

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.11.017

汽车用前保险杠注塑模具设计及试验验证

朱军¹, 黄可²

(1. 江苏联合职业技术学院无锡机电分院, 江苏无锡 214000; 2. 常州机电职业技术学院机械工程学院, 江苏常州 213164)

摘要: 对某型号汽车前保险杠结构进行特征分析,发现制品上倒扣特征及侧孔特征分布较多,不能顺利脱模,需设置多组抽芯机构。保险杠两侧侧孔中心线与开模方向不共线,不能直接开模,针对部分侧孔特征设计了抽芯机构;制品定模侧存在台阶侧孔,无法从动模侧设计抽芯机构,在定模设计了气缸装换抽芯机构;顶出系统采用“镶件+直顶+斜顶”顶出方式,最大程度增加了制品与顶出系统的接触面积,针对不能设置镶件的区域,设置直顶杆及斜顶杆。考虑料流等长及均衡充填,制品每侧设置4个浇口,保证了充填效率及熔接效果,在制品中心线上设置了“料流回路”,将熔接状态较差的料流前锋引出制品外侧,保证了制品外观面光泽均匀。经试验验证,制品充填饱满,没有溢料飞边等缺陷,外观面光泽均匀,没有缩痕及熔接痕产生,验证了热流道布局合理,“料流回路”设置恰当;倒扣特征及侧孔特征成型完全,没有出现破孔及拉伤缺陷,验证了各抽芯机构设计合理,机构动作准确,相互间没有干涉。

关键词: 前保险杠;倒扣特征;抽芯机构;定模;动模;顶出方式;料流回路;热流道布局

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)11-0116-06

Design and test verification of injection mould for automobile front bumper

ZHU Jun¹, HUANG Ke²

(1. Wuxi Machinery and Electron Branch, Jiangsu Union Technical Institute, Wuxi 214000, China;

2. School of Mechanical Engineering, Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract : By analyzing the characteristics of the front bumper structure of a certain model of automobile, it is found that the features of upside-down and side holes in the product are more distributed, and the mould can not be removed smoothly, so it is necessary to set several groups of core pulling mechanisms. The center line of the side hole on both sides of the bumper is not collinear with the direction of the mould opening, so the mould cannot be opened directly. There are step holes in the mould side of the product, and the core pulling mechanism cannot be designed from the mould side, so the cylinder loading and replacing core pulling mechanism is designed in the mould. The ejector system adopts the ejector mode of "insert + straight top + inclined top" to maximize the contact area between the product and the ejector system. For the area where the insert cannot be set, the straight ejector rod and the inclined ejector rod are set. Considering the equal length of the material flow and balanced filling, 4 gates are set on each side of the product to ensure the filling efficiency and welding effect. A "material flow loop" is set on the center line of the product, and the material flow front with poor welding state is led out of the product to ensure the uniform appearance of the product. The test verifies that the product is full filled, there are no defects such as overflow and flash, the appearance of uniform luster, no shrinkage and welding marks, which verifies that the hot runner layout is reasonable and the "material flow loop" is set properly. The reverse buckle feature and side hole feature are completely formed, and there are no broken holes and strains, which verifies that the design of each core pulling mechanism is reasonable, the mechanism action is accurate, and there is no interference between each other.

Keywords : front bumper ; back-off feature ; core pulling mechanism ; fixed mould ; dynamic mould ; ejector mode ; material flow loop ; hot runner layout

基金项目: 江苏省职业教育“双师型”名师工作室项目

通信作者: 黄可, 高级实验师, 主要从事模具设计研究

收稿日期: 2024-08-25

引用格式: 朱军, 黄可. 汽车用前保险杠注塑模具设计及试验验证[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(11): 116-121.

ZHU Jun, HUANG Ke. Design and test verification of injection mould for automobile front bumper[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(11): 116-121.

汽车保险杠不仅有装饰功能,更重要是具有吸收及缓和外界冲击力、保护车身及乘客安全的功能。贾慧芳等^[1]搭建前保险杠离散化模型,得到其薄弱点位于前保险杠下端的安装孔处;赵利平等^[2]针对汽车后保险杠设计了7个顺序阀热嘴,配合隐蔽的搭底进胶方式,获得了成型效果良好的制品。植才华^[3]和谭安平^[4]为了防止汽车注塑模具变形,将定模设计成整体结构。上述研究对笔者有一定的启发,但仍不能解决狭小空间内抽芯机构间不干涉及定位精准差等关键技术问题。

笔者以某型号汽车用前保险杠三维制品为研究对象,分析制品成型难点,设计模具结构,说明模具工作主要原理,并进行试验验证。

1 保险杠结构及成型难点分析

某型号汽车前保险杠结构如图1所示。保险杠材料选用上海普利特复合材料股份有限公司的改性聚丙烯(PP-T20),牌号A5132T,密度 0.90 g/cm^3 ,具有高刚性,中等流动性及优异的综合性能。该保险杠整体外形呈拱形,尺寸为 $1\,826\text{ mm}\times 780\text{ mm}\times 600\text{ mm}$,平均壁厚约 3 mm ,表面积 $2\,604\,652\text{ mm}^2$,体积 $3\,392\,277\text{ mm}^3$,质量 4.08 kg 。

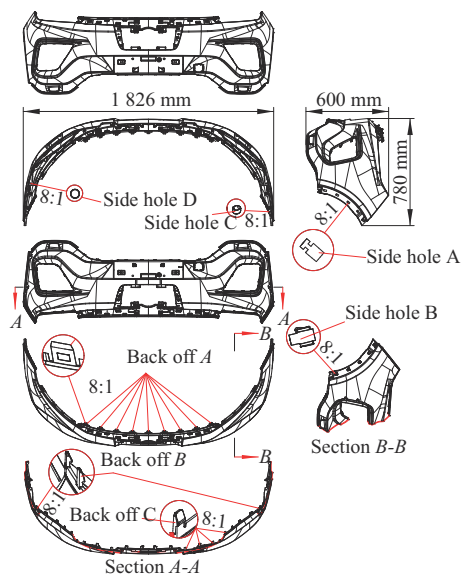


图1 前保险杠产品结构

Fig. 1 Front bumper product structure

制品表面为外观面,要求不能出现飞边、毛刺、缺料、熔接痕等缺陷^[5-6]。制品上分布较多倒扣特征及侧孔特征,不能顺利脱模,提取倒扣特征及侧孔特征中心线及轮廓曲线,计算抽芯距离,发现需设置多组抽芯机构^[7]。本制品成型难点主要有:分型面确定及抽芯机构设计问题;产品热流道系统设计

及浇注位置确定问题;斜导柱-滑块机构与斜顶抽芯间的干涉问题;倒扣特征及侧孔特征抽芯方式选择问题;顶出系统设计问题;水路设计与抽芯机构干涉问题;制品单重大,需较大的锁模力及较大的熔体填充量问题等^[8-10]。

2 模具设计

2.1 分型线及进胶位置确定

将制品最大投影面积截面垂直于Z轴放置,具体如图2a所示。提取制品轮廓线,将最外侧轮廓线在曲面上向内侧偏置 2 mm ,获得主分型线,保证了制品外观面为完整曲面;将车灯罩区域轮廓线向外侧偏置 2 mm ,获得次分型线(图2b),确保灯罩区域不会产生夹痕。为了使保险杠制品顺利脱模,设置直顶及斜顶,顶杆位置呈左右均匀对称布置,单侧灯罩区域设置11个顶杆位置。

制品整体以中心线左右对称,考虑料流等长及均衡充填,制品每侧设置4个浇口,保证充填效率及熔接效果^[11]。在制品中心线上设置“料流回路”,“料流回路”出入口长度 12 mm ,厚度 0.2 mm ;将熔接状态较差的料流前锋,引出制品外侧,保证制品外观面光泽均匀,成型后将“料流回路”去除即可。

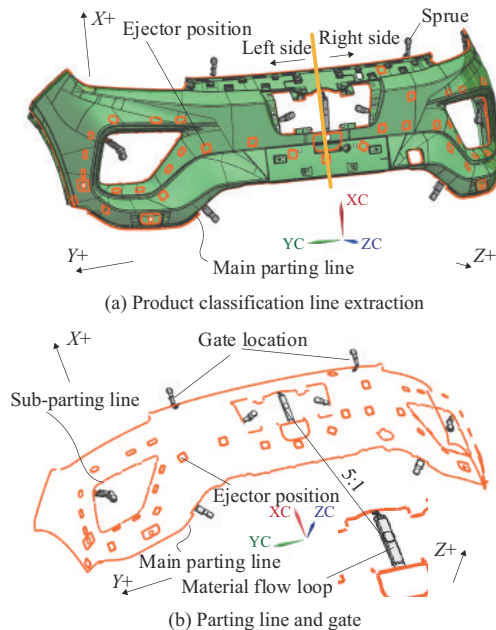


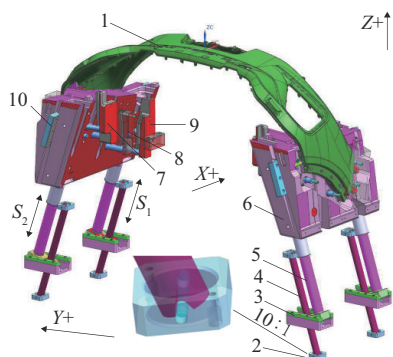
图2 分型线确定及浇口设置

Fig. 2 Parting line determination and gate setting

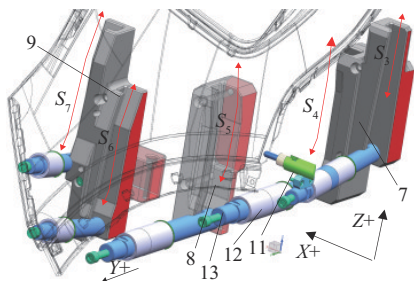
2.2 动模侧孔抽芯机构设计

保险杠两侧侧孔中心线与开模方向不共线,不能直接开模,针对部分侧孔设计抽芯机构,具体如图3所示^[12]。抽芯机构7~9安装在动模板内,模具顶

出初期保持原位不动,其上的导向槽驱动各导杆沿既定轨迹往复运动,通过方向转换机构,将动力传递至各抽芯入子,实现制品侧孔的优先抽芯;待侧孔抽芯完成,顶杆继续顶出,将斜顶基座6向制品内侧分离,实现侧抽芯。导轨底座2内设置旋转销,顶出过程中,导轨4沿其中心旋转,降低了导轨4的扭曲应力,提高了模具整体使用寿命;导轨4及顶杆5通过浮动基座3连接,动力传递更具柔性,导轨4及顶杆5可以在浮动基座3内沿其轨道移动;斜顶基座6在导向块10的约束下,在动模板内沿既定轨迹移动。



(a) Side hole core pulling mechanism



(b) Movement path of side hole core-pulling mechanism

1—Product; 2—Rail base; 3—Floating base; 4—Guide rail; 5—Post rod; 6—Lifter foundation; 7—Core-pulling mechanism 1; 8—Core-pulling mechanism 2; 9—Core-pulling mechanism 3; 10—Guide block; 11—Core-pulling insert; 12—Guide sleeve; 13—Leader;
 $S_3 \sim S_7$ —Movement direction of each guide bar

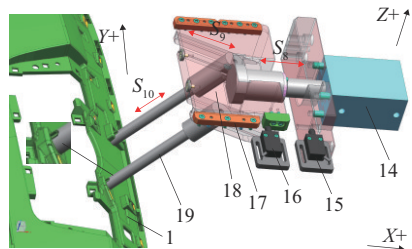
图3 动模侧孔抽芯机构及机构运动方向

Fig. 3 Side hole core-pulling mechanism on moving mould and its movement direction

2.3 定模侧孔抽芯机构设计

制品定模侧存在台阶侧孔,无法从动模侧设计抽芯机构,设计气缸装换抽芯机构,具体如图4所示。气缸14驱动滑块基座18作 S_8 向运动;滑块基座18内的导向槽驱动抽芯入子19作 S_{10} 向运动,实现抽芯入子19的抽芯动作;定模内设置滑道,抽芯入子19与滑道适配,抽芯入子19只能在滑道内沿滑

道中心线运动;设置开模限位装置15及合模限位装置16,限制滑块基座18的行程范围,保证合模后抽芯入子19定位准确。



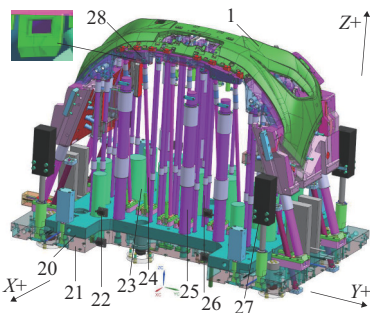
1—Product; 14—Air cylinder; 15—Mould-opening limit device; 16—Mould-closing limit device; 17—Guide batten; 18—Slider base; 19—Core-pulling insert; S_8 —Direction of cylinder movement; S_9 —Movement direction of core-pulling insert in slider base; S_{10} —Moving direction of core-pulling insert

图4 定模侧孔抽芯机构及机构运动方向

Fig. 4 Side hole core-pulling mechanism of fixed mould and its movement direction

2.4 顶出系统设计

制品投影面积大且壁厚薄,若顶出系统设计不合理,很容易造成制品缺陷甚至制品报废。采用“镶件+直顶+斜顶”顶出方式,最大程度增加了制品与顶出系统的接触面积,针对不能设置镶件的区域设置直顶杆及斜顶杆,具体如图5所示。



1—Product; 20—Ejector plate; 21—Push plate; 22—Push-plate limit device; 23—Supporting pillar; 24—Angle ejector rod; 25—Ejector guide pillar; 26—Straight ejector pin; 27—Nitrogen spring; 28—mould insert

图5 顶出系统

Fig. 5 Ejector system

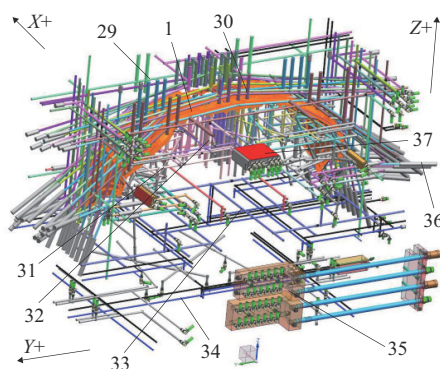
对于制品 X^+ 向的一组倒扣特征,利用斜顶杆24结合镶件28,实现倒扣特征抽芯,斜顶杆24底部设置浮动基座,可以减小斜顶杆24的扭曲应力;设置顶针板20及推板21,各项针及斜顶固定于顶针板20上,推板21用于注塑机顶杆将顶出系统推出;设置推板限位装置22,限定推板的运动行程;设置支撑柱23,以提高动模板的整体刚性,保证动模板在较大锁模力作用下,仍有较高精度;设置推板导柱

25、氮气弹簧27(有一定导向作用),保证顶出系统运动平稳及顶出结束后,在氮气弹簧27作用下,各成型镶件及顶出机构能快速复位,避免各机构间干涉,提高模具整体安全性。

2.5 模温系统设计

模温对制品成型后质量影响较大,模温控制可以通过设置热电偶加热及冷却水路冷却实现,具体布局如图6所示^[13]。本模具模温系统主要有4部分组成,分别为定模水路29、动模水路31、加热电偶33、滑块水路34。

定模水路29区域内,水路沿制品外轮廓开设,距制品表面15 mm,针对无法开设水路的区域,设置定模隔水管30,隔水管直径20 mm,距制品表面5 mm。动模侧,滑块及顶针较多,水路开设受到许多限制,在滑块基座内开设冷却水路,使冷却水路更靠近制品;其余部位则设置动模隔水管32,以使动定模冷却均衡,避免因冷却不均造成的制品翘曲变形。在动模侧动模板底部,设置加热电偶33,以使模具初始温度快速达到预设值,达到理想注塑状态。动定模两侧设置定模集水排37及动模集水排35,便于冷却水路的串联及回流,可以精准获得进出口冷却水路温度差,实时掌握注塑动态。



1—Product; 29—Fixed mould waterway; 30—Fixed mould riser;
31—Moving-mode waterway; 32—Moving-mould riser; 33—Heating couple; 34—Slider waterway; 35—Moving mould drain;
36—Quick connection device; 37—Fixed mould drain

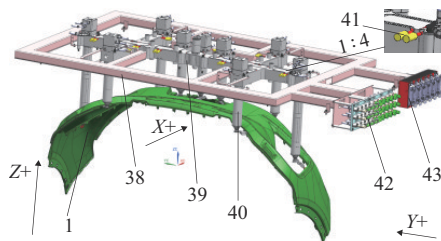
图6 模温系统

Fig. 6 Mould temperature system

2.6 热流道系统设计

根据所设计的进胶位置,设计热流道系统,具体如图7所示^[14]。设置热流道板39,注塑机内熔体先进入热流道板39内,经加热、保温、分流,传递至各二级热唧咀;设置多组二级热唧咀40,能够将熔融料流送至各进胶位置;设置控温线圈41、加热线

圈接口43及感温传感接口42,可以精准控制熔体成型状态,保证各二级热唧咀出口状态一致,实现均衡充填;设置热流道固定架38,保证各二级热唧咀与模具的相对位置恒定。



1—Product; 38—Hot runner holder; 39—Hot runner plate;
40—Two stage hot nozzle; 41—Temperature control coil;
42—Temperature sensing interface; 43—Heating coil interface

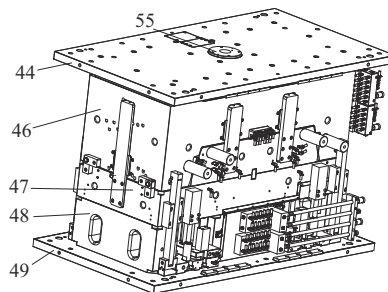
图7 热流道系统

Fig. 7 Hot runner system

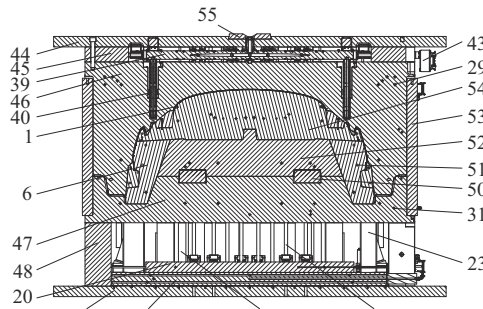
3 模具工作原理

模具总装图如图8所示。工作原理如下:

注塑。注塑机射嘴内熔融料流经定位圈55定



(a) Mould axonometric drawing



(b) Mould final assembly section

1—Product; 6—Lifter foundation; 20—Ejector plate; 21—Push plate;
23—Supporting pillar; 24—Angle ejector rod; 25—Ejector guide pillar;
29—Fixed mould waterway; 31—Moving mould waterway;
39—Hot runner plate; 40—Two stage hot nozzle; 43—Heating coil interface; 44—Top tray; 45—Hot runner fixing plate; 46—Fixed mould plate;
47—Moving mould plate; 48—Mould foot; 49—Base plate; 50—Set piece; 51—Lifter foundation waterway; 52—Moving mould insert;
53—Crash bar; 54—Moving core; 55—Locating ring

图8 模具总装图

Fig. 8 Mould assembly drawing

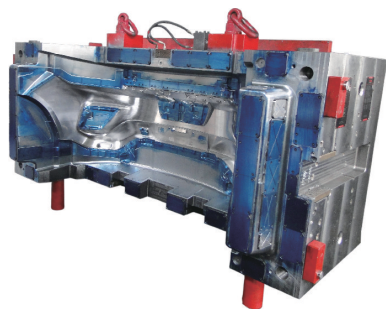
位,快速进入热流道板39,在热流道板39内继续加热塑化,经二级热唧咀40分流输送至各进胶点。直至熔体全部充满模腔,为了预防制品体积收缩,设置保压,保压的同时,动定模模温系统同时工作,降低制品翘曲倾向。

开模及顶出。开模前,定模抽芯部分在气缸作用下首先完成抽芯;动定模分离,进胶凝料跟随制品留在动模。注塑机顶杆驱动推板21运动,推板21在推板导柱25作用下,沿既定方向运动,各斜顶杆同步完成侧向抽芯;斜顶基座6侧向移动,同时各侧孔抽芯机构在既定导轨约束下,沿既定方向完成侧孔抽芯;随后,注塑机顶杆继续顶出,制品被完全顶出动模。

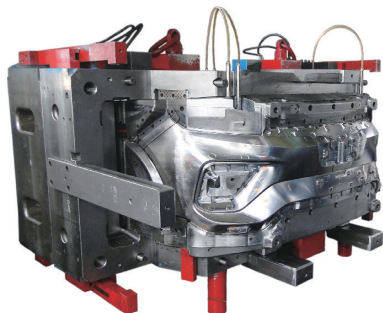
合模。制品取出后,注塑机顶杆回退,推板21在氮气弹簧作用下,带动各斜顶机构复位;复位后在动定模两侧喷涂脱模剂,便于下次制品脱模。热流道状态检测正常,模具合模,进入下一成型周期。

4 试验验证

试验现场模具结构如图9所示。将上海普利特复合材料股份有限公司的PP-T20料在100℃干燥条件下干燥2h。为了避免熔体高温或挤压炭化,将注塑机料筒第四段温度设置为220℃,热流道板内温度设计为225℃,二级热唧咀内温度设置为230℃。因二级热唧咀较多,设置注塑速度为低速,



(a) Cover half



(b) Movable mould

图9 动定模结构

Fig. 9 Moving and fixed mould structure

注塑压力设置为50 MPa,背压设置为0.8 MPa(缩短预塑周期)。注塑开始前,通过模具加热电偶,将模具温度调整为60℃,改善熔体前锋充填状态。

成型后制品如图10所示。制品充填饱满,翘曲量极小,没有溢料飞边等缺陷,外观面光泽均匀,没有缩痕及熔接痕产生,验证了热流道布局合理,“料流回路”设置恰当。倒扣特征及侧孔特征成型完全,没有出现破孔及拉伤缺陷,验证了各抽芯机构设计合理,机构动作准确,相互间没有干涉。

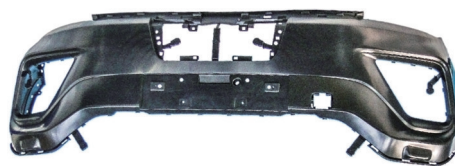


图10 成型后制品

Fig. 10 Finished product

5 结论

(1)对某型号汽车前保险杠结构进行了特征分析,制品上分布较多倒扣特征及侧孔特征,不能顺利脱模,需设置多组抽芯机构。考虑料流等长及均衡充填,制品每侧设置4个浇口,保证了充填效率及熔接效果,在制品中心线上设置了“料流回路”,将熔接状态较差的料流前锋,引出制品外侧,保证了制品外观面光泽均匀。

(2)经试验验证,制品充填饱满,没有溢料飞边等缺陷,外观面光泽均匀,没有缩痕及熔接痕产生,验证了热流道布局合理,“料流回路”设置恰当。倒扣特征及侧孔特征成型完全,没有出现破孔及拉伤缺陷,验证了各抽芯机构设计合理,机构动作准确,相互间没有干涉。

参考文献

- [1] 贾慧芳,黄晖,邱祖峰.汽车前保险杠随机振动疲劳分析与优化设计[J].工程塑料应用,2023,51(9):63-68.
JIA Huifang, HUANG Hui, QIU Zufeng. Random vibration fatigue analysis and optimization design of automobile front bumper[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(9):63-68.
- [2] 赵利平,侯贤州,罗哲,等.汽车后保险杠热流道大型精密注塑模具设计[J].塑料科技,2022,50(12):94-98.
ZHAO Liping, HOU Xianzhou, LUO Zhe, et al. Design of large precision injection mold for hot runner of automobile rear bumper[J]. Plastics Science and Technology, 2022, 50(12):94-98.
- [3] 植才华.汽车保险杠模具结构设计[J].工程塑料应用,2022,50(8):97-102.
ZHI Caihua. Automobile bumper mould structure design[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(8):97-102.
- [4] 谭安平,幸晋渝,刘克威.车用保险杠针阀式浇口顺序进浇数值

- 优化[J].合成树脂及塑料,2022,39(4):55-58.
- TAN Anping, XING Jinyu, LIU Kewei. Numerical optimization of sequential injection of needle valve gate for car bumper[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2022, 39(4):55-58.
- [5] 褚建忠. 基于内分型结构的汽车保险杠注塑模具设计[J]. 现代塑料加工应用, 2021, 33(4):55-59.
- CHU Jianzhong. Design of automobile bumper injection mould-based on inner parting structure[J]. Modern Plastic Sprocessing and Applications, 2021, 33(4):55-59.
- [6] 龚鹏, 周喜良. 保险杠无模脚结构注塑模具设计及校核[J]. 塑料工业, 2020, 48(7):70-73.
- GONG Peng, ZHOU Xiliang. Design and verification of injection mold for bumper foot free structure[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(7):70-73.
- [7] 王新蒙. 显示器底座二次顶出注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2023, 51(2):73-78.
- WANG Xinmeng. Design of secondary ejector injection mold for the base cover of display device[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(2):73-78.
- [8] 王星星, 施允洋, 张杰. 基于响应曲面的卡盖双浇口工艺参数优化与模具设计[J]. 塑料工业, 2024, 52(1):67-75.
- WANG Xingxing, SHI Yunyang, ZHANG Jie. Optimization of injection process parameters and mold design for card-cover based on the response surface methodology[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(1):67-75.
- [9] 张庆, 何也能. 基于Vague集和响应面模型的注塑工艺多目标优化[J]. 塑料工业, 2024, 52(1):93-100.
- ZHANG Qing, HE Yeneng. Multi-objective optimization of injection molding process based on vague set and response surface model[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(1):93-100.
- [10] 刘巨保, 黄建军, 杨明, 等. 基于Moldflow的汽车中控台框架翘曲变形分析及优化[J]. 塑料工业, 2024, 52(3):83-88.
- LIU Jubao, HUANG Jianjun, YANG Ming, et al. Analysis and optimization of warping deformation of automotive center console frame based on moldflow[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(3):83-88.
- [11] 王海兰, 佟伟, 欧相麟, 等. 基于Moldflow的盒型产品的变形优化与机理探究[J]. 塑料工业, 2023, 51(2):90-95, 125.
- WANG Hailan, TONG Wei, OU Xianglin, et al. Deformation optimization and mechanism research of box-shaped products based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2023, 51(2):90-95, 125.
- [12] 温煌英, 赵利平, 刘付国宇. 汽车前保险杠热流道精密注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(3):98-103.
- WEN Huangying, ZHAO Liping, LIU Fuguoyu. Design of precision injection mold for hot runner of automobile front bumper[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(3):98-103.
- [13] 张维合, 冯国树, 宋东阳, 等. 机器人关节轴二次抽芯及随形水路注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2022, 50(3):63-66, 109.
- ZHANG Weihe, FENG Guoshu, SONG Dongyang, et al. Design of injection mold with twice side core-pulling and conformal cooling channel for robot joint axis[J]. China Plastics Industry, 2022, 50(3):63-66, 109.
- [14] 方明月, 张宇, 王彻, 等. 基于粒子群算法的汽车仪表框架注塑工艺参数优化[J]. 塑料工业, 2024, 52(2):79-85, 90.
- FANG Mingyue, ZHANG Yu, WANG Che, et al. Optimization of injection process parameters for automotive instrument framework based on particle swarm optimization algorithm[J]. China Plastics Industry, 2024, 52(2):79-85, 90.