

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.02.016

欧式花洒本体注射模模流分析及结构设计

刘琼¹, 林富坤², 林永南¹

(1. 福建工程学院材料科学与工程学院, 福州 350118; 2. 厦门安普利生物工程有限公司, 福建厦门 361022)

摘要: 针对欧式花洒本体产品形状的特殊性, 首先采用 Moldflow 软件进行模流分析, 将分析的结果运用到模具设计中。设计了一种直抽加弯抽的模具抽芯结构, 大大缩短了圆弧抽芯的长度。针对产品发生翘曲变形部位, 采用一种直角脱模板进行模具的侧抽和脱模, 保证了产品的外观质量。结果表明, 该模具结构紧凑, 动作稳定可靠, 能够满足实际生产需求。

关键词: Moldflow; 欧式花洒本体; 模具设计; 侧浇口

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)02-0082-07

Flow Analysis and Structure Design of Injection Mold for European Style Shower Body

Liu Qiong¹, Lin Fukun², Lin Yongnan¹

(1. Fujian University of Technology, School of Materials Science and Engineering, Fuzhou 350118, China;

2. Xiamen Ample Bioengineering Co., Ltd., Xiamen 361022, China)

Abstract: Aiming at the particularity of the shape of European flower sprinkler, Moldflow software was used to analyze the die flow, and the results were applied to the die design. A die core-pulling structure of direct-pulling and bending-pulling was designed, which greatly shortened the length of arc core-pulling. Aiming at the warping part of the product, a right-angle stripping template was used for side drawing and stripping of the die, which ensured the appearance quality of the product. The results show that the die has compact structure, stable and reliable movement, and can meet the actual production needs.

Keywords: Moldflow; European flower sprinkler body; mold design; side gate

随着人民生活水平的不断提高, 人们对产品的品质需求更高, 除形状和表面质量外, 更加追求流线型个性化的产品设计, 类似于新型花洒本体中的手柄形状。手柄主要由直线和弧形相结合, 其横截面积是连续变化的。这就要求注塑模具有长距离、弧形抽芯的能力, 然而, 无论是设计还是制造, 弧形抽芯机构一直是注塑模制造中的一个难题。胡邓平等^[1]借助电机和齿轮传动来带动圆弧型芯以一定角度旋转, 从而完成抽芯动作。黄丽^[2]设计了一套由液压马达、齿轮、圆弧滑槽组成的侧向圆弧抽芯机构的模具。罗文峰^[3]设计了一种由斜导柱直线侧抽、圆弧滑块侧抽以及圆弧侧抽 3 个部分侧抽的复合抽芯机构。刘少春^[4]在此基础上分析了大圆弧角模具

抽芯机构的结构特征。综上所述, 笔者在前人分析的基础上, 介绍了一种适用于欧式花洒本体的复合抽芯机构, 直抽与弯抽相结合, 模具结构紧凑, 动作稳定可靠。在模具设计过程中, 运用了 Moldflow 仿真软件。该软件能够对熔体的充填、流动、冷却和翘曲等整个注射过程进行模拟分析。模拟的结果对模具结构设计提供一定的参考。

1 塑料件结构及工艺分析

1.1 塑料件分析

手柄整体呈现轮廓明显的“喇叭花”形状, 有较大的截面尺寸变化, 截面积小的一端由圆弧状弯曲过渡, 形状设计对称, 便于与花洒手柄等其它部件的连接; 截面积大的一端形状为八个“花瓣”, 花瓣处

基金项目: 福建省经信委企业技术创新项目 (GY-Z15085), 中央引导地方科技发展专项 (2018L3001)

通讯作者: 刘琼, 副教授, 博士, 主要从事塑料成型工艺及模具设计方面的研究 E-mail: lqdear@163.com

收稿日期: 2019-11-11

引用格式: 刘琼, 林富坤, 林永南. 欧式花洒本体注射模模流分析及结构设计 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(2): 82-88.

Liu Qiong, Lin Fukun, Lin Yongnan. Flow analysis and structure design of injection mold for european style shower body[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(2): 82-88.

靠内侧的位置有 4 个需要抽芯的自攻螺丝柱孔,自攻螺丝柱孔与花洒本体中间由加强筋连接。基本尺寸为 129 mm × 129 mm × 129 mm,壁厚为 3 mm。该产品应用于日常生活中的卫浴用具,出水口开口较大,便于增加出水量,是一种新型的欧式花洒结构。利用 CAD, UG 软件绘制产品的二维图、三维图如图 1 所示。

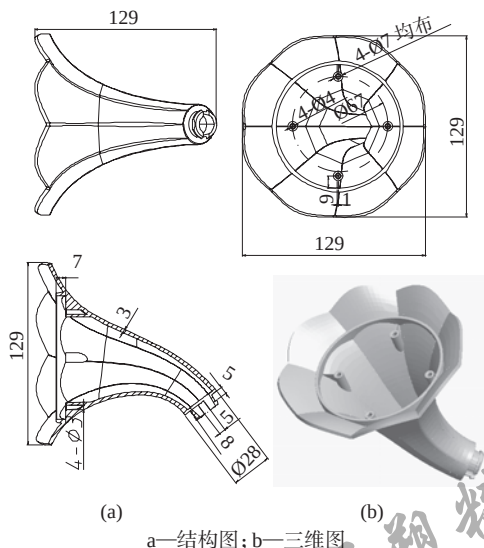


图 1 花洒本体结构、三维图

1.2 塑料件的精度与表面质量

塑料件尺寸精度自攻螺丝柱中心距及小端孔位尺寸要求较高,其它要求一般。为了降低在生产过程中制模成本和加工成型的难度,尽量选择较小的尺寸精度,同时要满足产品质量符合实际使用要求。产品外观要求较高,内表面圆环以内装配后不可见,故可选择仅满足利于脱模的精度,内表面圆环以外是外观面,需镜面抛光,外表面也是外观面需镜面抛光,因分型面不可避免要设置在外表面上,故模具设计时应考虑做工艺螺丝孔,动定模仁需锁在一起组合抛光,以降低外表面的粗糙度。

塑料件的表面要求没有气泡、流纹、麻点、裂痕等问题,产品外表面光滑,有一定的弯曲弧度,在弯曲弧度最大的地方应注意避免应力集中的现象,产品与产品连接处以及产品边缘应选用圆角过渡,防止对使用者造成损伤。分型面以及浇口位置易出现飞边,故在选择位置时需要避免有明显的痕迹。

1.3 塑料件材料

花洒手柄使用的材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS), 是一种易于加工成型的热塑性工程塑料。密度为 $1.02 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$, 该塑料的熔融温

度很高,为 217~237℃,但料温较高时易分解,分解温度在 270℃以上。

1.4 模具设计重点与难点分析

通过以上对塑料件的结构、精度及材料性能的分析可以看出,该产品模具设计的重点和难点主要是花洒的内部圆弧抽芯部分以及 8 个花瓣的成型。该产品需要实现两个地方的侧向抽芯,抽芯结构如图 2 所示。花洒的抽芯部分可以分解成图 2 中的 I 和 II 两个部分来完成。图中 I 标示的主要完成花洒里面的圆弧抽芯,图中 II 主要完成花洒里面 4 根自攻螺丝柱以及内部的中圆部分的直抽芯部分。另外,花洒中 8 个花瓣处的成型也具有一定的难度,要保证不变形,而且不影响其表面质量。

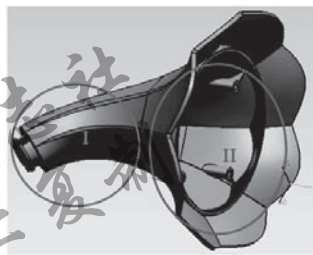


图 2 抽芯结构

2 模流分析

Moldflow 仿真软件能够在注塑工艺、模具结构设计、模具装配试模等方面起到验证和优化的作用^[5]。但由于计算数据与实际经验会有一定的差距,因此 Moldflow 仿真在目前生产中还是起辅助作用。随着模具 CAE 技术的不断应用和发展,成型过程的计算机模拟将更加准确、速度快,经济实用,前景好。笔者在确定模具设计方案前,借助模流分析来确定浇口位置、充填时间、冷却、翘曲变形等计算结果,为后续的模具设计提供参考。

2.1 浇口位置分析

在设置浇口位置之前,可以通过 Moldflow 对该产品进行最佳浇口位置分析,从而可以判断出哪些地方适合开设浇口。模拟结果如图 3 所示。从图 3 可以看出,最佳浇口位置位于产品的中部,倘若在此设置浇口,将会影响到产品的外观质量,因此不妥。图中外围区域部分是不可以设置浇口的位置。综合考虑,由于该产品尺寸较大,而且抽芯比较复杂,外观质量又要求很高,因此,采用一模一腔的结构。从产品的轴心以及模具结构的平衡性考虑,选取侧浇口,弧形分流道。浇口系统设计如图 4 所示。



图3 浇口位置分析

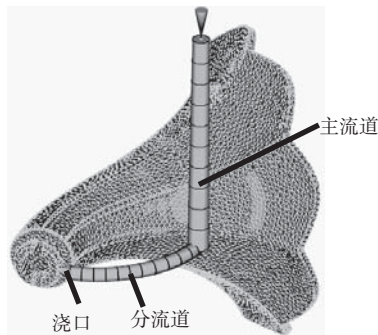


图4 浇注系统设计

2.2 充填时间分析

图5为充填时间结果图。从图5可以看出,该产品的充填时间为2.379 s,靠近浇口处充填较快,越远离浇口充填能力越差,充填时间越长,在8个花瓣的位置处充填时间最长。

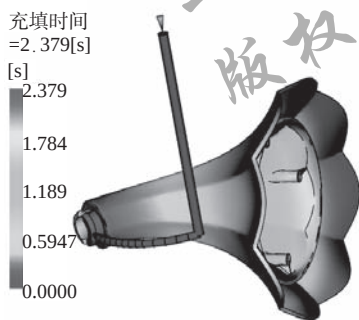


图5 充填时间

2.3 流动前沿温度分析

图6为流动前沿温度图。



图6 流动前沿温度

由图6可见,充填过程中制品的流动前沿温度较均匀,最高流动前沿温度为232.3℃,加强筋位置的温度较低。由于制品尺寸约为129 mm×129 mm×129 mm,壁厚均匀且为3 mm,所以不会出现短射现象,基本保证了制品的成型要求。

2.4 冷却水温变化分析

图7为冷却水温的变化。进水口选用温度为23℃,在出水口位置的水温最高为23.65℃,说明冷却液温度变化控制在1℃以内,是符合要求的。

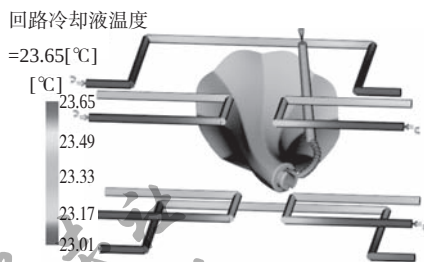


图7 冷却水温变化

2.5 翘曲变形分析

翘曲变形图如图8所示,产品的变形最严重的区域分布在截面积小的一端,也就是最开始浇注的地方,除此之外则是“八个花瓣”的边缘处,最大变形达到了0.5476 mm,变形情况在产品生产的允许范围内。

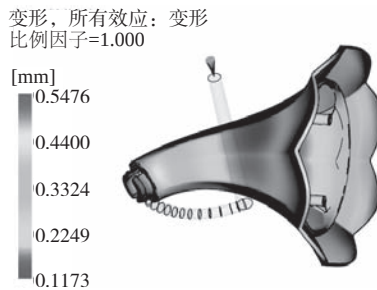


图8 翘曲变形图

2.6 熔接痕和气穴分析

图9、图10分别为熔接痕和气穴模拟图。从图9可以看出,熔接痕只出现在小端的圆弧内部,这是几股熔体流动汇聚的结果,不影响产品的外观质量。图10中气穴的位置只出现在产品的大小两个端部,都在非外观面上,可以通过模具中推出和抽芯装置进行排气,能够保证产品的外观质量。

3 直抽加弯抽注射模结构设计

3.1 注塑机型号的确定

利用UG造型^[6-7]得到产品的体积为: $V_{塑}=66.967 \text{ cm}^3$ 。ABS材料的密度取 1.02 g/cm^3 ,浇

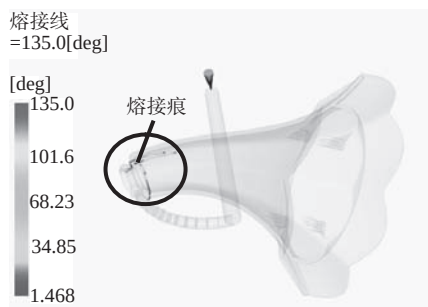


图9 熔接线



图10 气穴

注系统凝料的体积估算为 0.2~1 倍的塑料件体积大小。

故一次注入的塑料熔体总体积为:

$$V_{\text{总}} = V_{\text{塑}} + V_{\text{浇}} = 133.9 \text{ cm}^3$$

从而得出注塑机的公称注射量为: $V_{\text{公}} = V_{\text{总}} \times 0.8 = 167.38 \text{ cm}^3$, 为保证模具能完整放置于注塑机的拉杆空间中, 选用注塑机型号为 XS-ZY-1000^[8-9]。

3.2 分型面位置的确定

根据分型面的选择原则, 首先找到产品脱模方向最大投影边缘部位所在位置, 选择尽可能小地影响产品整体外观的位置作为分型面, 其次判断这个位置是否满足模具的锁紧要求。由于产品整体沿此分型面上下呈对称形状, 截面尺寸相差较大, 故最终设置产品的分型面位置为图 11 中标注所示, 动模方向向下。



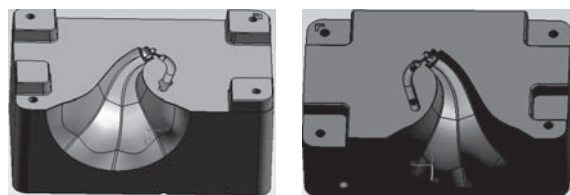
图11 分型面位置的确定

3.3 成型零部件的设计

(1) 凹模镶块。

由于产品在分型面处呈对称状态, 故利用上下

两个凹模镶块组成型腔成型产品。采用整体嵌入式结构, 利用螺钉将凹模镶块固定在凹模板上。图 12 为上下凹模镶块示意图。



(a) (b)

a—上凹模镶块; b—下凹模镶块

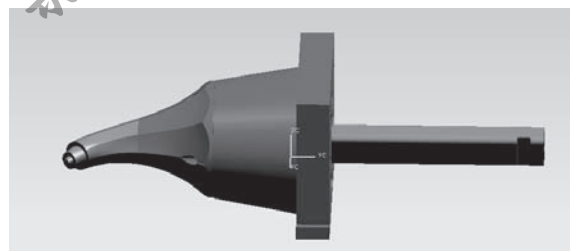
图12 成型零件上下凹模镶块

(2) 凸模的结构。

产品外表面由两个凹模镶块组成, 内表面成型时需要凸模, 需要设置一个圆弧抽芯结构, 在产品截面大的一端为保证形状不变, 借助镶块作为组合式凸模, 其结构如图 13 所示。



(a)



(b)

a—圆弧抽芯结构; b—组合式凸模

图13 凸模结构

(3) 抽芯部分的工作过程。

整套模具用 UGNX 制图完成, 模具核心部分结构如图 14 所示。制品的形状和尺寸是注射成型零件设计的关键。由图 14 可知, 制品内部为中空结构, 需要做一个大的侧向抽芯。内部侧面有 4 个自攻螺丝柱孔, 需要分别做 4 个小型芯来成型。从而避免出现困气、缺胶等现象。抽芯距离较大, 选用油缸作为动力源。由于抽芯机构为圆弧侧向抽芯机构, 选择利用导滑槽, 将油缸的活塞直线运动转换为抽芯的圆弧运动。

抽芯距的计算公式如下:

$$S_{\text{抽}} = h + (2 \sim 3) = 129 + (2 \sim 3) = 131 \sim 132 (\text{mm})$$

式中: h ——塑料件需要抽芯的侧孔深度。

具体工作原理设计如图 14 所示。

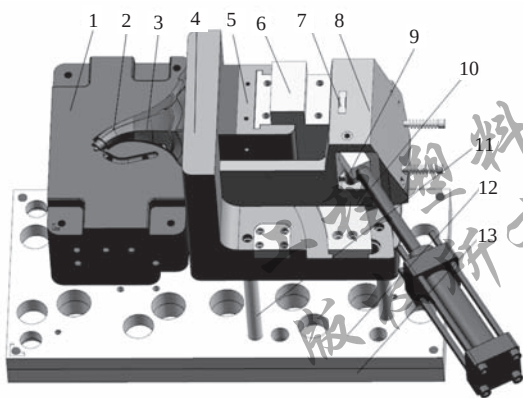
I. 直抽滑块 3 与滑块 5 用螺丝固定,开模时,锁紧块 6 通过 T 槽带动滑块 3 和滑块 5 抽芯,直抽完成;

II. 脱模板 4 通过推杆 11 与推板 12、推杆固定板 13 连接固定,推板 12 与推杆固定板 13 顶出,带动脱模板 4 及所有弯抽和直抽零件顶出,使产品脱离动模仁 1,同时顶出流道冷凝料,顶出完成;

III. 弯芯 2 通过方销 7 与摆座 8 连接固定,油缸 10 做直线运动,通过摆销 9 带动摆座 8、弯芯 2、滑块 3、滑块 5、方销 7 等零件一起沿脱模板 4 上面的弧形导滑槽运动,弯抽完成;

IV. 机械手取出产品,所有开模动作完成;

V. 合模时,以上动作顺序逆向进行,合模完成。



1—动模仁; 2—弯芯; 3、5—滑块; 4—脱模板; 6—锁紧块; 7—方销; 8—摆座; 9—摆销; 10—油缸; 11—推杆; 12—推板; 13—推杆固定板

图 14 抽芯机构

3.4 推出机构设计

由于产品外表面为光滑有弧度的“喇叭花”形状,有外观要求,不允许有顶出痕迹。根据模流分析结果可知,在花洒的大端部即喇叭花部分,容易发生翘曲变形,故无法单独使用推板或推杆推出。因此为了保证产品在开模后能顺利取出,且在不影响产品外观的情况下设计如图 15 所示的一种直角脱模板顶出机构,这是一种组合推出方式。产品包在脱模板花瓣位置上与脱模板一起推出,再用油缸将脱模板从产品花瓣位置抽离。针对流道凝料,利用推杆推出。这种组合推出方式的优点在于更适用于花洒本体的成型,减少了产品变形,而且不影响分流道凝料的推出,也有助于产品排气,减少注塑缺陷。

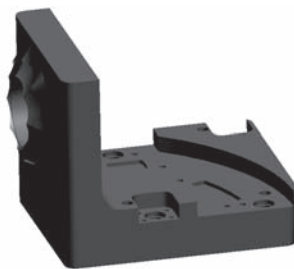
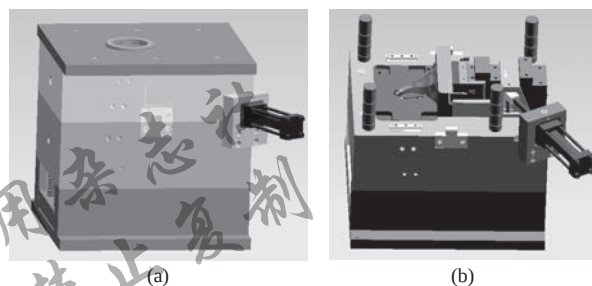


图 15 直角脱模板结构图

3.5 模具结构图

根据以上分析,设计出相应的模具总装配结构。图 16 为三维模具的装配图,图 17 为模具的结构图。



a—总装配图; b—动模部分图

图 16 三维模具装配图

从图 17 的二维装配图中可以看出,该模具具体工作原理为:动模板 9 和定模板 16 中分别固定凹模镶块,合模时依靠这对凹模镶块即哈夫块 15,41 形成一个完整的型腔,内部由圆弧形芯 13 以及镶块 14 辅助成型,当塑料凝料经浇注系统注入时在形成的封闭空间中得以呈现花洒本体的样子;开模时首先油缸 48 驱动,利用脱模板 8 上的导滑槽将活塞直线动作转化成圆弧抽芯动作,将圆弧侧向型芯 13 抽出以及带动镶块 14 退出,完成侧抽芯动作,然后推板 4 与推杆固定板 5 一起动作,带动推杆 44 顶出分流道中的凝料,在上升的同时脱模板导柱 6 进入推板 4 与推杆固定板 5 中的孔内,直至碰到脱模板导套 7 到达限位,此时弹簧 45 受力压缩,推动脱模板 8 向上运动将产品在模具中取出,实现脱模;第二次合模时由复位杆 42 带动推板 4 及推板固定板 5 回至最初位置,脱模板 8 则利用脱模板复位杆 28 带回。正如前面所介绍的抽芯动作过程,先顶出再弯抽,这样产品小端有弯芯固定,大端有滑块座固定,顶出才会平衡,否则顶出时产品由于小端有型腔包紧力会发生倾斜,刮伤产品。

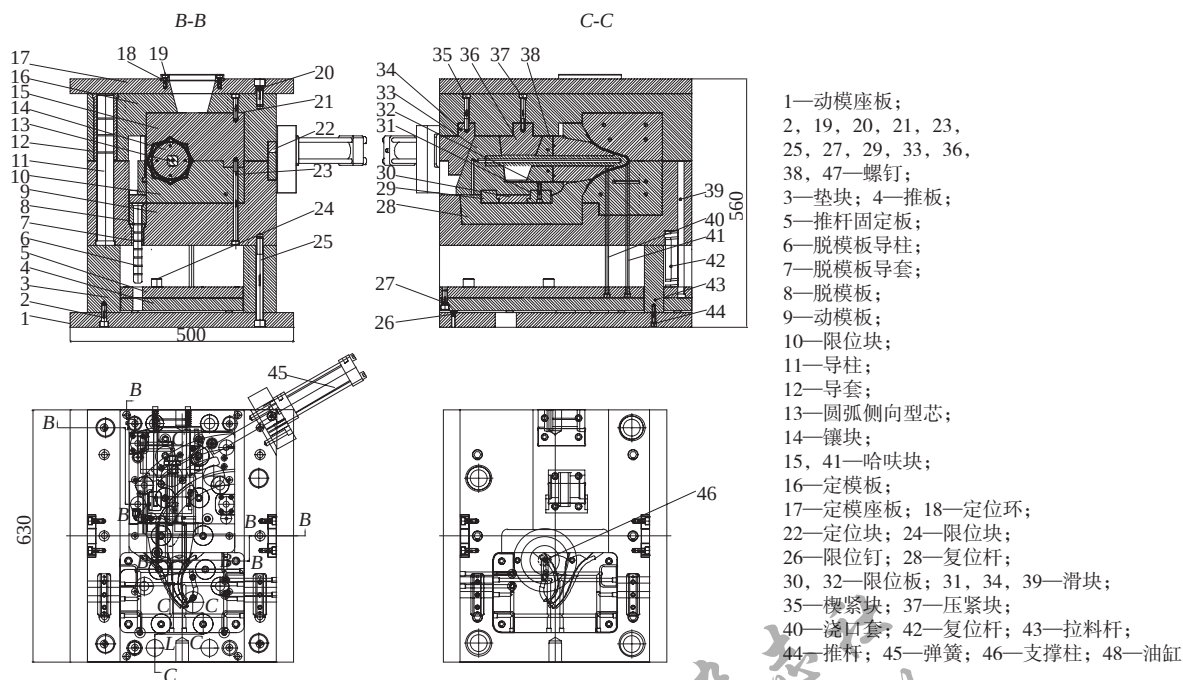


图 17 模具的结构图

4 结语

通过对欧式花洒本体注塑件进行分析,用 UGNX 和 CAD 软件完成了整体模具三维及二维装配图的实体建模及绘制。此模具设计采用侧浇口,型腔采用两个镶块拼接式结构;抽芯部分采用油缸进行活塞运动带动滑块完成直抽与弯抽动作。缩短了圆弧抽芯的长度,简化了模具结构。对具有圆弧抽芯类注塑件的模具设计具有一定的参考作用。采用直角脱模板能够防止花洒本体的“喇叭”部位发生翘曲变形。该注射模具结构简单紧凑,动作稳定可靠,能够满足实际的生产要求。在设计过程中借助 Moldflow 软件对塑料件进行模流分析,将分析后的结果用于指导模具设计,能够提高模具设计水平,缩短周期。

参考文献

- [1] 胡邓平,王树勋,张宇,等.基于电动圆弧抽芯的塑料花洒注塑工艺及模具创新设计[J].塑料科技,2017,45(1):81-84.
Hu Dengping, Wang Shuxun, Zhang Ning, et al. Injection technology analysis and innovation mould design of plastic shower nozzle based on motor-driven arc core-pulling[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(1):81-84.
- [2] 黄丽.泵壳成型分析与圆弧侧抽芯模具设计[J].塑料,2016,45(3):117-120.
Huang Li. Formation analysis of pump case and design of circular side core-pulling mold[J]. Plastics, 2016, 45(3):117-120.
- [3] 罗文峰.大角度圆弧弯管抽芯机构及注射模设计[J].模具工业,2019,45(3):31-35.
Luo Wenfeng. Core pulling mechanism for large angle arc pipe and the injection mould design[J]. Die & Mould Industry, 2019, 45(3):31-35.
- [4] 刘少春.带圆弧结构模具抽芯机构的结构设计及运动仿真[J].科技创新与应用,2017(36):61-64.
Liu Shaochun. Structural design and dynamic simulation of core pulling mechanism of mold with circular arc structure[J]. Technology Innovation and Application, 2017(36):61-64.
- [5] 邵良臣,王悦,张鹏玉,等.基于 Moldflow 的汽车控制面板旋钮开关注塑模具设计[J].塑料工业,2019,47(5):67-71.
Shao Liangchen, Wang Yue, Zhang Pengyu, et al. The design of injection mold for knob switch of automobile control panel[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(5):67-71.
- [6] 王调品.模具设计指导[M].北京:机械工业出版社,2016.
Wang Diaopin. Mold design guide[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2016.
- [7] 李源,郭辰光,李威力,等.薄壁电子机壳侧向抽芯注塑模具设计[J].塑料工业,2015,43(8):45-48.
Li Yuan, Guo Chenguang, Li Weili, et al. Design of the side-core pulling injection mold for the thin shell of electronic part[J]. China Plastics Industry, 2015, 43(8):45-48.
- [8] 屈华昌.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:高等教育出版社,2014.
Qu Huachang. Plastic forming process and mold design[M]. Beijing: Higher Education Press, 2014.

- [9] 沈忠良,肖国华,徐生,等.圆周多行位圆弧形直线运动抽芯模具设计[J].工程塑料应用,2016,44(5):70-73.
Shen Zhongliang, Xiao Guohua, Xu Sheng, et al. Design of core-pulling mould by rounded linear motion for multiline positions around circumference[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(5):70-73.
- [10] 唐晖.一种新型自动自锁液压抽芯机构设计[J].塑料科技,2016,44(6):76-80.
Tang Hui. Design of a new type of automatic self-locking hydraulic core pulling mechanism[J]. Plastic Science and Technology, 2016, 44(6):76-80.
- [11] 叶久新,王群.塑料成型工艺及模具设计[M].北京:机械工业出版社,2007.
Ye Jiuxin, Wang Qun. Plastic molding technology and mould design[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2007.
- [12] 王文君,葛正浩,蒋萌,等.基于Pro/E榨汁机上盖注塑模具的3D设计及数控加工[J].塑料,2010(4):12-14.
Wang Wenjun, Ge Zhenghao, Jiang Meng, et al. 3D design and NC machining programming for the juicer cover injection mould based on Pro/E[J]. Plastics, 2010(4):12-14.
- [13] 王怀奥,肖国华.熟食机主体壳注塑模具结构设计[J].塑料工业,2017,45(11):79-84,124.
Wang Huaiao, Xiao Guohua. Design of injection mould for main body of cooked food machine[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(11):79-84, 124.
- [14] 池寅生,陈建锋,孙庆东,等.自动脱螺纹的水杯盖三板注塑模具设计[J].塑料科技,2015,43(5):77-80.
Chi Yinsheng, Chen Jianfeng, Sun Qingdong, et al. A three-plate injection mold design for the lid of cup with the thread automatically demolding mechanism[J]. Plastics Science and Technology, 2015, 43(5):77-80.
- [15] 梁迪,张鹏,何昌传.注塑工艺参数对加强筋脱模力的影响[J].塑料,2015,44(2):76-80.
Liang Di, Zhang Peng, He Changchuan. Influence of injection parameters on ejection force of strengthening rib[J]. Plastics, 2015, 44(2):76-80.
- (上接第81页)
- [5] 李明辉,张孝杰.注塑机料筒多段温度控制系统的研究与设计[J].包装工程,2017,38(19):179-183.
Li Minghui, Zhang Xiaojie. Research and design of the multi-stage temperature control system of the injection molding machine barrel[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(19):179-183.
- [6] 罗帆,张云,崔树标.规则自组织模糊PID注塑机料筒温度控制[J].工程塑料应用,2015,43(6):65-69.
Luo Fan, Zhang Yun, Cui Shubiao. Self-organizing fuzzy PID controller for injection molding machine cylinder temperature[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(6):65-69.
- [7] 胡亚南,祁广利,霍蛟飞,等.基于模糊PID的FDM型3D打印机喷头温度控制系统[J].包装工程,2017,38(19):173-178.
Hu Yanan, Qi Guangli, Huo Jiaofei, et al. Temperature control system of FDM type 3D printer nozzle based on fuzzy PID[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(19):173-178.
- [8] 彭斐,彭勇刚,韦巍.注塑机料筒温度模糊解耦控制系统[J].工程塑料应用,2010,38(3):71-74.
Peng Fei, Peng Yonggang, Wei Wei. Bucket temperature fuzzy decoupling control of injection molding machine[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(3):71-74.
- [9] 李宏杰.工程塑料注塑成型中PLC的应用及分析[J].塑料工业,2019,47(3):23-25.
Li Hongjie. Application and analysis of PLC in Injection molding of engineering plastics[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(3):23-25.
- [10] 李明辉,杨星奎.基于内模解耦的注塑机料筒温度控制策略[J].包装工程,2018,39(5):141-145.
Li Minghui, Yang Xingkui. Temperature control strategy of injection molding machine barrel based on internal mold decoupling[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(5):141-145.
- [11] 刘斌,谢煜,孙艺哲.基于Smith预估模糊控制的温室灌溉决策系统设计[J].中国农机化学报,2019,40(8):149-153.
Liu Bin, Xie Yu, Sun Yizhe. Design of greenhouse irrigation decision system based on Smith predictive fuzzy control[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2019, 40(8):149-153.