

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.04.014

基于 CAD/CAE 的曲线锯机壳注塑模具设计

程国飞¹, 丁立刚¹, 魏文强¹, 黄楚杰², 张威¹

(1. 中山火炬职业技术学院装备智造学院, 广东中山 528436; 2. 中山高林美包装科技有限公司, 广东中山 528436)

摘要: 分析曲线锯左、右机壳的结构工艺性, 介绍该注塑模具关键机构的技术要点及设计思路。借助常用模流分析软件 Moldflow 进行模拟充填分析及优化, 利用数字化设计软件设计出模具的浇注系统、成型零件、顶出机构、侧抽芯机构以及冷却系统。模具中采用 1 模 2 腔布局, 侧浇口进胶方式, 采用推管顶出机构顶出较长圆柱; 开模动作包括 2 次开模、1 次顶出和 4 种抽芯脱模。模具中采用不同的抽芯机构合理地解决塑件中多处侧凹圆孔和外围轮廓结构的脱模工艺难题, 其中包括采用前模抽芯方式完成塑件上顶部圆孔和斜孔的脱模抽芯, 采用斜滑块抽芯机构完成其它侧孔的脱模抽芯, 利用斜导柱抽芯机构简化局部外轮廓的分型面结构。该模具结构紧凑、动作可靠, 可为类似结构的注塑模具提供借鉴。

关键词: 曲线锯机壳; 注塑模具; 模流分析; 结构设计

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)04-0081-06

Design of Injection Mold for Curved Saw Shell Based on CAD/CAE

Cheng Guofei¹, Ding Ligang¹, Wei Wenqiang¹, Huang Chujie², Zhang Wei¹

(1. School of Intelligent Equipment Manufacturing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China;

2. Zhongshan Gaolinmei Packaging Technology Co., Ltd., Zhongshan 528436, China)

Abstract : The technology of the left and right cases of the curved saw was analyzed, and the key mechanism of the injection mold and its design were introduced. The simulation filling analysis and optimization were carried out with the help of common mold flow analysis software Moldflow, and the casting system, forming parts, ejection mechanism, side core-pulling mechanism and cooling system of the mold were designed with the help of digital design software. The mold adopted the layout of 1 mold and 2 cavities, the side gate was fed with glue, and the long cylinder was pushed out by the push tube pushing mechanism. The opening action includes two opening, one ejection and four core-pulling demoulding. Mold adopted different core-pulling mechanism reasonably solves demoulding process problems of multiple lateral concave round hole and outer contour structure in plastic parts, including the front mold core pulling way to complete the plastic parts of the top round hole and the parting core-pulling action of inclined hole, the use of inclined slider core mechanism to complete the core pulling of other side holes, the use of oblique guide column core mechanism to simplify local external contoured parting surface structure. The mold has compact structure and reliable action, which can provide reference for injection mold with similar structure.

Keywords : curve saw shell ; injection mold ; mold flow analysis ; structural design

机壳类塑件通常结构复杂, 外观质量与整体刚性要求高, 其注射成型模具中分型面比较复杂, 成型零件加工难度较大, 抽芯部位数量较多, 抽芯机构形式多样, 模具整体精度要求较高。因此模具设计过程中应充分考虑塑件的成型工艺与模具的制造工

艺, 确保模具的制造精度与制造周期满足客户的要求。笔者基于 CAD/CAE 对某款高速钢制曲线锯机壳的注塑模具进行了设计。

1 塑件工艺性分析

曲线锯机壳产品材料为 30% 玻璃纤维增强尼

基金项目: 广东省普通高校青年创新人才类项目 (2018GKQNCX049), 中山市社会公益科技研究项目 (2018B1113)

通讯作者: 丁立刚, 硕士, 副教授, 高级工程师, 主要从事模具 CAD/CAM 技术研究 E-mail : Dingligang123@sina.cn

收稿日期: 2020-01-19

引用格式: 程国飞, 丁立刚, 魏文强, 等. 基于 CAD/CAE 的曲线锯机壳注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(4) : 81-86.

Cheng Guofei, Ding Ligang, Wei Wenqiang, et al. Design of injection mold for curved saw shell based on CAD/CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(4) : 81-86.

龙6,收缩率为0.6%。曲线锯机壳由左、右机壳构成,结构如图1所示,左右件形状结构基本对称。单件最大外形尺寸为259 mm×188 mm×39 mm,壳体壁厚为2.5 mm。其产品结构比较复杂,左、右机壳分别采用“凸、凹”形止口密封,其中左机壳采用“凸”形止口,右机壳采用“凹”形止口;左、右机壳外围各有一个直径为8.8 mm的斜孔,另外各有两个直径为2.9 mm的侧孔;产品外围轮廓结构中不同部位高度差异较大;内部结构中加强筋数量较多,高度较高;左机壳内部有若干长圆柱,装配时作为螺纹过孔,如图1a所示;右机壳内部有若干长圆柱,装配时作为内螺纹用,如图1b所示。除此之外,左、右机壳上分别有其它圆柱。

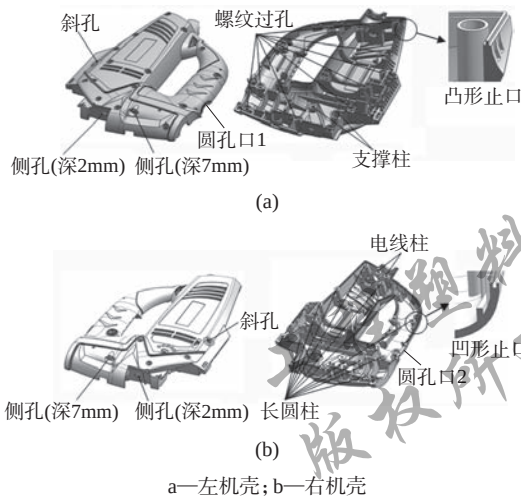


图1 产品结构

通过对左、右机壳的结构分析可知,设计该塑件注塑模具时应注意以下工艺问题:①浇注系统进胶口的设计应综合考虑:设计任务要求,左、右机壳设计在同一套模具中,塑件结构复杂,外观质量要求高;②左、右机壳分别采用凸、凹形的止口配合形式,模具成型零件中应重点考虑止口部位的加工工艺;③塑件内部加强筋较多,脱模阻力较大;④内、外部有若干个圆柱结构,设计顶出机构时应综合考虑塑件结构,确保塑件顶出平稳、可靠;⑤左、右机壳外围各有一个直径8.8 mm的斜孔,另有深度分别为7 mm和2 mm的直径为2.9 mm的侧孔,需要在模具中设计合理的抽芯机构;⑥产品外围轮廓结构中不同部位高度差异较大,应采取合适的结构形式尽量简化分型面结构;另外,该模具采用一模两腔的结构形式。因此,如何保证模具型腔的合理布局以及各关键机构的合理性和可靠性,成为设计本套模具必须重点考虑的问题^[1-2]。

2 模具结构设计

2.1 浇注系统设计

浇注系统的设计方案受产品材料特性、形状、尺寸、型腔数量和排布形式以及成型零件的结构形式等方面的影响。左、右机壳的成型材料是30%玻璃纤维增强尼龙6,牌号为Kingfa N-103,塑料熔体黏度较大,流动性较差,充模难度较大。因此主流道与分流道不宜过长,流道截面积不应太小,避免塑料熔体流动过程中产生过大的压力损失。针对本产品采用一模两腔的结构方案,确定在机壳的较隐蔽处采用两点侧浇口的进料方式,如图2中X向所示;分流道分别在上、下模镶件开设^[3-4]。浇注系统结构如图2所示。

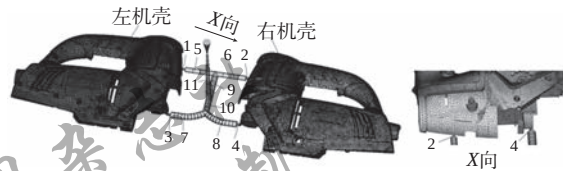


图2 浇注系统

为了保证塑件的成型质量,在模具设计前需对浇注系统进行充填平衡分析,确保塑料熔体能够尽量同时到达并充满模具的各个型腔^[5-6]。采用Moldflow软件对产品进行“充填”分析,并根据“充填时间”结果不断对浇口尺寸进行微调,直至达到填充平衡,优化后的浇注系统尺寸列于表1。优化设计后左机壳最后充填时间为2.276 s,而右机壳最后充填时间为2.283 s,不平衡率为0.31%,流动趋于平衡,流动状态较好,如图3所示。另外对优化后的模型建立冷却系统后,再进行“冷却+充填+保压+翘曲”分析^[7-8],得出产品翘曲变形量(Z方向)为:-0.5524~0.8041 mm,如图4所示。由图4可知,其中a, c, d和f处向+Z方向翘曲, b和e处向-Z方向翘曲,但该位置均为锁螺丝位可抑制其变形,对装配影响较小,可满足产品品质要求。

表1 优化后的浇注系统具体尺寸

序号	属性	形状及尺寸
1	冷浇口	截面为矩形,宽度为4 mm,高度为1.2 mm
2	冷浇口	截面为矩形,宽度为4 mm,高度为1.05 mm
3	冷浇口	截面为矩形,宽度为4 mm,高度为1.2 mm
4	冷浇口	截面为矩形,宽度为4 mm,高度为1.35 mm
5	二级分流道	圆形,直径为8 mm
6	二级分流道	圆形,直径为8 mm
7	二级分流道	圆形,直径为10 mm
8	二级分流道	圆形,直径为10 mm
9	一级分流道	圆形,直径为10 mm
10	一级分流道	圆形,直径为10 mm
11	主流道	圆锥体,小端直径为3.5 mm,锥度为2°

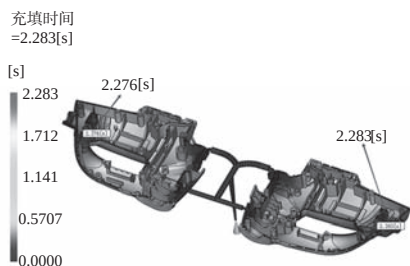


图3 充填时间

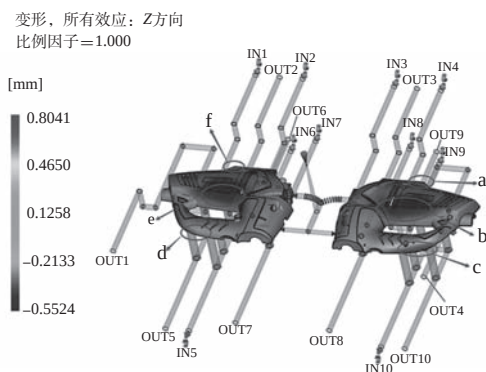


图4 翘曲变形量(Z方向)

综上所述,该浇注系统的形状、尺寸、进料方式和布点位置均较为合理,能够满足模具的注射成型要求。

2.2 成型零件设计

由于塑件成型材料中含有较高比例的玻璃纤维,对材料起到增强作用,力学强度好,硬度高,脱模时摩擦力较大,因此选用 ASSAB 8402 (铬-钼-钒合金模具钢) 作为成型零件的材料。曲线锯机壳外表面由不同的曲面结构构成,模具型腔表面很难由数控机床直接加工完成,因而先在数控铣削的基础上进行电火花成型加工,再进行型腔表面抛光;同时为了保证型腔的整体结构,确保产品的外观质量,型腔镶件以整体镶拼式为宜。对于下模型芯,由于左、右机壳分别采用凸、凹形的止口配合结构,为了简化该部位成型零件中的加工工艺,应在电火花线切割加工的基础上进行镶拼;此外,由于塑件内部加强筋较多,其对应的成型零件应在电火花成型加工的基础上进行表面抛光,而组合式的镶拼结构能够简化模具型芯上沟槽位的电火花成型加工与表面抛光的加工工艺,因此型芯镶件确定采用组合式结构^[9-10]。

2.3 顶出机构设计

塑料制品冷凝收缩对型芯产生包紧力,制品脱模时,所需的脱模力必须克服包括制品与模具零件间的摩擦阻力、制品与模具零件间的粘附力、脱模机

构的运动阻力以及大气压力的阻力组成的脱模阻力。脱模力可用式(1)进行估算^[11],以便设计顶出零件。

$$F_t = p s \cos \alpha (f - \tan \alpha) / (1 + f \sin \alpha \cos \alpha) \quad (1)$$

式中: F_t ——脱模力, N;

p ——塑件对型芯包紧产生的单位正压力, MPa, 其经验值一般取 8 ~ 20 MPa;

s ——塑件包紧型芯的侧面积, cm^2 ;

α ——型芯斜度, ($^\circ$);

f ——摩擦系数, 一般取 0.15 ~ 1.0。

对于该模具, p 取 10 MPa, α 为 2° , f 取 0.2, 利用三维软件分析测得单个塑件的侧面积 s 为 1096.58 cm^2 , 代入式(1)计算得出模具的脱模力为 359.4 kN。结合塑件的结构分析可知, 左、右机壳内部各有若干个长圆柱, 在模具中应在圆柱孔的下方设置推管顶出机构, 确保此部位能够顺利脱模。而其它部位则可根据塑件对型芯的包紧力适当布置圆推杆即可。因此该模具采用推管和推杆联合顶出方式。

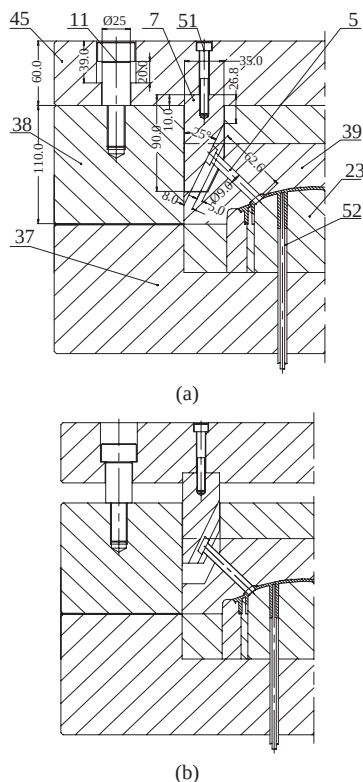
2.4 侧抽芯机构的设计

(1) 前模抽芯机构的设计。

左、右机壳外围各有一个直径为 8.8 mm 的斜孔, 因此模具结构中必须设计侧抽芯机构。而根据斜孔的位置与角度可知, 该抽芯机构只能设置在上模部分 (即前模抽芯)。根据模具的型腔布局, 为优化抽芯机构的结构形式, 确定直接在锁紧楔的斜面一侧上设置 T 形槽, 并利用 T 形槽与活动型芯的台阶配合, 驱动活动型芯抽芯与复位, 从而大大简化模具的整体结构^[12-13]。该侧抽芯机构如图 5 所示。

注塑时, 锁紧楔 7 压紧活动型芯 5, 防止活动型芯 5 由于受注塑压力作用而产生松动。开模时, 为实现先完成对活动型芯 5 的抽芯动作, 使定模座板 45 与定模板 38 打开 20 mm 的距离, 由于锁紧楔 7 固定在定模座板 45 上, 可利用锁紧楔 7 的 T 形槽驱动活动型芯 5 的台阶, 活动型芯 5 在配合孔的导向下完成 5 mm 的抽芯距离, 如图 5b 所示。合模时, 定模座板 45 与定模板 38 闭合, 锁紧楔 7 驱动活动型芯 5 开始复位, 闭模后锁紧楔 7 压紧活动型芯 5 之后进入下一个注塑周期。

另外, 由于直径为 2.9 mm、深度为 7 mm 的侧孔处于塑件的顶部, 该结构同样需要采用前模抽芯, 其结构方式和动作原理与上述斜孔抽芯机构类似, 在此不再赘述。



5—活动型芯;7—锁紧楔;11—定距螺钉;23—下模镶件;37—动模板;
38—定模板;39—型腔镶件;45—定模座板;51—螺钉;52—推管
a—闭模状态;b—开模抽芯

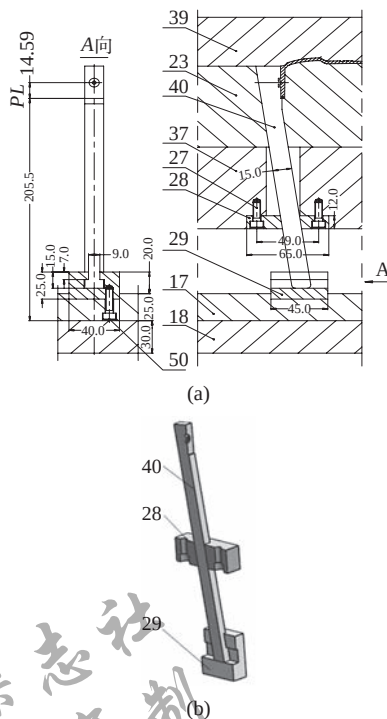
图5 斜孔侧抽芯机构

(2) 斜滑块抽芯机构的设计

塑件上直径为2.9 mm、深度为2 mm的侧孔也需要设置侧抽芯机构。由于抽芯距较小,综合考虑成型零件、浇注系统的布局,确定采用斜滑块抽芯机构,如图6所示。

注塑填充阶段,由于斜滑块40顶部呈楔形结构,合模后下模镶件23压紧斜滑块40背面,防止斜滑块40由于受注塑压力作用而产生松动;开模阶段,上、下模两部分分开,斜滑块40抽芯机构尚未启动;开模完毕后,在注塑机顶出杆作用下,推杆垫板18与推杆固定板17推动压块29和斜滑块40,斜滑块40在耐磨块28和下模镶件23配合孔的导向下完成侧向抽芯;复位阶段,压块29和斜滑块40在推杆垫板18与推杆固定板17的带动下复位。斜滑块40复位完成后,模具上、下模两部分开始合模,进入下一个注塑周期^[14-15]。

图1中的圆孔口1和圆孔口2的外表面与塑件中相邻部位的外表面有一台阶高度差(用于固定电线保护圈),为简化分型面结构,确定采用活动镶件作为该处的成型零件,并设计斜导柱抽芯机构实现



17—推杆固定板;18—推杆垫板;23—下模镶件;27,50—螺钉;
28—耐磨块;29—压块;37—动模板;39—型腔镶件;40—斜滑块
a—结构示意图;b—斜滑块三维结构图

图6 斜滑块侧抽芯机构

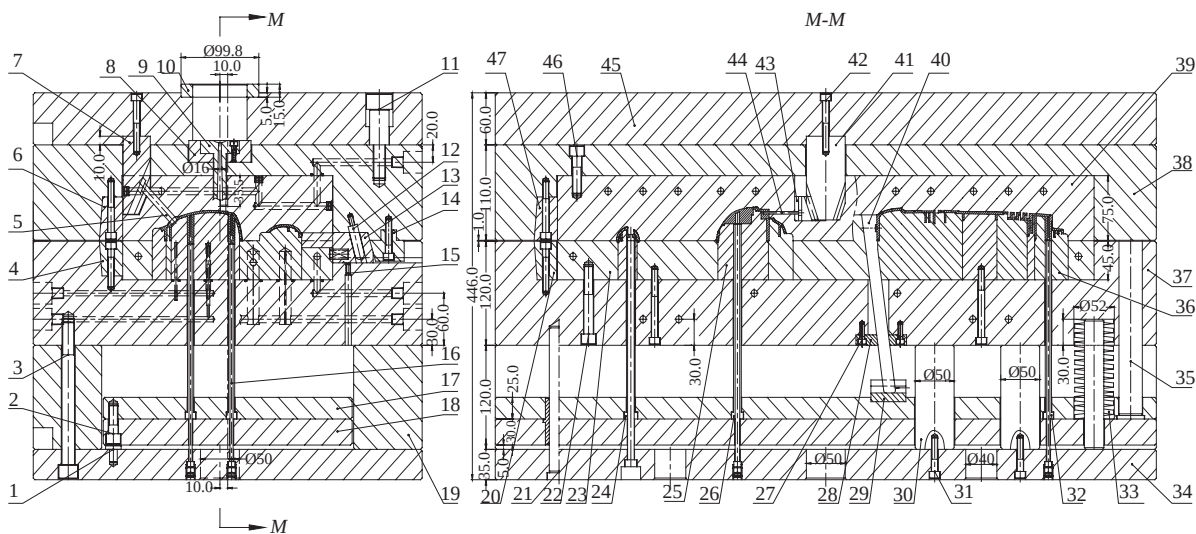
该活动镶件的抽芯脱模与合模复位。抽芯机构的斜导柱和滑块分别设置在上、下模,具体结构如图7中的斜导柱12、滑块13所示。

2.5 冷却系统的设计

由于塑件表面积较大,壁厚较厚,而且塑件材料PA6是结晶性塑料,故模具中应设置足够数量的冷却回路,以对模具型腔、型芯等主要成型零件进行充分的冷却。根据模具型腔采用整体镶拼的结构特点,为了降低进出水的温差,加强模具的冷却效果,故在左、右机壳两个型腔的对应部位各设置两条直通式循环回路,如图4中的IN1-OUT1,IN2-OUT2,IN3-OUT3和IN4-OUT4所示。根据下模型芯采用组合式镶拼的结构特点,设置两条直通式循环回路,如图4中IN6-OUT6,IN9-OUT9所示;另外设置4条隔水片的循环回路,如图4中IN5-OUT5,IN7-OUT7,IN8-OUT8和IN10-OUT10所示。

3 模具的整体结构及工作原理

根据模具的结构方案选用的模架型号为DCT5085-110×120×120-200^[16],并进一步完善了模具各关键部件和其它辅助零件的设计,最终设计出曲线锯上、下机壳注塑模具,模具主要结构如图7所示。



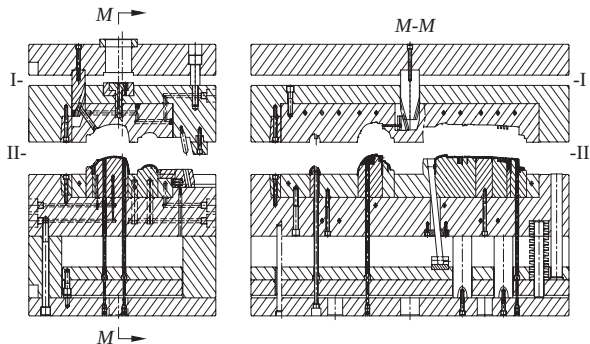
1—垃圾钉;2,3,22,27,31,42,46—内六角螺钉;4,20—后模压块;5,44—活动型针;6,47—前模压块;7,14,41—锁紧楔;8—压环;9—浇口套;10—定位环;11—定距螺钉;12—斜导柱;13,43—滑块;15—定位零件;16,24,26,32—推管;17—推杆固定板;18—推杆垫板;19—方铁;21—导柱;23—下模镶件;25,36—型芯镶件;28—耐磨块;29—压块;30—支撑柱;33—复位弹簧;34—动模座板;35—回程杆;37—B板;38—A板;39—型腔镶件;40—斜滑块;45—定模座板

图7 模具装配图

模具的工作原理如下:

(1) 注塑充模。在注塑压力作用下,塑料熔料流经主流道、分流道、侧浇口后开始填充模具型腔,并在注塑压力作用下保压,在冷却系统作用下冷却、固化。

(2) 开模及滑块抽芯。在注塑机动模板带动下,模具首先在定模座板45与A板38之间即图8中“I-I”处打开;在锁紧楔7和41的驱动下,活动型芯5和44分别实现脱模抽芯,完成前模抽芯动作。接着模具在A板38与B板37之间的分型面即图8中“II-II”处打开,塑件和流道凝料从型腔脱离;在斜导柱12的驱动下,滑块13实现侧向抽芯。



I-I—第一次开模;II-II—第二次开模

图8 模具动作示意图

(3) 顶出塑件。开模完毕后,推杆垫板18与推杆固定板17在注塑机顶出杆作用下,带动推管16,24,26和斜滑块40及其它顶出零件运动,将塑件与

浇注系统凝料从下模型芯顶出,并实现斜滑块40的抽芯动作;顶出行程达30 mm后,模具顶出动作停止。

(4) 顶出机构复位。顶出动作结束后,推杆垫板18与推杆固定板17在复位弹簧33的作用下,带动斜滑块40、回程杆35及推管16,24,26,32等零件组成的顶出机构完成复位动作。

(5) 模具合模及滑块复位。在注塑机带动下,模具首先在A板38与B板37之间合模,滑块13在斜导柱12和锁紧楔14的驱动下复位并锁紧;接着模具在定模座板45与A板38之间合模,在锁紧楔7和41的驱动下,活动型芯5和44分别复位并锁紧,完成一个注塑周期。

4 结论

(1) 在分析塑件结构特点的基础上,借助有限元模流分析技术,合理设计出模具的浇注系统和模具的结构方案。

(2) 针对塑件外表面的多处圆孔和外围轮廓结构,合理设计出各部位的侧抽芯机构,妥善解决了模具复杂结构的脱模问题。

(3) 根据塑件的结构特点,合理设计出成型零件、顶出机构和冷却系统等关键部件,确保模具具备良好的制造工艺性。

(4) 经过实际生产证明,该模具结构紧凑、动作可靠、性能稳定,成型塑件完全符合设计要求。

参考文献

- [1] 丁立刚,李海林,黄楚杰,等. 右前门外拉手盖注射模具设计[J]. 中国塑料,2019(8):106-111.
Ding Ligang, Li Hailin, Huang Chujie, et al. Design of injection mould for outside handle cap of right front door[J]. China Plastics, 2019(8):106-111.
- [2] 杨双华,何冰强. 基于 MFI 和 UG 的后视镜外卡框注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2019,47(11):77-82,93.
Yang Shuanghua, He Bingqiang. Injection mold design for exterior frame of rearview mirror based on MFI and UG[J]. Engineering Plastics Application, 2019,47(11):77-82,93.
- [3] 何成战,梁松. 艺术提篮灯罩异向抽芯哈夫滑块机构注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2019,47(11):88-93.
He Chengzhan, Liang Song. Design of injection mold for different-direction core-pulling harvard slider mechanism of art basket lampshade[J]. Engineering Plastics Application, 2019,47(11):88-93.
- [4] 郑浩勇. 壳体注射模设计[J]. 模具工业,2018,44(3):33-37.
Zheng Haoyong. Design of injection mould for shell[J]. Die & Mould Industry, 2018,44(3):33-37.
- [5] 陈开源,程国飞. 基于 Moldflow 的手电筒注塑模组合型腔流动平衡优化设计[J]. 塑料,2017(2):68-71.
Chen Kaiyuan, Cheng Guofei. Optimal design of flow balance for combined cavity of plastic injection mold for flashlight based on moldflow[J]. Plastics, 2017(2):68-71.
- [6] 胡邓平,陈裕和,张维合,等. 基于 Moldflow 的塑料玩具人前身注射工艺优化与模具设计[J]. 模具工业,2016,42(12):52-57.
Hu Dengping, Chen Yuhe, Zhang Weihe, et al. Optimization on injection process for the front body of plastic toy based on Moldflow and the mould design[J]. Die & Mould Industry, 2016,42(12):52-57.
- [7] 梁卫海,王金海,李岩. 基于 CAE 分析的空调面板成型工艺与流道结构的优化设计[J]. 模具工业,2016,42(10):16-19.
Liang Weihai, Wang Jinhai, Li Yan. Optimization design of the forming process and runner structure of air conditioning panel based on CAE analysis[J]. Die & Mould Industry, 2016,42(10):16-19.
- [8] 李锦胜. 端盖注射模侧向抽芯机构设计[J]. 模具制造,2017,17(7):44-46.
Li Jinsheng. Design of side core-pulling mechanism of injection mold for the end cover[J]. Die & Mould Manufacture, 2017, 17(7):44-46.
- [9] 王牛俊. 三通管注塑模具设计[J]. 模具技术,2017(4):37-39,63.
Wang Niujun. Injection mould design of three-way pipe[J]. Die and Mould Technology, 2017(4):37-39,63.
- [10] 郑浩勇. 导流管精密注射模设计[J]. 模具工业,2017,43(2):44-48.
Zheng Haoyong. Design of precision injection mould for diversion tube[J]. Die & Mould Industry, 2017,43(2):44-48.
- [11] 王鹏驹,张杰. 塑料模具设计师手册[M]. 北京:机械工业出版社,2008:75-77.
Wang Pengju, Zhang Jie. Plastic mold designer's manual [M]. Beijing:China Machine Press, 2008:75-77.
- [12] 丁立刚,胡斯乔,曾道政. 喷雾阀按钮注塑模具设计[J]. 塑料科技,2017,45(7):91-94.
Ding Ligang, Hu Siqiao, Zeng Daozheng. Design of injection mould for aerosol spray button[J]. Plastics Science and Technology, 2017,45(7):91-94.
- [13] 秦欣,苏小平,郭存涵. 基于响应面法的汽车保险杠注塑方案分析与优化[J]. 塑料科技,2019,47(2):57-62.
Qin Xin, Su Xiaoping, Guo Cunhan. Analysis and optimization of automobile bumper injection scheme based on the response surface methodology[J]. Plastics Science and Technology, 2019,47(2):57-62.
- [14] 杨华林. 锥形盖差速滑块脱内螺纹机构及注塑模具设计[J]. 工程塑料应用,2019,47(11):64-70.
Yang Hualin. Design of internal thread demoulding mechanism and injection mold for taper cap differential slider[J]. Engineering Plastics Application, 2019,47(11):64-70.
- [15] 范国良,路英华. 周转箱注塑模具及其四侧面滑块推出脱模机构设计[J]. 工程塑料应用,2018,46(9):94-99.
Fan Guoliang, Lu Yinghua. Design of injection mould with four sides slider ejection demoulding mechanism for returnable container[J]. Engineering Plastics Application, 2018,46(9):94-99.
- [16] 王春艳,陈国亮. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2017:145-148.
Wang Chunyan, Chen Guoliang. Plastic forming process and mold design [M]. Beijing:China Machine Press, 2017 : 145-148.