

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.03.015

基于Moldflow的连接过渡管成型质量分析及模具设计

叶星^{1,2},汪健^{1,2},李兵兵^{1,2,3},黄可³

(1.武进技师学院,江苏常州 213164; 2.江苏联合职业技术学院武进分院,江苏常州 213164;

3.常州机电职业技术学院,江苏常州 213164)

摘要:对连接过渡管模型进行了分析,得壁厚处于0.057~4.945 mm范围内,平均壁厚为2.5 mm,最薄部位出现在倒扣特征处,最厚部位出现在外螺旋特征处。在不同参数下制品上同一区域,选取5个点作对比,分别记作A,B,C,D,E,经综合对比,A点处浇口匹配性为0.913 1,流动阻力为0.191 6,均明显优于其它位置,A点处设置单浇口最合适。Moldflow软件中分别设置不同序列,对制品成型过程进行模拟,发现冷却系统设置合理;外螺旋特征处的翘曲率为0.38%,在可接受范围内。对定模部分的螺纹柱特征,只成型螺纹内孔,大大简化了模具结构,提高了模具的耐用度,降低了模具的故障率。对制品倒扣特征,采用“定模顶出+动模斜顶顶出”方式成型。

关键词:模流分析;倒扣特征;外螺旋特征;定模顶出;动模斜顶;模具结构

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)03-0088-06

Moulding Quality Analysis and Mould Design of Connecting Transition Pipe based on Moldflow

Ye Xing^{1,2}, Wang Jian^{1,2}, Li Bingbing^{1,2,3}, Huang Ke³

(1. Wujin Technician College, Changzhou 213164, China; 2. Wujin Branch of Jiangsu Union Vocational and Technical College, Changzhou 213164, China; 3. Changzhou Vocational Institute of Mechatronic Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract : The model of the connecting transition tube was analyzed, and the wall thickness was found to be between 0.057–4.945 mm, with an average wall thickness of 2.5 mm. The thinnest part appeared at the inverted feature, and the thickest part appeared at the outer spiral feature. In the same area of the product under different parameters, five points were selected for comparison, which were denoted as A, B, C, D and E. After comprehensive comparison, the gate matching at point A is 0.913 1, and the flow resistance at point A is 0.191 6, which are obviously better than other positions. The single gate at point A is the most suitable place. Different sequences were set in Moldflow software to simulate the molding process of products, and the cooling system was set reasonably. The warping rate of the outer helix is 0.38%, which is within the acceptable range. For the characteristics of the thread column of the fixed mold part, only the inner hole of the thread is formed, which greatly simplifies the mold structure, improves the durability of the mold, and reduces the failure rate of the mold. To the product inverted characteristics, the use of "fixed mould ejection + moving mould oblique top ejection" mode of molding.

Keywords : Moldflow analysis ; inverted characteristics ; outer spiral characteristics ; front die ejection ; rear die inclined top ; the mould structure

塑料制品种类繁多,模具结构也千差万别。周淑容^[1]针对手机电池后壳的精密成型需要,设计了一副三板模具,用于塑件的注射成型;黄可等^[2]对储物盒盖的注塑难点进行分析,得出模具应设计成单热流道双腔结构;揭晓等^[3]针对汽车中央通道模具

产品结构和工艺特点,对产品分型面做了合理的设计;文献[4–8]分别利用模流分析软件,对工艺参数进行了优化。

上述研究,对笔者有一定的启发,但仍不能解决连接过渡管成型质量预测及模具设计中存在的

基金项目: 江苏省教育科学规划重点课题(B/2021/03/64)

通信作者: 黄可,硕士,高级技师,主要从事模具数控加工教学

收稿日期: 2023-01-19

引用格式: 叶星,汪健,李兵兵,等.基于Moldflow的连接过渡管成型质量分析及模具设计[J].工程塑料应用,2023,51(3):88–93.

Ye Xing, Wang Jian, Li Bingbing, et al. Moulding quality analysis and mould design of connecting transition pipe based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(3):88–93.

问题。笔者拟在 Moldflow 软件中设置不同分析序列,对制品成型过程进行模拟;针对制品的倒扣特征,设计经济快捷的抽芯机构。

1 制品分析

连接过渡管外形如图 1 所示。中间通孔直径 32.5 mm,制品总长 123 mm,Y 向端外形设有外螺旋特征,用以连接其它部件;Z 向端(底部)设有定位凸台,临近凸台轴线上设有导向筋及加强筋,在装配过程中用以快速定位制品。为了保证制品厚度均匀,在定位凸台上开设中间槽,凸台中部设有用于紧固的螺柱。Y+ 向端设置用于连接的倒扣特征,外接部件通过倒扣特征实现快速连接。X+ 向设有支撑柱。该制品外形为外观面,成型后不进行其它工艺操作,直接使用,制品各特征定位精度要求高,外观不得有缩瘪现象,外观光泽度要求高。

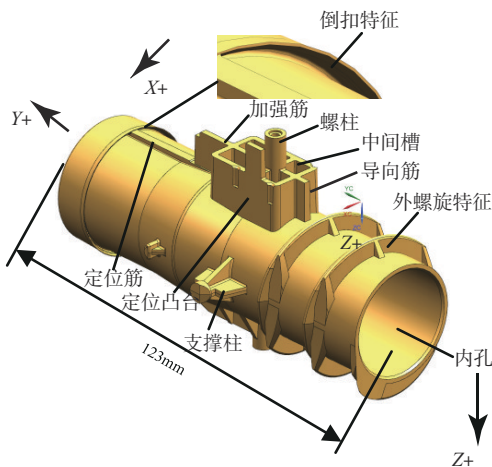


图1 连接过渡管制品

将制品三维模型导入 CAD Doctor,对三维模型进行去除圆角、去除直角及去除细微的细节特征等操作,修复完善模型;对简化后出现的破面及相交面等继续修复,直至模型没有错误^[9]。

将优化后的模型导入 Moldflow2019 模流分析软件,进行壁厚分析,结果如图 2 所示。壁厚处于

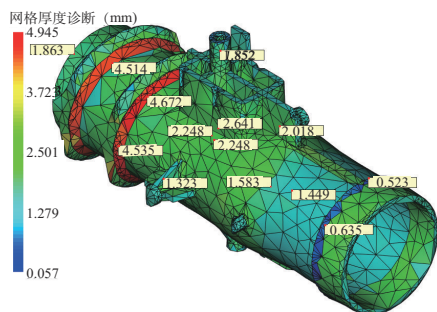


图2 制品壁厚分析

0.057~4.945 mm 范围内,最薄部位出现在倒扣特征处,最厚部位出现在外螺旋特征处,由图 2 可知,平均壁厚为 2.5 mm。

2 浇口位置分析

该制品外形为外观面,不允许有较多或较大的浇口痕迹。将制品三维模型导入 Moldflow2019 模流分析软件,设定浇口数量为 1,对浇口位置进行分析,所得结果如图 3 所示,图 3a 中浇口匹配性最好的区域为 1.00 区域;图 3b 中流动阻力最低的区域为 0.00 区^[10]。

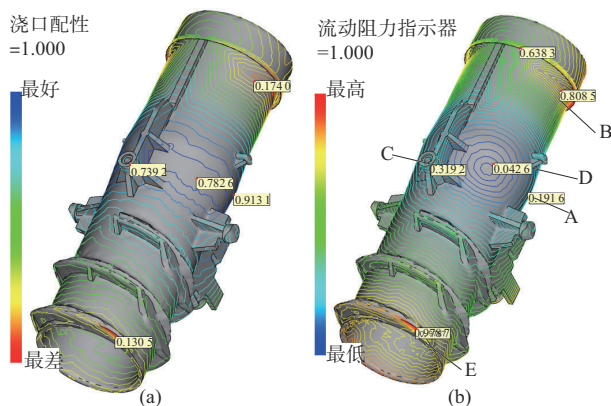


图3 浇口位置分析

在不同参数下制品上同一或相应区域,选取 5 个点作对比,分别记作 A,B,C,D,E,经综合对比,A 点处浇口匹配性为 0.913 1,流动阻力为 0.1916,均明显优于其它位置,故在 A 点处对本制品设置单浇口。鉴于本制品外形尺寸相对较小,设置“一模两腔”结构,制品布局如图 4 所示。

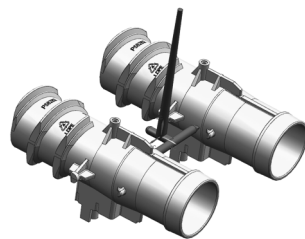


图4 “一模两腔”布置图

3 成型方案验证

对上述单浇口浇注方式及“一模两腔”结构进行软件验证^[11]。预设水路采用易于加工的“正交水路”,定模采用整条水路,动模为制品分别设置单条水路,具体结构见图 5。

软件中分别设置“成型窗口”序列、“填充”序列、“冷却”序列、“填充+保压”序列、“填充+保压+翘

曲”序列、“冷却+填充+保压+翘曲”序列,部分分析结果如图5所示。

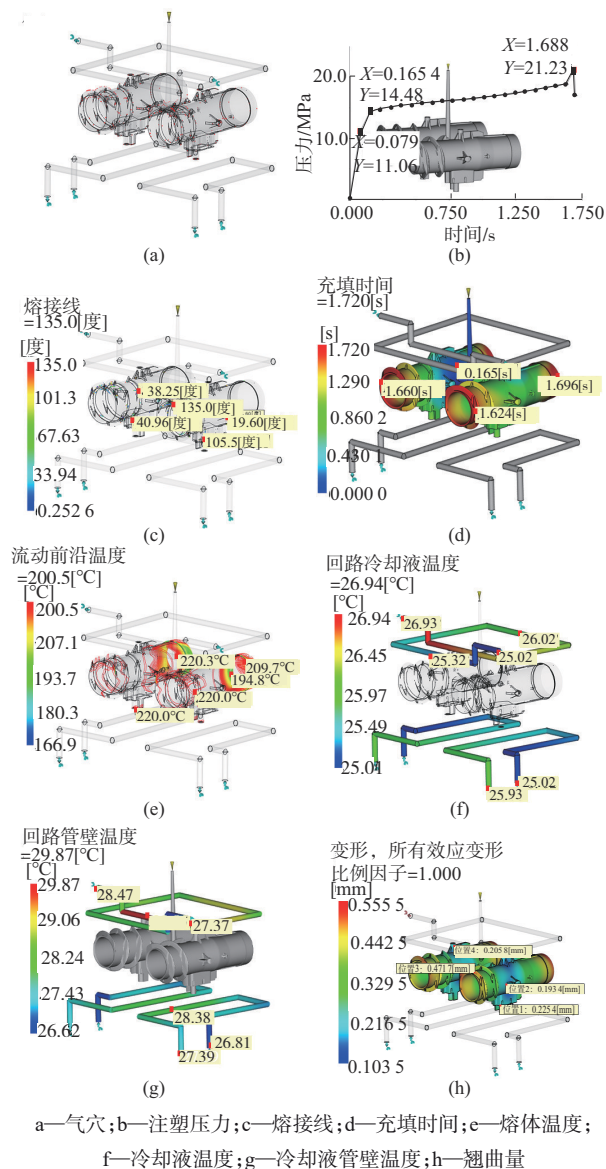


图5 模流分析结果图

由图5a模拟发现,定模气穴需要在模具设计过程中设置排气槽解决,动模气穴则需要适当加大顶杆间隙解决;由图5b可知,制品注射速率(V)/注塑压力(P)点为1.688 s,转换压力为21.23 MPa,注射0.079 s时,注塑压力为11.06 MPa;熔接线在注塑过程中不可避免,但可以通过参数匹配优化,经多次优化,制品外螺旋特征处的熔接线为40度左右(图5c),可以接受;熔体到达制品末端并充满型腔的时间为1.72 s(图5d),与之前分析的制品 V/P 点为1.688 s,数据趋同^[12]。

制品材质为通用聚丙烯(PP)料,推荐成型范围

为180~220 °C^[13],受注射机挤压及熔体间的相互剪切,熔体温度分布见图5e。倒扣特征区由于制品壁厚较薄,熔体间的剪切效应最为严重,相应的也是熔体温度最高的区域,外螺旋特征处壁厚较厚,熔体温度相对较低。对冷却水的散热性能进行监测,具体见图5f、图5g,冷却水进水口与出水口的管壁及冷却水的温度变化均不大,说明冷却系统能够带走大部分的热量,冷却系统设置合理^[14]。制品的总翘曲量如图5h所示,重点部位定位凸台处(位置1)翘曲量为0.225 4 mm;位置2处翘曲量为0.193 4 mm;重点部位外螺旋特征处(位置3)翘曲量为0.471 7 mm;螺柱处(位置4)翘曲量为0.205 8 mm。分析得外螺旋特征处的翘曲率^[15](翘曲量/制品长度)为0.38%,在可接受范围内。

4 模具结构设计

4.1 模具水路设计

模流分析中,水路设计的合理性已经得到了验证,只需考虑制造的工艺性,所设置水路如图6所示,水路直径6 mm,管壁至制品距离25 mm。在定模仁上开设一组“正交”孔,把不是进出口的孔用螺纹堵头封填,定模仁上引出孔用密封圈密封,水路接入定模,定模上安装水路进出口,水路内壁用胺固化环氧树脂涂料作防锈处理。动模内开设两条水路,设置方法与定模类似。

4.2 成型件设计

制品成型件设计如图7所示,选取垂直于制品轴线的方向为分型方向,定模仁及动模仁即可直接成型大部分制品特征。综合考虑制品批量及模具经济性,对定模部分的螺纹柱特征,只成型螺纹内孔,内孔螺纹由后续机械加工成型处理,大大简化了模具结构,提高了模具的耐用度,降低了模具的

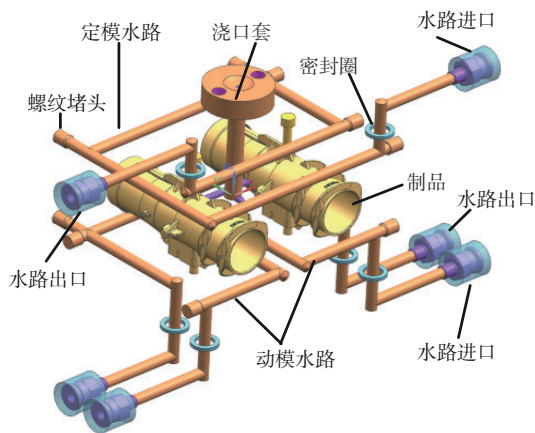


图6 水路布置图

故障率。对制品倒扣特征,采用“定模顶出+动模斜顶顶出”方式成型。

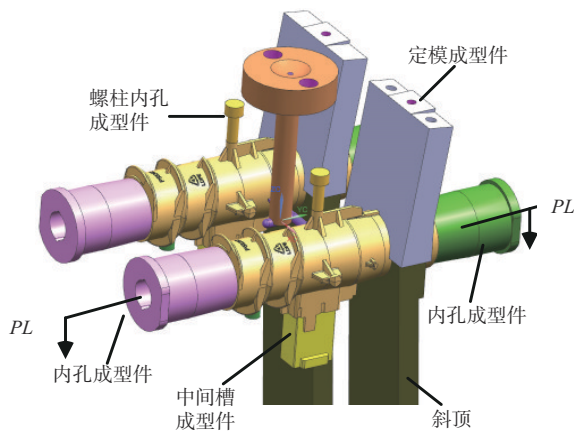


图7 成型件设计

对中间槽特征,采用独立镶件成型,独立镶件底部设有凸台,直接固定在动模上,便于调节镶件高度及镶件位置,保证了制品定位凸台的位置度及壁厚。对于中间通孔,分拆成一组对向布置的内孔成型件,用于内孔为光孔,内孔成型件经由驱动机构直接抽芯即可。

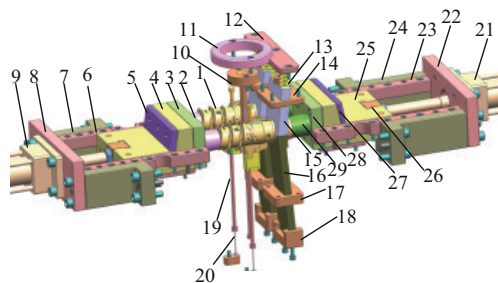
4.3 驱动机构设计

镶件或成型件的运动,依赖于驱动机构。常见的驱动机构有斜导柱滑块机构,斜导柱的角度较小则滑块的侧向运动距离较小;斜导柱的角度较大,则对斜导柱的冲击较大,斜导柱极易变形或磨损。本制品侧向运动距离达80 mm,若采用斜导柱结构,则定模外形尺寸单方向会增加250 mm,经综合考虑,本模具不采用斜导柱滑块抽芯。

中间通孔采用气缸直接抽芯,具体见图8。气缸9驱动滑块本体4,在导轨7内作直线运动,实现内孔成型件2的抽芯与合模;压条6可以调整滑块本体4的运动间隙,使得运动平顺;滑块本体4上设耐磨板5,可以增加模具使用寿命,也可以通过调整耐磨板5,修正模具间隙。在定模内设有铲基与耐磨板5配合使用,合模后定模内铲基直接作用在耐磨板5上,消除了滑块本体4的运动间隙,保证了合模精度。

设置定模顶出机构及动模斜顶,共同成型倒扣特征。定模顶出机构在开模时依靠压缩弹簧13的回弹力,将定模斜顶15紧紧地贴合在制品上,同时定模斜顶15在定模导向块14的约束下,沿制品轴线,向倒扣的反方向运动,完成定模抽芯。模具分模后,定模倒扣抽芯已经完成,处于动模的倒扣特

征仍与成型件镶嵌在一起,模具推板推出,动模斜顶16在动模导向块17约束下,实现与制品的分离,完成动模倒扣特征的抽芯。



1—制品;2,29—内孔成型件;3,28—成型件安装板;4,25—滑块本体;5—耐磨板;6,23—压条;7,24—导轨;8,22—气缸安装板;9,21—气缸;10—浇口套;11—法兰;12—定模抽芯压条;13—压缩弹簧;14—定模导向块;15—定模斜顶;16—动模斜顶;17—动模导向块;18—斜顶固定块;19—顶管;20—入子;26—“T”型块;27—耐磨板

图8 驱动机构设计图

5 模具工作原理

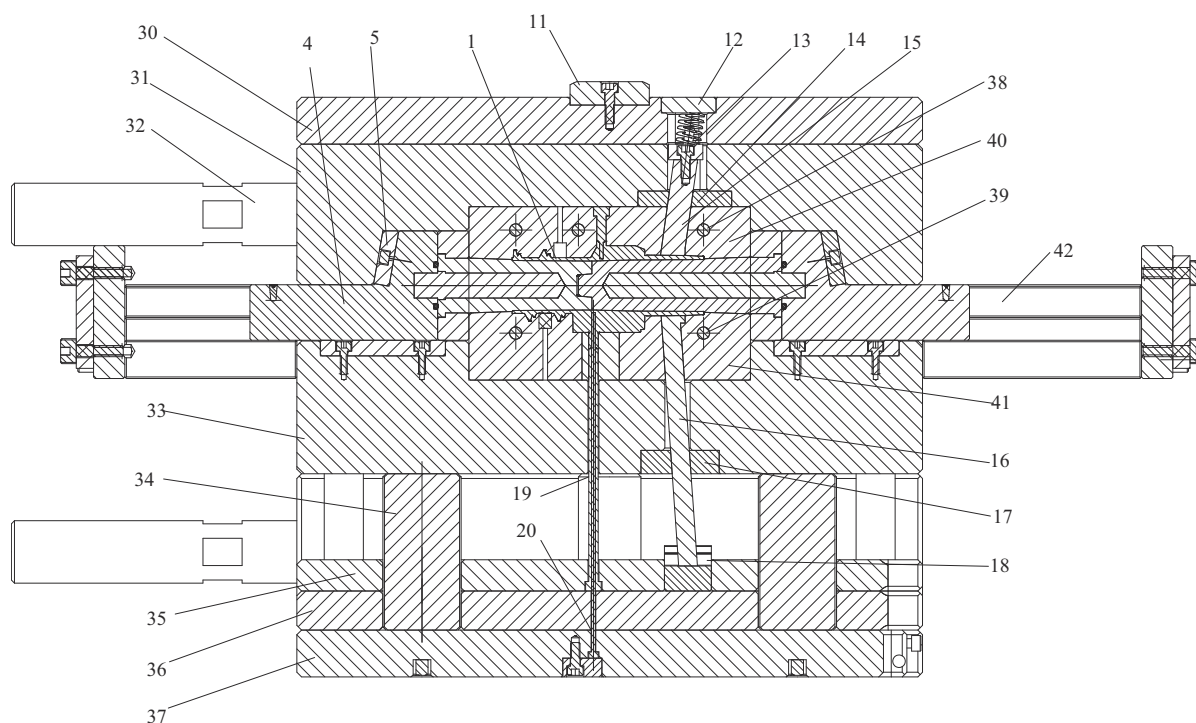
为了更直观地展示模具内部结构,将模具整体结构图沿着其中一个模穴中心线作剖视图,具体如图9所示。

(1)开模过程。

首先,注塑机后退带动底板37及动模板33作模具分离动作;压缩弹簧13泄力复位,而定模斜顶15仍镶嵌在制品内,定模斜顶15与制品一起在定模导向块14约束下沿既定方向运动,当定模斜顶15沿轴线运动分量大于制品水平倒扣深度时,定模斜顶15与制品完成分离。其次,气缸活塞杆42驱动滑块本体4作水平方向运动,完成内孔成型件的水平抽芯。再次,入子20在注塑机推杆作用下,与制品完成抽芯。最后,注塑机推杆驱动推板36向前顶出;动模斜顶16经斜顶固定块18推动,在动模导向块17约束下,沿既定方向斜向顶出,完成与制品的分离;其它顶杆继续顶出,直至制品与模腔分离。

(2)合模及注塑过程。

气缸活塞杆42驱动滑块本体4完成复位,避免滑块本体4与定模板31合模过程中的碰撞;注塑机活塞杆后退,带动顶杆、动模斜顶16及入子20复位;模具合模,合模时定模铲基精准定位滑块本体4,保证入子定位精度;动模斜顶16与定模斜顶15贴合,保证共同成型的倒扣特征,圆柱度良好。熔体经唧嘴进入腔内,快速充满型腔,支撑柱34提高了动模33的整体刚性,确保注塑过程中模具整体不变形;达到V/P点后,定模水路38及动模水路39同



1—制品;4—滑块本体;5—耐磨板;11—法兰;12—定模抽芯压条;13—压缩弹簧;14—定模导向块;15—定模斜顶;16—动模斜顶;17—动模导向块;18—斜顶固定块;19—顶管;20—入子;30—面板;31—定模板;32—防撞柱;33—动模板;34—支撑柱;35—顶杆固定板;36—推板;37—底板;38—定模水路;39—动模水路;40—定模仁;41—动模仁;42—气缸活塞杆

图9 模具剖面图

时通入冷却水,缩短制品成型周期,同时能提高制品表面光洁度,待制品冷却后,整个成型过程结束。

6 结语

(1)通过对连接过渡管的分析,得壁厚处于0.057~4.945 mm范围内,平均壁厚为2.5 mm,最薄部位出现在倒扣特征处,最厚部位出现在外螺旋特征处。

(2)在不同参数下制品上同一区域,选取5个点作对比,分别记作A,B,C,D,E,经综合对比,A点处浇口匹配性为0.913 1,流动阻力为0.191 6,均明显优于其它位置,A点处设置单浇口最合适。

(3)Moldflow软件中分别设置“成型窗口”序列、“填充”序列、“冷却”序列、“填充+保压”序列、“填充+保压+翘曲”序列、“冷却+填充+保压+翘曲”序列,对制品成型过程进行模拟,冷却系统设置合理;外螺旋特征处的翘曲率为0.38%,在可接受范围内。

(4)对定模部分的螺纹柱特征,只成型螺纹内孔,内孔螺纹由后续机械加工成型处理,大大简化了模具结构,提高了模具的耐用度,降低了模具的故障率。对制品倒扣特征,采用“定模顶出+动模斜顶顶出”方式成型。

参考文献

- [1] 周淑容. 基于CAE优化分析的后壳精密注射模设计[J]. 塑料, 2022, 51(4):16-21.
Zhou Shurong. Design of precision injection mould for back shell based on CAE optimization analysis[J]. Plastics, 2022, 51(4):16-21.
- [2] 黄可, 许成中, 刘江, 等. 基于Moldflow的储物盒注塑成型模拟及试验验证[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(8):86-90.
Huang Ke, Xu Chengzhong, Liu Jiang, et al. Simulation and test verification of storage box injection molding based on Moldflow [J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):86-90.
- [3] 揭晓, 周剑赞, 钟强强. 汽车中央通道模具创新设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(11):91-94.
Jie Xiao, Zhou Jianyun, Zhong Qiangqiang. Innovative design of automobile central channel mold[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(11):91-94.
- [4] 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.
- [5] 廖生温, 王玉勤, 王可胜, 等. 基于BP神经网络的导管接头注塑工艺参数优化[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(3):65-70.
Liao Shengwen, Wang Yuqin, Wang Kesheng, et al. Optimization

- of injection process parameters of catheter joint based on BP neural network[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(3):65–70.
- [6] 翟林, 韩国泰, 胡海朝, 等. 基于 Moldflow 与 Abaqus 的注射成型及模具结构联合仿真分析[J]. 中国塑料, 2018, 32(2):128–133.
Zhai Lin, Han Guotai, Hu Haichao, et al. Structural analysis of injection moulds based on Moldflow and Abaqus softwares[J]. China Plastics, 2018, 32(2):128–133.
- [7] 毛世明, 修雪颖, 黄兆阁. 基于 Moldex3D 的电缆接头外套注塑仿真模拟[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(11):84–89.
Mao Shiming, Xiu Xueying, Huang Zhaoge. Injection molding simulation of cable joint coat based on Moldex3D[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11):84–89.
- [8] 黄可, 邹华杰, 刘江, 等. 基于 MPI 的雾灯盖板高光成型参数优化[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(8):77–81.
Huang Ke, Zou Huajie, Liu Jiang, et al. Optimization of high gloss forming parameters of fog lamp cover plate based on MPI[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(8):77–81.
- [9] 刘斌, 吴茜. 注塑模具随形冷却水道的设计方法与分析[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(8):123–128.
Liu Bin, Wu Xi. Analysis and design method of conformal cooling channel of injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(8):123–128.
- [10] 黄贤页, 辛勇. 注射成型工艺参数对制品结晶度的影响机制[J]. 工程塑料应用, 2018, 46(2):65–68.
Huang Xianye, Xin Yong. Influence mechanism of process parameters on crystallization property of injection molding products[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(2):65–68.
- [11] 王平洲, 钟丽霞, 郑志军, 等. 基于 Moldflow 和 UG 的杯托注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(7):99–103.
Wang Pingzhou, Zhong Lixia, Zheng Zhijun, et al. Injection mold design of cup holder based on Moldflow and UG[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(7):99–103.
- [12] 闵志宇, 李豪, 柳翊, 等. 订书机上盖注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(11):109–112.
Min Zhiyu, Li Hao, Liu Yi, et al. Design of injection mold for stapler upper cover[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(11):109–112.
- [13] 陈显冰, 陈一飞, 施渊吉. 机顶盒倒灌进浇同模异腔的注塑模具设计及 CAE 优化分析[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(8):87–92.
Chen Xianbing, Chen Yifei, Shi Yuanji. Design of backflow pouring injection mould with one mould and different cavities for set-top box and CAE optimization analysis[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(8):87–92.
- [14] 周建安. 行车记录仪面壳注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2021, 35(11):133–137.
Zhou Jianan. Design of injection mould for face cover of driving recorder[J]. China Plastics, 2021, 35(11):133–137.
- [15] 黄可, 殷春云, 刘江, 等. 车窗内饰件热流道注塑工艺参数优化[J]. 中国塑料, 2019, 33(10):72–77.
Huang Ke, Yin Chunyun, Liu Jiang, et al. Optimization of injection molding process parameters for window interior trim[J]. China Plastics, 2019, 33(10):72–77.