

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.10.015

汽车用升降器薄壁开关面板注塑模具设计

罗彦英¹,梅益¹,唐方艳²,甘盛霖²

(1. 贵州大学机械工程学院, 贵阳 550025; 2. 贵州电子信息职业技术学院, 贵州黔东南苗族侗族自治州 556099)

摘要: 对于内部结构复杂的车用升降器开关面板, 针对其形状不规则多卡扣的特点, 设计了侧向抽芯机构进行成型; 而对零件中不规则盆状凹槽, 采用斜导柱抽芯机构完成异形孔成型。采用UG12.0 Mold Wizard应用模块以确保各个机构间互不干涉。根据车用升降器开关面板结构特点, 采用了组合式凹凸模, 保证塑件顺利脱模。利用Moldflow软件进行DOE分析, 得到了合理的优化参数, 最终选择了熔体温度为230.8℃, 模具表面温度52.5℃, 注塑时间1 s, 开模时间5 s, 保压阶段最大保压压力200 MPa, 保压总时间20 s, 到达顶出温度时间59.21 s, 总冷却时间约38 s的工艺参数组合, 改善了零件的使用性能, 设计的模具结构紧凑、工作稳定。

关键词: 车用升降器开关面板; 斜导柱抽芯机构; 组合式凹凸模; DOE分析

中图分类号: TQ320.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)10-0084-06

Design of Injection Mold For Large Thin-Walled Switch Panel of Automobile Lifter

Luo Yanying¹, Mei Yi¹, Tang Fangyan², Gan Shenglin²

(1. College of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Guizhou Vocational Technology College of Electronics & Information, Qiandongnan Miao and Dong Autonomous Prefecture 556000, China)

Abstract : According to the characteristics of irregular shape and multiple buckles, a lateral core-pulling mechanism was designed for the switch panel of vehicle elevator with complex internal structure. For the irregular basin-shaped groove in the part, the inclined guide post core-pulling mechanism was used to complete the special-shaped hole forming. UG12.0 Mold Wizard application module was adopted to ensure non-interference among institutions. According to the structural characteristics of the switch panel of the vehicle elevator, the combined concave-convex die was adopted to ensure the smooth demoulding of the plastic parts. By using Moldflow software to do analysis, reasonable optimization parameters were obtained. Finally, the process parameters of melt temperature of 230.8℃, mold surface temperature of 52.5℃, injection time of 1 s, mold opening time of 5 s, maximum pressure of 200 MPa in pressure holding stage, total pressure holding time of 20 s, time to reach ejection temperature of 59.21 s and total cooling time of about 38 s were selected, which improved the service performance of parts and designed mold.

Keywords : switch panel of vehicle lifter ; inclined guide pillar core-pulling mechanism ; combined concave-convex die ; DOE analysis

随着汽车制造业的发展,人们对车用塑料配件的各项性能提出了更高要求,为了减轻车身自重,提高汽车性能,汽车内饰件一般选择使用塑料结构^[1-4]。车用升降器开关面板主要承担装配车窗的功能性作用,也是重要的内饰件。由于该件结构复杂,采用常规的注塑成型工艺制造周期长、生产成本低。根据塑件产品特点,笔者设计了一副一模两

腔压板镶拼式侧抽芯注塑模具,且针对注塑成型工艺参数进行了优化。

1 塑件结构与工艺分析

1.1 结构分析

该零件为汽车内部车门用车窗的开关面板。从结构上看,面板四周的卡扣用于安装,起固定作用,对机械强度有一定的要求;另一方面,需要保证

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2020]2Y058号),贵州大学实验室开放项目[SYSKF2022-006]

通信作者: 梅益,教授,主要研究方向为材料成形技术及装备、数值模拟技术

收稿日期: 2022-08-01

引用格式: 罗彦英,梅益,唐方艳,等.汽车用升降器薄壁开关面板注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(10):84-89.

Luo Yanying, Mei Yi, Tang Fangyan, et al. Design of injection mold for large thin-walled switch panel of automobile lifter[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(10): 84-89.

面板尺寸稳定性以满足汽车使用寿命的要求。升降器开关面板塑件为平均厚度 1.75 mm 的薄壁件,塑件外形尺寸为 406 mm×68 mm×57 mm。图 1 为塑件的三维模型。基于 UG12.0 Mold Wizard 应用模块进行模具结构的整体设计,并对模具的开合模过程进行模拟。由图 1 可知,塑件四周分布有较多的固定卡扣;四个内部倒扣;多个尺寸不一的圆孔;尺寸较大的异形孔;一个不规则盆状凹槽且凹槽中还有形状较为复杂的孔等结构。

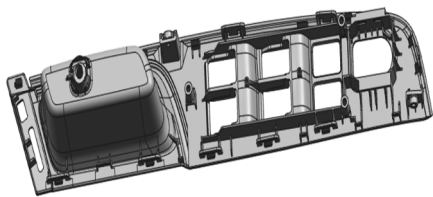


图1 升降器开关面板三维结构

为成型该件的凹槽和卡扣需要设计多个抽芯机构,这会导致注塑填充过程中更易产生翘曲^[5-7]。故采用推杆推出机构,并且塑件采用镶拼方式成型。使用 UG12.0 软件对该件进行壁厚分析,最大壁厚为 4.41 mm,平均厚度为 1.75 mm,表明该件不属于均注塑件,故设置拔模角度为 1°保证脱模过程平稳顺利,壁厚云图如图 2 所示。塑件精度要求为 MT2,无特殊表面粗糙度要求^[8]。



图2 塑件壁厚云图

1.2 工艺分析

升降器开关面板塑件材料选用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)^[9]。该材料具有良好的冲击韧性、力学性能、尺寸稳定性、耐化学性和电性能^[10],易于成型和机械加工,塑件内应力和翘曲变形小,适合注塑成型这种薄壁塑件。

结合升降器的结构特点,设计组合式的凹凸模结构,采用扇形浇口形,分流道直径为 7 mm,长度为 15 mm。塑件顶出时体积收缩率最大为 6.7%,实际注射量为 398.61 cm³,为保证塑件质量需要足够的保压压力,选用 SZ-10000/1600 型号的注塑机。其

中注塑机的理论注射量为 10 000 cm³,注射压力为 140 MPa,顶出力为 151 kN,所选择注塑机型号满足工艺需求。

2 模具结构设计

2.1 确定分型面

升降器开关面板的分型面选择其最大截面轮廓处,如图 3 所示。选择该分型面便于塑件脱模且有效降低了塑件成型过程中产生气穴,造成塑件精度下降的影响,从而保证产品的精度和质量^[9]。

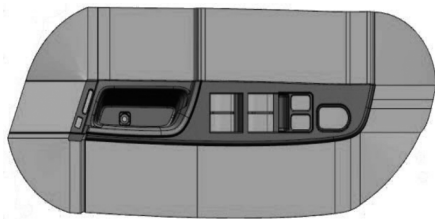


图3 分型面位置

2.2 升降器开关面板抽芯机构

(1) 侧向抽芯机构。

由图 1 可知,塑件两侧卡扣过多,故两侧需要抽芯位置过多,为了简化模具设计,提高加工效率保证塑件精度,将抽芯机构设计为整体,整体抽芯由三个斜销抽芯组成共同完成抽芯。为避免抽芯力过大、芯头磨损等问题,在抽芯上的与型腔接触的非作为型腔面的面设置 1°的拔模斜度,抽芯与套板之间留有 0.5 mm 的抽芯间隙,如图 4 所示。

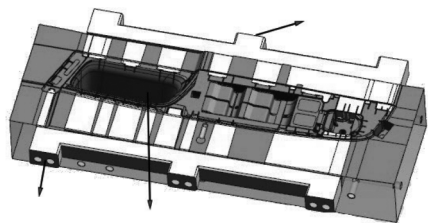


图4 侧向抽芯结构

(2) 斜导柱抽芯机构。

由图 1 可知,升降器开关面板上表面有一不规则盆状凹槽,且凹槽中还有一异形孔,故选用斜导柱抽芯机构。为保证塑件顺利脱模,本设计斜销安装角度 α 为 15°,销紧楔的斜度为 2°,斜销直径 d 为 8 mm,抽芯力 Q 为 83.3 N,斜销的工作部分长度 L 约为 42.5 mm,斜销安装长度约是其工作长度的两倍,笔者选用斜销长度为 90 mm,安装端采用压块来固定。设计的抽芯机构如图 5 所示。

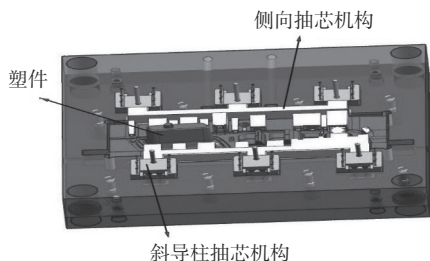


图5 斜导柱抽芯结构

2.3 顶出机构设计

升降器开关面板是薄壁注塑件,采用组合式凹凸模结构。其精度及外观质量要求较高且塑件上有多个难加工的孔,不适宜布置大面积推杆,由压杆稳定公式可知,每个塑件需布置7根推杆,直径有4,7,8,10,11 mm等五种规格,塑件推出距离最小为58 mm,为达到脱模顺利的目的,选用安全距离 $a=12$ mm,则实际推出距离为70 mm,脱模力为48.40 kN。顶出机构布置如图6所示。

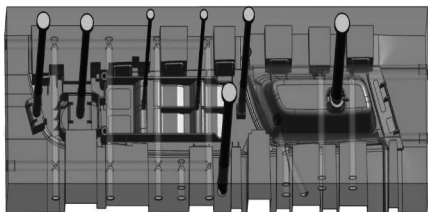


图6 顶出机构

3 升降器开关面板CAE分析

基于Moldflow软件对该件进行模流分析,按全局3 mm划分网格,通过交换边、合并节点、移动节点重新划分网格,整体合并后进行纵横比修复,修复后结合网格统计可知,三角形单元数为45 970,最小纵横比1.16,最大纵横比6,平均纵横比1.98,不可见三角形、自由边、多重边、配项不正确的单元、相交单元、完全重叠单元均为0,匹配率为87.7%,升降器开关面板塑件满足模流分析条件。

3.1 冷却系统

冷却系统采用水冷方式,塑件在成型过程中会放出大量余热,其中约90%由冷却介质带走,其余则以辐射、对流的形式散发到大气中^[11-12]。因零件结构不规则,注射时塑件各部分易产生温度不均,从而导致塑件凝固收缩不均发生翘曲^[2,13]。故水道应均匀分布在零件两侧,同时在零件凹槽附近加设专属冷却水道,冷却水道直径为8 mm。冷却水道布局如图7所示。

基于Moldflow软件对冷却布局模型进行冷却



图7 冷却布局结构

分析,进水口温度为25.01℃,出水口温度为26.11℃,回路冷却温度差小于5℃,表明在注塑过程中,冷却回路达到均匀热交换,基本实现模具组件温度均衡目的。水路热去除效率基本达到冷却效果。达到顶出温度的时间为64.95 s,塑件在冷却时全部冻结层百分比达到了100%,可顺利脱模顶出。

3.2 浇口位置分析

升降器开关面板塑件属于壁厚不均注塑件,使用Moldflow软件分析其浇口匹配特性,得到塑件最佳浇口位置如图8浇口位置分析所示。最低流动前沿温度为207.9℃,达到顶出温度时间为77.88 s。

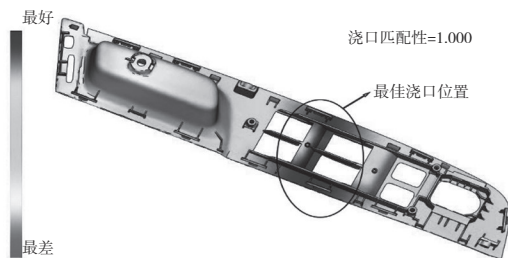


图8 浇口位置分析

结合塑件薄壁、宽大等特点,选用扇形浇口^[14-15],主流道长度67.54 mm,为减小热量损失,分流道截面选为圆形,长为15 mm,冷料穴直径为10 mm,高度15 mm。

3.3 DOE优化分析

由于局部壁厚不均以及收缩不均匀,使注塑件产生翘曲变形^[2,16]。选择熔体温度、模具表面温度、保压压力及持续时间^[17-20]四个作为变量进行DOE实验。结果表明,塑件翘曲变形量与熔体温度、达到顶出温度、保压压力、持续时间有关。翘曲变形产生于成型过程中的不均匀收缩,具体可分为结构不合理、材料性质、模具结构及生产工艺四大原因。

通过对塑件进行模流分析与DOE分析可以得到对注塑成型效果影响最大的因素是熔体温度、保压压力。根据分析结果选用优化参数,将熔体温度调整为230.8℃,模具表面温度为52.5℃,注塑时间为1 s,开模时间为5 s,保压阶段最大保压压力为

200 MPa,保压总时间为20 s,到达顶出时间为59.21 s,总冷却时间约为38 s。表1为优化前后的参数比对。优化后达到顶出温度的时间降低了18.54%;活动接触座塑件的翘曲值为1.291 mm,降低了51.92%,塑件的质量和精度得到明显改善。对比优化前后成型效果如图9、图10所示。

表1 DOE 优化分析结果

优化分析	到达顶出温度的时间/s	翘曲值/mm
优化前	64.95	2.685
优化后	52.91	1.291

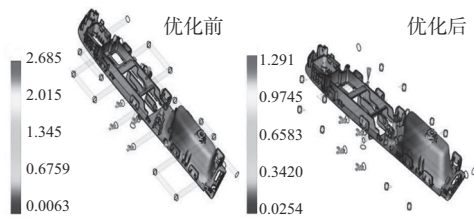
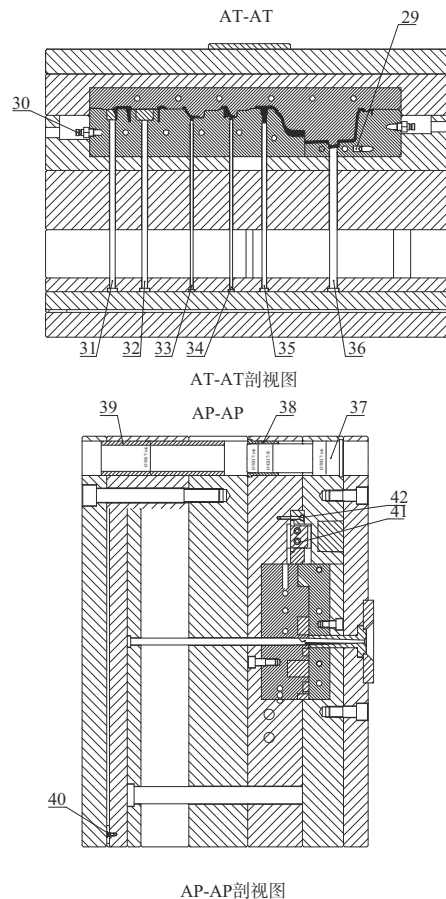
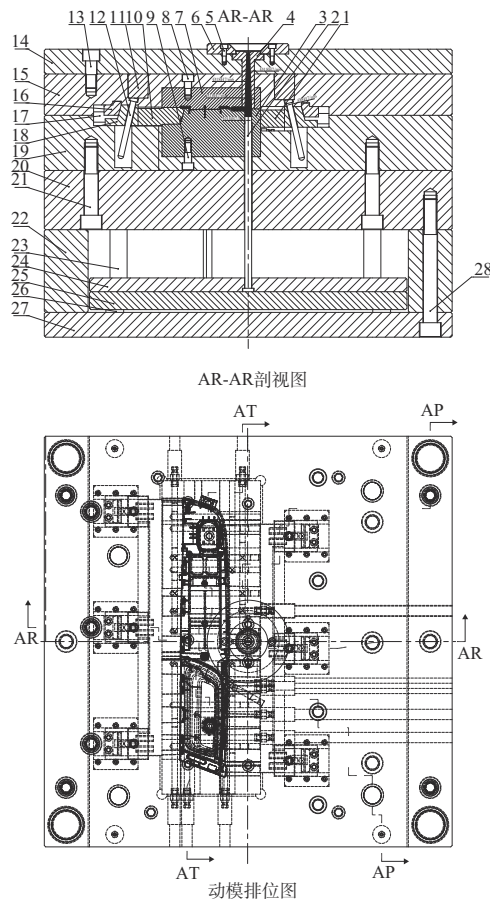


图9 DOE收缩不均变形分析



- 1—左抽芯;2—拉料杆;3—凹模;4—浇口套;5—定位圈内六角螺钉;6—定位圈;7—凸模;8—凸模固定内六角螺钉;
9—凹模固定内六角螺钉;10—右抽芯;11—斜销压块;12—斜销;13—A板固定内六角螺钉;14—顶板;15—A板;16—楔紧块;17—导滑块;
18—滑块;19—B板;20—C板;21—B板固定内六角螺钉;22—垫块;23—复位杆;24—推杆固定板;25—推板;26—垫圈;27—底板;
28—动模内六角螺钉;29—止水栓;30—冷却水接口;31,32,33,34,35,36—顶杆;37—导柱;38—导套;39—支柱;40—垫圈内六角沉头螺钉;
41—圆柱销;42—楔紧块固定六角螺钉

图11 车用升降器开关面板注塑模具结构图

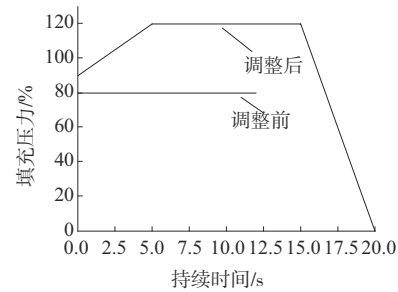


图10 调整保压曲线

4 模具工作原理

升降器开关面板塑件采用一模两腔进行注射,设计了侧抽芯机构和斜导柱抽芯机构,浇口为扇形浇口,图11为车用升降器开关面板模具总装配图。塑件内部复杂、多孔,为保证模具良好的工作性能,从两个不同方向上进行抽芯。模具工作过程为:模具合模之后,将加热塑化后的塑料通过注塑机进行注射,经过浇口套,进入到模具型腔之中;在进行保

压、冷却固化到足够刚性后,等待模具开模。抽芯机构进行滑动,在斜销和斜销压块的作用下对塑件进行成型抽芯。然后在推板与顶杆的作用下,将塑件顶出,塑件取走以后,顶出过程结束。最后在复位杆的作用下,模具完成复位,合模结束;模具开始准备下一次注射。

5 结论

(1) 针对汽车升降器开关面板塑件,设计了具有侧抽芯结构、斜导柱抽芯结构和顶出结构的模具。成功解决了抽芯力过大、芯头磨损、塑件卡扣多和脱模困难等问题。其中塑件采用一模两腔进行注射,压板镶拼式进行成型,基于UG12.0 MoldWizard应用模块下保证各机构间不产生干涉现象,确保模具结构紧凑及运行过程稳定可靠。

(2) 冷却水道在零件两侧均匀分布,同时在零件凹槽附近加设专属冷却水道,解决塑件凝固收缩不均发生翘曲的问题。基于Moldflow软件进行冷却分析,在注塑过程中,回路冷却温度差小于5℃,冷却回路达到均匀热交换,基本实现模具组件温度均衡目的;水路热去除效率基本达到冷却效果。塑件在冷却时全部冻结层百分比达到了100%,可顺利脱模顶出。

(3) 使用Moldflow软件对塑件保压压力、持续时间、翘曲变形进行CAE分析,并结合DOE实验对其相关参数进行优化,达到顶出温度的时间降低了18.54%;活动接触座塑件的翘曲值降低了51.92%,塑件的质量和精度得到明显改善。

参考文献

- [1] 周文.我国汽车塑料产业发展机遇挑战和战略对策[J].塑料工业,2020,48(3):15-19.
Zhou Wen. Challenges and strategies on chinese automotive plastics industry development[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(3): 15-19.
- [2] 于佳丽,张继祥,李义兵,等.车门内饰塑件翘曲变形分析及成型工艺优化[J].工程塑料应用,2021,49(11):78-83,88.
Yu Jiali, Zhang Jixiang, Li Youbing, et al. Warpage deformation analysis and molding process optimization of door interior plastic parts[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(11):78-83, 88.
- [3] 李芳,贾宇霖,黄清刚.基于Moldflow的汽车门板塑件模流分析[J].模具工业,2017,43(8):10-14.
Li Fang, Jia Yulin, Huang Qinggang. Moldflow analysis of automobile door panel plastics based on Moldflow[J]. Die & Mould Industry, 2017, 43(8):10-14.
- [4] 房宇飞,宁世儒,苏建军,等.基于结构-工艺协同优化的车门外板冲压成形[J].精密成形工程,2019,11(2):22-27.
Fang Yufei, Ning Shiru, Su Jianjun, et al. Stamping and forming of outer door panel based on structure-process synergistic optimization[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2019, 11(2):22-27.
- [5] 陈开源,张斌.基于Moldflow的风机外壳翘曲优化分析[J].塑料,2020,49(3):66-69,126.
Chen Kaiyuan, Zhang Bin. Analysis of warpage optimization of fan shell based on moldflow[J]. Plastics, 2020, 49(3):66-69, 126.
- [6] 傅建钢.壳盖注塑件模具结构优化设计及翘曲优化[J].制造业自动化,2019,41(6):110-113.
Fu Jiangang. Optimization design and warpage optimization of injection mold for shell cover parts[J]. Manufacturing Automation, 2019, 41(6):110-113.
- [7] 钟厉,姚志军,张继祥,等.基于田口方法的碳纤维保险杠注射成型质量分析研究[J].塑料工业,2020,48(10):97-102.
Zhong Li, Yao Zhijun, Zhang Jixiang, et al. Research on quality analysis of carbon fiber bumper injection molding based on taguchi method[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(10):97-102.
- [8] 冯爱新,袁国定,姜银方,等.塑料模具工程师手册[M].北京:机械工业出版社,2009.
Feng Aixin, Yuan Guoding, Jiang Yinfang, et al. Handbook of plastic mould engineers[M]. Beijing: China Machine Press, 2009.
- [9] 王美琳,刘晓丽,李志英,等.ABS高胶粉接枝马来酸酐及其对ABS/PET合金性能的影响[J].材料导报,2018,32(S1):454-457.
Wang Meilin, Liu Xiaoli, Li Zhiying, et al. ABS high powder grafted maleic anhydride and effect on the property of ABS/PET blends [J]. Materials Reports, 2018, 32(S1):454-457.
- [10] 钱治宏,曹新鑫,王凯歌,等.增韧改性ABS及其复合材料的研究进展[J].现代塑料加工应用,2019,31(1):57-60.
Qian Zhihong, Cao Xinxin, Wang Kaige, et al. Research progress on toughening modification of abs and its composites[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(1):57-60.
- [11] 韩伟,江丽珍,黄凌森,等.汽车档位杆注塑模具冷却系统设计及优化[J].塑料,2020,49(2):128-131.
Han Wei, Jiang Lizhen, Huang Lingsen, et al. Design and optimization of cooling system for injection mould of automobile gear rod[J]. Plastics, 2020, 49(2):128-131.
- [12] 张维合.注塑模具设计实用教程[M].北京:化学工业出版社,2011.
Zhang Weihe. Practical tutorial of injection mold design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [13] 蔡厚道.正交设计与响应面法在空气滤清器盖注塑工艺优化中的应用和比较[J].中国塑料,2017,31(2):88-93.
Cai Houdao. Comparative investigation on orthogonal design and response surface method for injection molding process optimization of air filter covers[J]. China Plastics, 2017, 31(2):88-93.

- [14] 任长春,夏宗禹,张颖利,等.笔记本电脑盖板IMR注塑模设计[J].中国塑料,2019,33(1):102–108.
Ren Changchun, Xia Zongyu, Zhang Yingli, et al. Design of IMR injection mould for notebook computer cover[J]. China Plastics, 2019, 33(1):102–108.
- [15] 梁卫海,王金海,齐哲,等.基于模内装饰成型的空调面板注射模设计[J].模具工业,2016,42(8):59–61, 71.
Liang Weihai, Wang Jinhai, Qi Zhe, et al. Design of injection mould for air conditioning panel based on the IMD technology[J]. Die & Mould Industry, 2016, 42(8):59–61, 71.
- [16] 孙琦伟,陈宇宏,董光源,等.PMMA/PC复合平板叠层注射压缩成型翘曲变形计算模拟[J].中国塑料,2021,35(4):53–59.
Sun Qiwei, Chen Yuhong, Dong Shuyuan, et al. Warpage simulation of overmolding injection compression molded PMMA/PC composite panels[J]. China Plastics, 2021, 35(4):53–59.
- [17] 刘锋,庞建军,陈宇轩,等.基于Taguchi与BPNN-PSO的薄壁注塑件翘曲变形优化[J].工程塑料应用,2021,49(2):74–79.
Liu Feng, Pang Jianjun, Chen Yuxuan, et al. Optimization of warpage deformation of thin-wall injection molded part based on taguchi test and BPNN-PSO[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(2):74–79.
- [18] Young W B. Effect of process parameters on injection compression molding of pickup lens[J]. Applied Mathematical Modelling, 2005, 29(10):955–971.
- [19] 刘成娟,刘成刚,刘艳,等.基于CAE与正交试验法的工艺参数对翘曲变形的影响分析[J].中国塑料,2018,32(1):102–107.
Liu Chengjuan, Liu Chenggang, Liu Yan, et al. Analysis of effect of injection-molding process parameters on warpage deformation of printer plastic parts based on CAE and orthogonal experiments [J]. China Plastics, 2018, 32(1):102–107.
- [20] 李嘉成,王双园,孙福佳,等.基于响应面法和有限元分析的复杂制件工艺参数的优化[J].塑料工业,2022,50(2):75–79.
Li Jiacheng, Wang Shuangyuan, Sun Fujia, et al. Optimization of process parameters of complex parts based on response surface method and finite element analysis[J]. China Plastics Industry, 2022, 50(2):75–79.
-

(上接第83页)

- [20] 田静,薛平,孙华,等.微型螺杆挤出式3D打印机的研究进展[J].塑料,2018,47(1):46–51.
Tian Jing, Xue Ping, Sun Hua, et al. Research progress of micro-screw extrusion 3D printer [J]. Plastics, 2018, 47(1):46–51.
- [21] 秦望,白海清,贾仕奎,等.基于螺杆挤出式3D打印设备的双螺杆设计与仿真[J].工程塑料应用,2020,48(8):87–92, 102.
Qin Wang, Bai Haiqing, Jia Shikui, et al. Twin-screw design and simulation based on screw extrusion 3D printing equipment [J]. Application of Engineering Plastics, 2020, 48(8):87–92, 102.
- [22] 方达宪,王艳华,王伟,等.流体力学[M].南京:东南大学出版社:2018.
Fang Daxian, Wang Yanhua, Wang Wei, et al. Fluid mechanics [M]. Nanjing: Southeast University Press: 2018.