

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.11.017

电池正极支架成型工艺分析及其注塑模具设计

范玉¹, 黄继战¹, 范佳琦²

[1. 江苏建筑职业技术学院, 江苏徐州 221116; 2. 施耐德电气(上海)有限公司, 上海 200042]

摘要:以正极支架为例,应用Moldflow模流分析软件对正极支架塑件的工艺性进行了分析,根据对该塑件浇口位置分析结果和外观要求确定了浇口的最佳位置。通过对正极支架进行冷却、翘曲的模拟分析,实现了平衡浇注,减少了塑件的收缩变形。设计了一模一腔的三板式顺序抽芯模具,包括分型面、浇注系统、型腔型芯、冷却系统,创新设计了模具的顺序侧抽芯机构,可顺序完成4个方向的抽芯功能。应用UG10.0设计了正极支架三维模具装配图及成型滑块图,介绍了模具成型工作原理。实践证明,模具结构具有新颖性,本模流分析应用及模具结构可对支架类的模具设计提供参考。

关键词:成型工艺;正极支架;注塑;浇注系统;模具设计

中图分类号: TG76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)11-0102-06

Molding Process Analysis of Battery Positive Pole Bracket and its Injection Mould Design

Fan Yu¹, Huang Jizhan¹, Fan Jiaqi²

[1. Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology, Xuzhou 221116, China; 2. Schneider Electric (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200042, China]

Abstract : Taking the battery positive pole bracket as an example, the Moldflow analysis software was applied to the processability of the positive pole bracket plastic parts. According to the analysis results of the gate position of the plastic part and the appearance requirements, the optimal location of the gate was determined. Simulation analysis of the cooling and warpage of the positive pole bracket, balanced pouring was achieved, shrinkage deformation of the injection molded parts was reduced. Three-plate sequential core-pulling mould with a mould and a cavity was designed, including parting surface, pouring system, cavity and core, cooling system. Innovative design of the sequential side core-pulling mechanism of the mould was carried out, the core-pulling functions in four directions could be completed sequentially. UG10.0 was used to design the three-dimensional mould assembly drawing of the positive pole bracket and the molding slider diagram. The working principle of the mould was introduced. The practice proves that the mould structure is innovative, the application of this Moldflow analysis and the mould structure can provide reference for the mould design of the bracket class.

Keywords : molding process ; positive bracket ; injection molding ; gating system ; mould design

正极支架是用于安装充电电池的塑料件,其内部安装有电子元器件实现充电功能,正极支架属于壳体类产品,它的内部与电池相配合,在4个方向需要设计抽芯机构,此类支架类模具结构较为复杂,具有典型性,笔者根据某正极支架塑件的特点进行了成型工艺分析,并设计了相应的抽芯机构和注塑模具,可为同类塑件的工艺优化及模具设计提供借鉴。

1 塑件工艺分析

1.1 塑件的材料性能分析

该塑件是一种安装电池的塑料支架,生产批量较大,图1为应用UG NX10.0软件设计的塑件三维图,材料为质量分数10%玻璃纤维增强聚苯醚共聚物(PPE/10%GF),成型工艺性较差,收缩率取为0.4%,密度为1.20~1.26 g/cm³,具有良好热稳定性、耐化学性能、尺寸稳定性及较好力学性能^[1-2]。

基金项目:江苏省第五期“333高层次人才培养工程”项目(苏人才办[2018]26号),江苏省住建厅科技计划项目(2018ZD69)

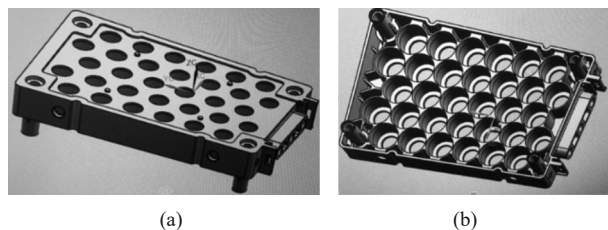
通信作者:范玉,教授,主要从事模具设计与制造、机械制造与自动化专业教学与科研工作

收稿日期:2022-09-08

引用格式:范玉,黄继战,范佳琦.电池正极支架成型工艺分析及其注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(11):102-107.

Fan Yu, Huang Jizhan, Fan Jiaqi. Molding process analysis of battery positive pole bracket and its injection mould design[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11): 102-107.

该塑件外形尺寸为162 mm×96 mm×29 mm,体积为94 cm³,壁厚均值为1.8 mm,脱模斜度设为1.2°。塑件表面无特殊要求,尺寸精度要求较高,翘曲变形应小。该塑件内部需要安装电池,外部需要固定,配合尺寸精度选用MT3级。该塑件外侧面有较多的异形孔,笔者通过采用一种特殊的顺序外抽芯机构,成功地解决了模具结构的难点问题,模具采用一模一腔的四边外抽芯三板式模具结构^[3]。



a—外部结构; b—内部结构

图1 正极支架

1.2 塑件模流分析

Moldflow 模流分析软件在注塑模具设计中的作用非常重要,模流分析能够获得最佳的模具设计方案,减少模具后期反复试模和修模的次数,缩短模具的制造周期,提高塑件成型合格率,降低模具的设计制造成本。笔者应用Moldflow 模流分析软件,对正极支架注塑工艺进行了优化分析,确定了最优的工艺方案。

将正极支架模型以STL格式导入至Moldflow 分析软件中,对其进行双层面网格(Fusion)划分,通过多次网格诊断与优化,来提高网格质量,进而提高分析的准确性、可靠性。单元纵横比对分析计算的准确性有较大的影响,纵横比的推荐最小值为1~2,推荐最大值为15~16。图2为修补合格的网格模型,经网格状态统计可知,该模型共有66 566个三角形单元,最大纵横比为15.6,最小纵横比1.28,平均纵横比2.66,自由边、交叉边均为0,无相交单元和重叠单元,匹配百分率为93.5%,能够满足填充、保压、冷却及翘曲的分析要求^[4]。

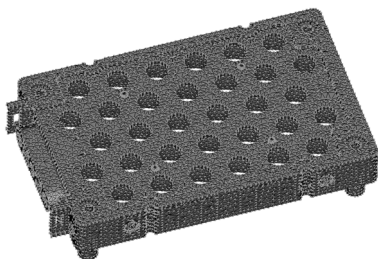


图2 修补合格的网格模型

1.3 原材料参数属性及成型工艺参数设置

通过Moldflow 2012中文版软件查询得到塑件PPE/10%GF材料的属性,根据PPE/10%GF材料的黏度曲线图及对应的压力体积温度PVT曲线图,得到推荐成型工艺参数:模具的表面温度为80℃、模具温度变化范围70~90℃、熔体温度范围280~300℃、顶出温度131℃、最大剪切应力为0.45 MPa、最大剪切速率5 000 s⁻¹。上述参数供设计师在设定工艺参数时参考^[5]。

2 模具结构设计

2.1 分型面的选择

分型面的设计是模具设计的重要环节,模具分型面的选择决定了模具结构的复杂程度,影响塑件质量、开模后塑件的脱模形式,根据模具分型面的选择原则,考虑塑件的装配要求及开模取出塑件的难易程度,分型面一般设在最大轮廓处,根据正极支架塑件特点,模具分型面应选择在如图3所示的A-A处^[6]。

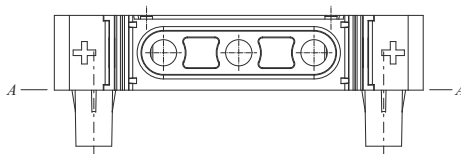


图3 分型面位置

2.2 浇注系统设计

浇注系统由主流道、分流道及浇口组成,在模具结构中的作用是引导熔体进入模具型腔,使型腔内的气体顺利地排出,在熔体填充型腔及逐渐凝固的过程中,把压力传到型腔各个部位,以获得尺寸稳定的塑件,选择正确的浇口位置是保证产品成型质量的前提条件。图4为浇口位置分析结果图,图中颜色最深的位置为浇口最佳位置^[7]。结合图4并考虑到塑件外观质量要求高的特点,通过分析、比较,最终将点浇口位置确定在塑件上面,采用3个浇注点,塑件装配后浇口痕迹不可见^[8]。

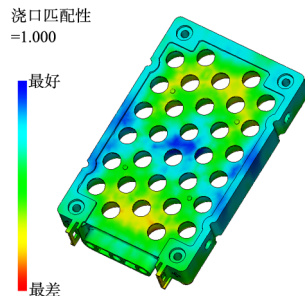


图4 浇口位置分析结果图

为了实现该塑件的节材及大批量生产,保证塑件成型质量,正极支架模具浇注系统采用双分型面三个点浇口进料的浇注系统,其速度/压力切换时的压力图,如图5所示。

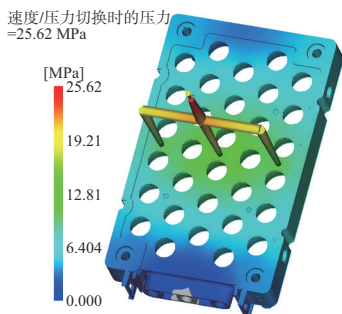


图5 速度/压力切换时的压力图

图6为设计的浇口套图。图6中,主流道位于模具中心线上,其端面与喷嘴接触处设计成半球形,球半径为20 mm。为了便于浇注系统凝料的取出,主流道设计成圆锥形,小端直径取5 mm,大端直径取8.2 mm,表面粗糙度值为 $0.8 \mu\text{m}$,主流道末端设置带有拉料杆的冷料穴。分流道截面采用 $6 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ 的梯形截面,针点浇口直径为1.3 mm。主流道尺寸如图6所示。

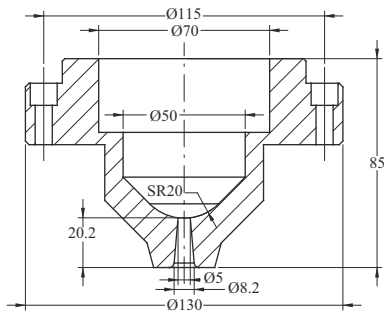


图6 浇口套图

2.3 模具成型零件设计

成型零件主要由型腔、型芯及成型滑块组成。型腔和型芯零件应具有足够的强度、刚度、硬度、耐磨性。结合塑件生产批量,成型零件选材为P20模具钢。考虑到型腔加工容易以及为节省优质钢材,采用整体嵌入式结构,由于模具采用了一模一腔的针点浇口进料方式,故模架选择为三板式结构。图7为型腔镶件图,图8为型芯镶件图。根据镶件尺寸,并考虑模具抽芯结构、冷却水道因素,选择标准模架,型号为龙记DCI-3045-A60-B110-C90^[8]。

2.4 模具侧抽芯机构设计

该正极支架在四个侧壁上具有倒扣特征,为使塑件在顶出之前完成侧抽芯,模具上需在4个方向

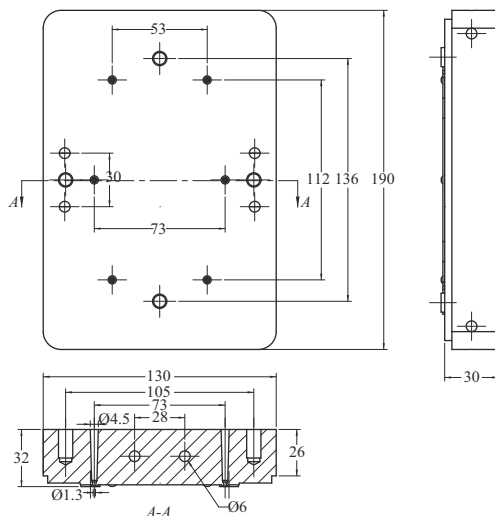


图7 型腔镶件图

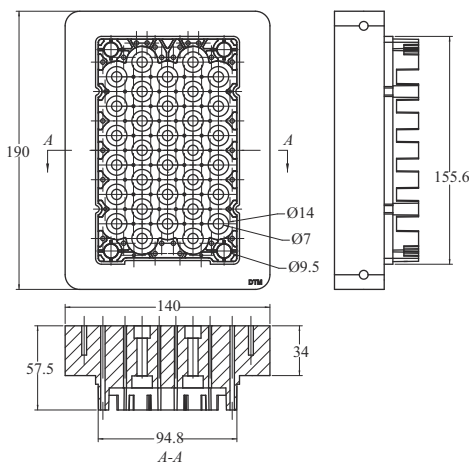


图8 型芯镶件图

上设计侧抽芯机构^[2]。

(1)侧抽芯距的确定。

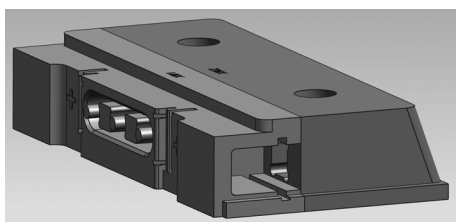
抽芯距是侧抽芯机构设计的重要参数之一,一般规定:

$$S=T+l \quad (1)$$

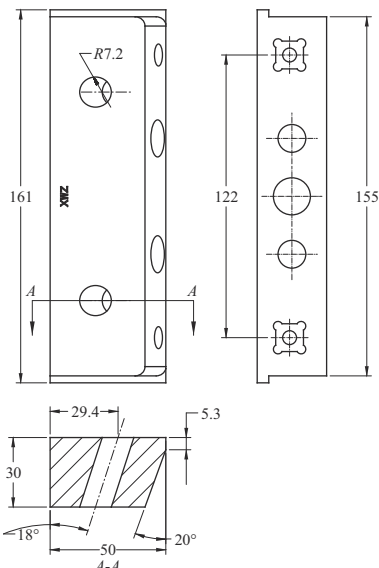
式(1)中 S 为抽芯距, T 为产品侧孔深度, l (2~5 mm)为安全距离。

(2)宽度方向侧抽芯方案的确定。

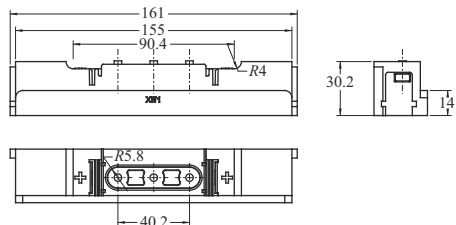
由图1可知,塑件的宽度一侧有两个十字槽、两个长方孔,十字槽与长方孔如果同时抽芯存在干涉,导致模具结构复杂,成为本模具设计的难点。笔者创新设计了图9所示的一套斜导柱滑块抽芯方案,采用在成型滑块开设道轨方法,完成两个相互垂直方向的抽芯,设计了实现二次顺序脱模的抽芯机构。其工作原理为:开模时,由于斜导柱驱动力的作用,斜滑块(图9b)在导滑槽导向的作用下向后运动,由于斜滑块与成型滑块(图9c)是活动连接,此



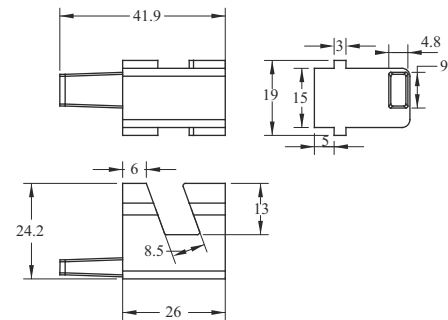
(a)



(b)



(c)



(d)

a—顺序脱模机构三维图；b—顺序脱模机构斜滑块图；
c—顺序脱模机构成型滑块图；d—顺序脱模机构小斜滑块图
图9 宽度方向顺序脱模机构三维图及各主要零件图

时成型滑块没有脱模动作,固定于斜滑块上的斜导块带动小斜滑块(图9d)向另一侧运动,完成长方孔抽芯后,限位螺钉起作用,带动成型滑块一起向后移动,侧型芯完全脱离塑件后,抽芯结束^[9]。

(3)侧抽芯力的计算。

塑料熔体在模腔内冷却收缩时逐渐包紧侧型芯,产生包紧力。因此,抽芯力须克服包紧力和因包紧力而产生的摩擦力。将相关参数代入侧抽芯的计算公式计算可得:长度方向一组抽芯机构侧抽芯力为2 816 N,宽度方向侧抽芯力为5 625 N。

(4)侧抽芯机构的结构。

设计的侧抽芯机构共包含宽度和长度两个方向的机构,宽度方向抽芯机构如图9所示。长度方向有4个侧孔,设置两套相同的抽芯机构完成2个塑件长度方向的抽芯功能,采用“滑块+斜导柱”外侧动模抽芯机构。图10为长度方向抽芯机构图。

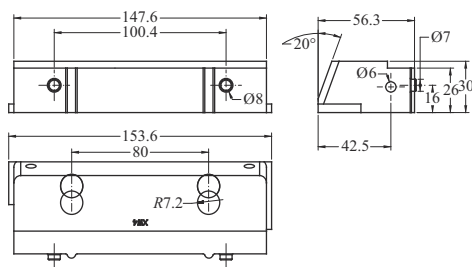


图10 长度方向脱模机构图

2.5 冷却系统设计及翘曲变形分析

流动状态湍流时传热效率高,当雷诺数大于2 200时流体处于过渡流状态,大于4 000时流体处于湍流状态,冷却分析时的默认值为10 000。有效而均匀的冷却对保证塑件质量、提高生产效率非常重要,所以冷却系统设计是注塑模具设计中的重要组成部分^[6]。冷却水路的直径设计为10 mm,其回路冷却液温度分析结果如图11所示。图11表明,冷却水入口温度为25.01℃,出口温度为26.59℃,最大温差为1.58℃,小于温差允许值3℃,说明模具冷却效果良好^[10]。

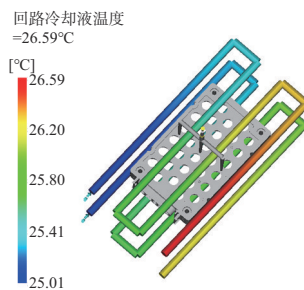


图11 冷却回路液温度

翘曲变形是指塑件的形状偏离模具型腔的形状所规定的范围,在模具注塑过程中,翘曲是由于塑件收缩率不均匀而产生的,它是塑件常见的缺陷之一^[11]。通过塑件翘曲分析,预测成型后的翘曲变

形,从而确定改进方案及措施。塑件翘曲分析结果如图12所示。由图12可知,所有因素对塑件造成的翘曲总变形范围为0.084~0.643 7 mm,在塑件边缘及距离浇口较远处变形较大,由于塑件尺寸较大,变形结果可以接受。收缩不均为该塑件翘曲变形的主要影响因素,收缩不均引起的变形可以通过调整保压方法进行优化,模具结构不受影响^[11-12]。

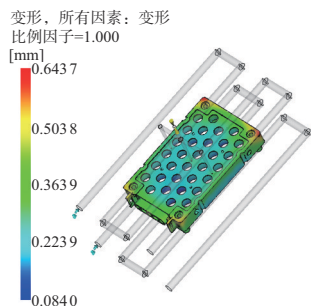
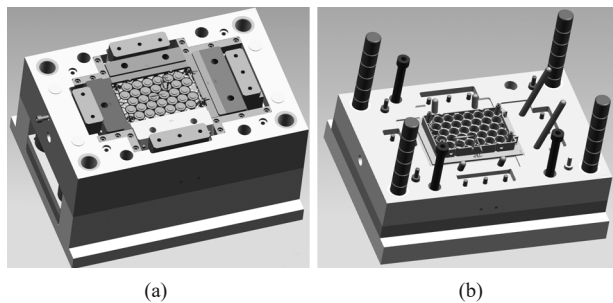


图12 翘曲变形

2.6 模具整体结构设计

结合上述模流分析结果,利用UG NX10.0软件

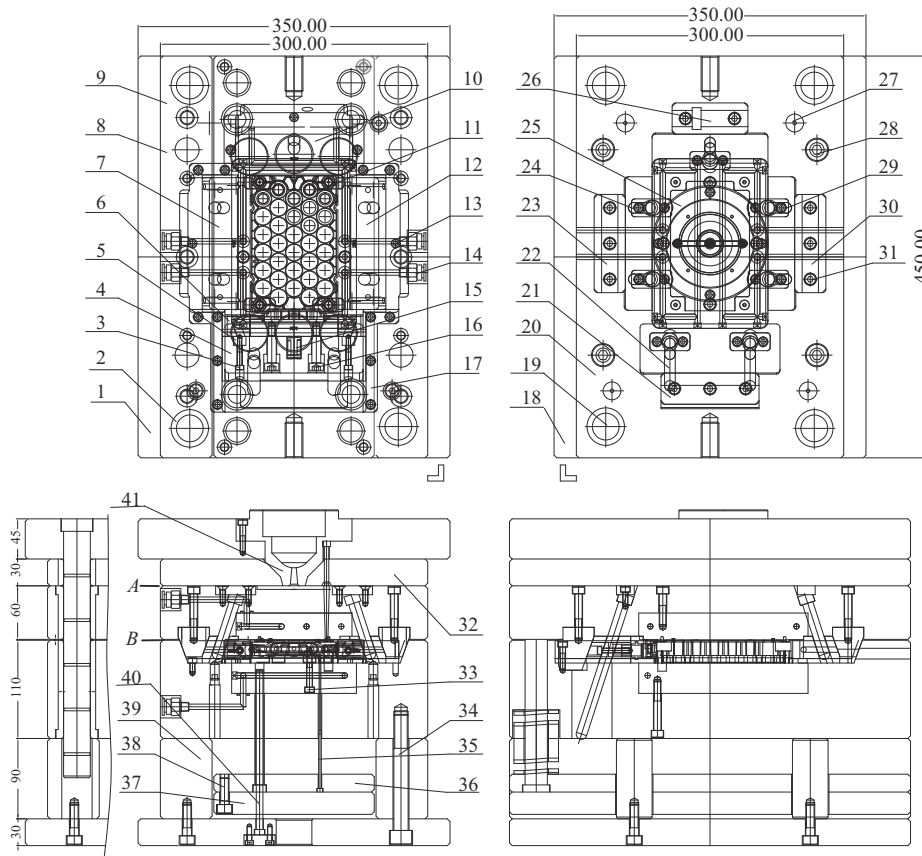
对塑件进行模具优化设计,绘制的模具3D结构图如图13所示,该模具的滑块机构能够实现两个相互垂直方向的脱模,完成顺序脱膜。



a—动模; b—定模

图13 模具3D结构图

模具总体结构为一模一腔的三板式模具,绘制的模具工程图如图14所示。对于注塑机,选择螺杆式,其型号为XS-ZY-125/90,该注塑机的最大注射量为125 cm³,注塑压力为120 MPa,最大锁模力为900 kN^[13]。



1—定模座板; 2—导套; 3,31,33—螺钉; 4,7,10,12—斜滑块; 5—斜滑块; 6—小斜滑块; 8—型腔固定板; 9—压板螺钉; 11—塑件; 13—限位螺钉; 14—水嘴; 15—成型滑块; 16—弹簧; 17—限位螺栓; 18—动模座板; 19—导柱; 20—动模板; 21,23,26,30—斜楔; 22,24,29—斜导柱; 25—型芯镶块; 27—阻尼扣塞; 28—定距拉杆; 32—水口推板; 34,38—螺栓; 35—推杆; 36—推杆固定板; 37—推杆垫板; 39—模腿; 40—型芯; 41—浇口套

图14 正极支架模具的结构

3 模具的工作过程

合模时,在导柱19、导套2的共同作用下模具闭合,熔融的塑料从喷嘴经流道及三个针点浇口注入注塑模具的模腔,保压冷却后,注塑机带动动模部分向后移动,因阻尼扣塞27对型腔固定板8的摩擦阻力,在两个分型面中,分型面B打开将非常困难,分型面A在克服针点浇口与塑件11的连接力后首先打开,凝料留在水口推板32上,打开的距离应保证用机械手可将浇注系统凝料从浇口套41里取出;模具第一次分型后,动模移动距离达到定距拉杆28的限位距离时,分型面B打开,同时进行侧向抽芯,在斜导柱的作用下,斜滑块7、斜滑块10、斜滑块12向后移动,脱离塑件,同时,斜滑块4带动斜导块5拨动小斜滑块6向与之垂直的方向运动,小斜滑块6脱离塑件后,在限位螺栓17起作用后,斜滑块4带动成型滑块15脱离塑件,实现顺序脱膜,顶出机构推动推杆垫板37及推杆固定板36向前运动,推杆35推出塑件11。塑料件11脱模后,在预复位弹簧及复位杆的作用下,推出机构复位^[14-15]。

4 结语

应用Moldflow软件对塑件进行填充、冷却及翘曲注塑工艺过程仿真,设计了合理的浇注系统、冷却系统,应用UG12.0设计了正极支架模具结构图及其外抽芯机构,实现了顺序脱膜。实践证明,设计的正极支架注塑模具结构具有新颖性,生产出的正极支架塑件质量达到设计要求。

参考文献

- [1] 黄继战,侯世赞,仇文宁,等.模流分析在汽车后视镜外壳模具设计中的应用[J].塑料科技,2019,47(10):96-101.
Huang Jizhan, Hou Shiyun, Qiu Wenning, et al. Application of mould flow analysis in design of hot runner mould for automotive rearview mirror shell[J]. Plastics Science and Technology, 2019, 47(10):96-101.
- [2] 徐佩弦.塑料注射成型与模具设计指南[M].北京:机械工业出版社,2013.
Xu Peixuan. Guidelines for plastic injection molding and mold design[M]. Beijing:China Machine Press, 2013.
- [3] 王丽丽,党新安,杨立军.基于UG和Moldflow的垃圾桶上盖注塑模具设计[J].塑料,2011,40(3):7-9.
Wang Lili, Dang Xinan, Yang Lijun. Garbage can up-cover injection mold design based on UG and Moldflow[J]. Plastics, 2011, 40(3):7-9.
- [4] 蔡厚道.基于UG和Moldflow的塑料外壳注塑模具设计与数控加工[J].塑料,2015,44(6):89-92.
Cai Houdao. Plastic shell injection mold design and CNC machining based on UG and Moldflow[J]. Plastics, 2015, 44(6):89-92.
- [5] 冯文健,黄镇谨,王华金.数据线插头盖二次顶出斜顶脱模机构及注塑模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(7):93-99.
Feng Wenjian, Huang Zhenjin, Wang Huajin. Design of injection mould and inclined top ejecting mechanism with secondary ejection of data line plug cover[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(7):93-99.
- [6] 麻春英.基于CAD/CAE窄筋连接电脑电池薄壳件的注塑模设计[J].塑料科技,2015,43(5):73-76.
Ma Chunying. Injection mold design based on CAD/CAE narrow ribs connecting thin shells of computer batteries[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(5):73-76.
- [7] 查东,匡唐清,刘文文等.模流分析在电饭煲上盖注塑模具设计中的应用[J].塑料,2017,46(3):103-108.
Cha Dong, Kuang Tangqing, Liu Wenwen, et al. Application of Moldflow in the design of injection molds for a rice cooker upper lid[J]. Plastics, 2017, 46(3):103-108.
- [8] 范玉,孙智.塑料盖板注塑模具设计[J].塑料科技,2015,43(9):60-63.
Fan Yu, Sun Zhi. Design of hot punner injection mold and for plastic cover[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(9):60-63.
- [9] 范玉,张君伟,赵阳培.音响面板热流道注射模具设计[J].工程塑料应用,2015,43(8):73-76.
Fan Yu, Zhang Junwei, Zhao Yangpei. Audio panel hot runner injection mold design[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(8):73-76.
- [10] 范玉,范佳琦.移动硬盘壳精密热流道注塑模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(1):97-101.
Yu Fan, Fan Jiaqi. Design of injection mold for precision hot runner of mobile hard disk case[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(1):97-101.
- [11] 黄继战,陈炜,仇文宁,等.汽车音响面板热流道注射成型工艺优化研究[J].塑料工业,2019,47(9):81-85.
Huang Jizhan, Chen Wei, Qiu Wenning, et al. Research on optimization of hot runner injection molding process of car audio panel[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(9):81-85.
- [12] 黄继战,范玉.汽车侧后视镜壳体注塑模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(5):110-113.
Huang Jizhan, Fan Yu. Automotive side mirror housing injection mold design[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(5):110-113.
- [13] 沈言锦.饮水机接线端外壳注塑模具设计[J].工程塑料应用,2016,44(9):79-82.
Shen Yanjin. Mold design of drinking machine terminal shell[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(9):79-82.
- [14] 赵苗,辛勇.注塑制品翘曲变形的研究进展[J].中国塑料,2012,26(4):66-71.
Zhao Miao, Xin Yong. Research progress in warpage of injection molded parts[J]. China Plastics, 2012, 26(4):66-71.
- [15] 范玉,钟兴,范佳琦.汽车音响塑料件模具设计及成型工艺优化[J].工程塑料应用,2015,43(12):76-80.
Fan Yu, Zhong Xing, Fan Jiaqi. Automobile audio plastic mold design and molding optimization[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(12):76-80.