

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.11.015

汽车液压油管 90° 弯管接头注塑模具设计*

王怀奥¹, 沈忠良²

(1. 浙江工商职业技术学院, 浙江宁波 315012; 2. 浙江工商职业技术学院模具工程中心, 浙江宁波 315600)

摘要: 结合汽车液压油管 90° 弯管接头的注塑要求, 设计了其一模一腔两板模结构模具。针对产品特殊的脱模要求, 相应地设计了两种脱模机构: 齿条圆弧转动抽芯机构和油缸驱动侧滑块强制脱模机构。齿条圆弧转动抽芯机构采用油缸驱动齿条, 从而驱动圆弧形齿轮带动弯管型芯实现对弯管特征进行脱模; 油缸驱动侧滑块强制脱模机构通过注塑机顶杆驱动实现产品从主型芯镶件上脱出, 而后再由油缸驱动滑块对带有倒扣的端头特征进行二次强制脱模; 管内型芯采用特殊水井增设隔水片来达到对型芯的冷却。模具结构及机构设计新颖, 实现了产品的自动化注塑生产, 可为同类产品的模具结构设计提供有益参考。

关键词: 注塑模; 脱模; 弯管脱模; 强制脱模; 机构设计

中图分类号: TQ320.662 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)11-0076-05

Design of Injection Mould for 90° Elbow Joint of Automobile Hydraulic Oil Pipe

Wang Huai'ao¹, Shen Zhongliang²

(1. Zhejiang Business Technology Institute, Ningbo 315012, China;

2. Mould Engineering Center, Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo 315600, China)

Abstract: Combined with injection molding requirements of 90° elbow joint for automobile hydraulic oil pipe, the two plate mould with one cavity was designed. Aimed at the special release requirements for the product, two kinds of demoulding mechanism were designed correspondingly. The rack circular arc rotating core pulling mechanism and forced release mechanism of side slider drove by cylinder. In the rack circular arc rotating core pulling mechanism, cylinder is used to drive rack, thus, the arc gear is drove for driving the elbow core to realize the demoulding of the elbow feature. In the forced release mechanism, the product is pulled out from the main core insert by the drive of the ejector pin in injection molding machine, then twice forced demoulding of the product end feature with undercuts is performed through cylinder driving side slider. A special water well is adopted in the inner core of the pipe, and a water separator is added to cool the core. The mould structure and mechanism structure design are novel, and the automatic injection molding production is realized, which can provide a useful reference for the mould structure design of similar products.

Keywords: injection mould; demoulding; elbow demoulding; forced demoulding; mechanism design

在注塑成型弯管类塑件时,其难点在于以下3个基本问题^[1-4]:第1个是弯管的弯曲程度而导致的弯管内壁的脱模困难;第2个是管内附加有难脱模特征如管内倒扣等导致的脱模困难;第3个是管内成型型芯的冷却困难。对于弯管塑件的弯曲段,依据其弯管段中心线的轨迹,可以分为规则型圆周轨迹和非规则型轨迹^[5-7]。非规则型轨迹的弯管塑件较为少见,一般以规则型圆周型轨迹的弯管塑件较多^[8-10]。规则型轨迹中,依据圆周弧度 α 的大小,又可以分为3种情况:1) $0^\circ < \alpha \leq 75^\circ$; 2) $75^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$; 3) $150^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ ^[11-13]。针对不同的弧度 α ,其脱模机构的设计需采用不同的结构方式以保证脱模机构的可靠性和降低生产制造成本。针对管内倒扣问题,可

以采用复合脱模机构脱模和强制脱模两种方式,这需要结合产品的材料及具体品质要求。而对于管内型芯的冷却问题,需要有针对性地设计特殊水路,以确保型芯能得到有效冷却,保证产品的最终注塑质量。因此,弯管塑件的注塑模具结构设计是模具设计中的一个难点,以下拟结合某款汽车的液压油管 90° 弯管接头的注塑模具结构设计,做出设计探讨。

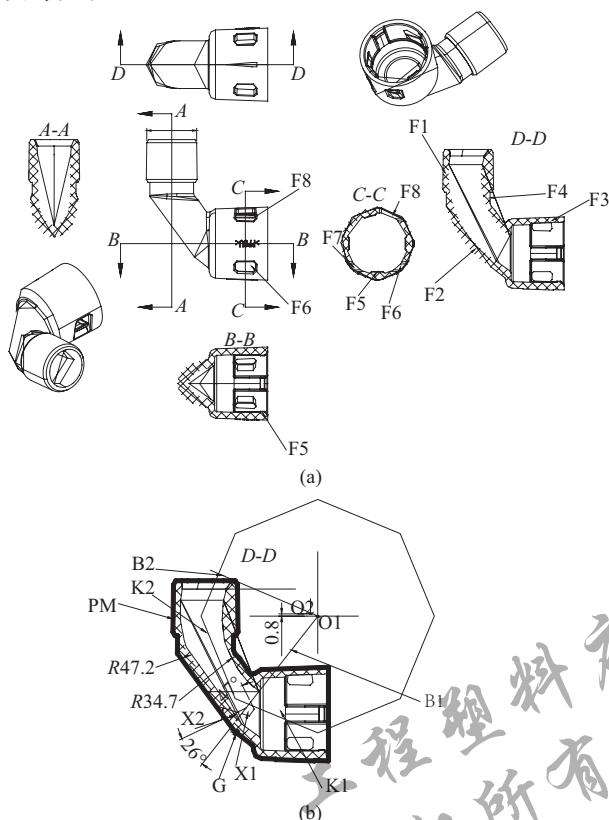
* 浙江省公益技术研究工业项目 (2015C31065), 浙江省教育厅科研课题项目 (Y201533811), 宁波市自然科学基金项目 (2017A610086), 宁波市软科学研究计划项目 (2017A10015)

联系人: 王怀奥, 高级工程师, 副教授, 主要从事注塑模及冷冲压模具成型研究

收稿日期: 2017-09-04

1 塑件分析

图 1 为液压油管 90°弯管接头塑件结构及分析设计图。



F1~F8—产品上的特征; PM—分型线; G—浇口位置;

K1, K2—成型型芯; X1, X2—定位台设计; B1, B2—弯管旋转边界;

O1—弯管型芯中心线圆周中心; O2—弯管内壁中心线圆周中心

a—产品结构; b—分型设计

图 1 产品结构及分型设计

图 1 中,产品结构由 3 部分构成,外径 23.2 mm 的一头为内插头,外径 33.9 mm 的一头为外插头,中间采用 90°弯管联结。产品为厚壁塑件,平均壁厚 2.7 mm。塑件材质采用 15% 玻璃纤维增强尼龙,收缩率 0.45%。塑件成品精度等级为 MT5 级。塑件注塑要求能实现自动化注塑批量生产。产品上的 F1~F8 特征是模塑成型需要考虑的细节;F1 为外径 23.2 mm 的内插头端头;F2 为中间弯管壁;F3 为外径 33.9 mm 外插头端头,其内均布有 3 个倒扣特征 F5, F5 倒扣扣深为 0.4 mm;F4 为弯管外壁的直身段;F6, F7, F8 为端头 F3 上的 3 个不同尺寸的插穿孔。结合产品上的各个特征,模具整体结构设计前,须对产品进行模塑成型分析,以下几个问题需要在模具结构设计前确定合理的设计方案:①浇注方式;②冷却方式;③分型面;④模腔排气;⑤产品的最终顶出;⑥特殊难脱模位置的脱模;⑦模腔布

局(即一模几腔)。结合设计经验来看, F2 弯管特征的脱模, F3 端头内 F5 倒扣特征的脱模及管内成型型芯的冷却设计是本产品注塑设计的 3 个难点。

2 成型件设计

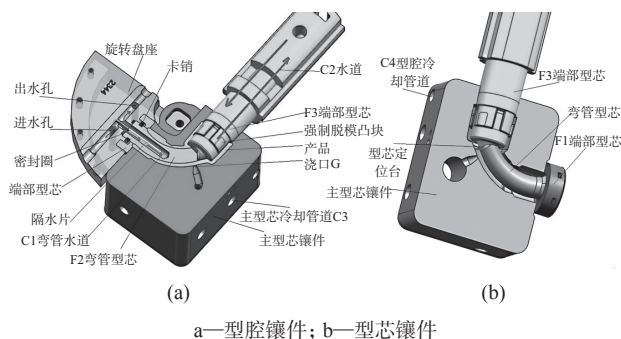
2.1 浇注系统设计

浇注系统设计是首先要考虑到的第 1 个问题,针对本产品浇注系统有以下两个问题:(1) 浇口位置主要保证注塑充填效果及后续保压效果;(2) 浇口形式及流道浇口形式与流道结构的简单性应有利于加工。

结合本产品的 CAE 模流分析结果后,将浇口设置在图 1b 所示的 G 点位置,且浇口开设为侧边扇形浇口形式,流道则采用 $\varnothing 6$ mm 的圆形流道,能有效保证产品的浇注效果及便于后续的浇注系统加工。

2.2 分型设计

分型设计与产品的布局相关,本产品的布局可以有多种方式选择,基本的为一模一腔、一模两腔和一模四腔,复杂的为四腔以上。但考虑到产品实际产量需要及模具结构的复杂性,特别是图 1a 中所示的 F3 端头内部存在的 F5 倒扣特征及中间联结段弯管 F2 特征的脱模,采用一模一腔最为合适,此种布局可使上述 F2 特征及 F5 特征的脱模机构设计较为容易。同时,考虑到 F6, F7, F8 特征的脱模,本产品在模具模腔的布局摆放采用图 1b 所示的方位摆放,分型线采用 PM 所示的分型线设计较为合理。分型设计后的型腔镶件、型芯镶件如图 2 所示。



a—型腔镶件; b—型芯镶件

图 2 分型设计后的型腔镶件、型芯镶件

2.3 排气系统设计

模腔的排气对本产品而言比较重要,考虑到产品内壁的成型型芯为封闭式的,故图 1b 所示的分型线 PM 的外沿排气须加强,以免注塑时模腔内产生困气,导致产品缺料而残缺不全。排气的具体做法可以考虑排气槽增强排气方式,即在 PM 线外延 3 mm 的区域内于型腔一侧铣出深度为 0.02 mm 的排气槽来增强排气,引气槽则开设在注塑终端,即 G 点的对面一侧。

2.4 脱模机构设计

产品注塑后脱模较为困难的问题主要是 F2 弯管特征脱模, F3 端头特征及其内部的 F5 倒扣特征脱模。针对 F2 弯管特征, 鉴于其旋转角为 $0^\circ < \alpha \leq 75^\circ$, 较为直接的脱模方案是采用旋转型芯转动抽芯的方式; 对于 F3 特征的脱模采用型芯直接顶出后二次强制脱模方式, 如图 2b 所示, 即将 F1 特征的内部、F2 弯管特征、F3 特征、F5 特征综合考虑, 通过边界线 B1 将产品的管内型芯分成两段, B1-B2 一段为弯管型芯, 剩余的 F3 一侧为强制脱模侧抽芯型芯。

对于 F2 弯管特征, 有针对性地设计其内部的成型件弯管型芯后, 将弯管型芯通过卡销安装于可以旋转 75° 的旋转盘座上, 通过旋转盘座来带动弯管型芯抽芯从而实现 F2 弯管特征的脱模, 如图 2a 所示; 而 F3 一侧强制脱模侧抽芯型芯可以通过该型芯将产品从其上强制脱出的方式来实现 F5 特征的脱模。

结合图 1b 和图 2, 两段型芯在闭模时的定位配合有两种方案可以选择, 如图 1b 中的 X1 和 X2 所指, X1 为将 F2 弯管型芯的头部切边切除一部分后与 F3 端部型芯相配合的定位方式, X2 为直接在 F2 弯管特征头部加工出定位凸台来与 F2 端部型芯配

合定位的方式, 但考虑到加工的难易, 两者之间的定位采用 X1 切边定位方式。

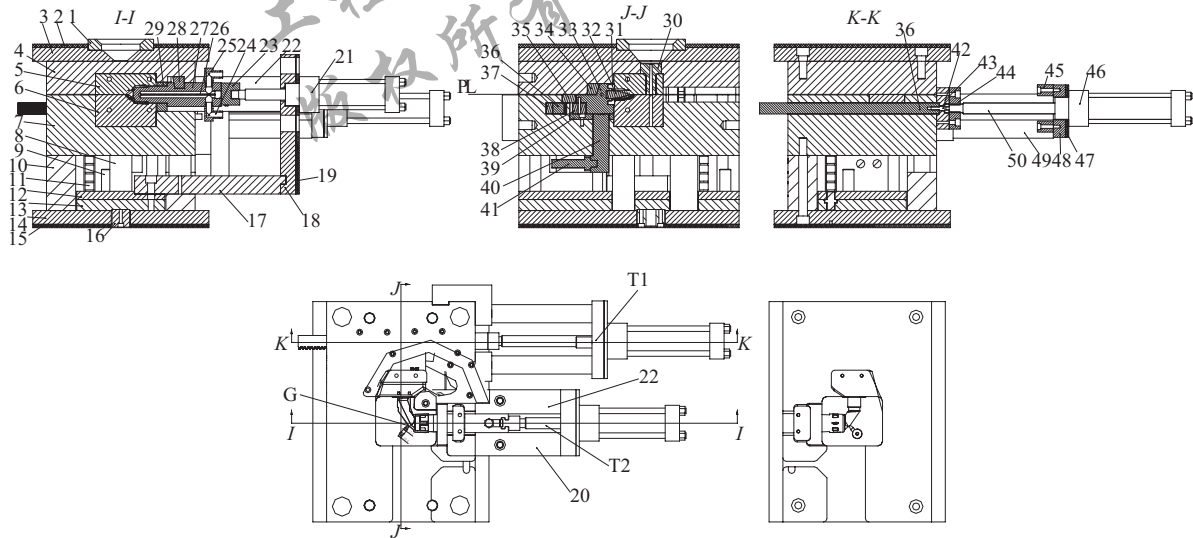
考虑到 F2 弯管型芯脱模的阻滞性, F2 弯管型芯的旋转中心 O1 与其内侧的最大轮廓线 R34.7 的圆弧中心同心, 而其外侧的最大轮廓线 R42.7 圆弧的圆心 O2 则与 O1 偏心, 偏心相对坐标偏移量为 $(-2.6, 0.8)$ 。

2.5 冷却系统设计

从产品的结构看, 壁厚相对较厚, 所以中间的类型芯必须得到较好的冷却, 冷却采用水冷, 但管道的开设方式需要结合弯管型芯的设计来决定。如图 2a 所示, 考虑到 F2 弯管型芯的形状特点, 其冷却采用 C1 形式的水道, 即从旋转盘座将冷却水引入 F2 弯管型芯内, F2 弯管型芯内的水道用隔水片隔开, 以保证对该型芯进行有效冷却; 同样, F3 端部型芯的冷却亦采用同样冷却形式, 其冷却水道为 C2; 而型腔采用环绕型水道 C4, 主型芯采用环绕型水路 C3 进行冷却, 如图 2b 所示。

3 模具结构

依据上述设计思路, 最终设计的模具结构如图 3 所示。模具采用两板模结构方式, 布局为一模一腔。模具的各分系统设计具体如下。



- 1—定位圈; 2—上隔热板; 3—面板; 4—上模板; 5—主型腔镶件; 6—主型芯镶件; 7—下模板; 8—支撑柱; 9—限位块; 10—模脚;
11—顶针板导柱; 12—顶针面板; 13—顶针推板; 14—底板; 15—下隔热板; 16—顶杆套; 17—F3 横推板; 18—F3 竖板; 19—F3 隔热板;
20—F3 滑块左槽板; 21—F3 油缸; 22—F3 滑块右槽板; 23—油缸杆联结套; 24—下出水接头; 25—上进水接头; 26—F3 型芯隔水片;
27—F3 型芯; 28—F3 楔紧块; 29—脱模挡块; 30—浇口衬套; 31—F1 端部型芯环; 32—F2 弯管型芯; 33—旋转盘座; 34—盘座楔紧块;
35—盘座圆弧导向条; 36—齿条; 37—齿条导向槽; 38—盘座圆弧齿轮; 39—盘座耐磨板; 40—弯管型芯引水块; 41—快速接头;
42—齿条联结螺丝; 43—F2 抽芯滑块; 44—侧盖板; 45—侧边限位柱; 46—弯管抽芯油缸; 47—侧边隔热板; 48—侧底板; 49—F2 滑块导向槽;
50—F2 油缸拉杆; PL—分型面; T1—F2 脱模机构, T2—F3 脱模机构

图3 模具结构

3.1 浇注系统

浇注系统采用侧边浇口直接浇注方式,浇口开在图3中G点所示位置,流道采用 $\varnothing 6$ mm圆形流道,浇口衬套30设置于上模板4上,以缩短浇注系统流道长度。浇口衬套30用定位螺丝进行定位和紧固,以防止其工作时转动。浇口的开设位置没有位于模具的中心,为偏心设置方式,因而,模具对所使用的注塑机的容模尺寸要求较大。

3.2 冷却系统

冷却系统采用水冷方式,主型腔镶件5、主型芯镶件6各采用一条 $\varnothing 8$ mm环绕型水道进行冷却。F2弯管型芯32采用图2a中所示的水路进行冷却,其进水和出水管道开设于弯管型芯引水块40上,由两个快速接头41分别引入和引出,弯管型芯引水块40与旋转盘座33之间用螺钉紧固联结,配合面上管道周边设置有橡胶密封圈,F2弯管型芯32与旋转盘座33配合面上的管道周边同样也采用密封圈进行密封。F3型芯的冷却采用冷却水井中间设置F3型芯隔水片进行冷却的方式,冷却水由上进水接头25接入,由下出水接头24接出。

3.3 排气系统和导向系统

排气采用2.3中所述排气方式进行排气。模具为两板模结构,因而其导向机构较为简单,即采用标准模架的四副导柱/导套导向机构即可实现模具模板开闭的导向功能。

3.4 脱模系统

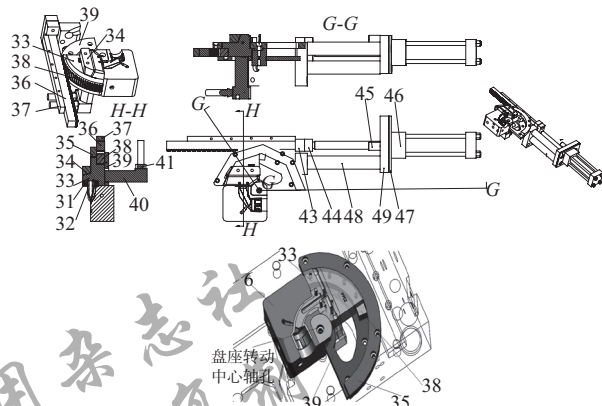
产品在模腔上的完全脱模分为4个步骤,涉及到两个特殊脱模机构的设计。具体的4个脱模步骤分别为:1)产品上半部分从主型腔镶件5的脱出;2)F2弯管型芯32先抽芯;3)产品下半部分从主型芯镶件6的脱出;4)产品从F3型芯27上被强制脱出。

从产品的脱模过程设计中可以看出,产品的脱模过程为:模具注塑完毕打开后,主型腔镶件5与产品分离,产品留于主型芯镶件6上,而后是F2脱模机构驱动F2弯管型芯32完成F2弯管特征的脱模,然后模具的顶出机构推动F3脱模机构T2从而带动套于F3型芯27上的产品从主型芯镶件6脱出,最后套于F3型芯27上的产品被F3脱模机构T2从F3型芯27上强制脱出。

因而,本模具的两个脱模机机构T1和T2显得尤为重要。其结构设计如下。

(1) F2脱模机构T1设计。

F2脱模机构T1的结构组成如图4所示,机构组成零件包括F1端部型芯环31,F2弯管型芯32,旋转盘座33,盘座楔紧块34,盘座圆弧导向条35,齿条36,齿条导向槽37,盘座圆弧齿轮38,盘座耐磨板39,弯管型芯引水块40,快速接头41,齿条联结螺丝42,F2抽芯滑块43,侧盖板44,侧边限位柱45,弯管抽芯油缸46,侧边隔热板47,侧底板48,F2滑块导向槽49,F2油缸拉杆50。



图中序号所示零件与图3相同

图4 F2脱模机构T1

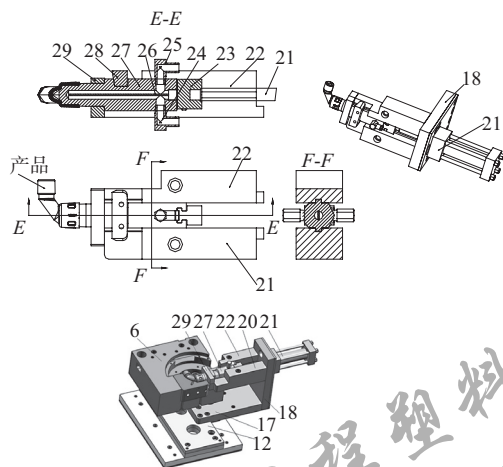
机构的装配情况为:旋转盘座33通过其上开设的盘座转动中心轴孔安装于主型芯镶件6上,如图4所示,F2弯管型芯32通过两个键销安装于旋转盘座33上,旋转盘座33的外侧为圆弧形状,镶拼安装有盘座圆弧齿轮38,F1端部型芯环31亦安装于旋转盘座33上,弯管型芯引水块40通过螺钉紧固安装在旋转盘座33下方。而齿条36则通过齿条导向槽37安装于下模板7上,齿条36的驱动零件弯管抽芯油缸46通过侧底板48安装于下模板7上。弯管抽芯油缸46通过驱动齿条36来驱动盘座圆弧齿轮38,从而达到驱动F2弯管型芯32、旋转盘座33绕盘座转动中心轴孔转动实现F2弯管型芯32抽芯的目的。旋转盘座33闭模时的锁闭依靠盘座楔紧块34来压紧。

(2) F3脱模机构T2设计。

F3脱模机构T2的结构组成如图5所示,机构组成零件包括:F3横推板17,F3竖板18,F3隔热板19,F3滑块左槽板20,F3油缸21,F3滑块右槽板22,油缸杆联结套23,下出水接头24,上进水接头25,F3型芯隔水片26,F3型芯27,F3楔紧块28,脱模挡块29。

机构的装配情况为:F3横推板17安装在顶针推板12上,F3竖板18构成F3油缸21、F3滑块左

槽板 20 和 F3 滑块右槽板 22 的支撑板; F3 型芯 27 安装于 F3 滑块左槽板 20 和 F3 滑块右槽板 22 所构成滑动槽内; 脱模挡块 29 安装于 F3 滑块左槽板 20 的前端。脱模时, 注塑机顶杆推动顶针推板 12 及整个 F3 脱模机构 T2 向上顶出, 从而将产品从主型芯镶件 6 上脱模脱出; 而后 F3 油缸 21 拉动 F3 型芯 27 向外抽芯, 拉到一定距离后, 产品被脱模挡块 29 挡住, 而 F3 型芯 27 则继续被向外拉出, 直到产品从 F3 型芯 27 上脱落, 实现整个产品的脱模。闭模时, F3 型芯 27 由 F3 楔紧块 28 进行锁闭。



图中序号所示零件与图 3 相同

图 5 F3 脱模机构 T2

4 模具工作原理

模具的工作原理为: 模腔注塑完毕冷却后, 如图 3 所示, 模具在注塑机动模板的拉动下, 在 PL 处开模, 实现主型腔镶件 5 与主型芯镶件 6 的分离, 而后是 F2 脱模机构 T1 实现对 T2 弯管特征的抽芯, 接着是产品被注塑机顶杆从主型芯镶件 6 上顶出, 最后是 F3 脱模机构 T2 实现 F3 型芯 27 对产品进行的强制脱模。

复位时, 过程则与开模过程相反, F3 脱模机构 T2 先复位, 而后是 F2 脱模机构 T1 复位, 最后是模具在 PL 分型面处闭合, 模具完全闭合, 等待下一个注塑循环开始。

5 结语

结合某款汽车的液压油管 90° 弯管接头的注塑要求, 在分析其模塑成型难点的基础上, 设计了其一模一腔两板模结构模具。针对其弯管特征 F2、管内的强脱模特征 F3 设计了各自对应的脱模机构; F2 脱模机构 T1 采用油缸驱动齿条, 从而驱动圆弧形齿轮带动弯管型芯实现对弯管特征 F2 进行脱模; F3 脱模机构 T2 通过由注塑机顶杆驱动实现产品

从主型芯镶件上脱出, 而后再由油缸驱动滑块对 F3 特征进行二次强制脱模; 两个脱模机构的管内型芯都采用特殊水井增设隔水片来达到对型芯进行冷却的目的。两种脱模机构结构设计新颖, 实现了产品的自动化注塑生产, 可为同类产品的模具结构设计提供有益参考。

参考文献

- [1] 刘玲, 田龙, 蒋修宏. 基于 Pro/E 的塑料水龙头弧形抽芯模具设计 [J]. 塑料科技, 2014, 42(2): 90-92.
Liu Ling, Tian Long, Jiang Xiuhong. Design on arc core-pulling mould for plastic tap based on Pro/E [J]. Plastics Science and Technology, 2014, 42(2): 90-92.
- [2] 王成. 薄壁螺纹弧形抽芯塑件的模具结构设计 [J]. 中国塑料, 2014, 28(9): 97-102.
Wang Cheng. Design of molds for thin and arc thread parts with die cores [J]. China Plastics, 2014, 28(9): 97-102.
- [3] 刘保臣, 陈静波, 申长雨. 双脱模模具结构设计 [J]. 工程塑料应用, 2007, 35(4): 65-67.
Liu Baochen, Chen Jingbo, Shen Changyu. Design of injection mould with double stripper mechanism [J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(4): 65-67.
- [4] 凌忠良. 基于注塑模具的斜滑杆抽芯机构设计 [J]. 中国塑料, 2011, 25(11): 101-103.
Ling Zhongliang. Design of core-pulling mechanism with angular slide pole based on injection moulds [J]. China Plastics, 2011, 25(11): 101-103.
- [5] 任义磊. 具有复杂抽芯结构的注塑模设计 [J]. 塑料科技, 2009, 37(8): 69-71.
Ren Yilei. Design of injection mould with complex core-pulling mechanism [J]. Plastics Science and Technology, 2009, 37(8): 69-71.
- [6] 刘斌, 覃孟然. 注塑整圆内侧倒扣塑料件的分步抽芯法 [J]. 工程塑料应用, 2006, 34(12): 57-59.
Liu Bin, Qin Mengran. Two steps core pulling for injecting part with internal full circle undercut [J]. Engineering Plastics Application, 2006, 34(12): 57-59.
- [7] 海争平. 汽车进气弯管侧向抽芯注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2016, 44(2): 83-87.
Hai Zhengping. Design of side-core pulling injection mold for automobile air intake elbow [J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(2): 83-87.
- [8] 王成. 薄壁螺纹弧形抽芯塑件的模具结构设计 [J]. 中国塑料, 2014, 28(9): 97-102.
Wang Cheng. Design of molds for thin and arc thread parts with die cores [J]. China Plastics, 2014, 28(9): 97-102.
- [9] 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.

- concept design of high power pulse accelerator for fast Z pinch[C]// Symposium on 2008 national charged particle sources, particle beam academic conference. Beijing:China Electrotechnical Society, 2008.
- [2] Kucerová Z, Zajícková L, Bursíková V, et al. Mechanical and microwave absorbing properties of carbon-filled polyurethane[J]. *Micron*, 2009, 40(1):70–73.
- [3] Yao Zhen, Wu Defeng, Chen Chong, et al. Creep behavior of polyurethane nanocomposites with carbon nanotubes[J]. *Composites Part A: Applied Science & Manufacturing*, 2013, 50(7):65–72.
- [4] Arruda M R T, Garrido M, Castro L M S, et al. Numerical modelling of the creep behaviour of GFRP sandwich panels using the carrera unified formulation and composite creep modelling[J / OL]. *Composite Structures*, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.01.074>.
- [5] Harmata A J, Uppuganti S, Granke M, et al. Compressive fatigue and fracture toughness behavior of injectable, settable bone cements.[J]. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2015, 51:345–355.
- [6] Kim J S, Arronche L, Farrugia A, et al. Multi-scale modeling of time-dependent response of smart sandwich constructions[J]. *Composite Structures*, 2011, 93(9):2 196–2 207.
- [7] Theron J P, Knoetze J H, Sanderson R D, et al. Modification, crosslinking and reactive electrospinning of a thermoplastic medical polyurethane for vascular graft applications[J]. *Acta Biomaterialia*, 2010, 6(7):2 434–2 447.
- [8] Amin K N M, Amiralian N, Annamalai P K, et al. Scalable processing of thermoplastic polyurethane nanocomposites toughened with nanocellulose[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2016, 302:406–416.
- [9] Sonnenschein M F, Virgili J M, Adrain D D, et al. Reactively dispersed olefins in polyurethanes: A new class of polymer / polymer composite[J]. *Polymer*, 2015, 76:80–88.
- [10] Garrido M, Correia J R, Keller T. Effect of service temperature on the shear creep response of rigid polyurethane foam used in composite sandwich floor panels[J]. *Construction & Building Materials*, 2016, 118:235–244.
- [11] Briody C, Duignan B, Jerrams S, et al. Prediction of compressive creep behaviour in flexible polyurethane foam over long time scales and at elevated temperatures[J]. *Polymer Testing*, 2012, 31(8):1 019–1 025.
- [12] 李厚民, 束立红, 戴杰, 等. 利用参数反演预测聚氨酯隔振器的蠕变曲线 [J]. *湖北工业大学学报*, 2014(1):72–75.
- Li Houmin, Shu Lihong, Dai Jie, et al. The creep curve of polyurethane isolator was predicted by using parameters[J]. *Journal of Hubei University of Technology*, 2014(1):72–75.
- [13] 魏轩, 赵华. 硬质聚氨酯泡沫材料的常温蠕变特性 [J]. *机械工程材料*, 2015, 39(7):104–107.
- Wei Xuan, Zhao Hua, The normal temperature creep property of rigid polyurethane foam material[J]. *Material of Mechanical Engineering*, 2015, 39(7):104–107.
- [14] Bargaoui H, Azzouz F, Thibault D, et al. Thermomechanical behavior of resin bonded foundry sand cores during casting[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2017, 246:30–41.
- [15] Verdet M, Coureau J L, Cointe A, et al. Creep performance of glued-in rod joints in controlled and variable climate conditions[J]. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 2017, 75:47–56.
- [16] 张为民. 松弛模量与蠕变柔量的实用表达式 [J]. *湘潭大学自然科学学报*, 1999(3):26–28.
- Zhang Weimin. The practical expression of slack modulus and creep compliance[J]. *Journal of Natural Science, Xiangtan University*, 1999(3):26–28.
- [17] 张为民, 张淳源. 分数指数模型的热力学分析及其应用 [J]. *工程力学*, 2002, 19(2):95–99.
- Zhang Weimin, Zhang Chunyuan. The thermodynamic analysis and its application of fractional index model[J]. *Engineering Mechanics*, 2002, 19(2):95–99.
- [18] Findley W N, Davis F A. Creep and relaxation of nonlinear viscoelastic materials with an introduction to linear viscoelasticity[M]. New York: Dover Publications Inc., 1989.
-
- (上接第 80 页)
- 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.
- [10] 赵利平. 弯管接头注射模设计 [J]. *模具制造*, 2012(3):70–73.
- Zhao Liping. Design of injection mold for the elbow joint[J]. *Die & Mould Manufacture*, 2012(3):70–73.
- [11] 陈罡. 吸尘器弯管接头注射模设计 [J]. *模具工业*, 2011, 37(11):59–61.
- Chen Gang. Injection mould for cleaner pipe joint[J]. *Die & Mould Industry*, 2011, 37(11):59–61.
- [12] 招惠玲, 陈敏华, 周丹, 等. 带螺纹 90° 弯管注射模的设计 [J]. *模具技术*, 2003(6):21–24.
- Zhao Huiling, Chen Minhua, Zhou Dan, et al. Injection mould design of 90° syphon with screw thread[J]. *Die and Mould Technology*, 2003(6):21–24.
- [13] 林光亮, 肖国华. 注塑模弯管抽芯机构设计与分析 [J]. *模具技术*, 2015(2):16–18.
- Lin Guangliang, Xiao Guohua. Design and analysis of the core-pulling mechanism for bent plastic pipe injection mould[J]. *Die and Mould Technology*, 2015(2):16–18.