

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.06.015

180°弯管接头液压驱动式复合抽芯注塑模设计

王华峰

(浙江工业职业技术学院,浙江绍兴 312000)

摘要:以180°弯管接头为研究对象,主要针对其内壁脱模机构进行了优化设计。采用两个液压缸分步驱动方式设计了用于180°弯管接头内壁脱模的液压驱动式复合抽芯机构,当该机构工作时,首先用第1个油缸驱动弯管两端直管内壁的成型件完成直线抽芯,并为弯管内壁型芯的抽芯让出运动空间,后再用第2个油缸带动齿条直线运动从而驱动齿轮旋转,进而驱动L形摆臂使弯管型芯进行150°旋转抽芯动作,最后借助于推板将L形摆臂及弯管型芯顶出,实现塑件的完全脱模。为减小弯管型芯的弯曲程度,分型中通过内壁分型面的优化设计将弯管型芯弯曲角度优化设计为160°,从而使弯管型芯在旋转150°的条件下,能完成塑件弯管内壁的旋转抽芯。模具结构设计为一副一模一腔两板冷流道模具,浇口优化设计在弯管外壁几何中心,为2.8 mm×2 mm矩形截面浇口。经试模,成型周期约21 s,较好地解决了180°弯管塑件的自动化生产难题,相比于同类模具,该模具结构更为简单,易于制造,成本更低。

关键词:180°弯管;旋转抽芯;液压驱动式复合抽芯机构;模具设计;脱模

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)06-0109-07

Design of injection mould with hydraulic driven composite core pulling for 180° bend pipe joint

WANG Huafeng

(Zhejiang Industry Polytechnical College, Shaoxing 312000, China)

Abstract : Taking 180° bend pipe joint as the research object, the design of its inner wall demoulding mechanism was optimized. The hydraulic driven composite core pulling mechanism for demoulding the inner wall of the 180° bend pipe joint was designed using the step-by-step driving method with two hydraulic cylinders. When the mechanism worked, the first cylinder was used to drive the molded part of the straight tube inner walls at both ends of the bend pipe to complete linear core pulling, leaving space for the core pulling of the inner wall of the bend pipe. Then, the second cylinder was used to drive the rack to move linearly, which in turn rotate the gear. The gear rotation actuated the L-shaped swing arm to drive the bend pipe core to rotate 150° for core pulling. Finally, with the help of the ejector base plate, the L-shaped swing arm and bend pipe core were pushed out, achieving complete demoulding of the plastic part. In order to reduce the bending degree of the bend pipe core, the bending angle of the bend pipe core was optimized to 160° through the optimization design of the inner wall parting surface in the parting process, so that the rotary core pulling of the plastic bend pipe inner wall could be completed under the 150° rotating of the bend pipe core. The mould structure was designed as a set of two plate cold runner mould with one cavity. The gate was optimized at the geometric center of the outer wall of the bend pipe, which was a 2.8 mm×2 mm rectangular section gate. After mould trial, the molding cycle is about 21 s. The mould effectively solves the problem of automated production of 180° bend pipe plastic parts. Compared with similar moulds, the mould structure is simpler, easier to manufacture, and has lower costs.

Keywords : 180° bend pipe ; rotary core pulling ; hydraulic driven composite core pulling mechanism ; mould design ; demoulding

在弯管塑件注射成型生产中,由于弯管的弯曲程度和管径不同,会形成不同的注塑模具结构。其

中,180°弯管的成型模具设计最为困难,具体存在以下3方面的问题^[1-4]:①内壁脱模困难,因弯曲形状

基金项目: 浙江省高职教育“十四五”第二批教学改革项目(jg20240226)

通信作者: 王华峰,讲师,从事机械设计、模具设计与制造研究和教学

收稿日期: 2025-03-10

引用格式: 王华峰.180°弯管接头液压驱动式复合抽芯注塑模设计[J].工程塑料应用,2025,53(6):109-115.

WANG Huafeng. Design of injection mould with hydraulic driven composite core pulling for 180° bend pipe joint[J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(6): 109-115.

导致塑件与型芯接触面积大、包紧力强,且抽芯方向受限,传统脱模易引发变形或损坏;②壁厚均匀性控制难度大,熔体在弯曲型腔内流动不均、浇注设计不当易造成壁厚差异,影响产品性能;③存在模具结构设计平衡问题(复杂性与实用性的矛盾),180°弯管的各类模具机构(如脱模机构)设计不能过于复杂,否则会导致模具制造成本上升并影响模具动作的可靠性。

对于上述问题的解决方案有以下做法值得借鉴^[5-9]:①针对脱模问题,采用旋转脱模机构或拆分型芯(如四段式分体结构),通过旋转或分段抽芯减少阻力;②针对壁厚控制要求,优化浇口位置(如侧浇口)、流道尺寸,并借助模流分析软件模拟流动;③针对结构设计平衡问题,整合功能模块(如脱模与顶出机构),进行模块化设计,结合数控加工与3D打印提升精度。

笔者结合某180°弯管接头的成型要求,借助于现有技术基础,进行了对应的脱模机构设计。针对180°弯管内壁的脱模问题,已有文献设计了相应的脱模机构^[9],但该机构具有特定适用条件,其特点在于弯管两端直管为长直管,而笔者采用的180°弯管两端直管长度相对较短,弯管型芯抽出过程相对简单。由于将两端直管长度相对较短的弯管型芯从内壁中旋转抽出时受阻区域较小,因此直接采用文献^[9]所述的脱模机构并不适用,这种方案会增加机构设计的复杂性和模具制造成本。为此,笔者设计了一种新型180°弯管内壁液压驱动型抽芯机构及其模具结构,该设计通过液压系统直接驱动型芯抽离,突破传统旋转/拆分机构的机械限制,简化结构的同时精准解决内壁脱模难题,为同类弯管模具提供了新的思路。

1 某180°弯管接头塑件结构分析

某180°弯管接头塑件结构如图1所示,塑件由3部分构成,中间为180°弯管 G_1 ,两端分别为直管 G_2 和直管 G_3 。弯管 G_1 内径为55.8 mm,壁厚为2 mm,弯管 G_1 中心线半径为55 mm;直管 G_2 外径为65.9 mm;直管 G_3 外径为60.9 mm。

塑件材料选用美国普立万公司生产的牌号为Geon™ Fiberloc™ 80530的质量分数30%玻璃纤维增强聚氯乙烯(PVC)。材料推荐的注塑工艺参数为:模具表面温度29℃(模具温度推荐范围21~37℃),熔体温度180℃(熔体温度推荐范围148~212℃),

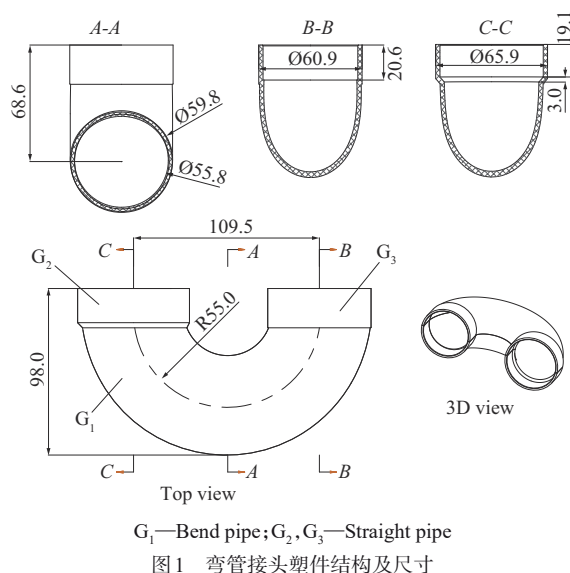


图1 弯管接头塑件结构及尺寸

Fig. 1 Structural and dimensions of bend pipe joint plastic part

最大熔体温度252℃,顶出温度70℃,最大剪切应力0.2 MPa,最大剪切速率32 000 s⁻¹。材料收缩率为0.18%~0.21%。

2 塑件成型难点

如图2所示,塑件的成型难点主要在于弯管 G_1 内壁的脱模,其次是保证 G_1 , G_2 , G_3 的壁厚均匀性,最后是模腔的注塑平衡,防止飞边问题的产生。

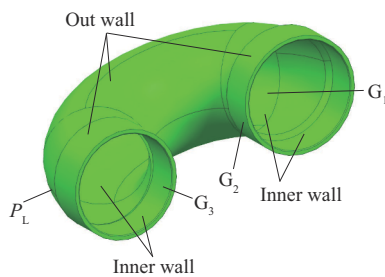


图2 塑件内外壁形状

Fig. 2 Shape of inner and outer walls of plastic parts

2.1 弯管脱模设计

针对弯管 G_1 内壁的脱模,由于弯管 G_1 两端的直管 G_2 和 G_3 较短, G_1 弯管型芯抽出时的空间限制小,因而 G_1 弯管抽芯机构的简化型设计如图3所示。首先利用塑件的最大外缘轮廓线(P_L)设置主分型面 P_w ,针对塑件的外壁实施分型^[10-14]。外壁的脱模方式中, P_w 面以上的部分通过开模动作直接从型腔4中脱出, P_w 面以下的部分通过顶出方式从外壁型芯镶件3上脱出。弯管内壁的脱模分为3个部分:直管 G_2 内壁部分型芯、直管 G_3 内壁型芯集成设置在侧滑块1上,采用成型件侧抽芯方式脱模,其相应的次级

分型面分别为 P_{G2} 和 P_{G3} ,弯管 G_1 的内壁使用弯管型芯2实施旋转抽芯方式脱模。为保证弯管型芯2能有旋转支撑基础,直管 G_2 内壁型芯的一半与弯管 G_1 的弯管型芯集成设置为一个零件弯管型芯2。特别地,为减小弯管型芯2的旋转抽芯角度,将直管 G_3 内壁型芯前端向弯管 G_1 内延伸,即将弯管型芯2的弯曲部分角度(图3中的a)由180°减小为 L_1 面(L_1 为 P_{G2} 的局部小平面)与 P_{G3} 面之间的夹角(160°),以利于弯管型芯2的驱动机构设计。

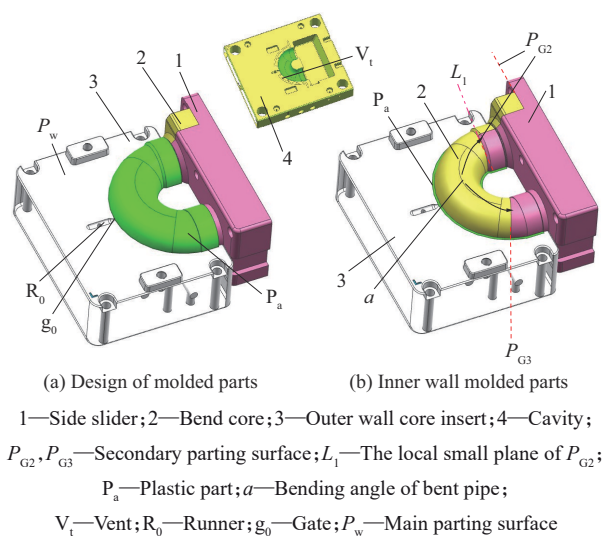


图3 成型零件布置

Fig. 3 Layout of molded parts

2.2 浇注系统CAE分析

结合生产经验,针对图3中模腔的浇口,采用单一侧浇口 g_0 对模腔进行充填,经模流CAE分析,其结果如图4所示。模腔最佳浇口设置区域为图4a所示 A_0 区域,即浇口 g_0 设置的区域较为合理。浇口 g_0 的截面尺寸为 $2.8\text{ mm} \times 2\text{ mm}$,在此尺寸下,如图4b所示,模腔的充填时间为 2.039 s ,且在 G_2, G_3 两者的末端充填时间基本相同,较为平衡。如图4c所示,扣除流道压降外,浇口处到充填末端的压力降约为 28 MPa ,模腔所需充填压力不高,在理想压降 30 MPa 以内。进一步的结果观察可知,塑件上、下、前后的压力降均衡,能有效保证塑件的壁厚均匀性。从压降结果可以得知,充填末端为直管 G_2, G_3 ,两者的终端压力为 18 MPa 左右,低于飞边产生压力参考值 30 MPa ,能有效避免飞边问题的产生。

2.3 排气设计

在PVC注塑过程中,材料受热易分解产生大量气体(主要是HCl),同时熔体黏度高、流动性较差,若气体不能及时排出,极易导致制品出现烧焦、气

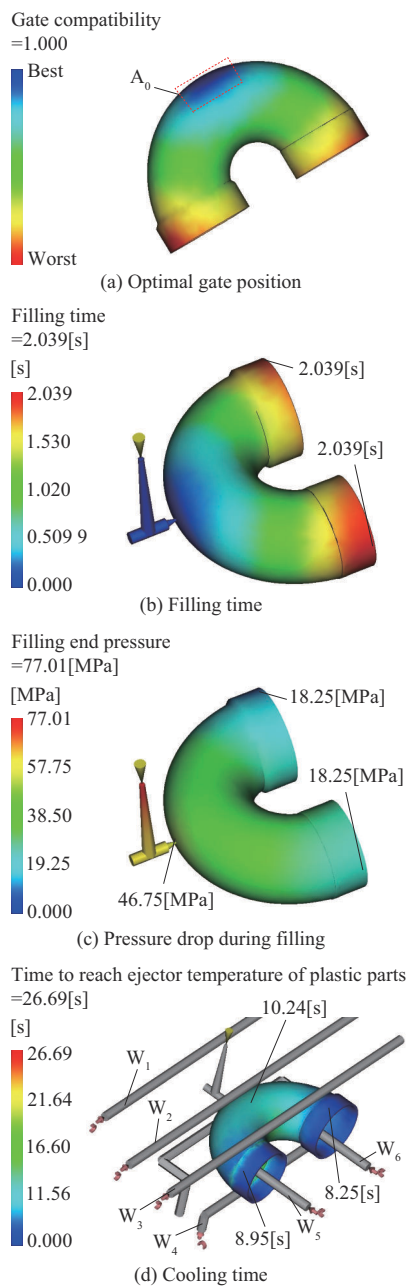


图4 充填及冷却CAE分析

Fig. 4 CAE analysis of filling and cooling

泡、充填不满、表面银纹等缺陷。因此,模具的排气设计至关重要,采取的排气设计如下。

(1)分型面排气。这是主要排气通道,如图3所示,在分型面 P_w 上型腔周边设置连续的排气槽 V_t ,深度为 $0.03\sim 0.05\text{ mm}$,宽度 $5\sim 10\text{ mm}$,长度延伸至模具边缘。通向大气的槽加深至 0.5 mm 。

(2)镶件排气。在图3的侧滑块1、弯管型芯2与外壁型芯镶件3、型腔4的配合面上利用其配合间隙($0.015\sim 0.025\text{ mm}$,精密控制)排气。

(3)顶针孔排气。在顶针圆柱上磨削出浅的平面(深度0.015~0.025 mm)或开设微型排气槽,利用其与顶针孔的间隙排气。

(4)提高表面光洁度。排气槽工作面须保持良好光洁度(表面粗糙度 $Ra \leq 0.4$),减少气体流动阻力。

(5)采用辅助措施。实际试模时,为避免熔体剧烈剪切生热加剧分解,依据试模情况适当加大冷料井。在保证充填的前提下,采用较低的熔体温度和注射速度,减少气体产生量并给气体留出排出时间。

2.4 冷却系统设计。

如图4d所示,针对模腔设置了 W_1 ~ W_6 6条水路进行冷却,管道直径都为10 mm,在此冷却控制下,塑件冷却达到顶出的时间约为10 s,加上模腔充填时间为2 s左右,及注塑机开闭模准备时间控制为7 s左右,塑件的单件生产周期可控制为19 s左右,能较好地满足生产周期需要。

3 内壁弯管液压驱动式复合抽芯机构设计

针对图3的侧滑块1和弯管型芯2,需要设计一个如图5所示的内壁弯管液压驱动式复合抽芯机构来进行驱动,才能实现模具的自动化注塑生产功能^[15-18],具体设计如下。

图5中,该复合抽芯机构由2个子机构组成,分别为直管侧抽芯机构 S_1 和弯管型芯旋转抽芯子机

构 S_2 。直管侧抽芯机构 S_1 的组成零件主要包括件1、件5—件11,抽芯时,油缸11直接驱动侧滑块1按 F_1 向抽芯,侧滑块1的抽芯距离为145 mm,该距离由行程开关7和10限位控制。侧滑块1抽芯结束后必须为弯管型芯2的旋转抽芯让出空间,所以机构 S_1 必须先于机构 S_2 完成抽芯。

弯管型芯旋转抽芯子机构 S_2 的组成零件主要包括件2、件12—件22,抽芯时,油缸12驱动滑块14、齿条15做 F_1 向抽芯,从而使齿条15驱动齿轮16做 T_1 向顺时针旋转抽芯,齿轮16带动L形摆臂17旋转,从而也带动紧固安装在其上端的弯管型芯2做顺时针旋转抽芯。L形摆臂17活动穿过齿轮16上的矩形槽,其下端两侧设置有滚轮18,下端端面在推板19所设置的圆弧槽内滑动,推板19按 F_{z+} 向顶出时,能将L形摆臂17及其上端的弯管型芯2也顶出,即L形摆臂17及其上的弯管型芯2可以由推板19顶出,并由推板19拉回复位。滑块14也使用行程开关23进行限位调节,以便于控制弯管型芯2的旋转抽芯角度为150°。齿轮16的芯轴22通过圆柱推力轴承21和平面轴承20进行周向和轴向传动。复合机构复位时子机构 S_2 须先复位,而后是子机构 S_1 复位。

4 模具结构设计

4.1 模具结构

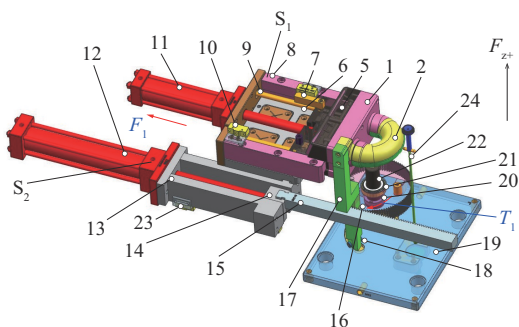
最终的模具结构如图6所示,将模具设计为一副一模一腔布局的两板模具,采用流道侧浇口浇注系统,模腔采用前述 W_1 ~ W_6 6条水路进行冷却。塑件的脱模使用图5中所示的液压驱动式复合抽芯机构实施脱模,流道废料的脱模使用拉料杆24顶出脱模。模架使用LKM(龙记)标准模架LKM AI4545-A70-B150-C120。开模形式为单次开模,开模距离200 mm。垫板29用于子机构 S_2 的齿轮16及齿条15的安装。推板19用于L形摆臂17、拉料杆24的顶出。

4.2 模具工作原理

模具工作原理示意图如图7所示。

(1)模具闭合。模具在注塑机上安装后,模具闭合,模腔主分型面 P_w 闭合,注塑机对模具完成充填、保压、冷却过程后,准备开模^[19-20]。

(2) P_w 面打开。模具 P_w 面以下动模部分在注塑机动模板的带动下,按 F_{z-} 向下行,模具打开,塑件从定模板4内的型腔成型面中脱出,留在动模上,跟随



F_1 —Core pulling direction; F_{z+} —Ejecting direction; T_1 —Clockwise rotational core-pulling direction; 1—Side slider; 2—Bend core; 5—Oil cylinder center rod connection block; 6—Wear resistant plate; 7, 10, 23—Travel switch; 8, 13—Guide block; 9—Water spout; 11, 12—Oil cylinder; 14—Slider; 15—Gear rack; 16—Gear; 17—L-shaped swing arm; 18—Guiding roller; 19—Ejector base plate; 20—Flat bearing; 21—Cylindrical thrust bearing; 22—Core shaft; 24—Sprue puller; S_1 —Straight pipe side core pulling mechanism; S_2 —Bend core rotating core pulling sub-mechanism

图5 内壁弯管液压驱动式复合抽芯机构

Fig. 5 Hydraulic driven composite core pulling mechanism for inner wall bend pipe

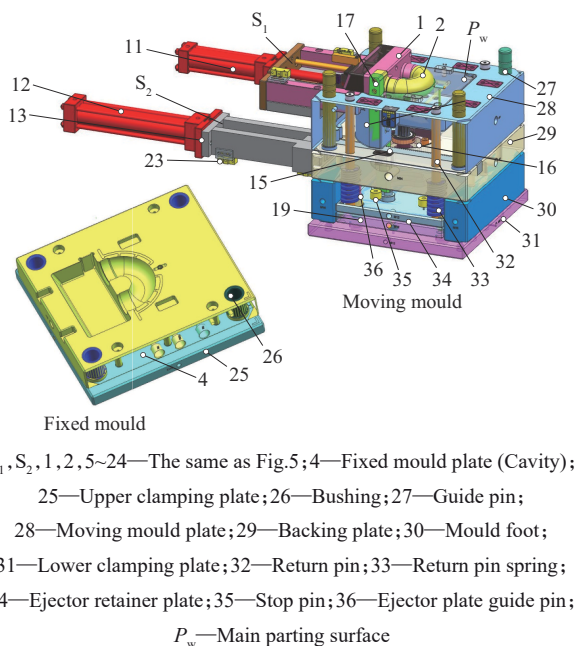


图6 模具结构

Fig. 6 Mould structure

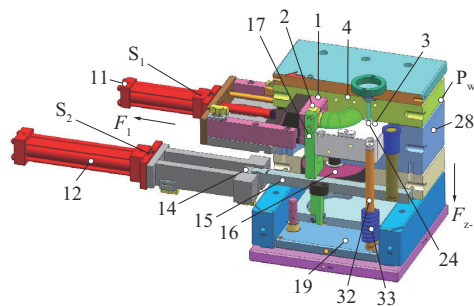


图7 模具工作原理

Fig. 7 Working principle of mould

动模下行。

(3)机构 S_1 抽芯。模具打开 200 mm 后,动模停止下行, P_w 面完全打开,机构 S_1 的油缸 11 动作,拉动侧滑块 1 按 F_1 向完成 145 mm 侧抽芯,为弯管型芯 2 的旋转抽芯让出空间。

(4)机构 S_2 抽芯。而后,机构 S_2 的油缸 12 动作,驱动齿轮 16 旋转,从而带动 L 形摆臂 17 顺时针旋转 150°完成抽芯动作。

(5)顶出。注塑机顶杆推动推板 19 按 F_z 向反向顶出,从而推动 L 形摆臂 17、拉料杆 24 顶出,将塑件、冷流道废料从外壁型芯镶件 3 上顶出,实现两者的完全脱模。

(6)复位闭合。顶出完成后,弹簧 33 推顶推板 19 复位,而后机构 S_2, S_1 先后复位,模具动模按 F_z 的反向上行,模具在 P_w 面处闭合,开启下一注塑循环。

4.3 试模效果

经实际注塑试模验证,获得塑件与其它相邻配件的装配如图 8 所示,模具运行稳定,塑件质量达标,具体效果如下。

(1)脱模性能优异。液压驱动式复合抽芯机构动作协调,抽芯过程平稳高效;弯管型芯旋转抽芯角度控制精准(150°),配合侧滑块预抽芯,内壁脱模阻力显著降低;塑件内壁无划伤、变形,脱模时间控制在 0.8 s 内,满足自动化生产节拍需求。

(2)壁厚均匀性达标。CAE 优化的侧浇口设计有效平衡熔体流动,实测塑件壁厚公差为 ± 0.05 mm (目标值为 ± 0.1 mm), G_1 弯管区域壁厚一致性达 98.5%,无局部缩痕或熔接线缺陷。

(3)排气与飞边控制良好,与相邻配件的装配无卡滞。分型面排气槽(0.03~0.05 mm)及镶件间隙排气(0.015~0.025 mm)有效排出 PVC 分解气体,塑件表面无烧焦或银纹;充填末端压力维持 18 MPa (低于飞边阈值 30 MPa),分型面密封良好,无溢料现象。

(4)生产效率与成本符合预期。冷却系统将成型周期控制在每件 21 s,与 CAE 分析接近,符合预期;液压直驱机构简化了传统旋转组件,模具制造成本降低约 15%,且维护便捷。



图8 试模件装配效果

Fig. 8 Assembly effect of mould trial parts

5 结语

针对两端直管长度相对较短的 180°弯管接头,进行了注塑模具设计,取得了以下设计结果。

(1)设计并验证了高效液压驱动式复合抽芯机构。针对 180°弯管接头内壁脱模的核心难题,成功设计并应用了一种新型液压驱动式复合抽芯机构。该机构的核心在于采用两个液压缸分步驱动:首先由第一油缸驱动侧滑块完成两端直管内壁型芯的直线抽芯(145 mm),为后续弯管抽芯释放空间;随后由第二油缸驱动齿条-齿轮机构,精准带动 L 形摆臂及其集成的弯管型芯完成 150°旋转抽芯,最终借助推板顶出,实现塑件完全脱模。该机构动作协

调、可靠,显著降低了内壁脱模阻力,解决了传统方案在此类塑件上的脱模困难问题。

(2)优化分型设计显著简化机构设计与制造复杂性。通过关键的分型面优化设计(内壁分型面),将弯管型芯的实际工作弯曲角度从塑件固有的 180° 优化减小至 160° 。这一优化设计极大地方便了弯管型芯 150° 旋转抽芯运动的实现,显著简化了驱动机构(特别是L形摆臂和齿轮传动部分)的复杂性,为整体模具结构的紧凑性和可靠性奠定了基础。

(3)实现结构简化、成本降低与高效生产。基于上述复合抽芯机构和分型优化,最终构建了一副结构相对简单的一模一腔两板冷流道模具。优化设计的矩形截面侧浇口($2.8\text{ mm}\times 2\text{ mm}$)结合完善的冷却(6条水路)和排气系统,确保了充填平衡、壁厚均匀(公差 $\pm 0.05\text{ mm}$)并避免了飞边。经试模验证,模具运行稳定,成型的塑件质量达标,成型周期控制在约21 s。相比于同类复杂旋转/拆分抽芯方案,本设计显著降低了模具结构的复杂程度、制造成本(约降低15%)和维护难度,为 180° 弯管类塑件的自动化高效生产提供了更具性价比和实用性的解决方案。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 杨德余,杨娟.示教工业机器人弯管卡线槽模具设计[J].模具工业,2024,50(8):46-49.
YANG Deyu, YANG Juan. Design of mould for bend trunking in teaching industrial robot[J]. Die & Mould Industry, 2024, 50(8):46-49.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 赵利平,张维合,侯贤州,等.电热水壶手柄旋转抽芯模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(3):82-87.
ZHAO Liping, ZHANG Weihe, HOU Xianzhou, et al. Design of rotating core pulling die for handle of electric kettle[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(3):82-87.
- [7] 谢宇玲,邹泽昌.基于四次开模的洗发水瓶盖模具设计[J].模具技术,2023(1):13-17.
XIE Yuling, ZOU Zechang. Design of shampoo bottle cap mould based on four steps opening mould[J]. Die and Mould Technology, 2023(1):13-17.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 田科.内环槽管接头注塑模设计[J].工程塑料应用,2020,48(9):98-102.
TIAN Ke. Design of injection mould for inner ring groove pipe joint[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(9):98-102.
- [14] 简忠武,苏曦,王品,等.给排水三通接头旋转抽芯机构注塑模具设计[J].工程塑料应用,2020,48(9):88-91,102.
JIAN Zhongwu, SU Xi, WANG Pin, et al. Design of injection mold with rotating demoulding mechanism for tee joint of water supply and drainage pipe[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(9):88-91, 102.
- [15] 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 Qiuhe. Design of mould with automatic demoulding mechanism for power assisted oil tube[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(4):87-92.
- [16] 聂艳平,贺柳操.洗发液喷嘴瓶盖弯管与螺纹脱模机构及其注塑模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(2):76-81.
- NIE Yanping, HE Liucuo. Design of injection mould and demoulding mechanism with bend pipe and thread for a shampoo nozzle cap[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(2):76-81.
- [17] 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.
- [18] 余健,陈龙,李兴秀.工业监控器外罩收缩侧型芯注射模设计[J].塑料,2024,53(3):72-78,123.
- YU Jian, CHEN Long, LI Xingxiu. Design of the injection mold for the shrinkage side core of the industrial monitor cover[J]. Plastics, 2024, 53(3):72-78, 123.
- [19] 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 vent pipe joint[J]. Plastics, 2023, 52(5):74-78.
- [20] 刘彦国.塑料成型工艺与模具设计[M].4版.北京:人民邮电出版社,2018.
- LIU Yanguo. Process and mold design of plastic molding[M]. 4th ed. Beijing: Posts & Telecom Press, 2018.

(上接第108页)

- [15] JIA W, KHARRAZ J A, GUO J X, et al. Superhydrophobic (polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene)/(polystyrene) composite membrane via a novel hybrid electrospin-electrospray process [J]. Journal of Membrane Science, 2020, 611. DOI: 10.1016/j.memsci.2020.118360.
- [16] TANG J J, WU C H, CHEN S P, et al. Combining electrospinning and electrospraying to prepare a biomimetic neural scaffold with synergistic cues of topography and electrotransduction[J]. ACS Applied Bio Materials, 2020, 3(8):5 148-5 159.
- [17] HAFNER S, GUTHREY H, LEE S H, et al. Synchronized electrospinning and electrospraying technique for manufacturing of all-solid-state lithium-ion batteries[J]. Journal of Power Sources, 2019, 431:17-24.
- [18] FANG F Y, WANG H, WANG H Q, et al. Stretchable MXene/thermoplastic polyurethanes based strain sensor fabricated using a combined electrospinning and electrostatic spray deposition technique[J]. Micromachines, 2021, 12(3). DOI:10.3390/mi12030252.
- [19] LEE H, WOO J, SON D, et al. Electrospinning/electrospray of ferrocene containing copolymers to fabricate ROS-responsive particles and fibers[J]. Polymers, 2020, 12(11). DOI: 10.3390/polym12112520.