1 、 D_3 内壁运用直管型芯进行抽芯, D_2 分段则采用弯管型芯抽芯。

(6)顶出系统。

塑件的最终脱模采用顶针顶出方式,必要时可配合空气弹簧辅助实现脱模。

(7)冷却系统。

如图2b所示,水路冷却回路环绕型腔设置,直径为 8 mm ,间距为 25 mm 。模温机控制水路进出口温差在 $\pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ 以内。

(8)排气系统。

排气可在以下位置开设:①在分型面开设深度为 0.01 mm 、宽度为 5 mm 的排气槽;②采用顶针排气,顶针与孔之间保留 $0.01\sim 0.015\text{ mm}$ 的间隙以辅助排气;③利用成型件装配间隙排气,间隙值小于 0.015 mm 。

(9)模流分析验证(Moldflow)。

经CAE分析,充填过程中能确保各型腔填充时间差异小于 0.5 s ,能避免出现短射或过保压现象。模腔冷却时间不超过 30 s (局部位置最大壁厚为 4.5 mm),模腔之间温差小于 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 。翘曲平均变形量小于 0.2633 mm 。

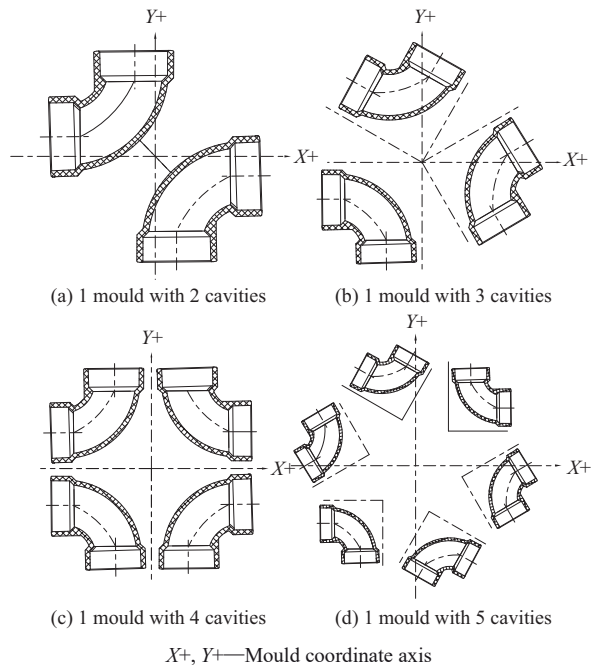
(10)成型件加工及模具装配基本要求。

型腔成型面需进行抛光处理至表面粗糙度 R_a 为 $0.2\text{ }\mu\text{m}$,以减小脱模阻力;模具装配中滑块导轨配合公差为H7/g6,以确保滑动顺畅。

2.2 1模8腔布局要求下多腔弯管内壁同步脱模腔布局难点分析

本方案中模具设计的关键难点与重点在于1模

8腔的布局以及该布局下多腔弯管内壁同步脱模机构的设计。针对本弯管接头塑件在模具中的布局,存在两种形式^[18-21]:一种是卧式布局,另一种是立式布局。在现有的可参考技术中,卧式布局应用较为普遍,如图3a所示的1模2腔布局。由于弯管两端需设置旋转抽芯机构或侧抽芯机构,卧式布局在1模4腔以上的多腔布局中存在局限性,具体原因如下:如图3a至图3c所示,在1模2腔、1模3腔布置时,旋转抽芯机构或侧抽芯机构在模架四侧的布置较为便利;即便采用1模4腔布局,在完成机构件组合后,也能较为容易地将旋转抽芯机构或侧抽芯机构布置于模架四侧。此外,如图3d所示,1模5腔及以上布局虽也可行,但需要更大尺寸的模架以容纳多个模腔,这不仅会造成模架空间的浪费,增加模具成本,还对注塑机的容模要求更高,显然卧式布局无法满足本塑件1模8腔的布局要求。因此,较为可行的方法是从立式布局入手,对旋转抽芯机构、侧抽芯机构及模具结构进行综合性创新设计,以解决这一难题。



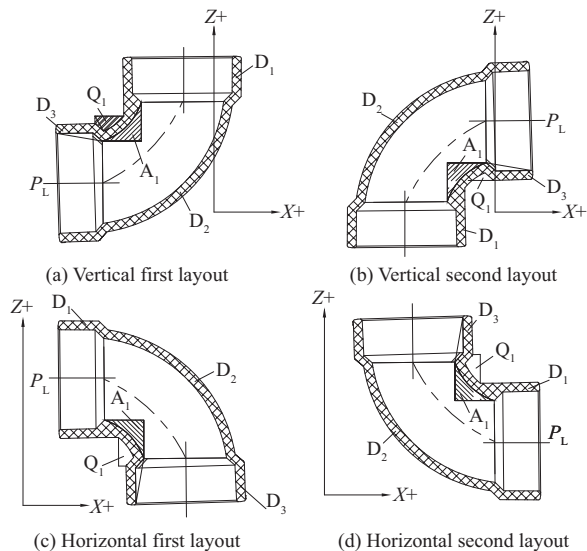
X+, Y+—Mould coordinate axis

图3 模腔布局分析

Fig. 3 Analysis of cavity layout

3 基于立式布局的模具结构创新设计方案

综合考量尼龙90°弯管接头的结构特性,以及前文所述卧式布局面临的难题,解决策略为采用立式布局,以契合塑件1模8腔的布局需求,如图4所示。同时,辅助设计一种油缸驱动摆臂式弯管型芯旋转抽芯机构以及假三板模具结构,从而实现塑件



D₁, D₂, D₃—The same as Fig. 1; X+, Z+—Mould coordinate axis;

A₁, Q₁—Difficult demoulding area

图4 立式布局分析

Fig. 4 Vertical layout analysis

与流道废料的自动脱模。以下为该设计方案的具体内容。

3.1 立式布局方式选择

如图4a所示,在本塑件脱模设计中,鉴于D₂弯管内壁A₁区域的存在,弯管内壁成型件从塑件弯管内壁分离仅能采用旋转抽芯方式,故而必须在弯管D₁端或D₂端设计弯管型芯旋转抽芯机构。此外,还需考虑塑件外壁其他部位(如Q₁区域特征)脱模以及塑件整体脱模的方便性。

在图4a至图4d所示的4种立式布局布置方式中,弯管型芯旋转抽芯机构既可以设置于动模一侧,也可以设置于定模一侧。然而,若设置在定模一侧,需要更厚的定模板,这会导致定模一侧的流道更长,进而影响模腔浇注效果。因此,弯管型芯旋转抽芯机构应优先考虑布置在模具动模一侧。

不采用图4b方式的原因在于,塑件的最终脱模无法使用大尺寸顶针顶出,仅能使用小尺寸扁顶针顶出或推板推出。小扁顶针易损坏塑件,而推板推出的模具结构更为复杂。

不采用图4c方式是因为塑件的Q₁区域会在动模一侧形成倒扣,需采用动模哈夫滑块机构进行侧抽芯脱模,这会使模具结构变得复杂。

不采用图4d方式是因为塑件的Q₁区域会在定模一侧形成倒扣,同样需要采用定模哈夫滑块机构进行侧抽芯脱模,导致模具结构复杂。

综上所述,当塑件模腔在模具中采用立式布局

时,应优先选用图4a所示立式布局。在此布局下,弯管型芯旋转抽芯机构可布置在模具动模一侧,塑件的最终脱模可使用大尺寸圆顶针顶出。此外,该布局还具有一个优点,即可以省去弯管接头一端的侧抽芯滑块机构设计,使模具结构最为简单。

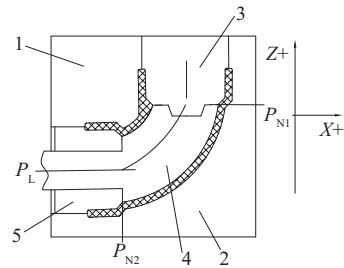
3.2 立式布局下1模8腔中单腔成型件设计

依据图4a所示的立式布局,单腔的分型设计如图5a所示。以 P_L 面进行分型,获得主要成型件型腔镶件1和型芯镶件2。其中,为便于加工,在型腔镶件1中分割出 D_1 端头镶件8。随后,以内分型面 P_{N1} 进行分型,得到 D_1 端内壁镶件3和弯管型芯4,二者之间采用锥台定位。弯管型芯4的尾端设置为矩形截面方柱,其上套装 D_3 端内壁镶件滑块5,弯管型芯4与 D_3 端内壁镶件滑块5的分型面为 P_{N2} 。

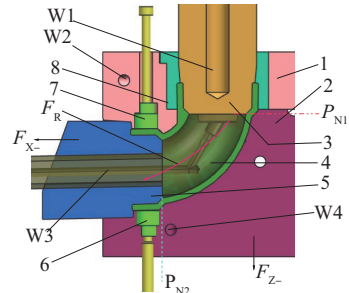
3.3 单腔脱模方案设计

在上述模腔分型设计基础上,立式布局下1模8腔单腔的脱模原理如图5b所示,脱模过程分为4个步骤:(1) P_L 面开启,型腔镶件1、 D_1 端头镶件8与塑件相分离;(2) D_3 端内壁镶件滑块5与塑件分离;(3)弯管型芯4、 D_3 端内壁镶件滑块5进行旋转抽芯(F_R 向),与塑件脱离;(4)下顶块6将塑件顶出,使其从型芯镶件2上脱离。

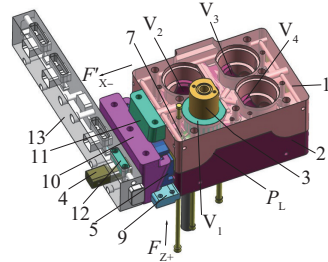
为达成上述4步动作功能,针对单腔中弯管型芯4、 D_3 端内壁镶件滑块5的抽芯驱动需求,设计了一种油缸驱动摆臂式弯管型芯旋转抽芯机构 M_1 ,如图5c所示。结合图5b、图5c可知,在该机构中,弯管型芯4的尾端方柱通过卡紧块12安装于交叉梁13之上, D_3 端内壁镶件滑块5套装在弯管型芯4的尾端方柱上,且能够沿 F_{X-} 向移动。当 P_L 面打开时,安装在定模一侧的锁紧块10在模具动模按 F_{Z-} 下行时,借助其斜T型导轨驱动 D_3 端内壁镶件滑块5按 F_{X-} 移动抽芯,抽芯完成之后,由横梁板9内的定位波珠对 D_3 端内壁镶件滑块5进行定位。 D_3 端内壁镶件滑块5抽芯完成后,图5c中所示的交叉梁13被图5d中所示的油缸22顶起,在摆臂18、19、20的牵引下做圆弧转动动作,进而带动弯管型芯4、 D_3 端内壁镶件滑块5一同完成圆弧抽芯运动,从而驱动弯管型芯4完成抽芯动作。复位时,油缸22中心杆缩回,带动交叉梁13、弯管型芯4等复位。当 P_L 面闭合时,锁紧块10驱动 D_3 端内壁镶件滑块5复位。油缸22的下端采用圆柱销23固定安装在模具动模座板上,可绕圆柱销23转动。交叉梁13的复位位置



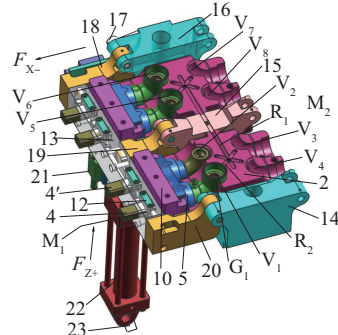
(a) Single mould cavity depart



(b) Single mould cavity molded part



(c) Single mould cavity design of rotating core pulling mechanism



(d) Four mould cavity design of rotating core pulling mechanism

- 1—Cavity insert ; 2—Core insert ; 3— D_1 end inner wall insert ; 4—Bent tube core ; 5— D_3 end inner wall insert slider ; 6—Lower ejecting block ;
- 7—Upper ejecting block ; 8— D_1 end insert ; 9—Beam board ;
- 10—Locking block ; 11—Compression block ; 12—Wedge tightening block ; 13—Cross beam ; 14, 15, 16—Support seats ; 17—Rotating pin ;
- 18, 19, 20—Swing arm ; 21—Cross beam travel switch ; 22—Oil cylinder ; 23—Cylindrical pin ; X^+ , Z^+ —Mould coordinate axis ; V_1 — V_8 —Mould cavity number ; M_1 , M_2 —Mechanism number ; F_{X-} — X -demoulding direction ; F_{Z+} , F_{Z-} —Mould close/opening direction ;
- F_R —Core rotation direction ; P_L , P_{N1} , P_{N2} —Parting surfaces ;
- G_1 , R_1 , R_2 , W_1 , W_2 , W_3 , W_4 —The same as Fig.2

图5 成型件设计及脱模机构布置

Fig. 5 Design of molded parts and layout of demoulding mechanism

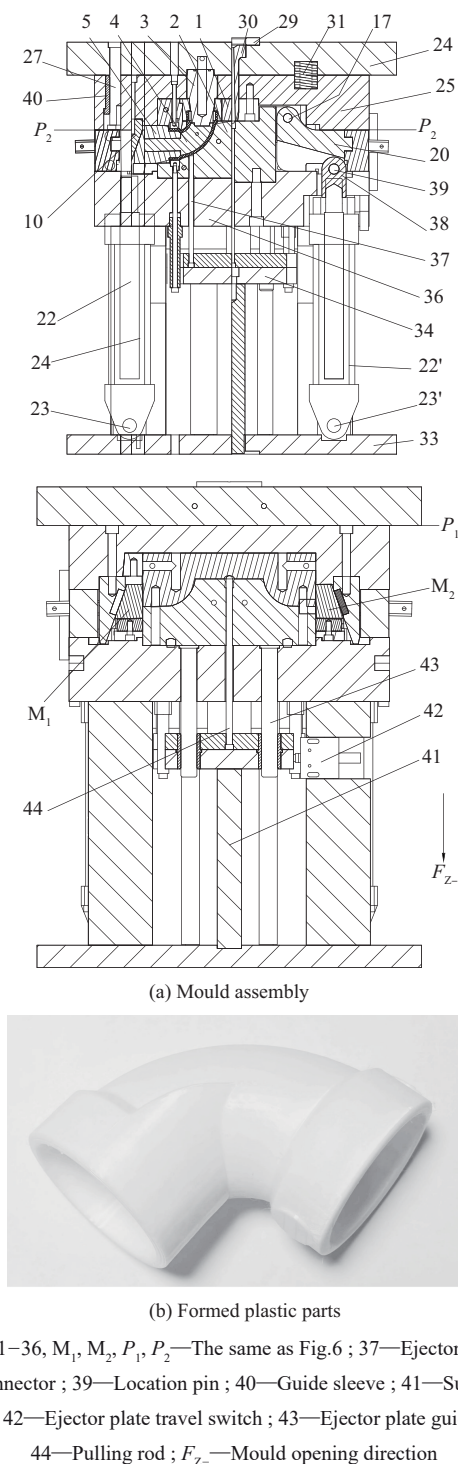


图7 模具工作原理

Fig. 7 Working principle of mould

板25与动模板36之间)开始打开,导柱28确保定模与动模精准导向分离,同时驱动旋转抽芯脱模机构 M_1 、 M_2 动作,完成定模一侧 D_1 端头镶件8的先抽芯及8个弯管型芯4的旋转抽芯。锁紧块10固定于定模板25以保证合模时机构锁模稳定性。开模时,模具沿 F_z 所示方向分离,通过导柱27/导套40及导柱

28(配有对应导套)保证开合模精度。支撑柱41防止动模板36变形。制品成型后,顶出机构启动,顶针37在顶针板导柱43导向下将制品顶出,行程开关42控制顶出距离,连接器38与定位销39确保顶出系统复位准确性,最终实现塑件从模腔中脱出。

注塑时模具具体工作原理如下。

(1)模具闭合。模具在注塑机上安装闭合,等待注塑。

(2)注塑。注塑机机筒通过浇口套30对8个模腔完成充填、保压后,注塑机冷却系统启动,完成模腔的冷却,等待开模。

(3) P_1 面打开。注塑机动模板带动 P_2 面以下模具动模按 F_z 向下行,由于弹簧31的张开动力,模具先在 P_1 面处打开,打开时流道废料从浇口套中拔出, D_1 端内壁镶件3先与塑件分离。 P_1 面打开35 mm后,定模板25被导柱27下端的圆挡片挡住,不能继续跟随动模下行。

(4) P_2 面打开。动模继续下行,模具在 P_2 面处打开,打开时,模具的4个锁紧块10驱动各自对应的4个 D_3 端内壁镶件滑块5完成侧抽芯动作,并停留在 D_1 端内壁镶件3尾端。

(5)机构 M_1 、 M_2 旋转抽芯。机构 M_1 、 M_2 对应的油缸22、22'动作,各自推动4个弯管型芯4完成旋转抽芯动作。

(6)顶出。注塑机顶杆顶出,推动推板34及其上的顶针37、拉料杆44将塑件、流道废料从型芯镶件2上顶出,实现塑件、流道废料的完全脱模,过程中,流道废料与塑件自动分离。

(7)复位。复位过程与开模过程相反,模具闭合,开启下一注塑循环。

通过以上设计,模具可实现尼龙弯管接头的高效稳定生产,成型周期时间 ≤ 30 s,良品率 $\geq 98\%$ 。

5 结论

(1)本模具针对尼龙90°弯管接头塑件的高效多腔生产需求,在结构设计上展现出显著创新。在模腔布局方面,采用立式布局实现了1模8腔的紧凑设计,有效提升了单模次产量,为类似多腔成型提供了空间优化的参考范例。

(2)在核心脱模机构上,创新设计了油缸驱动摆臂式弯管型芯旋转抽芯机构(M_1 和 M_2)。该机构巧妙地将动力传递与运动转换相结合:开模时,先通过开模动力驱动 D_3 端内壁镶件滑块5完成侧抽芯;

随后,由单个油缸 22 驱动交叉梁 13,交叉梁 13 与 3 个摆臂 18、19、20 紧固组合,并通过安装在支座 14、15、16 上的转动销 17 实现旋转。三个转动销 17 的中心与塑件弯管圆弧中心线的中心同轴,确保了弯管型芯 4 能进行精确的 90° 旋转抽芯。这种“先直抽后旋转”的复合抽芯方式,成功解决了弯管内壁复杂结构的脱模难题,其模块化驱动设计(一个油缸驱动 4 个弯管型芯)不仅简化了结构,降低了成本,还提高了动作的同步性和可靠性,为多工位、复杂型芯的同步抽芯提供了高效解决方案。

(3) 模具整体采用了改装型假三板冷流道结构,通过设置 P_1 和 P_2 两个开模面,实现了流道废料自动脱模与定模一侧 D_1 端头镶件 8 先抽芯的需求。弹簧 31 确保了 P_1 面的优先打开,导柱 27 和 28 分别保证了两次开模的导向精度与行程控制,行程开关 21 对交叉梁 13 的复位位置进行精确检测,油缸 22 下端通过圆柱销 23 实现可转动安装,这些细节设计共同保障了模具开合模动作的有序性、准确性和稳定性。

(4) 本模具通过 1 模 8 腔的优化布局、创新的油缸驱动摆臂式弯管型芯旋转抽芯机构,以及实用的假三板两次开模结构,实现了尼龙 90° 弯管接头的高效稳定生产,成型周期时间 ≤ 30 s,良品率 $\geq 98\%$ 。本研究在多腔布局优化、复杂型芯复合抽芯机构设计,以及模具动作精准控制等方面的创新,对同类复杂形状塑件的多腔高效成型模具设计具有重要的借鉴价值和指导意义。

参考文献

- [1] 肖国华. 180° 弯管塑件的抽芯机构及注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(8): 81-86.
XIAO Guohua. Design of injection mould and core-pulling mechanism of 180° bend pipe[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(8): 81-86.
- [2] 傅建钢. 基于模流分析的直角弯管注塑模具设计[J]. 绍兴文理学院学报, 2018, 38(7): 59-63.
FU Jiangang. Design of injection mold for right angle bend pipe based on mold flow analysis[J]. Journal of Shaoxing University, 2018, 38(7): 59-63.
- [3] 夏雨, 高云霄. 汽车空调管接头复杂塑件注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(10): 100-108.
XIA Yu, GAO Yunxiao. Design of injection mould for complex plastic parts of automobile air conditioning pipe joint[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(10): 100-108.
- [4] 王怀奥, 沈忠良. 汽车液压油管 90° 弯管接头注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(11): 76-80, 97.
WANG Huai'ao, SHEN Zhongliang. Design of injection mould for 90° elbow joint of automobile hydraulic oil pipe[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(11): 76-80, 97.
- [5] 杨安, 杨明, 杨秋合. 助力油管自动脱模机构及注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(4): 87-92.
YANG An, YANG Ming, YANG Qiuhé. Design of mould with automatic demoulding mechanism for power assisted oil tube[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(4): 87-92.
- [6] 孙忠刚, 简忠武, 熊建武, 等. 泵管弯管接头带特殊弯管抽芯机构注塑模具结构[J]. 中国塑料, 2018, 32(9): 135-141.
SUN Zhonggang, JIAN Zhongwu, XIONG Jianwu, et al. Injection mould structure of elbow joint with special elbow pulling core mechanism[J]. China Plastics, 2018, 32(9): 135-141.
- [7] 叶卫文, 张小娟, 赵利平, 等. 汽车弯管接头注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2023, 37(8): 107-112.
YE Weiwen, ZHANG Xiaojuan, ZHAO Liping, et al. Design of injection mold for automobile elbow joint[J]. China Plastics, 2023, 37(8): 107-112.
- [8] 李红强, 徐冲敏. 带多种抽芯机构的旋弯塑件模具设计[J]. 塑料, 2023, 52(5): 69-73, 127.
LI Hongqiang, XU Chongmin. Design of rotary bending plastic part mold with multiple core pulling mechanisms[J]. Plastics, 2023, 52(5): 69-73, 127.
- [9] 蒙坚. 立体型喷油器弯管注塑模具设计[J]. 现代塑料加工应用, 2020, 32(6): 37-39.
MENG Jian. Mould design of compound demoulding mechanism for three dimensional injector elbow[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2020, 32(6): 37-39.
- [10] 李春玲. 离心泵双弯合流管圆弧隧道抽芯机构注塑模设计[J]. 塑料工业, 2020, 48(9): 66-70.
LI Chunling. Design of the injection mould with the circular arc and the tunnel core pulling mechanisms of the double bend combined pipe of the centrifugal pump[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(9): 66-70.
- [11] 黄可, 许成中, 韩志良, 等. 轿车进气弯管多向复合抽芯模具结构设计[J]. 塑料工业, 2022, 50(11): 82-87.
HUANG Ke, XU Chengzhong, HAN Zhiliang, et al. Structure design of multi-directional composite core-pulling die for car intake elbow[J]. China Plastics Industry, 2022, 50(11): 82-87.
- [12] 张云, 熊建武, 夏凯, 等. 汽车通风管接头注塑模具设计[J]. 塑料, 2023, 52(5): 74-78.
ZHANG Yun, XIONG Jianwu, XIA Kai, et al. Design of injection mold for automobile ventilation pipe joint[J]. Plastics, 2023, 52(5): 74-78.
- [13] 杨娟, 覃志高, 周明理. 注塑机导油管 135° 弯管注射模设计[J]. 模具工业, 2021, 47(8): 50-53.
YANG Juan, QIN Zhigao, ZHOU Mingli. Design of injection

- mould for 135°elbow of oil guide pipe used in injection moulding machine[J]. Die and Mould Industry, 2021, 47(8):50-53.
- [14] 李伟, 张晓黎. 基于UG和Moldflow的过桥弯管圆弧抽芯注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(8):93-98.
LI Wei, ZHANG Xiaoli. Design of arc core-pulling injection mould for bridge elbow based on UG and Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(8):93-98.
- [15] 曹勇. 一种注塑模具双扭曲异型圆管双联动空间抽芯机构设计[J]. 塑料工业, 2016, 44(5):71-74.
CAO Yong. Design on double-stage linkage core-pulling mechanism for double-twisted tube of injection mold[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(5):71-74.
- [16] 王静, 刘雪敏. 多向斜角度复杂弯管抽芯结构注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(11):104-108.
WANG Jing, LIU Xuemin. Design of injection mould with multi-directional oblique angle complex elbow core pulling structure[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(11):104-108.
- [17] 王伟伟, 肖国华, 徐生, 等. 四缸发动机进气歧管热流道注射模设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(5):108-114.
WANG Weiwei, XIAO Guohua, XU Sheng, et al. Design of hot runner injection mould for four-cylinder engine intake-manifold[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(5):108-114.
- [18] 孙友. 180°UPVC塑料弯管旋转抽芯注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(12):106-111.
SUN You. Design of injection mould for 180°UPVC plastic bend with rotating core pulling[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(12):106-111.
- [19] 贺柳操, 肖国华, 沈忠良, 等. 医疗导流管头脱模机构及注塑模具结构设计[J]. 塑料, 2019, 48(3):74-77, 99.
HE Liucuo, XIAO Guohua, SHEN Zhongliang, et al. Medical guide pipe head demoulding mechanism and injection mould structure design[J]. Plastics, 2019, 48(3):74-77, 99.
- [20] 彭国荣, 隋丽丽, 陆龙福. 基于脱模力数学模型的花洒变截面弯管抽芯机构设计[J]. 中国塑料, 2020, 34(10):63-68.
PENG Guorong, SUI Lili, LU Longfu. Design of core-pulling mechanism of variable cross-section bend of sprinkler based on mathematical model of demolding force[J]. China Plastics, 2020, 34(10):63-68.
- [21] 马立军, 覃志高, 王华金, 等. 注塑机气枪手柄注射模设计[J]. 模具工业, 2021, 47(9):40-43, 47.
MA Lijun, QIN Zhigao, WANG Huajin, et al. Design of injection mould for air gun handle of injection molding machine[J]. Die and Mould Industry, 2021, 47(9):40-43, 47.

(上接第123页)

- [13] BHATT P M, MALHAN R K, SHEMBEKAR A V, et al. Expanding capabilities of additive manufacturing through use of robotics technologies: A survey[J]. Additive Manufacturing, 2020, 31. DOI: 10.1016/j.addma.2019.100933.
- [14] JING X S, LV D P, XIE F B, et al. A robotic 3D printing system for supporting-free manufacturing of complex model based on FDM technology[J]. Industrial Robot: the International Journal of Robotics Research and Application, 2023, 50(2):314-325.
- [15] YAO Y, CHENG L Y, LI Z Y. A comparative review of multi-axis 3D printing[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2024, 120: 1 002-1 022.
- [16] NAYYERI P, ZAREINIA K, BOUGHERARA H. Planar and nonplanar slicing algorithms for fused deposition modeling technology: A critical review[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2022, 119(5):2 785-2 810.
- [17] 黄志勇, 戴宁, 李烨华, 等. 空间路径复合3D打印结构与力学性能研究[J]. 机械设计与制造工程, 2025, 54(3):21-26.
HUANG Zhiyong, DAI Ning, LI Yehua, et al. Research on the structure and mechanical properties of space path composite 3D printing[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2025, 54(3):21-26.
- [18] SUN C N, TANG L, LIU T D, et al. A shape-performance synergistic strategy for design and additive manufacturing of continuous fiber reinforced transfemoral prosthetic socket[J]. Composites Part B: Engineering, 2024, 281. DOI: 10.1016/j.compositesb.2024.111518.
- [19] 赵绪川, 乌日开西·艾依提, 秦瑞冰. 倾斜面薄壁件3D打印成型精度研究[J]. 机械设计与制造, 2025(3):142-147.
ZHAO Xuchuan, AIYITI Wurikaixi, QIN Ruibing. Molding precision of 3D printing thin-walled on inclined surface[J]. Machinery Design & Manufacture, 2025(3):142-147.
- [20] LI X P, LIU W, HU zhonglue, et al. Supportless 3D-printing of non-planar thin-walled structures with the multi-axis screw-extrusion additive manufacturing system[J]. Materials & Design, 2024, 240. DOI:10.1016/j.matdes.2024.112860.