

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.01.017

双联斜齿轮斜齿脱模机构及改进型三板模设计

马如远

(嘉兴南湖学院,浙江嘉兴 314001)

摘要: 依据双联斜齿轮和单斜齿轮2个塑件同模注塑的需要,以双联斜齿轮塑件的模腔设计为中心,设计了一副一模两腔点浇口多板模注塑模具。模具中,双联齿轮的上、下斜齿轮斜齿分别使用2个可旋转斜齿轮成型件进行成型;单斜齿轮使用1个可旋转斜齿轮成型件进行成型。3个斜齿成型件设置成转动型成型件,依靠塑件的移动以驱动斜齿成型件转动,达到塑件斜齿脱模的目的;塑件的脱模移动有两种动力来源,一种是模具模板的打开驱动,一种是使用推管顶出驱动。模具为一种改进型三板模结构,定模侧增加了流道板,动模侧增加了垫板,从而可以实现模具的4次开模;4次开模动作中,2次用于流道废料的脱模,1次用于流道镶件的先抽芯驱动,1次用于模腔的打开和双联斜齿轮上斜齿轮的旋转脱模驱动。

关键词: 双联斜齿轮;单斜齿轮;机构设计;模具结构;注射成型

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)01-0098-05

Design of Helical Tooth Demoulding Mechanism and Improved Three-plate Mould for Duplex Helical Gear

Ma Ruyuan

(Jiaxing Nanhu University, Jiaxing 314001, China)

Abstract : According to the needs for the injection molding in same mould of two plastic parts of duplex helical gear and single helical gear, a pair of point gate multi-plate injection mould with one mould and two cavities was designed taking the cavity design of the duplex helical gear as the center. In the mould, the helical teeth of the upper and lower helical gears of the duplex gear were respectively molded using two rotatable helical gear molding parts, the single helical gear was molded with one rotatable helical gear molding parts. The helical tooth molding part of the plastic part was set as a rotary molding part, and the helical tooth molding part was driven to rotate by the demoulding movement of the plastic part to achieve the purpose of demoulding the helical tooth. The demoulding movement of the plastic part came from two power sources, one was the opening and closing driving force of the mould template, and the other was the ejection driving force of the ejector sleeve. An improved three-plate mould structure was used. A runner plate was added in the fixed mould, and a backing plate was added in the movable mould, so that the mould could be opened four times. In the four mould openings, two times were used for the demoulding of the waste material, one was used for the first core-pulling of the runner insert, and one was used for the opening of the mould cavity and the rotary demoulding of the helical gear on the duplex helical gear.

Keywords : duplex helical gear ; single helical gear ; mechanism design ; mould structure ; injection molding

在精密斜齿轮塑件的注射成型中,单一斜齿轮塑件的成型难点在于斜齿轮塑件斜齿的脱模,对于此类斜齿一般使用斜齿成型件自润滑旋转抽芯方式进行脱模^[1-3]。而对于具有双层异向斜齿轮的双联斜齿轮塑件,采用常规的单层斜齿脱模方法难以实现双层异向斜齿的自动脱模,需要从模腔结构、斜齿

脱模方式及模具整体结构设计上寻找新方法来解决此难题^[4-7]。

笔者结合某船用仪表塑件中双联斜齿轮和单斜齿轮两个塑件同腔注射成型的要求,设计了一副一模两腔改进型三板模具,为解决双层异向斜齿的脱模难题提供借鉴。

通信作者: 马如远,博士,讲师,从事机械设计与制造研究

收稿日期: 2021-11-09

引用格式: 马如远. 双联斜齿轮斜齿脱模机构及改进型三板模设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(1):98-102, 115.

Ma Ruyuan. Design of helical tooth demoulding mechanism and improved three-plate mould for duplex helical gear[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(1):98-102, 115.

1 斜齿轮产品分析

图1所示的两个塑件是船用仪表指示器中的两个塑料斜齿轮零件,其中第一个是双联斜齿轮,第二个是单斜齿轮。第一个双联斜齿轮的上斜齿轮与第二个单斜齿轮为啮合关系。两个斜齿轮塑件尺寸精度要求为MT3,两者材料均选用PC+ABS,材料收缩率为0.53%~0.59%。

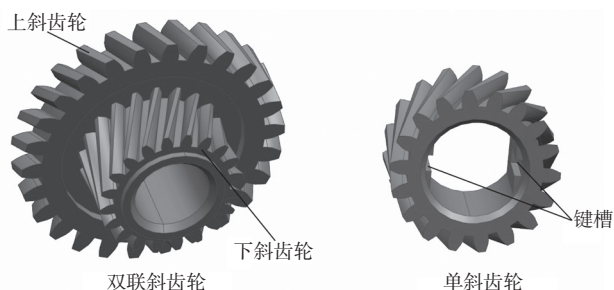


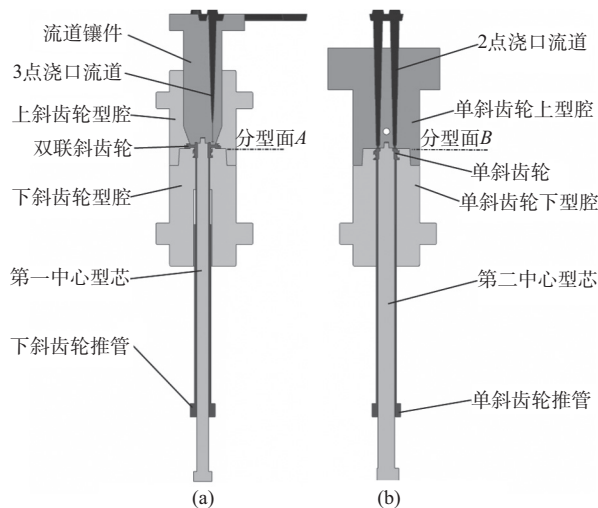
图1 斜齿轮塑件

本例的两个斜齿轮中,就第一个双联斜齿轮而言,其由上斜齿轮和下斜齿轮组合而成,故该塑件的成型需要克服两个难题:①由于上、下斜齿轮的外径尺寸不同,塑件在注塑冷却后,上、下斜齿轮的收缩量不同,塑件脱模后将会产生结构残余内应力,该残余应力须得到有效消除;②上斜齿轮和下斜齿轮的斜齿方向不同,两者的斜齿从模具中脱出的方向不同,塑件难以从模具中一次性取出,需要采用分次脱模的办法进行脱模。就第二个单斜齿轮而言,其成型难度比双联斜齿轮成型难度小,成型后塑件的结构残余内应力也比较小,但模具结构设计也需要解决该塑件斜齿的脱模问题。

由于两个斜齿轮为配合组件,也是精密传动件,注塑生产时,为保证两者传动啮合精度、强度相当且具有相同的使用寿命,两者必须使用相同的材料,同时最好采用同模注塑。为保证斜齿成型精度,设计模腔时,针对上斜齿轮、下斜齿轮、单斜齿轮须设置不同的收缩率,分别为0.58%,0.51%,0.54%。

2 成型件设计方案

两个斜齿轮的同模注塑成型件设计方案由图2所示两个方案组成。图2a为第一个双联斜齿轮成型件设计方案。为减小双联斜齿轮中上、下斜齿轮的收缩差异,使用3个点浇口对该斜齿轮模腔进行浇注。斜齿轮的脱模,一般采用斜齿成型件转动+轴向滑动的抽芯方式进行抽芯脱模,但针对本双联斜齿轮而言,由于上、下斜齿轮的斜齿方向不同,因而需要设置上、下两个转动的斜齿成型件进行成型



a—双联斜齿轮成型件设计; b—单斜齿轮的成型件设计

图2 塑件成型方案

和脱模。因此在图2a中,设置了上斜齿轮型腔用于成型双联斜齿轮的上斜齿轮斜齿,设置了下斜齿轮型腔用于成型双联斜齿轮的下斜齿轮斜齿,这两个斜齿轮型腔可以绕双联斜齿轮中心线转动。

为便于双联斜齿轮模腔的浇注,上斜齿轮的上端面使用一个流道镶件,该流道镶件的作用有三点:第一是成型上斜齿轮端面;第二是在上斜齿轮型腔转动抽芯前流道镶件必须先抽芯,以避免其阻碍上斜齿轮型腔转动;第三是便于双联斜齿轮模腔点浇口浇注系统所需3条垂直流道和3个点浇口的开设。双联斜齿轮模腔的分型面A设置在上斜齿轮的下端面所在平面,在此分型设置下,双联斜齿轮的中心孔使用第一中心型芯进行成型。第一中心型芯的外圆上套装一根下斜齿轮推管,该推管的作用有两个:一是参与下斜齿轮下端面的成型,二是推动双联斜齿轮塑件从下斜齿轮型腔中脱模。通过上述设置,双联斜齿轮的成型可以按下述方式实现:第一,模腔使用3点点浇口浇注,塑件脱模时,点浇口可以与塑件自动分离;第二,上斜齿轮型腔可以转动,因而在分型面A打开时,通过上斜齿轮型腔的转动,双联斜齿轮的上斜齿可以实现转动抽芯脱模;第三,通过下斜齿轮推管的向上顶出,在双联斜齿轮塑件斜齿轮斜齿的驱动下,双联斜齿轮的下斜齿轮型腔能绕双联斜齿轮塑件中心孔的中心线转动进而实现下斜齿轮斜齿的转动抽芯脱模,同时,双联斜齿轮塑件的中心孔内壁与第一中心型芯分离从而实现该塑件的完全脱模。

图2b为单斜齿轮的成型件设计方案。针对该

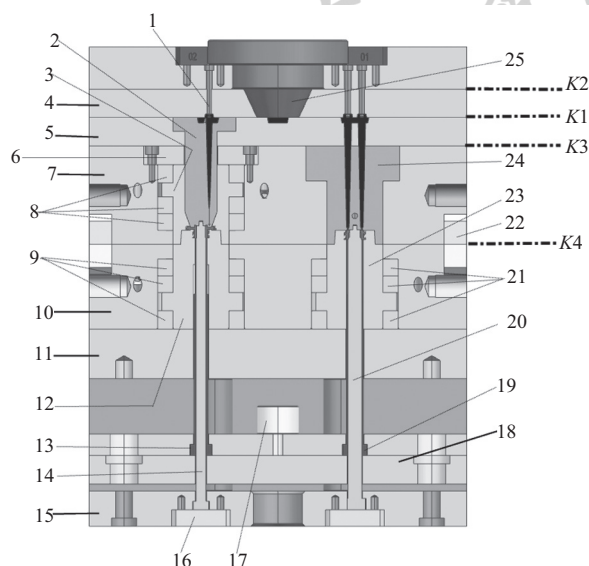
单斜齿轮,使用2个点浇口进行浇注即能满足其成型要求。单斜齿轮的脱模也采用旋转抽芯的办法实施脱模。图2b中单斜齿轮塑件的成型件中,单斜齿轮上型腔用于成型单斜齿轮的上端面,单斜齿轮下型腔用于成型外周斜齿,第二中心型芯用于成型单斜齿轮中心孔,单斜齿轮推管用于成型单斜齿轮的下端。单斜齿轮推管可将塑件从单斜齿轮下型腔内顶出,顶出时,在单斜齿轮塑件斜齿的驱动下,单斜齿轮下型腔能绕单斜齿轮中心孔的中心线转动。通过上述设置,单斜齿轮塑件的成型可以通过以下两点实现:第一,两点浇口浇注;第二,在分型面B打开后,通过单斜齿轮推管将塑件从第二中心型芯上顶出而实现塑件中心孔内壁的顶出脱模,同时,随着单斜齿轮塑件的顶出,其外周的斜齿将推动单斜齿轮下型腔转动而实现斜齿的旋转抽芯脱模。

综合两个斜齿轮塑件的脱模情况可以看出,两者斜齿的脱模都要使斜齿成型件在塑件斜齿的驱动下转动,才能实现两个塑件的自动脱模。

3 模具总体结构和动作设计

3.1 模具整体方案

综合前述两个塑件的成型件设计方案,两个塑件同模注塑模具结构采用如图3所示的四次开模三板模结构。



- 1—拉料杆; 2—流道镶件; 3—上斜齿轮型腔; 4—刮料板;
5—流道板; 6—压板; 7—定模板; 8, 9, 21—轴承; 10—动模板;
11—动模垫板; 12—下斜齿轮型腔; 13—下斜齿轮推管;
14—第一中心型芯; 15—动模座板; 16—下盖板; 17—限位块;
18—推板; 19—单斜齿轮推管; 20—第二中心型芯; 22—边锁;
23—单斜齿轮下型腔; 24—单斜齿轮上型腔; 25—浇口法兰

K1, K2, K3, K4—开模面

图3 改进型三板模结构

板模结构。模具中,双联斜齿轮与单斜齿轮两个塑件成型件的一个重要差别为:双联斜齿轮的上斜齿轮型腔3需要转动,为保证上斜齿轮型腔3的自由转动,需要先将位于该成型件中心部位的流道镶件2抽芯,因而导致两个塑件成型所需的三板模具结构稍有不同。针对单斜齿轮塑件的成型模具设计,采用通用型三次开模三板模结构即可实现。但是,鉴于双联斜齿轮模腔流道镶件2先抽芯的需要,为保证两个塑件能同模注塑,显然需要对常用的点浇口三次开模三板模进行改造,需要增加一次模板打开动作以驱动流道镶件2完成先抽芯动作。因而,模具的整体结构使用如图3所示的四次开模三板模结构,开模面为K1, K2, K3, K4面。

3.2 模架结构改进

在通用型三板模架的基础上针对模具模架增加了两块模板,一块是流道板5,一块是动模垫板11。增加流道板5的作用是使流道板5与定模板7之间有一次分离打开(K3面),从而,使安装在流道板5上的流道镶件2与安装在定模板7内的上斜齿轮型腔3之间能分离,进而保证上斜齿轮型腔3能自由转动。增加动模垫板11的作用是便于下斜齿轮型腔12套装三个滚珠轴承9后在动模板10内安装。

经此改进,模架能满足双联斜齿轮和单斜齿轮两个塑件同模注塑的动作要求,动作分析如下:模具的K1面打开时,能同步实现两个模腔流道废料与塑件的分离;K2面打开时,流道废料能被刮料板4从拉料杆1上推出而脱模;K3面打开时,流道板5能将流道镶件2从上斜齿轮型腔3内抽出;K4面打开时,双联斜齿轮塑件和单斜齿轮塑件跟随模具动模下行,双联斜齿轮塑件上斜齿轮的斜齿将驱动上斜齿轮型腔3转动而与之分离,单斜齿轮塑件与单斜齿轮上型腔24则直接分离;K4面打开后,推板18可以推动下斜齿轮推管13和单斜齿轮推管19同步上行,从而推动两个斜齿轮塑件上行,两个斜齿轮塑件的斜齿将分别驱动下斜齿轮型腔12和单斜齿轮下型腔23转动而逐步与塑件分离。

3.3 浇注系统设置

双联斜齿轮模腔使用如图4中所示P1, P2, P3三个点浇口进行浇注,单斜齿轮模腔使用P4, P5两个点浇口进行浇注。对于为两个模腔供料的“S”型水平流道末端及各分流道末端,必须设置冷料井,以防前锋冷料堵死各点浇口。

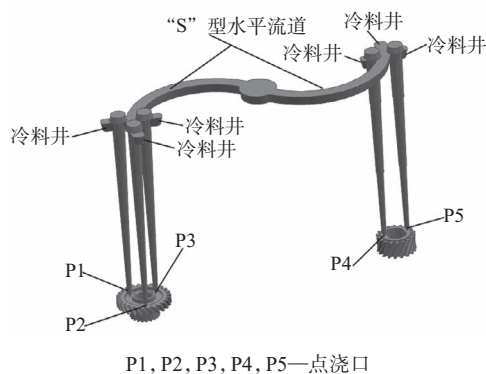
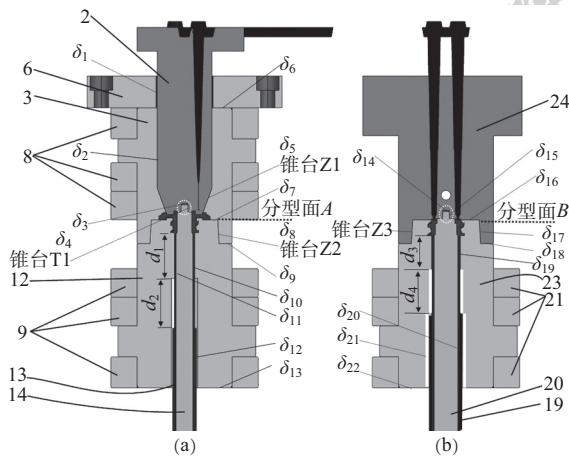


图4 浇注系统设计

3.4 模腔机构零件装配设计

模腔成型零件的加工精度控制和模腔成型零件之间的装配间隙设计是保证塑件能实现精密成型的关键^[8-12]。模腔成型零件的加工精度由零件加工工艺进行控制而获得,而模腔成型零件之间的装配间隙设计需要从两个方面进行考虑,第一是各成型零件之间的定位,第二是各成型零件之间间隙控制。如图5所示,各成型零件之间的定位及间隙控制分别如下所述。



2—流道镶件; 3—上斜齿轮型腔; 8,9,21—轴承; 10—动模板;
12—下斜齿轮型腔; 13—下斜齿轮推管; 14—第一中心型芯;
19—单斜齿轮推管; 20—第二中心型芯; 22—边锁;
23—单斜齿轮下型腔; 24—单斜齿轮上型腔
a—双联斜齿轮塑件模腔; b—单斜齿轮塑件模腔

图5 模腔机构零件装配设计

(1) 双联斜齿轮塑件模腔各零件定位设计与间隙控制。

图5a为双联斜齿轮塑件模腔各零件的定位设计。为保证上斜齿轮和下斜齿轮两个齿轮中心的同轴度,模腔处于闭合状态时,流道镶件2和第一中心型芯14的中心采用锥台T1进行定位,流道镶件2与上斜齿轮型腔3采用锥台Z1进行定位,上斜齿

轮型腔3与下斜齿轮型腔12采用锥台Z2进行定位,下斜齿轮型腔12与第一中心型芯14通过调整下斜齿轮推管13的径向公差来进行定位,以上为双联斜齿轮塑件模腔成型件之间的定位闭环链。如图5a所示,装配时,闭环链上各间隙控制为: $\delta_3=1\text{ mm}$, $\delta_4=0\text{ mm}$, $\delta_5=0\text{ mm}$, $\delta_7=0.015\text{ mm}$, $\delta_8=0\text{ mm}$, $\delta_9=0.5\text{ mm}$, $\delta_{10}=0.015\text{ mm}$, $\delta_{11}=0.015\text{ mm}$; 为保证成型零件运动的可靠性,零件间的间隙设置为: $\delta_1=1\text{ mm}$, $\delta_2=0.5\text{ mm}$, $\delta_6=0.5\text{ mm}$, $\delta_{12}=0.5\text{ mm}$, $\delta_{13}=0.5\text{ mm}$; 另外,为保证相对运动零件的运动灵活性,间隙 δ_{11} 的配合长度 $d_1=12\text{ mm}$,避空长度 $d_2=18\text{ mm}$ 。

(2) 单斜齿轮塑件模腔各零件定位设计与间隙控制。

图5b为单斜齿轮塑件模腔各零件的定位设计。为保证同轴度,模腔处于闭合状态时,单斜齿轮上型腔24与第二中心型芯20采用锥台T2进行定位,单斜齿轮上型腔24与单斜齿轮下型腔23采用锥台Z3进行定位,单斜齿轮下型腔23与第二中心型芯20通过调整单斜齿轮推管19的径向公差来进行定位,以上为单斜齿轮塑件模腔成型件之间的定位闭环链。装配时,闭环链上各间隙控制为: $\delta_{14}=1\text{ mm}$, $\delta_{15}=0\text{ mm}$, $\delta_{16}=0.015\text{ mm}$, $\delta_{17}=0\text{ mm}$, $\delta_{18}=0.5\text{ mm}$, $\delta_{19}=0.015\text{ mm}$, $\delta_{20}=0.015\text{ mm}$, $\delta_{21}=0.5\text{ mm}$; 为保证单斜齿轮下型腔23运动的可靠性, $\delta_{22}=0.5\text{ mm}$; 另外,为保证相对运动零件的运动灵活性,间隙 δ_{19} 的配合长度 $d_3=12\text{ mm}$,避空长度 $d_4=18\text{ mm}$ 。

(3) 排气间隙控制。

锥台Z1、锥台Z2、锥台Z3配合面上均须开设排气槽,排气槽深度 0.01 mm 。分型面A、分型面B须开设排气槽,排气槽深度 0.01 mm 。

(4) 机构件间隙控制与零件选材。

机构零件之间的间隙控制是本模具能够成功应用于生产实际的关键之一。模腔成型零件间隙的动态变化与两个因素相关,第一是零件材料的热膨胀,第二个是零件的磨损。

模腔成型零件的热膨胀影响到零件装配间隙的变化,为保证工作状态下零件间动态间隙在设计控制的范围内,本模具中,针对两个模腔,从两个方面控制热膨胀:第一,针对模腔的成型件使用同种材料保证热胀冷缩的一致性,零件材料均选用738H制作,硬度为HRC42;第二,虽然各成型件上无法开设冷却水路,但通过在模板上增设水路用于加强

冷却^[13-16]。

为减少零件磨损带来的变化,间隙 $\delta_3, \delta_5, \delta_7, \delta_8, \delta_{10}, \delta_{11}, \delta_{15}, \delta_{16}, \delta_{17}, \delta_{19}, \delta_{20}$ 的碰合面处须做表面硬化处理,表面硬度 HRC48~52。

(5) 轴承选择。

轴承 8, 9, 21 选用圆锥滚子轴承,以保证上斜齿轮型腔 3、下斜齿轮型腔 12、单斜齿轮下型腔 23 轴向和周向定位的准确性。

3.5 模具开模控制机构件设计

图 6 为模具开闭顺序控制机构件。图 6 中,模具的开模顺序为 $K1 \rightarrow K2 \rightarrow K3 \rightarrow K4$, 闭模顺序为 $K4 \rightarrow K3 \rightarrow K1 \rightarrow K2$ 。要实现这个开闭模顺序,使用了如图 6 所示的件 26、件 27、件 28、件 29、件 30 进行控制,这些机构件为常用型三板模控制机构件,其控制动作原理此处不再展开论述。

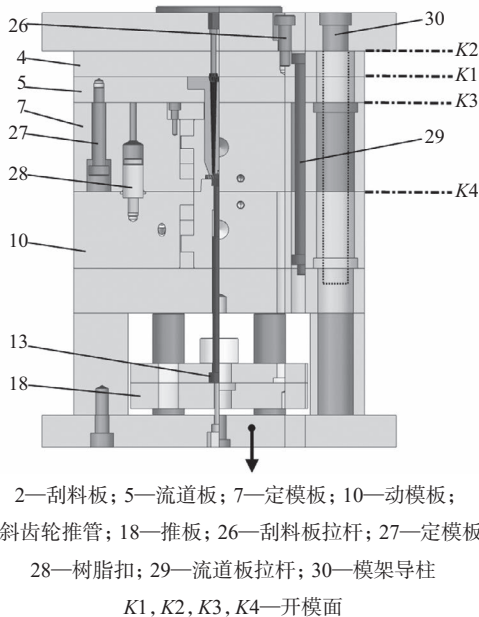


图 6 模具开闭顺序控制机构件

4 结语

(1) 在双联斜齿轮和单斜齿轮同模注塑模具结构设计中,首先以双联斜齿轮的成型设计方案为中心,针对双联斜齿轮塑件模腔的浇注、上/下斜齿轮的脱模而展开模腔结构设计及模具整体结构设计;在优先实现双联斜齿轮模具整体结构设计的前提下,将单斜齿轮塑件的结构融入双联斜齿轮塑件模具结构中,所形成的模具结构为一模两腔、4 次开模三板模模具。

(2) 针对两个塑件模腔的浇注,都使用点浇口进行浇注,双联斜齿轮塑件模腔使用三点点浇口浇注,单斜齿轮模腔使用两点点浇口浇注,保证了塑件成

型后内应力趋小化。

(3) 针对双联斜齿轮塑件的脱模,采用成型件旋转的方式进行脱模。塑件上斜齿轮斜齿的脱模由上斜齿成型件的被动转动而实现;下斜齿轮斜齿的脱模由推管推动塑件顶出时下斜齿成型件的被动转动而实现。单斜齿轮的脱模与下斜齿轮斜齿脱模方法相同。

参考文献

- [1] 李方初. 基于 BP 神经网络的玩具汽车用塑料齿轮模具成型优化设计[J]. 塑料科技, 2020, 48(12): 95-99.
Li Fangchu. Optimal design of plastic gear mold forming for toy cars based on bp neural network[J]. Plastics Science and Technology, 2020, 48(12): 95-99.
- [2] 刘书伦, 李飞, 彭高辉. 基于神经网络的风电塑料齿轮箱模具工艺参数多目标优化[J]. 塑料科技, 2021, 49(1): 113-116.
Liu Shulun, Li Fei, Peng Gaohui. Multi objective optimization of process parameters of wind power plastic gearbox die based on neural network[J]. Plastics Science and Technology, 2021, 49(1): 113-116.
- [3] 顾来法, 胥树志, 刘永跃. 电位器精密双联塑料斜齿轮成型模设计与制造[J]. 模具工业, 2021, 47(10): 38-42.
Gu Laifa, Xu Shuzhi, Liu Yongyue. Design and manufacture of mould for precision double plastic helical gear of potentiometer[J]. Die & Mould Industry, 2021, 47(10): 38-42.
- [4] 卢科军. 热塑性塑料齿轮的设计与制造[J]. 上海塑料, 2020(4): 51-57.
Lu Kejun. Design and manufacture of thermoplastic gear[J]. Shanghai Plastics, 2020(4): 51-57.
- [5] 王鑫, 邵凤翔, 袁衡欣. 塑料谐波齿轮柔轮的结构和模具设计[J]. 中国塑料, 2016, 30(11): 100-104.
Wang Xin, Shao Fengxiang, Yuan Hengxin. Structure and mold design of plastic flexible wheels[J]. China Plastics, 2016, 30(11): 100-104.
- [6] 陈静. 热塑性塑料齿轮固态成型模具的计算机辅助设计[J]. 塑料工业, 2016, 44(1): 71-74.
Chen Jing. Computer aided design of thermoplastic plastic gear solid forming mould[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(1): 71-74.
- [7] 贾铁钢, 王爱阳. 同步皮带塑料齿轮模具设计[J]. 塑料科技, 2016, 44(2): 64-66.
Jia Tiegang, Wang Aiyang. Mold design of plastic gear for synchronous belt[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(2): 64-66.
- [8] 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.
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.

(下转第 115 页)

- [8] Zhang S F, Wang H, Zhang L, et al. Statistical correlation between elastic properties of plain-weave composite and its influence on structure reliability[J]. *Composite Structures*, 2018, 200:939–945.
- [9] Li Y, Li W G, Deng Y, et al. Temperature-dependent longitudinal tensile strength model for short-fiber-reinforced polymer composites considering fiber orientation and fiber length distribution[J]. *Journal of Materials Science*, 2018, 53(17):12 190–12 202.
- [10] Mortazavian S, Fatemi A. Effects of fiber orientation and anisotropy on tensile strength and elastic modulus of short fiber reinforced polymer composites[J]. *Composites Part B:Engineering*, 2015, 72:116–129.
- [11] Bergek A, Berggren C, KITE Research Group. The impact of environmental policy instruments on innovation:A review of energy and automotive industry studies[J]. *Ecological Economics*, 2014, 106:112–123.
- [12] Ioannis I, Alma H, Inna G, et al. Micro-mechanical parameters in short fibre composite[J]. *Applied Composite Materials*, 2014, 21(1):197–211.
- [13] Chang Baoning, Gu Junfeng, Long Zhiqiang, et al. Effects of temperature and fiber orientation on the tensile behavior of short carbon fiber reinforced PEEK composites[J]. *Polymer Composites*, 2020, 42(2):597–607.
- [14] 秦计生. 考虑纤维方向的玻纤增强仪表板结构及碰撞分析研究[D]. 上海:上海交通大学, 2013.
- Qin Jisheng. Research on structure and collision analysis of glass fiber reinforced instrument panel considering fiber direction[D]. Shanghai:Shanghai Jiaotong University, 2013.
- [15] 雷卫华,陈可平. 短切芳纶纤维/聚硅氧烷-甲基丙烯酸酯复合材料的结构与性能[J]. *复合材料学报*, 2021, 38(5):1 398–1 406.
- Lei Weihua, Chen Keping. Structure and properties of short-cutted aramid fiber/polysiloxane-zinc dimethylate composites[J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2021, 38(5):1 398–1 406.
- [16] Agarwal B D, Broutman L J, Chandrashekara K. Analysis and performance of fiber composites[M]. 2nd ed. New Jersey: Jon Wiley & Sons, 2006.
- [17] 方圆,马其华,胡润超,等. 钢/碳纤维复合材料混合管式全地形车架设计[J]. *工程塑料应用*, 2019, 47(8):73–77, 81.
- Fang Yuan, Ma Qihua, Hu Runchao, et al. Design of steel/CFRP hybrid tubular all-terrain vehicle frame[J]. *Engineering Plastics Application*, 2019, 47(8):73–77, 81.

(上接第 102 页)

- [9] 杨少增,李国富,刘剑,等. 多段圆弧状导流管抽芯机构设计[J]. *工程塑料应用*, 2016, 44(1):85–87.
- Yang Shaozeng, Li Guofu, Liu Jian, et al. Design of pulling mechanism for multi-arc-shaped guide tube[J]. *Engineering Plastics Application*, 2016, 44(1):85–87.
- [10] 刘建雄,吴正宇,余贵华,等. 带弯芯塑料三通管成型工艺及抽芯机构优化设计[J]. *工程塑料应用*, 2006, 34(10):28–31.
- Liu Jianxiong, Wu Zhengyu, Yu Guihua, et al. Molding technology of three-way plastic tube with flexural core and optimum of its core-pulling mechanism[J]. *Engineering Plastics Application*, 2006, 34(10):28–31.
- [11] 聂艳平,许孔联,贺柳操. 头直中弯塑管油齿驱动三向抽芯机构注塑模具[J]. *塑料*, 2019, 48(6):71–75.
- Nie Yanping, Xu Konglian, He Liucuo. Injection mould design with three-directional core pulling mechanism driven by cylinder rack for a straight-headed and medium-bend plastic pipe[J]. *Plastics*, 2019, 48(6):71–75.
- [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] 芦亚萍. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京:清华大学出版社, 2010.
- Lu Yaping. Plastic molding process and die design[M]. Beijing:Tsinghua University Press, 2010.
- [14] 任长春,窦宝林. 浇口偏置笔记本电脑外壳注塑模设计[J]. *工程塑料应用*, 2012, 40(8):64–67.
- Ren Changchun, Dou Baolin. Design of injection mold with offset gate for notebook computer cover[J]. *Engineering Plastics Application*, 2012, 40(8):64–67.
- [15] 高汉华,何冰强. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 2版. 大连:大连理工大学出版社, 2009.
- GaoHanhua, He Bingqiang. Plastic molding process and die design [M]. 2nd ed. Dalian:Dalian University of Technology Press, 2009.
- [16] 罗惠. 汽车热风歧管大角度圆弧管脱模机构与注射模设计[J]. *模具工业*, 2016, 42(11):44–47.
- Luo Hui. Design of demoulding mechanism and injection mould for automobile hot air manifold with large angle circular arc pipe[J]. *Die & Mould Industry*, 2016, 42(11):44–47.