

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.06.016

工业机器人接插转动板注塑模具设计

李春玲

(西安航空职业技术学院,西安 710089)

摘要:针对工业机器人接插转动板塑料件浇注、冷却、脱模等实际难题,设计了其一模一腔三板结构注塑模具。模具浇注系统采用 5 点进浇,成型件应用阵列式冷却井并进行随形冷却。应用三种脱模机构实施塑料件的脱模,三种脱模机构分别为集成式顶针二次抽芯机构、双弯销侧面滑块抽芯机构和方头圆形顶杆顶出机构。在集成式顶针二次抽芯机构的侧滑块中设置了导程块控制的顶针机构以对塑料件实施两次抽芯,以保证塑料件的无变形脱模。双弯销侧面滑块抽芯机构具有弯销的驱动和自锁功能,机构简单。新型方头圆形顶杆机构能有效保证塑料件的槽筋特征无损脱模。

关键词: 模具结构; 机构; 设计; 脱模; 工业机器人接插转动板

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)06-0087-05

Design of Injection Mould for Connecting Rotary Plate of Industrial Robot

Li Chunling

(Xi'an Aeronautical Polytechnic Institute, Xi'an 710089, China)

Abstract : Aimed at the practical problems such as pouring, cooling and demoulding of industrial robot inserting rotating plate plastic part, an injection mould with one mold, one cavity and three plates was designed. The casting system of the mould adopted 5-point gating, and the forming parts were cooled with array cooling wells. Three demoulding mechanisms were applied to implement demoulding. The three mechanisms are integrated ejector secondary core-pulling mechanism, double bending pin side slider core-pulling mechanism and square head circular ejector mechanism. In the slider of the integrated ejector with secondary core-pulling mechanism, a ejector mechanism controlled by a guide block was set up to carry out two core-pulling for plastic parts, so as to ensure the deformation-free ejection of plastic part. double bending pin side slider core-pulling mechanism has the functions of driving and self-locking of bending pins, and the mechanism is simple. The square-head circular ejector mechanism can effectively ensure the non-destructive demoulding of the reinforcement grooves of plastic part.

Keywords : mould structure ; mechanism ; design ; demoulding ; industrial robot inserting rotating plate

1 产品分析

工业机器人接插转动板是用于焊接机器人摆动臂控制件的关键承载零件,其形状如图 1 所示。塑料件的内、外表面壁上,设计有较多的控制件接插孔,并且整体还需有一定的结构强度,其形状特点为:塑料件的整体外形为翘曲状板类塑料件,在其表面正面设置有 7 处插孔,4 处柱台孔,1 处中央破孔;两端分别设置有 2 处侧槽,2 处转轴槽,1 处插槽。在其背面,为增强塑料件的强度,

分别设置有多处槽筋,边沿上设置有标识文字,一个侧面上设置有 3 处侧孔。塑料件的尺寸为 277 mm × 189 mm × 40 mm。塑料件材料采用改性丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)。塑料件平均壁厚为 2 mm,最大壁厚为 2.5 mm,最小壁厚为 1.4 mm。要求模具的浇口及流道废料能自动分离和脱模。塑料件外表要求无缩痕、毛刺、飞边、无脱模擦伤、无潜在裂纹等品质缺陷。

塑料件结构形状比较复杂,从整体上看,其模

基金项目: 陕西省教育厅专项科学研究计划项目 (18jk0414), 西安航空职业技术学院科研计划项目高层次人才科研启动金项目 (18XHQDJ-001)

通讯作者: 李春玲,副教授,硕士,主要从事模具专业教学及相关理论研究 E-mail : lichunling09@163.com

收稿日期: 2019-04-09

引用格式: 李春玲. 工业机器人接插转动板注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(6) : 87-91, 96.

Li Chunling. Design of injection mould for connecting rotary plate of industrial robot[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(6) : 87-91, 96.

具结构设计存在以下几个难点^[1-4]: (1) 分型面设计困难,分型面包括内孔分型面和外围分型面;内孔分型面的设置主要是塑料件内部的7处插孔、1处中央破孔、1处插槽及4处柱台孔的分型面设置,内孔分型面的设置难点主要是如何保证成型特征处成型件的强度、封胶性能及加工方便性;外围分型面的设置要保证两个侧面的侧槽、转轴槽及侧孔有良好的封胶、排气性能及加工方便性。(2) 塑料件的浇注系统开设困难,采用单一浇口难以满足模腔的浇注需要。(3) 塑料件外壁周边上2处转轴槽、2处侧槽及3处插孔的脱模及许多的槽筋脱模困难。(4) 塑料件冷却问题,塑料件内侧面有多处槽筋,包紧力大,需要设置的顶出机构多,不利于冷却水道的开设,同样外表面高低不一致,也难以做到冷却的均衡性。

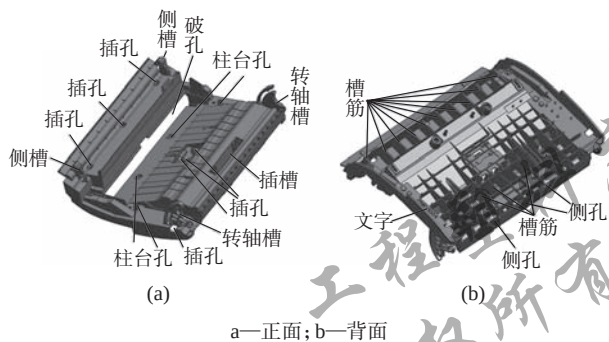


图1 工业机器人接插转动板

2 模具结构设计

2.1 分型设计

分型设计时,采用一种新的分型方式,即延伸碰穿和偏移插穿相结合的方式,如图2所示。针对内孔的分型中,7处插孔采用碰穿方式分型,即将分型面沿边进行延伸碰穿,延伸到型芯成型件一侧,不将分型线设置在塑料件插孔的边沿上,这样能保证若插孔处的成型件出现磨损,不至于型腔、型芯成型件的配合处出现较大的配合间隙而导致在分型线处出现飞边,同时,分型线的下移,能增强插孔成型件的强度^[5-8]。对于1处插槽及4处台柱孔则同样采用碰穿方式,碰穿面设置于型芯件一侧。对于1处中央破孔,采用偏移碰穿方式,中间部位采用插穿方式,碰穿的尖角可以进行圆角处理,这样有利于封胶和此部位成型件的加工。主分型面的设计中,采用新型分型设计方法,即排气定位集成法,针对主分型面的设置,将5个需要进行侧抽芯的位置,通过改变分型线走势的方式,设计成枕位形式,有利于模腔的

排气和垂直侧面抽芯方向的模腔的闭合定位,枕位的尖角处采用倒圆方法处理,便于数控铣削加工。同时,为保证模腔闭合时的稳定性,在分型面的角落处设计了2处定位锥台来进行辅助定位。其余的两个侧面,分型面设置成顺延边,以利于清角加工和排气^[9-12]。因而,在此分型设计下,成型模腔加工成型后,可以避免以下几个方面的问题:(1) 简化了分型面及成型件形状,避免了分型面的曲面加工;(2) 避免因排气不畅而形成的气孔、缩痕、熔接线等潜在缺陷;(3) 塑料件出模后,无明显的分型痕迹。

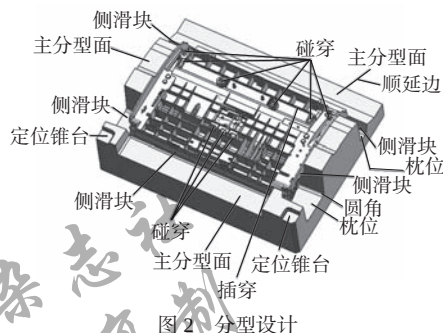


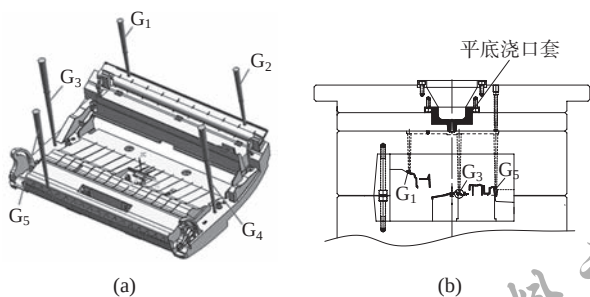
图2 分型设计

2.2 浇注系统设计

浇注系统的浇口位置设置如图3a所示。塑料件的外表面两侧虽呈对称形式,而内表面筋位特征的设置并不对称,设置浇注系统浇口位置时,浇口若只设置在如图3a所示的 $G_1 \sim G_4$ 四个对称浇口来进行浇注,料流并不能在塑料件的 G_3, G_4 位置两侧同步前进,获得同等流动路径,其原因是塑料件内表面的不同数量的槽筋布置可改变料流的流动路径,料流在 G_3, G_4 两点附近对应的内表面局部区域的流动分布是不对称的,其充填也是非平衡的。因而,解决的办法是采用新型补充式浇注系统来实现塑料件的平衡注塑,即针对模腔的形状,首先采用对称式4点浇注浇口($G_1 \sim G_4$),然后应用CAE分析优化,增加第5点浇注浇口(G_5)来确保料流从周边到心部的平衡充填。对于浇注系统零件设计,不同于法兰灌嘴和浇口衬套的结构形式,为缩短流动长度,设计了一种新型平底式浇口套来进行流道与注塑机喷嘴的对接,如图3b所示,该浇口套的底部反装于三板模的面板底部上,起到缩短冷流道长度的作用,且便于安装和调整。

对于塑料件而言,最佳的浇口位置一般选择在塑料件的几何中心位置,但多数情况下,模具的结构及其它机构设计不能满足这一理想化要求,因而,在模具结构特定的要求下,浇口位置的选择只要能达

到塑料件基本的注塑成型要求即可,否则,结构形式的改变,将无形中极大增加模具的制造成本^[13-15]。本塑料件选用 $G_1 \sim G_5$ 位置浇口的 Moldflow CAE 分析如下,其模型如图 3a 所示。CAE 模型中,网格采用双层面三角形网格,总数为 8552,节点数为 3214 个,匹配率为 92.45%。分析方式为【冷却+充填+保压+翘曲】方式,材质选用 UMG ABS GSM,参数设置为:开模时间 5 s,注塑压力 100 MPa,注射时间 2.2 s,模具温度 60℃,保压分为三段:第一段(80%,3 s),第二段(50%,2 s),第三段(30%,2 s)。结果表明,采用图 3a 中所示的 5 点浇口能较好地满足本产品的注塑成型需要。



$G_1 \sim G_5$ 一点浇口编号
a—浇口位置;b—流道设计
图 3 浇注系统设计

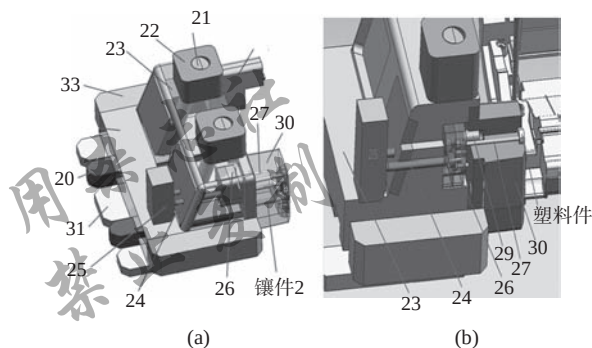
2.3 脱模机构设计

在图 2 所示的分型设计下,塑料件两端的 2 处侧槽、2 处转轴槽,以及内侧面上设置的 3 处侧孔需要进行侧抽芯脱模,塑料件中央部位众多的特征需要设计特殊的顶出机构,才能保证塑料件的无变形顶出完全脱模。针对上述 3 种类型的脱模需要,分别设计了 3 种新型机构来实现完全脱模。

(1) 集成式顶针二次抽芯机构。

针对两端的 2 处侧槽、2 处转轴槽,设计了一种集成式顶针二次抽芯机构,如图 4a 所示。抽芯机构中,用一个成型镶件 1 成型一端的 2 处侧槽,一个成型镶件 2 成型另一端的 1 处转轴槽,为简化机构,将镶件 1 和镶件 2 跨区整合在一个滑块体 23 上,滑块体 23 设置 2 个斜导柱 21 对其进行驱动,其底部设置了 2 个滑块导向条 20 来进行抽芯运动导向,3 个耐磨板 31 来防磨损和减小运动卡滞阻力。特别地,镶件 2 所对应的转轴槽是塑料件翘出于主体的结构承力部位,在镶件 2 向外抽芯时,因包紧力较大的缘故,其容易被镶件 2 连带抽出变形,导致此转轴槽严重脱模变形。为此,在滑块体 23 上特别设计了一种顶针二次抽芯机构,机构的原理为:如图 4b 所示,

内顶针板 26 安装于滑块体 23 所开设的槽内,其一端安装抽芯顶针 27,另一端安装有驱动导杆 24,弹簧 29 安装于内顶针板 26 与转轴槽成型镶件 30 之间并紧贴于滑块体 23 的槽内壁,用于驱动内顶针板 26;压锁块 25 和斜导柱 21 安装于模具的定模板上。当模腔打开时,斜导柱 21 驱动滑块体 23 向外抽芯,此时,由于压锁块 25 的直身段将驱动导向杆 24 顶住,因而抽芯顶针 27 将顶住塑料件的转轴槽壁,而成型镶件 30 则与塑料件脱离,转轴槽壁不会被成型镶件 30 连带抽出而变形;当模腔打开一定距离后,压锁块 25 将与驱动导杆 24 脱离接触,抽芯顶针 27 将能跟随滑块体 23 一起抽出,实现转轴槽壁的无变形完全脱模。



20—滑块导向条;21—斜导柱;22—压块;23—滑块体;
24—驱动导杆;25—压锁块;26—内顶针板;27—抽芯顶针;
29—弹簧;30—转轴槽成型镶件;31—耐磨板
a—集成式顶针二次抽芯机构;b—机构安装

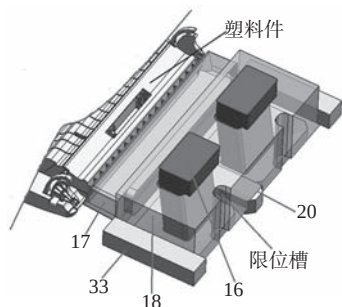
图 4 集成式顶针二次抽芯机构及安装

(2) 双弯销侧面滑块抽芯机构。

针对背面上的 3 处侧孔脱模需要,设计了如图 5 所示的双弯销侧面滑块抽芯机构,机构利用两个弯销 16 来驱动侧面弯销滑块 18 进行抽芯,侧面成型镶件 17 则对塑料件的该侧面及 3 个侧孔进行成型,注塑时,由于该背面的整面承受的注塑压力比较大,因而在弯销 16 的底端设置有反锁面,以保证弯销滑块 18 在注塑时不松退。该机构利用双弯销驱动即能够对弯销滑块 18 进行平衡驱动,注塑时又能对其进行有效锁紧,机构工作可靠,结构简单,降低了机构件的加工难度,有利于降低模具的制造成本。

(3) 新型方头圆形顶杆顶出机构。

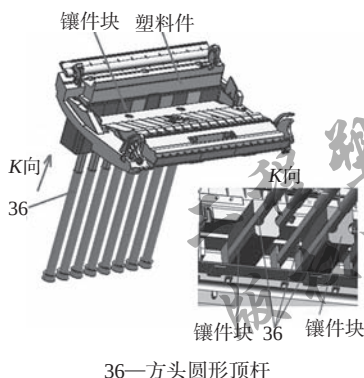
在塑料件背面的槽筋位置,采用一般的圆形顶杆顶出时,由于塑料件槽筋的包紧力比较大,为避免采用圆形顶杆将塑料件顶白,甚至顶裂,设置了一种方头圆形顶杆 36 来直接对槽筋特征进行顶出,该顶杆的下端采用圆柱形,以增强顶杆的强度,而其上端



16—弯销; 17—侧面成型镶件; 18—弯销滑块;
20—滑块导向条; 33—滑块压条

图5 弯销侧面滑块抽芯机构

则设置成方形,并与槽筋的成型镶件配合,来完成槽筋部位特征的顶出脱模,如图6所示。槽筋部位采用镶块拼接形式,有利于降低成型件的加工难度及加工费用,如不采用镶块拼接形式,成型件加工时,则须专门设计电火花电极来进行放电加工,模具制造成本势必陡增。



36—方头圆形顶杆

图6 方头圆形顶杆顶出机构

(4) 楔紧块模腔定位机构。

模腔的两个主要成型件型腔镶件和型芯镶件采用清角形式安装于模具的定模板和动模板的框槽内,对于大型塑料件的模腔成型件而言,在加工完成后进行装配时,很难将模腔成型件的中心与模架的中心装配对齐,特别设计了一种新的安装楔紧块定位机构来对模腔成型件进行定位安装,即通过型腔锥度定位块即楔紧块在模板内的楔紧程度来对模腔成型件进行调整、定位、安装。

(5) 深井冷却方式。

塑料件的上表面高低起伏不平,一般的平行式冷却管道难以对其进行有效冷却,因而设计了一种新型深井式冷却管道,如图7中A-A剖视图所示,可依据塑料件表面的高低走向而设置不同深度的水井,从而能够对塑料件的表面进行有效冷却,水井中设置隔水片以保证管道流动路径上截面的等效性。

3 模具结构

模具结构如图7所示,模腔布局为1模1腔,模架采用龙记LKM标准三板模模架,模架分三次分型打开,其分型面分别为图7中所示的 $P_1 \sim P_3$,开启顺序为 $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$,闭合顺序则相反。成型件型腔镶件2、型芯镶件3采用镶件镶入方式分别安装在定模板47、动模板48上,其定位方式采用楔紧块4进行楔紧单边定位。浇注系统的定位圈13和拉料杆14通过螺钉安装于定模板1上。冷却系统中,冷却管道采用 $\varnothing 10$ mm管道进行冷却,管道共13条,定模水路8条,动模水路5条;管道的末端采用铜塞7进行堵塞,管道在不同零件间的密封采用防水胶圈8进行密封。侧抽芯机构包括2个集成式顶针二次抽芯机构 H_1, H_2 和1个双弯销侧面滑块抽芯机构 H_3 。顶出采用圆顶杆10和方头圆形顶杆36进行联合顶出,因顶杆设置较多,顶出底板51、顶针推板52的组合顶板通过拉杆套11与注塑机顶杆进行连接,通过注塑机顶杆直接驱动顶板的顶出和复位动作,为保证顶出板复位的可靠性,顶出板上设置了复位行程开关12来感知复位到位信号。

4 模具工作原理

如图7所示,模具工作原理为:

(1) 注塑。

模具安装于注塑机上,闭合后注塑,注塑完毕后经保压、冷却后等待开模。

(2) P_1 打开。

动模后退,模具在 P_1 分型面处打开,打开时,流道废料与塑料件在点浇口处分离。

(3) P_2 打开。

动模继续后退,模具在 P_2 分型面处打开时,流道废料被流道板46自动刮出脱模。

(4) P_3 打开。

动模继续后退,模具在 P_3 分型面处打开,打开时, H_1, H_2, H_3 三个侧面抽芯机构完成侧面抽芯动作。

(5) 顶出。

动模后退一定距离后,注塑机顶杆推动顶出板将塑料件从型芯镶件3上完全顶出。

(6) 复位。

复位过程与开模过程相反。

5 结语

结合塑料件模具结构设计的难点问题,设计了其一模一腔三板结构注塑模具。模腔浇注系统采用

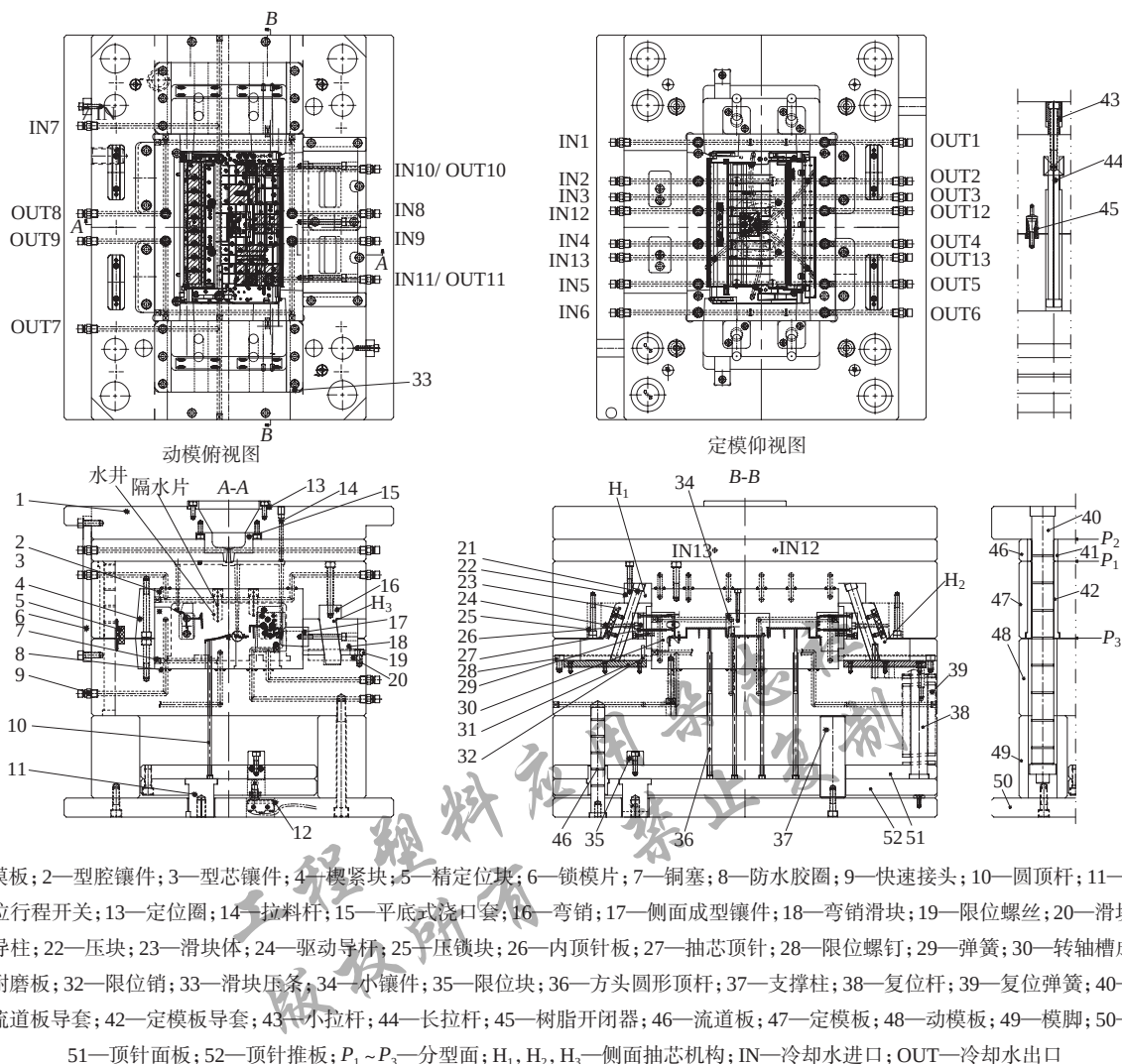


图7 模具结构

5个点浇口进行浇注,冷却采用阵列式冷却深井进行冷却。针对塑料件脱模,分别采用三种脱模机构实施脱模。一种为集成式顶针二次抽芯机构,一种为双弯销侧面滑块抽芯机构,另一种为新型方头圆形顶杆顶出机构。集成式顶针二次抽芯机构为防止塑料件侧抽芯脱模而设置,双弯销侧面滑块抽芯机构具有弯销驱动和自锁双重功能,机构简单,新型方头圆形顶杆顶出机构能有效保证塑料件的无损顶出脱模。模具结构新颖,机构设置巧妙,能为同类塑料件的模具设计提供有益参考。

参考文献

- [1] 潘秀石,王成.吸尘器电机罩板注塑模具设计[J].塑料,2015,44(4):101-104.
Pan Xiushi, Wang Cheng. Injection mold design of cover plate on motor of vacuum cleaner[J]. Plastics, 2015, 44 (4):101-104.
- [2] 许傲,黄力.医用接头前模四面抽芯脱模注塑模具设计[J].塑料,2017,46(2):110-113.

- Xu Ao, Huang Li. Design of injection mould for the medical plug with four sides extracting[J]. Plastics, 2017, 46(2):110-113.
- [3] 胡智清,周全,熊建武.仿真步枪枪托机械式自动脱模机构及注塑模具设计[J].塑料工业,2018,46(1):54-57.
Hu Zhiqing, Zhou Quan, Xiong Jianwu. A Rifle butt automatic demoulding mechanism and injection mold design[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(1):54-57.
- [4] 朱锡坤,李名辉.带定模推出机构的模具设计[J].模具工业,2002(8):40-42.
Zhu Xikun, Li Minghui. Design of the mould with an ejector in the fixed half[J]. Die & Mould Industry, 2002(8):40-42.
- [5] 郑子军,肖国华,尤建国,等.带深沟拉手位冰箱抽屉转动式侧抽芯机构热流道模具设计[J].工程塑料应用,2015,41(3):80-84.
Zheng Zijun, Xiao Guohua, You Jianguo, et al. Design of hot runner mold with rotary side drawing for deep groove handle refrigerator drawer[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 41 (3):80-84.
- [6] 路英华,肖国华,杨少增.基于UG的双翻转3次顶出机构模具设计及运动仿真[J].模具技术,2018(5):22-28.

(下转第96页)

- and core demoulding mechanism for double thread rotary sprinkler pump[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(10):42-45.
- [8] 贾林玲. 一种内外螺纹同步脱模的抽芯机构及模具设计[J]. 塑料科技, 2016, 44(8):75-79.
- Jia Linling. Core pulling mechanism and die design of internal and external thread synchronization stripping[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(8):75-79.
- [9] 梁夏生. 双头塑料齿轮注射模设计[J]. 模具工业, 2015, 41(8):53-55.
- Liang Xiasheng. Injection mould for plastic double gear[J]. Die & Mould Industry, 2015, 41(8):53-55.
- [10] 徐勇军, 原波. 汽车尾门拉手双向推出机构注塑模设计[J]. 塑料科技, 2017, 45(7):95-98.
- Xu Yongjun, Yuan Bo. Design of injection mould with two-way ejector for liftgate handle[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(7):95-98.
- [11] 徐勇军, 何显运. 后模倾斜镶件内推出的打印机外壳注塑模设计[J]. 中国塑料, 2016, 30(12):103-106.
- Xu Yongjun, He Xianyun. Design of injection moulds with antecedent pushing out in sloping inserts of core molds for printer shells[J]. China Plastics, 2016, 30(12):103-106.
- [12] 范玉, 孙智. 塑料盖板热流道注塑模具设计[J]. 塑料科技, 2015, 43(9):60-63.
- Fang Yu, Sun Zhi. Design of hot runner injection mould for plastic cover[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(9):60-63.
- [13] 陈萌. 汽车油桶盖弹簧式斜顶脱模机构及注射模设计[J]. 模具工业, 2017, 43(6):46-48, 66.
- Chen Meng. Angle pin ejection mechanism with spring for automobile oil tank cover and the injection mould design[J]. Die & Mould Industry, 2017, 43(6):46-48, 66.
- [14] 周建安. 手机背夹电池内盖包胶注射模具设计[J]. 中国塑料, 2019, 33(3):97-100.
- Zhou Jianan. Design of injection encapsulation mold for inner cover of back clamp battery used for cell phone[J]. China Plastics, 2019, 33(3):97-100.
- [15] 刘安林, 周甫芝, 黄瑶, 等. 汽车昼行灯光导精密注塑模具设计[J]. 现代塑料加工应用, 2019, 31(1):50-53.
- Liu Anlin, Zhou Fuzhi, Huang Yao, et al. Design of precision injection mold for light guide of automotive daytime running light[J]. Modern Plastics Processing and Application, 2019, 31(1):50-53.
- [16] 刘庆东. SUV 储物盒注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2018, 32(5):130-134.
- Liu Qingdong. Design of injection mould for an SUV's storage box[J]. China Plastics, 2018, 32(5):130-134.
-
- (上接第 91 页)
- Lu Yinghua, Xiao Guohua, Yang Shaozeng. Design and motion simulation of double reverse mould with three times ejection mechanism based on UG[J]. Die and Mould Technology, 2018(5):22-28.
- [7] 刘春花, 李明亮, 孙元冬, 等. 类瓶盖分瓣推管推出机构模具设计[J]. 模具制造, 2018(3):45-48.
- Liu Chunhua, Li Mingliang, Sun Yuandong, et al. Design of injection mold with the ejector mechanism for the type bottle cap[J]. Die & Mould Manufacture, 2018(3):45-48.
- [8] 曹争. 自动抽液瓶盖抽芯机构及模具设计[J]. 模具工业, 2017, 43(5):47-51.
- Cao Zheng. The core-pulling mechanism of automatic pumping cap and the mould design[J]. Die & Mould Industry, 2017, 43(5):47-51.
- [9] 许傲. 斜度头洗发液瓶盖脱模机构及模具设计[J]. 塑料, 2017, 46(4):102-105.
- Xu Ao. Demoulding mechanism and the mould design for a shampoo bottle head cover[J]. Plastics, 2017, 46(4):102-105, 112.
- [10] 黄力, 许傲. 异型羊角套盖双圆弧滑块抽芯机构与模具设计[J]. 塑料科技, 2016, 44(5):70-74.
- Huang Li, Xu Ao. Design of double circular slider core pulling mechanism and mould of special-shaped claw cover[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(5):70-74.
- [11] 徐生, 肖国华, 沈忠良, 等. 内藏式型针侧抽芯二次顶出脱模机构及其模具设计[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(3):79-83.
- Xu Sheng, Xiao Guohua, Shen Zhongliang, et al. Design for secondary ejection release mechanism with built-in type needle side core-pulling and its injection mould[J]. Engineering Plastics Applications, 2016, 44(3):79-83.
- [12] 贾林玲. 一种内外螺纹同步脱模的抽芯机构及模具设计[J]. 塑料科技, 2016, 44(8):75-79.
- Jia Linling. Core pulling mechanism and die design of internal and external thread synchronization stripping[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(8):75-79.
- [13] 王玉成, 沈左军. 轿车侧围 A 柱部分模具结构设计[J]. 模具制造, 2014(2):23-26.
- Wang Yucheng, Shen Zuojun. Design of die structure for the automobile side around a column part[J]. Die & Mould Manufacture, 2014(2):23-26.
- [14] 陈爱霞. 小型斜滑块内侧抽芯塑料注塑模具设计[J]. 广西轻工业, 2010(4):47-48.
- Chen Aixia. Design of plastic injection mold for inner core pulling of small inclined slider[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2010(4):47-48.
- [15] 赵连民, 王小龙, 刘春玲, 等. 内圆外方成形模具结构设计及改进[J]. 模具制造, 2018(2):64-66.
- Zhao Lianmin, Wang Xiaolong, Liu Chunling, et al. Design and improvement of square shaped die with an inner circle[J]. Die & Mould Manufacture, 2018(2):64-66.