

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.12.017

180° UPVC 塑料弯管旋转抽芯注塑模设计

孙友^{1,2}

(1. 天津职业技术师范大学机械工程学院, 天津 300222; 2. 天津机电职业技术学院机械学院, 天津 300350)

摘要: 针对某弯管塑件上 180° 弯管内壁脱模困难的问题进行了脱模机构和模具结构方面的优化设计, 设计了一副带旋转抽芯机构的两板注塑模具用于该塑件的注射成型。针对硬质聚氯乙烯塑件 180° 弯管内壁的脱模要求, 设计了一种 180° 弯管旋转抽芯机构, 机构先利用模具开模的旋转机构使塑件与型腔镶件脱离, 并去除弯管型芯抽出的阻挡部分, 然后使用顶出油缸推动推板将 180° 弯管型芯及其上面的塑件从型腔镶件上一起顶出, 最后在挡板的辅助阻挡作用下, 再由油缸驱动将 180° 弯管型芯从塑件中抽出, 使塑件从弯管型芯上自动掉落从而实现塑件的自动脱模。为保证塑件的注射成型质量, 型芯和型腔主要组成零件的材料选用不锈钢 440C, 并设计了塑件的注射成型工艺, 成型工艺的主要参数为喷嘴温度为 192 °C、注塑压力为 140 MPa、保压压力为 40 MPa、背压为 3 MPa、模具温度为 30~45 °C。

关键词: 硬质聚氯乙烯; 180° 弯管; 注射成型; 模具结构; 弯管抽芯; 机构设计

中图分类号: TG243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)12-0106-06

Design of Injection Mould for 180° UPVC Plastic Bend with Rotating Core Pulling

Sun You^{1,2}

(1. Tianjin University of Technology and Education, School of Mechanical Engineering, Tianjin 300222, China;

2. Tianjin Vocational College of Mechanics and Electricity, School of Mechanical, Tianjin 300350, China)

Abstract : Focused on the optimization and innovative design of the demoulding mechanism and structure of mould for the difficulty of demoulding the inner wall of a 180° bend pipe on a plastic part of a certain bend pipe, a two-plate injection mould with a rotating core pulling mechanism was designed for the injection moulding of the plastic part. A 180° bend rotating core pulling mechanism was designed for the demoulding of the inner wall of the 180° bend of plastic parts made from unplasticized polyvinyl chloride. The mechanism first used the mould opening action to separate the plastic parts from the cavity insert, and removed the blocking part of the bend core pulling out. Then, the ejector cylinder was used to push the push plate to push the 180° bend core and its upper plastic parts out of the core insert. Finally, under the auxiliary blocking of the baffle, the 180° bend core was driven by the oil cylinder to be pulled out of the plastic parts, Automatically drop the plastic part from the bent core to achieve automatic demoulding of the plastic part. Correspondingly, to ensure the injection moulding quality of the plastic parts, stainless steel 440C was selected as the main component material of the mould cavity, and the injection moulding process of the plastic parts was designed. The main parameters of the process are as follows: nozzle temperature is 192 °C, injection pressure is 140 MPa, holding pressure is 40 MPa, back pressure is 3 MPa, and mould temperature is 30-45 °C.

Keywords : unplasticized polyvinyl chloride ; 180° bend pipe ; injection molding ; mould ; bend core pulling ; mechanism design

弯管塑件注射成型中, 弯管内壁的脱模是影响模具结构设计的关键, 也是模具设计和制造的难

点^[1-4]。弯管内壁脱模机构的设计根据弯管的管径、弯管中心轴线的弯曲程度、管口端特征的结构而设

基金项目: 2022 年天津研究生重点科研创新项目(2022BKY208)

通信作者: 孙友, 高级工程师, 从事塑料模具设计与制造、机械制造教育研究

收稿日期: 2023-10-18

引用格式: 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.

计成不同的结构形式^[5-9]。对于弯管中心线弯曲程度达到180°弯管塑件的成型,目前采用的结构^[10]是将180°弯管型芯分割成6段弯管型芯,6段弯管型芯分为2组,每一组都使用钢绳牵引分段弯管型芯,且在芯部设置的导向杆的导向下,从塑件弯管内壁中抽出,该案例之所以采用此种结构形式,原因在于弯管的两端都设置有直管,塑件直管不能使弯管型芯采用旋转抽芯方式抽出,因而模具结构采用了文献[10]所述多次抽芯机构及其模具结构。作为同类塑件模具结构设计的180°弯管脱模设计方案多样性的有益补充,笔者也提供了一种带180°弯管抽芯机构的模具,模具中,所成型塑件也设置有180°弯管,其弯管的两端分别设计了短长度直管和张口型接插管头,针对此种塑件结构而设计了一种旋转式180°弯管抽芯机构及其模具。机构构思比较新颖实用,模具结构布置恰当,有利于提高180°弯管塑件的单模产量,同时也降低了模具的制造成本和难度。

1 180°弯管塑件

1.1 塑件结构

180°弯管塑件形状如图1所示,塑件由三部分构成,中间主体部分为180°弯管,弯管的两端端口为两种不同接口,左边的为防脱倒扣接头,右边的为套盖接头。中间180°弯管段的内径为39.7 mm,外径为49.8 mm,弯管段壁厚为5 mm。防脱倒扣接头最大外径为53.1 mm,倒扣总长度为15.1 mm,平均壁厚为4.3 mm。套盖接头最大外径为57.3 mm,套盖长度为18.9 mm,壁厚为4.2 mm。塑件体积为

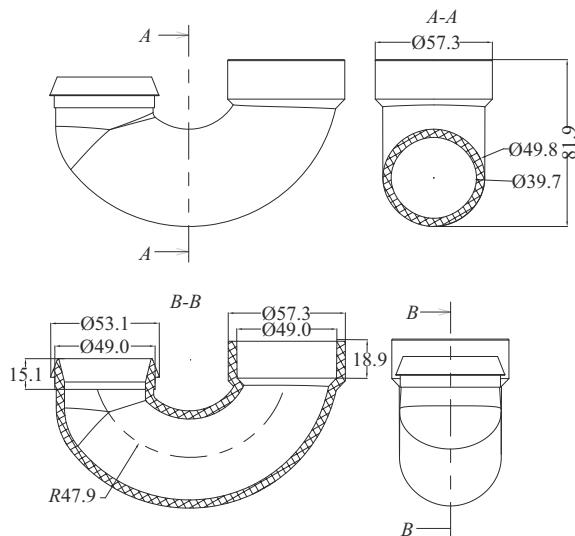


图1 180°弯管塑件

94.863 cm³。塑件品质标准依照 GB/T 5836.2-2006 验收。塑件表面光洁度 Ra1.6 即可。

1.2 塑件材料

塑件材料选用未增塑聚氯乙烯(UPVC),该材料又称硬质PVC,是由氯乙烯单体经聚合反应制成的无定形热塑性树脂添加一定的添加剂(如稳定剂、润滑剂、填充剂等)组成的,该材料的典型特点是添加的增塑剂质量分数低于15%。UPVC可以添加的氯化聚氯乙烯树脂、聚乙烯(PE)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、乙烯-乙酸乙烯共聚物、甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯三元共聚物等进行共混改性,以达到某些方面的使用目的。其材料特性见表1。

表1 UPVC材料特性参数

项目	标准值	试验方法
密度/(g·cm ⁻³)	≤1.55	GB/T 1033.1-2008 规定A法测定
腐蚀度(盐酸、硝酸、硫酸、氢氧化钠)/(g·m ⁻²)	≤1.50	GB/T 4218-1984
维卡软化温度(管材)/°C	≥80	GB/T 8802-2001
维卡软化温度(管材)/°C	≥70	GB/T 8802-2001
液压试验	无破裂;无渗漏	GB/T 6111-2018
纵向回缩率/%	≥5	GB/T 6671-2001

2 成型工艺设计

UPVC材料使用注塑方式成型时,材料的注射成型特性表现有以下特点:UPVC的熔体黏度高,流动性差,塑料注塑过程中注塑压力和熔体温度所起的改变作用有限,熔体流动性难以得到有效提高^[11-14];其成型温度与热解温度接近,成型控制温度域比较窄,工艺可控性比较差^[15-17]。笔者塑件成型选用的UPVC为浙江金立达新材料科技股份有限公司生产的UPVC,塑件成型作以下工艺设计。

(1)塑料预先处理。注塑前,原料可以不干燥。如需干燥,将原材料颗粒置于红外线干燥机中按80 °C,1~1.5 h烘干处理。回料配比低于10%。

(2)注塑机。注塑机选用宁波华美达机械制造有限公司的专用注塑机(HMD 400M8-5PRECISE),此类注塑机配置专门的UPVC塑化注射系统,以防止材料对注塑及熔料部件的腐蚀,并配合UPVC管件产品抽芯的要求备有专用的安全门装置。

(3)熔胶温度。试模前使用空射法度量,喷嘴温度控制的基本范围为185~205 °C,取192 °C。料流在机筒内滞留时间不能超过3 min。机筒中前段160~170 °C,中段160~165 °C,后段140~150 °C。

(4)注射速度。因本塑件为厚壁塑件,为保证塑件基本的光洁度,射速要慢,模腔注塑时采用4级填

充速度进行注塑,螺杆面速度不超过0.18 m/s。

(5)注塑压力。选用注塑压力140 MPa,背压3 MPa,冷冻水控制模温至30~45℃,保压取注塑压力的30%为基准。

(6)关机。提前10 s左右关闭机筒加热器,停机后用PE清洗机筒。

3 模具设计的要点和难点

UPVC材料是一种比较难于成型材料,进行模具设计时有几个要点需要注意。一是浇注系统的设计,UPVC材料熔料流动性不好,浇注系统的流动长度要小,流动路径直径要大,以减小压力损失进而使保压能传递到模腔。鉴于本塑件壁厚5 mm左右的特点,塑件模腔浇口使用扇形浇口较为合适,且浇口进胶厚度取1.2 mm以上。流道须采用圆形截面流道,直径不能小于7 mm;流道路径须采用光顺流道,避免出现尖角,以免出现压缩或减压的情况,确保流道顺滑流畅;流道末端须设置冷料井。浇口套入口直径最小6 mm,注入圆锥形角5°。二是模腔的排气,防止膜腔内局部困气。三是模具材料要有足够的防腐蚀能力,可以采用不锈钢材料,或者成型面表面镀铬的方式防腐蚀。如采用不锈钢,不锈钢中的铬的含量不少于13%,最好在16%左右,成型表面的硬度不小于HRC55。四是模具生产完后,应用温和的碱液小心将模面清洗干净后再油质喷雾或硅质喷雾保护。

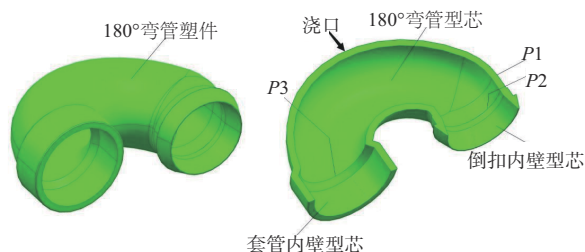
模具设计的最大难点在于塑件180°弯管内壁的脱模,需要设计一种特殊的180°弯管抽芯机构,以配合塑件一模多腔提高单模生产产量要求,以及塑件自动化注塑生产要求。

4 模具设计

4.1 模腔分型设计

结合塑件的结构特点,以及塑件的最终自动脱模需要,针对塑件的单腔模腔作以下分型设置,如图2所示。首先,以图2中的分型线P1作为主分型线在塑件的外壁成型件设置主分型面以进行分型,获得塑件外壁的成型件上、下型腔镶件。再以P2分型线设置内分型面对防脱倒扣接头的内壁成型件进行局部分型,分割出局部镶件-倒扣内壁型芯。再以P3分型线设置内分型面对套盖接头的内壁成型件进行局部分型,分割出局部镶件-套管内壁型芯。塑件中间段的180°弯管内壁可以设置1个独立的180°弯管型芯。按此分型设置,当倒扣内壁型芯和

套管内壁型芯从塑件中抽出后,180°弯管型芯可以采用旋转抽芯方式从塑件内壁中抽出。模腔浇口采用单个扇形浇口,开设在塑件中间段180°弯管外壁且在主分型面上的中心位置。

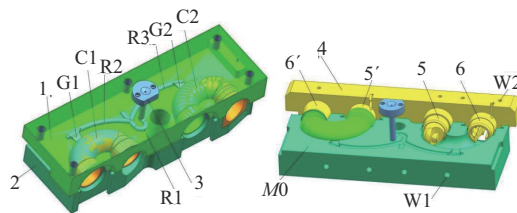


P1,P2,P3—分型线

图2 单腔模腔分型设计

4.2 模腔成型件设计

依据单腔分型设置,采用一模两腔布局模具设计时,一模两腔成型件设计如图3所示。两个模腔中,一个模腔为模腔C1、另一个模腔为模腔C2。一模两腔布局下,由分型线P1获得的主分型面对一模两腔的成型件分型获得上型腔镶件1和下型腔镶件2。再由P2,P3分型线获得分型面后分型获得单腔中的倒扣内壁型芯6、套管内壁型芯5。为便于180°弯管型芯从塑件内抽出,塑件脱模过程中,必须先将模腔C1中的倒扣内壁型芯6、套管内壁型芯5,模腔C2中的倒扣内壁型芯6'、套管内壁型芯5'先抽出,因而设置了侧滑块4,倒扣内壁型芯6、套管内壁型芯5、倒扣内壁型芯6'、套管内壁型芯5'镶嵌在侧滑块4上。成型件冷却设计中,针对上型腔镶件1、下型腔镶件2、侧滑块4上都开设Ø8 mm冷却管道,以保证模腔获得冷却。冷却水使用0℃冰冻水,以确保模腔温度维持在30~45℃。浇注系统设置中,浇口套3,主流道R1与分流道R2,R3及浇口G1,G2



1—上型腔镶件;2—下型腔镶件;3—浇口套;4—侧滑块;
5,5'—套管内壁型芯;6,6'—倒扣内壁型芯;C1,C2—模腔编号;
R1—主流道;R2,R3—分流道;G1,G2—扇形浇口;
M0—主分型面;W1,W2—冷却管道

图3 模腔成型件设计

按照前述模具设计要点中所述进行设置。为保证模腔的排气畅通,主分型面 $M0$ 上开设排气槽,排气槽深度 0.02 mm 。件 5、件 6、件 5'、件 6' 与件 1、件 2 之间的配合采用间隙配合,间隙大小控制在 0.02 mm 以下,以便于两个模腔 C1, C2 的排气。为防止模腔成型件遭受腐蚀,模腔所有成型件材料都选用不锈钢 440C, 440C 的退火温度很低,硬度通常达到 HRC56~58,耐蚀性和韧性都很强。

4.3 180°弯管抽芯机构

图4为针对180°弯管型芯7的抽芯驱动设置一种180°旋转抽芯机构。该机构的工作机理为油缸20驱动线滑块22在导轨24的导向下按F2向移动,线滑块22上设置有钢条23,钢条23上再设置有齿条21,线滑块22按F2向移动将驱动齿条21也按F2向移动,齿条21将带动异形齿轮18绕其轴心按转动方向T0向转动,异形齿轮18的轴心线与塑件中间弯管段弯管的管道圆弧中心同轴,从而在异形齿轮18转动时将带动其上的尾端轴17、导向芯杆11一起转动,而安装在尾端轴17、导向芯杆11上端的180°弯管型芯7亦将跟随转动,从塑件弯管内壁中抽出。塑件套盖接头端面设置有挡板9,以保证塑件不随180°弯管型芯7转动。为避免套盖接头端面的成型镶件下止口镶件10阻碍180°弯管型芯7的转动,设置了顶出油缸12,其作用是在180°弯管型芯7转动抽芯前,顶出油缸12推动推板19、盖板15及其上的导向芯杆11、尾端轴17及其底座16按F3方向向上顶出,待180°弯管型芯7脱离下止口镶件10的限制和塑件从下型腔镶件2上脱出后,油缸20再驱动180°弯管型芯7转动抽芯。从而在挡板9的辅助阻挡下,180°弯管型芯7从塑件中旋转抽芯抽出,抽出后,塑件自动掉落。顶出油缸12动作前,侧

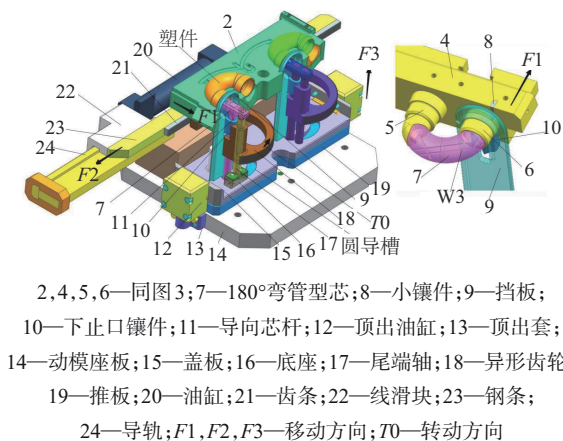
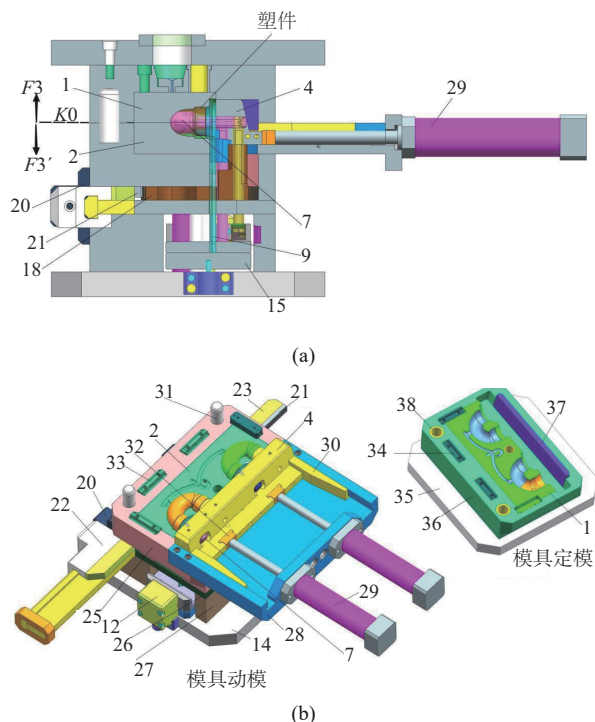


图4 180°弯管抽芯机构设计

滑块4须先按 $F1$ 向完成侧抽芯。

4.4 模具整体结构

图5为模具整体结构图。如图5所示,模具整体结构设计成一种两板模结构,一模两腔布局。模具中,为满足侧滑块4的抽芯移动需要,在模具动模板25的一侧加装了滑动底座28,由两个长距离抽芯油缸29通过联接头32共同驱动侧滑块4实施侧抽芯动作。为保证侧滑块4的运动稳定性,侧滑块4的两侧加装了导轨30。侧滑块4在模具闭模时,有楔紧块37进行锁紧。模具中,动模板25的下方设置有动模垫板26,便于异形齿轮18的安装。模具动模与模具定模闭合时,使用3根导柱31进行导向,闭合的准确精度由4组精定位块(件34和件33)和楔紧块37控制^[18]。



F3'—开模方向;F3—开模反向方向;K0—开模面;
1~24—同图3和图4;25—动模板;26—动模垫板;
27—模脚;28—滑动底座;29—长距离抽芯油缸;
30—导轨;31—导柱;32—联接头;33—下定位块;
34—上定位块;35—定模座板;36—定模板;
37—楔紧块;38—导套

a—模具结构前剖视图;b—模具定模、动模拆解图

图5 模具整体结构

4.5 模具工作原理^[18]

结合图4和图5所示,模具安装在注塑机上后,其摆放方位及开模状态如图6所示,注塑工作原理具体如下。

(1)模具闭合注塑。如图5a所示,模具在K0面处闭合,闭合后,注塑机机筒按第2节所述成型工艺对塑件模腔进行注塑,经充填、保压、冷却等过程后,等待开模。

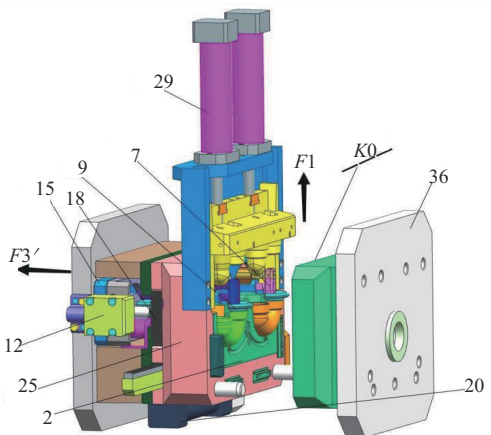
(2)K0面打开。注塑机动模板带动模具动模按F3'方向在K0面处打开,打开过程中,上型腔镶件1与塑件分离,同步地,侧滑块4的锁紧被解除。

(3)侧滑块4抽芯。如图6所示,模具动模按F3'向后退到一定位置,停止后退,油缸29动作,驱动侧滑块4完成侧抽芯。

(4)塑件顶出。待侧滑块4完成侧抽芯后,油缸12动作,推动挡板9,180°弯管型芯7及塑件按F3向顶出,塑件与下型腔镶件2分离,停留在挡板9和180°弯管型芯7上。

(5)180°弯管型芯7抽芯。油缸20动作,驱动180°弯管型芯7旋转抽芯,在挡板9的辅助阻挡下,驱动180°弯管型芯7从塑件内壁中抽出。最终由于重力作用,塑件从挡板9上自动掉落,实现完全脱模。

(6)复位。油缸20驱动180°弯管型芯7先复位,而后油缸12驱动180°弯管型芯7、挡板9二次复位,最后模具在K0面处闭合完全复位,开启下一注塑循环。



2, 7, 9, 12, 15, 18, 20, 25, 29, 36, F1, F3', K0—同图3、图4、图5

图6 模具开模状态图

5 结论

(1)为解决塑件180°弯管内壁的脱模难题,设计了一种180°弯管型芯抽芯机构,机构依靠模具开模面的打开驱动侧滑块先抽芯,为180°弯管型芯的抽芯让出空间,通过顶出油缸推动顶针推板将180°弯管型芯顶出后,再依靠挡板的辅助挡位,实现了180°弯管型芯从塑件弯管内壁中的抽芯。180°弯管

型芯的驱动通过油缸驱动齿条,再驱动异形齿轮旋转抽芯而带动180°弯管型芯转动。

(2)模具结构为一模两腔,两板模结构。浇注系统中,使用扇形浇口以满足塑件壁厚为5 mm的充填要求。流道使用圆形截面流道,流道直径为8 mm。模腔必须开设排气槽,排气槽深度0.02 mm。模腔成型零件材料选用不锈钢440C。

(3)结合模具结构特点,为保证塑件成型质量,设计了塑件的注射成型工艺,具体要求为材料按80 °C, 1~1.5 h烘干预处理,回料配比低于10%。喷嘴温度192 °C,料流在机筒内滞留时间不能超过3 min。模腔注塑时采用4级填充速度充填。注塑压力140 MPa。模温30~45 °C,冷冻水控制。

(4)塑件的180°弯管抽芯脱模机构设计合理,更加简单实用,综合油缸动力、模具的开模机械动力成功地实现了塑件的自动化注塑生产,相比于现有的同类塑件180°弯管抽芯机构模具,模具结构布局合理,有效提高了塑件的单模产量,有较好生产借鉴意义。

参考文献

- [1] 罗文锋. 大角度圆弧弯管抽芯机构及注射模设计[J]. 模具工业, 2019(3):31-36.
Luo Wenfeng. Core pulling mechanism for large angle arc pipe and the injection mould design[J]. Die & Mould Industry, 2019(3): 31-36.
- [2] 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 & Mould Industry, 2021, 47(8):50-53.
- [3] 和菊芬,肖国华,严鹏,等. 一种双联动花蓬头注射模设计[J]. 模具工业, 2016, 42(2):47-50.
He Jufen, Xiao Guohua, Yan Peng, et al. Design of an injection mould for double linkage flower[J]. Die & Mould Industry, 2016, 42(2):47-50.
- [4] 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.
- [5] 张维合. 汽车弯管气辅注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 41(7):83-86.
Zhang Weihe. Design of gas-assisted injection mould for car elbow [J]. Engineering Plastics Application, 2015, 41(7):83-86.
- [6] 苏磊,覃志高,苏法翔. 发动机扭弯机油管附件盖注射模设计[J].

- 模具工业, 2021, 47(6):52-55.
- Su Lei, Qin Zhigao, Su Faxiang. Design of injection mould for engine twisted oil tube accessory[J]. Die & Mould Industry, 2021, 47(6):52-55.
- [7] 王根华, 王东钢, 肖国华, 等. 莲蓬头手柄注射模设计[J]. 模具工业, 2023, 49(4):42-46.
- Wang Genhua, Wang Donggang, Xiao Guohua, et al. Design of injection mould for shower nozzle handle[J]. Die & Mould Industry, 2023, 49(4):42-46.
- [8] 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.
- [9] 岑曦, 周小丹, 韦敏. 成型异型瓶盖注射模设计[J]. 模具工业, 2020, 46(11):41-44.
- Cen Xi, Zhou Xiaodan, Wei Min. Design of injection mould for special bottle cap[J]. Die & Mould Industry, 2020, 46(11):41-44.
- [10] 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.
- [11] 王东勋. UPVC管材在给排水项目中应用及粘接工艺优化[J]. 粘接, 2023, 50(2):73-77.
- Wang Dongxun. Optimization of UPVC pipe adhesive and its application in water supply and drainage projects[J]. Adhesion, 2023, 50(2):73-77.
- [12] 查安平. UPVC低发泡挤出制品内空缺陷的产生原因与解决措施[J]. 模具工业, 2014, 40(8):54-57.
- Zha Anping. The cause of hollow defect in low foam UPVC extrusion product and corresponding solutions[J]. Die & Mould Industry, 2014, 40(8):54-57.
- [13] 岳仕航, 杨邦成, 吴鹏飞, 等. UPVC材料I-II复合型裂纹疲劳扩展研究[J]. 塑料工业, 2022, 50(S1):111-115.
- Yue Shihang, Yang Bangcheng, Wu Pengfei, et al. Study on I-II mixed-mode fatigue crack growth of UPVC material[J]. China Plastic Industry, 2022, 50(S1):111-115.
- [14] 陆跃, 杨卫发. UPVC再生料共挤模头设计[J]. 模具工业, 2020, 46(2):63-65.
- Lu Yue, Yang Weifa. Design of co-extrusion die head for UPVC recycle-material[J]. Die & Mould Industry, 2020, 46(2):63-65.
- [15] 查安平. UPVC薄壁片材超高速挤出模设计[J]. 模具工业, 2018, 44(8):50-54.
- Zha Anping. Design of ultra-high-speed extrusion die for UPVC thin sheet[J]. Die & Mould Industry, 2018, 44(8):50-54.
- [16] 刘继纯, 张肖楠, 王伟晓, 等. 阻燃抗静电耐冲击UPVC管材料的研制[J]. 合成树脂及塑料, 2010(1):10-12.
- Liu Jichun, Zhang Xiaonan, Wang Weixiao, et al. Development of flame-retardant, anti-static and impact-resistant UPVC for pipes[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2010(1):10-12.
- [17] 张英利. UPVC排水管的优缺点和施工应用[J]. 广东建材, 2011, 27(4):70-72.
- Zhang Yingli. Advantages, disadvantages, and construction applications of UPVC drainage pipes[J]. Guangdong Building Materials, 2011, 27(4):70-72.
- [18] 屈华昌. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001:231-233.
- Qu Huachang. Plastic moulding technology and mould design[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001:231-233.