

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.12.015

基于 CAE 优化的烟雾报警器外壳注塑模具设计

梁蓓¹, 肖国华¹, 卢云祥², 李香芬², 郑子军¹, 杨少增¹

(1. 浙江工商职业技术学院机电工程学院, 浙江宁波 315012; 2. 宁波华宝智能科技股份有限公司, 浙江宁波 315600)

摘要: 针对烟雾报警器塑件浇口开设困难、局部特征脱模困难、成型精度等级要求高等模具设计难题,为实现塑件的自动化注塑生产,首先在基于塑件设计制造分析的技术路线基础上,针对塑件的成型进行模具结构件布置可行性分析,而后运用 CAE 分析手段对单腔模腔进行了浇注、冷却系统的优化设计。优化后的单腔浇注系统中,使用单点牛角浇口进行浇注,在进浇口直径为 0.8 mm 的条件下,模腔的注射时间为 0.558 4 s 左右,充填压力为 30 MPa 左右,流动前沿温差为 3.8 °C,浇口冻结时间为 11.57 s,翘曲变形小于 0.25 mm,注塑周期能控制在 36.65 s 内。基于 CAE 分析所设计的模具为一模两腔布局、冷流道两板式结构,单次开模,单次顶出。模具中针对塑件侧直壁使用了侧抽芯滑块进行成型和脱模以保证该直壁的外观完整,针对局部狭小位置空间既有侧孔又有倒勾的情况,采用集中脱模设计法设置一个多成型特征斜顶实施侧抽芯脱模。为便于模具制造,在滑块上增加临时固定螺杆,从而在配模时有利于滑块分型面的修配,另外在推板上加装拉杆以便于推板上众多顶出元件的安装。

关键词: 烟雾报警器; CAE 分析; 设计制造分析报告; 斜顶; 滑块; 推管; 注塑; 模具设计

中图分类号: TG243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)12-0103-07

Design of injection mould for smoke alarm shell based on CAE optimization

LIANG Bei¹, XIAO Guohua¹, LU Yunxiang², LI Xiangfen², ZHENG Zijun¹, YANG Shaozeng¹

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo 315012, China;

2. Ningbo Huabao Intelligent Technology Co., Ltd., Ningbo 315600, China)

Abstract : In response to the difficulties in setting gate location, demoulding local features, and requiring high molding accuracy levels for smoke alarm shell plastic parts in mould design, and in order to achieve automated injection molding production of the plastic parts, firstly, on the basis of the technical route based on design for manufacturing analysis of the plastic parts, a feasibility analysis of the layout of mould structural components was carried out for the forming of the plastic parts. Then, CAE analysis methods were used to optimize the design of the gating and cooling system for the single cavity of mould cavity. In the optimized single cavity gating system, a single bull horn gate was used for gating. Under the condition of a gate diameter of 0.8 mm, the injection time of the mould cavity is about 0.558 4 s, the filling pressure is about 30 MPa, the flow front temperature difference is 3.8 °C, the gate freezing time is 11.57 s, the warpage deformation is less than 0.25 mm, and the injection cycle can be controlled within 36.65 s. The mould designed based on CAE analysis has a layout of 1 mould with 2 cavities, a cold runner two plate structure, and a single mould opening and single ejection. In the mould, a side core-pulling slider was used for forming and demoulding the side straight wall of the plastic parts to ensure the integrity of the appearance of the straight wall. For the situation where there were both side holes and inverted hooks in the local narrow space, a centralized demoulding design method was adopted to implement side core-pulling demoulding using a lifter with multi forming feature. For the convenience of mould manufacturing, a temporary fixing screw was added on the slider to facilitate the repair of the parting surface of the slider during mould matching, in addition, pull rods were installed on the ejector plate to facilitate the installation of numerous ejection components on the ejector plate.

Keywords : smoke alarm ; CAE analysis ; design for manufacturing analysis report ; lifter ; slider ; ejector sleeve ; injection molding ; mould design

基金项目: 浙江省教育厅一般科研课题(Y202351858, Y202351814)

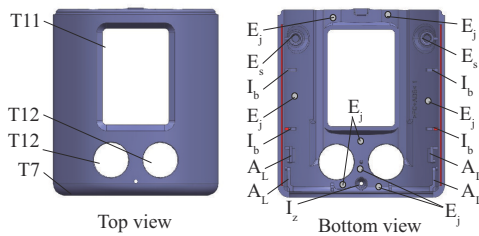
通信作者: 肖国华,工学硕士,副教授/高级工程师/高级技师,主要研究方向为模具设计与制造

收稿日期: 2024-08-22

引用格式: 梁蓓,肖国华,卢云祥,等. 基于 CAE 优化的烟雾报警器外壳注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(12): 103-109.

LIANG Bei, XIAO Guohua, LU Yunxiang, et al. Design of injection mould for smoke alarm shell based on CAE optimization[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(12): 103-109.

注射成型完全可行。从塑件总产量来看,必须采用2腔或以上多腔模进行注塑生产,才有可能满足生产效率要求,但模腔过多会造成塑件的成型精度下降,经核算后,本塑件采用一模两腔布局较为合适。从模塑成型自动化生产而言,关键在于塑件及流道废料自动脱模的实现。塑件的脱模中,分为外壁和内壁的脱模,内壁如图2中仰视图所示,难脱模的特征有螺柱T1/T1',须使用推管 E_s 进行成型和推出脱模。难脱模特征还包括有T4,T5,T4',T5',其中T4和T4'使用斜顶机构可实现自动脱模,T5和T5'由于孔k1的缘故,也需要使用斜顶实施侧抽芯脱模,但由于空间限制的缘故,同侧的T4和T5只能使用1个共同的斜顶 A_L 实施侧抽芯脱模,另一侧的T4'和T5'也只能共同使用1个斜顶 A_L 实施侧抽芯脱模。塑件内壁的脱模还有一个问题需要考虑,即塑件最终从型芯镶件上的平衡顶出和无变形顶出脱模,这需要圆顶针的均衡布置和顶针数量的设置。依据包紧力的分布特点,在图2中设置多根圆顶针 E_j 可以保证塑件的均衡和无变形顶出脱模。塑件外壁的脱模主要考虑T7外壁的脱模,T7外壁为直壁,没有脱模斜度,因而T7外壁的脱模只能按侧抽芯方式实施脱模,才能保证T7外壁直壁特点。另外,从模腔成型件加工方面而言,特征T2,T3,T2',T3',T8的成型件采用数控铣加工较为困难,较好的办法是针对这些成型件的设计,采用分拆镶件的办法,从动模型芯镶件中分拆出4个局部镶件 I_b 及 I_z ,这样就能以线切割方式和数控铣方式较为方便地获得这些局部特征的成型件。



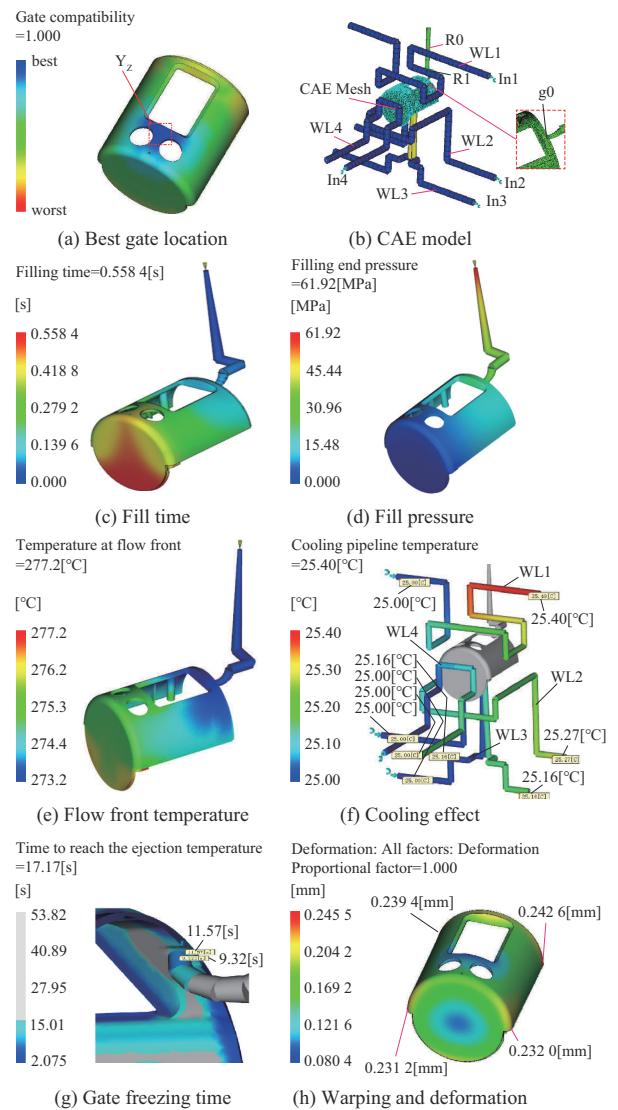
T7, T11, T12—The same as Fig.1; E_s —Ejector sleeve; E_j —Ejector pin; I_b —Insert block; A_L —Lifter; I_z —Cylindrical insert

图2 塑件脱模分析及机构件布置

Fig. 2 Analysis of demoulding of plastic part and layout of mechanism components

二是关键因素的可控性。塑件注射成型成功的关键因素在于浇注系统的设计和温度调节系统的有效性。这两个因素需要结合CAE模流分析来进行判别。基于塑件的结构特点及前述脱模机构

件的设置,在不考虑镶件、斜顶、顶针等机构件及后续表面电镀处理等要求的前提下,模腔单个浇口的最优位置设置在如图3a所示的CAE分析推荐的最优浇口位置 Y_z 处,但 Y_z 处难以满足塑件的成型要求,主要原因是,如设置在 Y_z 处,浇口只能选用冷浇口中的点浇口或直接浇口,或直接热浇口,这些都会在塑件表面留下浇口痕迹影响表面电镀处理。因而浇口位置优化后的浇注系统设置如图3b所示,优化后的浇口位置设置在塑件的一个侧端内壁上,浇口 g_0 的形式采用牛角浇口形式,这样能有效避开前述表面质量影响问题,也方便脱模机构元件的开设,同时也不影响模腔冷却水路的开设^[8-10]。在充分考虑脱模机构成型件布置的基础上,单腔模腔使用



WL1~WL4—Water line; g_0 —Bull horn gate; R0, R1—Runner; Y_z —Best location of gate

图3 CAE优化分析

Fig. 3 CAE optimization analysis

4条水路进行冷却温度调节,其中水路WL1用于型腔冷却,WL2和WL3用于型芯冷却,WL4用于T7侧壁外壁成型滑块的冷却。

在浇口 g_0 尺寸优化设置为 $\text{Ø}0.8\text{ mm}$ 的前提下,CAE分析结果如图3c~图3h所示。如图3c所示,模腔充填时间为 0.5584 s ,充填路径两侧时间均衡;如图3d所示,充填时浇口到充填末端压差为 30 MPa 左右,对注塑机要求不高;如图3e所示,充填时流动前沿温差在 3.8 °C 左右,不存在前锋过冷而产生滞流问题;如图3f所示,所设置的4条水路的冷却效果中,冷却水路进出口温差不超过 1 °C ,对进一步的分析结果进行查询,发现塑件冷却时间能加速至 24.53 s ,比未设冷却条件缩短冷却时间 10.22 s ,管路冷却效果有效;如图3g所示,冷却设置中,浇口冻结时间为 11.57 s ,能保证模腔有充分的保压时间,成型周期能控制在 36.65 s 内;如图3h所示,翘曲结果中,翘曲变形最大为 0.2455 mm ,经核算此变形量未超出MT4级所规定的塑件成型公差等级范围。

整体而言,塑件模腔的充填采用浇口 g_0 较为合理,能满足塑件的成型要求及生产效率控制要求^[11-12]。

3 单腔模腔成型件设计

基于DFM分析所设计的单腔模腔成型件如图4a所示。单腔使用分型面 P_s 进行分型,获得型腔镶件1和型芯镶件5,在此基础上再进行二次镶件分拆,按图2中所示布置获得T7滑块2,T8圆柱型芯,2个斜顶4(A_L),2个T2镶件6(I_b),2个T3镶件7(I_b),2根推管8(E_s)^[13-15]。在斜顶4设计中,采用集中脱模设计法将T5扣孔筋和T6加强筋侧孔集成为1个斜顶4进行侧抽芯脱模,同理,T5'和T6'集成为另

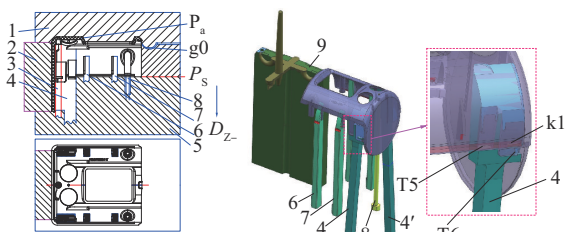


图4 单腔分型及成型件设置

Fig. 4 Single cavity parting and forming part setting

一个斜顶4'进行侧抽芯脱模,如图4b所示。

4 模具设计

4.1 一模两腔模仁设计

模腔按一模两腔进行布置设计后的模仁构成如图5所示。单腔型腔镶件1经旋转复制后获得两腔型腔镶件1',同理,单腔型芯镶件5经旋转复制后获得两腔型芯镶件5',浇口 g_0 、件2、件4、件6、件7、件8与单腔设置相同。为保证两个模腔闭合时复位定位的准确性,型腔镶件1'和型芯镶件5'四角对应设置锥度定位槽 C_g 和锥台 C_o 。

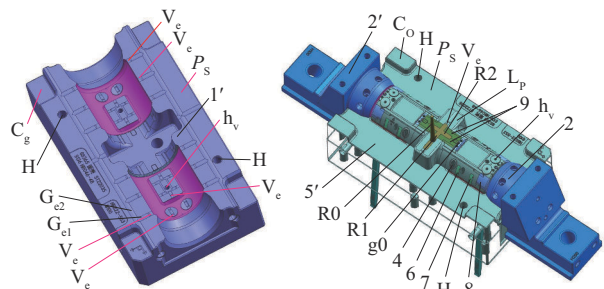


图5 双模腔成型件设计

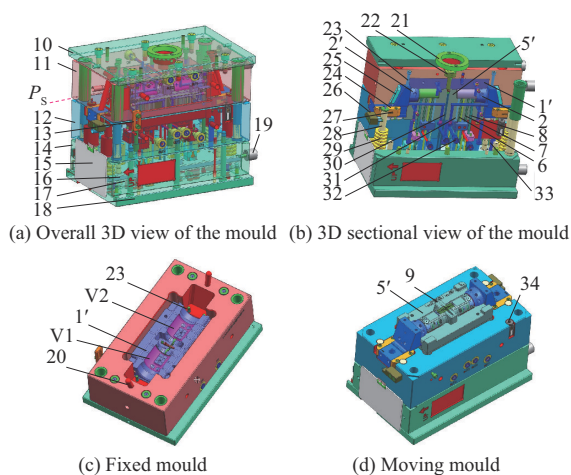
Fig. 5 Design of dual mould cavity forming parts

为保证2个浇口 g_0 不被堵塞,主流道R0进行偏置设置,其下端开设冷料井,流道R1两端分别延长并做冷料井设置,熔料通过R2两端再进入2个浇口 g_0 。为便于牛角浇口 g_0 加工,采用2个浇口镶件9进行拼合而获得流道R2和2个浇口 g_0 的形状。为便于成型件加工搬运,件1'、件5'上分别均衡加工有2个吊件孔H。型腔镶件1'材料使用合金钢2738,型芯镶件5'及件2,6,7,8,9的材料使用合金钢H13。

4.2 模具结构

模具整体结构3D图如图6所示。模具为一种两板模具结构,2个模腔为V1和V2,单腔的结构组成及成型零件按图5中所示设计。模具的单一开模面为 P_s 面。模具顶出机构为一次顶出机构,推板17推动其上的4根斜顶4与4根推管8和钩形拉料杆30及若干顶针实施单次顶出,将V1和V2腔中的2个塑件同步顶出而实现塑件的完全脱模^[16-19]。滑块2和2'采用常规斜导柱滑块机构结构形式,如滑块2'的结构中,其构成件包括件2'、件20、件23~件

27,为便于滑块2'装配时方便其分型面修配,增加临时固定螺杆23在滑块2'修配时将其固定在定模板11内对应的滑块槽内,修配完成后将螺杆23拆除。模具的零部件设计中,质量大于5 kg以上的零件必须开设吊件孔H以方便安装。



1~9, 1', 2', 5', P_s —The same as Fig.4 and Fig.5; 10—Upper clamping plate; 11—Fixed mould plate; 12—Moving mould plate; 13—Safety bar; 14—Mould foot; 15—Dust shield; 16—Ejector retainer plate; 17—Ejector plate; 18—Lower clamping plate; 19—Supporter block; 20—Angular pin; 21—Locating ring; 22—Sprue bushing; 23—Fixing screw; 24—Guide bar; 25—Wear plate; 26—Stop block; 27—Guide rails; 28—Return pin; 29—Return spring; 30—Z-shaped sprue puller; 31—Ejector; 32—Copper blockage; 33—pull rods; 34—Wear resistant circular spacer; V1, V2—Mould cavity numbers

图6 模具结构

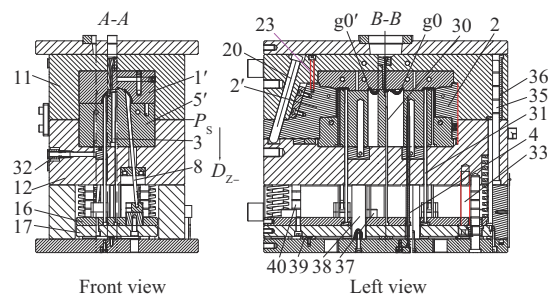
Fig. 6 Mould structure

在定模板11上于复位杆28的顶端对应设置耐磨圆垫34以延长复位杆28的使用寿命。推板17上临时设置有2个拉杆33,通过该拉杆33,在推板7上的顶出元件都安装好后将推板组件装入动模板12的底端时,通过拧紧拉杆33压迫复位弹簧29而迫使推板组件的顶出元件装入动模板12中,方便顶出组件的安装。

4.3 模具装配设计

模具中结构零件安装如图7所示。双腔型腔镶件1'和型芯镶件5'使用螺钉分别紧固安装在定模板11和动模板12对应的槽内,两者在槽中的安装配合为间隙配合,即两者的长宽单边尺寸比对应的模板内槽的长宽尺寸小0.02 mm。滑块2和2'成型部位与模腔的配合也为间隙配合,间隙单边值为0.01 mm。斜顶4、顶针31、推管8等的间隙亦按此处理。螺杆23、拉杆33在模具安装好后卸除。模具

使用4套导柱35/带肩导套36进行开模和闭模运动导向。斜顶4的斜顶座采用关节型斜顶座便于安装。动模板12底部加装6个均衡布置的支撑柱38以增强其强度。顶针31、推管8采用合金钢SKD61材质以保证两者具有100万次以上使用寿命。复位杆28的下端使用了延时设计,延时距离5 mm,便于模具 P_s 面合模。



g0'—Bull horn gate; 35—Guide pillar; 36—Shoulder guide bush; 37—Distance stopper; 38—Support pillar; 39—Stop pin; 40—Ejector guide pin; Other numbers are the same as Fig.4-Fig.6

图7 模具结构安装

Fig. 7 Mould structure installation

为保证机构件运动顺畅性,以斜顶4为例,机构件的运动间隙安排为:斜顶与模仁配合间隙为 $-0.015\sim 0.025$ mm;斜顶座与斜顶圆柱配合间隙为 $-0.03\sim 0.05$ mm;青铜导向块与斜顶配合间隙为两直面0.30 mm、两斜面0.05~0.10 mm。

4.4 模具工作原理

结合图6和图7所示,模具在注塑机上安装后按以下步骤实现其注塑功能。

(1)首先模具在 P_s 面处闭合,注塑机机筒喷嘴通过浇口套22完成对模腔V1和V2的充填、保压等动作,而后注塑机冷却系统开启,完成塑件在模腔内的冷却,等待开模。

(2)开模面 P_s 打开。开模时,注塑机动模板带动安装在其上的动模按 D_z 向下行,模具在 P_s 面处打开。打开过程中2个斜导柱20驱动各自对应的滑块2和2'完成侧抽芯,同时塑件的上表面也从型腔镶件1'中抽出,留在型芯镶件5上跟随模具动模按 D_z 向下行。

(3)顶出。模具动模下行一定距离,在达到能保证塑件从模具上取出的 P_s 面打开宽度后,注塑机顶出油缸动作,推动推板17按 D_z 的反向顶出,从而推板7推动其上的顶针31、斜顶4、推管8等顶出元件将塑件从型芯镶件5'上顶出而留在这些元件上。

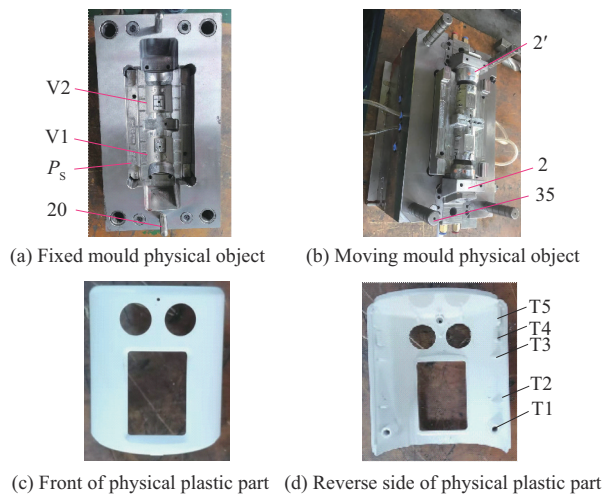
(4)取件。塑件由注塑机机械手从顶出元件上

取走。

(5)模具复位闭合。模具复位闭合时,复位弹簧29推动推板17先复位,而后模具按 D_z 的反向运动,在 P_s 面处完全闭合后开启下一注塑循环。

5 模具及产品实物

实物模具如图8a和图8b所示,实物塑件产品如图8c和图8d所示。经生产检验,模具结构合理、易于加工和维护、能够满足塑件的形状和尺寸精度控制要求,使用中各部件之间的配合精度较高,能确保模具在长期使用过程中的稳定性和可靠性。结合塑件实物来看,模具型腔和型芯经过精细的加工后,表面粗糙度值较小($R_a 0.8$),光洁度较高,能保证塑件表面的光洁度和尺寸精度。



2', 2, 20, 35, V1, V2, P_s —The same as Fig.4-Fig.7;
T1~T5—The same as Fig.1

图8 模具及塑件实物

Fig. 8 Mould and plastic part physical objects

从塑件实物中可以看出,塑件外观比较光滑,表面光洁度高,无明显的缩水、飞边、气泡等缺陷,颜色均匀一致。经质检,塑件实物的基本尺寸符合设计要求,关键尺寸的公差范围控制在制定的MT4~MT5等级范围内;塑件的力学性能较好,强度、硬度、韧性等满足客户使用要求。

经批量试件后,模具的生产效率和成本可控性好,能满足塑件大批量、高效生产要求,且模具易于维护,停机时间少,生产可靠性高。

6 结论

(1)针对烟雾报警器外壳塑件的注射成型,运用CAE优化获得的塑件模腔单腔的浇注系统,即采用单个牛角浇口进行浇注,浇口尺寸为 $\varnothing 0.8$ mm。单浇口浇注下,单腔浇注系统优化后的注塑结果为:

充填压力30 MPa左右,充填时间0.558 4 s,流动前沿温度差小于 3.8 $^{\circ}\text{C}$,保压时间约11 s,翘曲变形小于0.25 mm,注塑周期小于36.65 s。

(2)模具结构为两板模,一模两腔布局。模具中,针对塑件外壁端面直壁的成型,采用侧滑块机构实施成型和抽芯脱模,使端面直壁获得平整光面;针对局部位置倒勾和侧孔特征集中难以脱模问题,采用合并办法将两个侧抽芯特征集成为使用单一斜顶实施侧抽芯脱模。

(3)模具结构优化设计中,为便于装配做了3种优化设计:一是在滑块上加装临时固定螺杆,有利于滑块分型面的配模;二是在推板上加装临时限位调节拉杆,有利于有较多顶出元件推板机构的安装,能有效保证模具制造过程中的作业安全;三是在质量5 kg以上零件上都开设吊件孔,以便于吊装和防止工伤事故发生。

参考文献

- [1] 吴磊. 家电用高耐热ABS制备工艺及高耐热化研究[J]. 广州化工, 2023, 51(11):62-65.
WU Lei. Study on preparation process and high heat resistance of heat resistant ABS alloy for home appliances[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2023, 51(11):62-65.
- [2] 王亮, 蓝荣肇, 吴俊, 等. 阻燃ABS多相聚酯合金的制备与性能研究[J]. 广东化工, 2023, 50(3):18-20.
WANG Liang, LAN Rongzhao, WU Jun, et al. Study on preparation and properties of flame retardant ABS multi-phase polyester alloy[J]. Guangdong Chemical Industry, 2023, 50(3):18-20.
- [3] 邹旭锐. ABS/PC树脂表面金属化前处理活化工艺与镀层性能的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2020.
ZOU Xurui. Study on the activation process and coating properties of ABS/PC resin surface metallization pretreatment[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2020.
- [4] 严敏仪, 刘述梅, 赵建青. 滑石粉和间苯二酚双(二苯基磷酸酯)协效阻燃PC/ABS合金的研究[J]. 广东化工, 2020, 47(8):1-4.
YAN Minyi, LIU Shumei, ZHAO Jianqing. Study on synergistic effect of talcum powder and resorcinol bis(diphenyl phosphate) on the flame-retardant properties of PC/ABS alloy[J]. Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(8):1-4.
- [5] 胡亚泽, 张彦, 郭利健. 表面活性剂处理浮选分离ABS和PC塑料的研究[J]. 塑料科技, 2020, 48(3):51-54.
HU Yaze, ZHANG Yan, GUO Lijian. Study on the flotation separation of ABS and PC plastics by surfactant treatment[J]. Plastics Science and Technology, 2020, 48(3):51-54.
- [6] 王亮, 付锦锋, 叶南彪, 等. 阻燃ABS/PC/PBT合金的制备与性能[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(5):27-31.
WANG Liang, FU Jinfeng, YE Nanbiao, et al. Preparation and properties of flame retardant ABS/PC/PBT alloy[J]. Engineering

- Plastics Application, 2019, 47(5):27-31.
- [7] 何小芳,许雅枫,范利丹,等.汽车用ABS/PC共混物改性研究进展[J].中国塑料,2016,30(2):1-5.
HE Xiaofang, XU Yafeng, FAN Lidan, et al. Research progress in modification of ABS/PC blends for automobiles[J]. China Plastics, 2016, 30(2):1-5.
- [8] 尚雪梅,门静,韩海燕,等.手机壳注塑成型模流分析及工艺优化[J].工程塑料应用,2023,51(5):75-80.
SHANG Xuemei, MEN Jing, HAN Haiyan, et al. Moldflow analysis and process optimization of mobile phone case injection molding[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(5):75-80.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 王茜,李香燕,王培安.化妆品盖注塑成型过程参数化分析[J].塑料,2020,49(6):123-127.
WANG Qian, LI Xiangyan, WANG Peian. Parametric analysis of cosmetic cap injection molding process[J]. Plastics, 2020, 49(6):123-127.
- [12] 王颖,黄卫庭,黄健,等.汽车座椅内外侧盖板复杂抽芯注塑模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(9):87-91.
WANG Ying, HUANG Weiting, HUANG Jian, et al. Design of injection mould with complex core pulling mechanism for inner and outer cover of automobile seat[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(9):87-91.
- [13] 徐文庆,肖国华,汪哲能,等.带有内外壁特殊脱模机构的摄像机支座多板式模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(2):70-75.
XU Wenqing, XIAO Guohua, WANG Zheneng. Multi-plate mould design of camera pedestal with special demoulding mechanism in inner and outer walls[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(2):70-75.
- [14] 何柏海,何骏.一种带推管侧顶脱模机构的注塑模设计[J].工程塑料应用,2016,44(2):92-95.
HE Bohai, HE Jun. Design of an injection mould with push tube side top demoulding mechanism[J]. Application of Engineering plastics, 2016, 44(2):92-95.
- [15] 许孔联,谭赞武.带两种复杂抽芯机构的汽车滤清盒盖热流道模具设计[J].塑料,2020,49(5):151-155.
XU Konglian, TAN Zanwu. Design of hot runner mould with two complex core pulling mechanisms for the cover of auto filter box [J]. Plastics, 2020, 49(5):151-155.
- [16] 杨安,董扬德,胡宏伟,等.法兰盖滑块脱模机构及注塑模具设计[J].工程塑料应用,2017,45(10):82-86.
YANG An, DONG Yangde, HU Hongwei, et al. Flange cover slider demoulding mechanism and injection mould design[J]. Engineering plastics applications, 2017, 45(10):82-86.
- [17] 雷芳,黄克勤,刘路兴.具有多种脱模结构的汽车灯罩精密模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(5):97-102.
LEI Fang, HUANG Keqin, LIU Luxing. Precision mold design of automobile lampshade with various demoulding structures[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(5):97-102.
- [18] 王巍,张贺,李珍,等.机载计算机卡钩注塑模具设计[J].塑料,2022,51(2):43-46.
WANG Wei, ZHANG He, LI Zhen, et al. Design of injection mold for airborne computer hook[J]. Plastics, 2022, 51(2):43-46.
- [19] 张华龙,张二红,苏海洋,等.八次复合抽芯的进气歧管盖注塑模具设计[J].塑料工业,2022,50(2):87-92.
ZHANG Hualong, ZHANG Erhong, SU Haiyang, et al. Injection mold design of intake manifold cover with eight times composite core pulling[J]. China Plastics Industry, 2022, 50(2):87-92.