

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.12.016

基于 Rhino 造型的口部螺纹花艺瓶吹塑成型设计

吴冬俊,周小军,梁莉,张雁亭,涂秋燕

(浙江工商职业技术学院机电工程学院,浙江宁波 315012)

摘要:针对某花艺瓶大批量生产的需要,运用 Rhino 软件构建了塑件的工业外观三维造型。依据塑件的瓶口带有相对较厚的螺纹的特点,选用注射-拉伸-吹塑成型工艺对塑件进行成型,进而设计了两套成型模具及一套加热装置来实施该工艺过程。模具设计前,首先运用积分法确定了型坯的注塑尺寸,并据此设计了型坯的两板两次开模热流道注塑模具,其主要用于瓶口厚壁螺纹及瓶体薄壁型坯的成型。结合胀形成型需要及软化型坯的需要,配套设计了一种反射式方形加热装置来对注塑脱模后的型坯进行二次加热。为实现瓶身及瓶底的胀形成型,设计了与螺纹成型块能配合安装的气辅吹塑胀形模具,胀形模具结构为两瓣拼合式结构,瓶身和瓶底的成型件由不同镶件拼合而成,采用水槽和水管两种方式实现快速冷却;模具闭合时的复位定位依靠两级定位来实施,一级定位为导柱导套定位,二级定位为精定位块定位。模具结构设计简单实用,可为同类设计提供参考。

关键词:工业设计;三维造型;成型工艺;注射-拉伸-吹塑成型;模具

中图分类号: TG234 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)12-0091-06

Design of Injection-Stretch-Blow Molding for Floral Bottle with Mouth Thread Based on Rhino Modeling

Wu Dongjun, Zhou Xiaojun, Liang Li, Zhang Yanting, Tu Qiuyan

(School of Mechatronical Engineering, Zhejiang Business Technology Institute, Ningbo 315012, China)

Abstract : In order to meet the need of mass production of a floral bottle, the three-dimensional industrial appearance modeling of the plastic parts was constructed by Rhino software, and the injection-stretch-blow molding process was selected to molding the plastic parts for the characteristic of the thick-wall thread of the bottle mouth. Two sets of molding mould and a heating device were designed to implement the process. Before the design of the moulds, the injection molding dimensions of the parison were determined by integral method, and the two-plate hot runner injection mould of the parison with twice mould-opening were designed accordingly, which was mainly used for the molding of thick-wall thread of bottle mouth and thin-wall parison of bottle body. Considering the need of softening parison for blow-bulging forming, a reflective square heating device was designed to reheat the parison after injection molding. In order to realize the blow-bulging forming of the bottle body and bottom, a gas-assisted blow-bulging mould was designed, which could be combined with the thread forming block. The mould structure was a two-sectional splicing structure, the forming parts of the bottle body and bottom were divided into different inserts, the rapid cooling was realized by water tank and water pipe. When the mould was closed, the reset and positioning depended on two-stage positioning, the first-level positioning was the guide pillar and guide bush positioning, and the second-level positioning was the precise positioning block positioning. The design of mould structure is simple and practical, and can provide a reference for similar design.

Keywords : industrial design ; 3D modeling ; molding process ; injection-stretch-blow forming ; mould

塑性材质工业产品设计时一般包含三个基本要素,即功能、成形工艺和实体艺术造型。功能是产品造型的目的,对产品的结构和造型起着主导的决定性的作用;成形工艺是产品得以成为现实的物

质基础,包括材料和制造工艺;而实体艺术造型则是产品的物质功能和物质技术条件的综合体现。产品三要素同时存在于一件产品中,它们相互依存、相互制约和相互渗透^[1-3]。工业产品造型设计不同于

通讯作者:张雁亭,高级工程师,副教授,研究方向为产品工业设计与成型制造 E-mail: 11059725@qq.com

收稿日期: 2019-10-15

引用格式: 吴冬俊,周小军,梁莉,等. 基于 Rhino 造型的口部螺纹花艺瓶吹塑成型设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(12): 91-96.

Wu Dongjun, Zhou Xiaojun, Liang Li, et al. Design of injection-stretch-blow molding for floral bottle with mouth thread based on Rhino modeling[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(12): 91-96.

美术作品的创作,它具有较强的客观性,并受到实用性、技术性、经济性的制约^[4-6]。因此,设计师需要将这些方面统一起来考虑,就产品的创造性而言,在进行产品设计时,必须有所创新;一个真正具有独创性的产品,既体现它的实用性特点,又有美观的造型。就产品的经济性而言,应该遵循的一条经济法则是以最低费用取得最佳效果,因而,产品的工业生产方式选择显得非常重要^[7-8]。

塑料新材料的运用改进了塑料材质产品结构,使工业产品更加实用;新的工艺加工方式,如气辅成型、水辅成型、滚塑、浸塑、双色成型,及一些表面处理:喷丸、发蓝、电镀、刀痕等新工艺的运用,能更好地体现材料的质感^[9-12]。作为设计师,应在尽可能了解成型工艺方式的基础上以少的费用设计并生产出优良的产品。为此,必须了解产品的市场状况,结合用户需求,及量产工业方式来进行优化设计。对于瓶体类工艺塑件的生产,采用单纯的注射成型,难以达到大体积薄壁塑件的成型效果,且模具制造和壁厚控制都相对比较困难,因而较好的方式是对注塑工艺进行改进,采用注塑+吹胀成型的办法来实现薄壁类瓶体塑件的成型。

1 花艺瓶体 Rhino 工业造型

运用 Rhino 软件对某花艺瓶体进行造型,如图 1 所示。

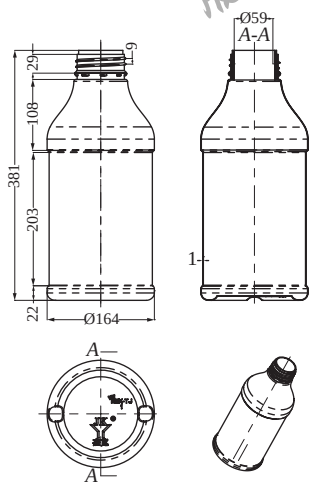


图 1 花艺瓶体塑件造型

鉴于瓶体的工业外观需要,采用该软件的强大的 NURBS 建模功能来进行建模,特别是口部螺纹特征的构建,涉及到防伪及专利避险,需要采用右旋式锯齿口断续型螺牙。塑件内壁为中空体,瓶体总高度 381 mm,下底、上部的胀形部位外径为 164 mm,中间主体部位高度为 203 mm,中部位置

外径为 160 mm,口部内径为 59 mm。

塑件的设计材料选用高密度聚乙烯,它是一种由乙烯共聚生成的热塑性聚烯烃,其成型厚度为 0.2~3.0 mm,成型宽度可达 2.5~9 m,拉伸强度(纵横) ≥ 14 MPa、断裂伸长率(纵横) $\geq 400\%$ 、直角撕裂强度 ≥ 50 N/mm、使用温度为 $-70\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。该类材料具有强度大、质量轻、透明度好、气密性好、无臭无味、无毒和耐酸碱等优良性能,很适合作为包装材料,再加上可再生利用的优点,因而广泛用于生产包装容器。

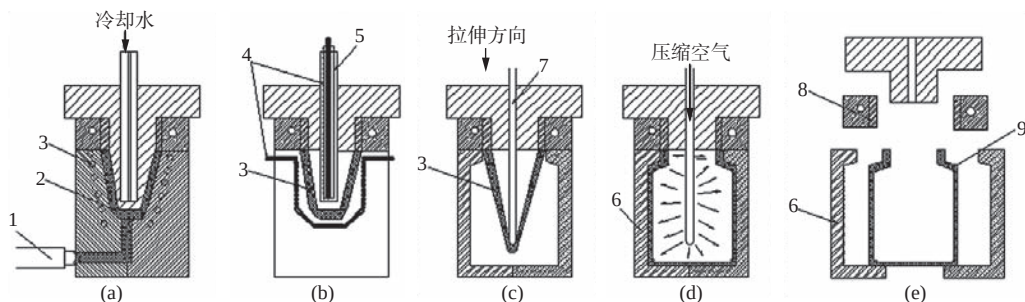
2 成型工艺选择

塑件成型时,其数量非常大,因而,成型方式的选用对塑件的单件成本及整体生产成本有很大影响。在瓶子外形工业设计方案不能改变的情况下,单件的生产成本取决于所选用的成型工艺。成型工艺的选用首先与塑件的内、外部形状有关,从塑件的外壁形状来看,上部口部为螺纹,中部为圆周凹陷型外壁,其底部则是向上凹形圆底,因而外壁的成型件不可能采用完整的整圈成型件来成型,只能采用从中间进行劈分的对半成型件来进行成型。而对于瓶体内壁,则因其口部小,而体内大的缘故,中间部位设置相应的成型镶件的可行性不大。鉴于上述特点,采用注射成型方式,明显不可取。

对于中空瓶体类塑件,如果只有上端口部为开放状态,其成型工艺一般采用气辅中空吹塑成型或者水辅中空吹塑成型最为合适。水辅成型和气辅成型的成型本质相同,即利用中间介质对塑件胚体从中部进行胀形,使熔化的塑料胚体外壁能紧贴成型模具的外壁,从而在成型的塑件外壁上获得与成型模具外壁一样的形状。水辅成型对于厚壁塑件有较好的成型优势,因其不可压缩,同时能对塑件进行冷却,且成型塑件的表面光滑,且无废料产生,不足的地方在于其所需注水压力高于料流压力,容易挤破熔体并在充填末端产生厚壁。考虑到塑件的壁厚及生产现场要求,采用气辅工艺较为合适。气辅中空成型工艺中,中空吹塑成型按型坯的制造方法不同,有挤出吹塑、注射吹塑、拉伸吹塑、挤出-拉伸-吹塑、注射-拉伸-吹塑(以下简称“注-拉-吹”)。对于塑件瓶体而言,由于瓶口相对厚壁的存在,带螺纹瓶口的成型须采用注射成型,而瓶体为 1 mm 壁厚薄壁的薄壁,两者相差悬殊,因而,较好的成型方式是采用先注塑瓶口及型坯,再拉伸型坯,最后吹胀成型的“注-拉-吹”的吹塑成型工艺比较合适。

瓶体拟采用的“注-拉-吹”吹塑成型过程如图 2 所示。先由注塑机将塑料熔体注射入瓶体型坯注塑模具中(图 2a 所示),经初步冷却成型后,注塑模具打开;成型瓶坯经加热机构加热(图 2b 所示);而后,瓶坯移入吹胀成型模具中(图 2c 所示),并被

吹气芯杆(进气杆 7)向下拉伸;当型坯被拉伸到一定长度后,压缩气体经进气杆 7 注入型坯的中心,将型坯胀形到吹塑模具的型腔壁(图 2d 所示),保压一定时间后,吹胀成型模具打开,取出塑件(图 2e 所示)。



1—注塑机; 2—冷却水孔; 3—型坯; 4—电热丝; 5—加热模芯; 6—模腔成型件; 7—进气杆; 8—型环; 9—制品

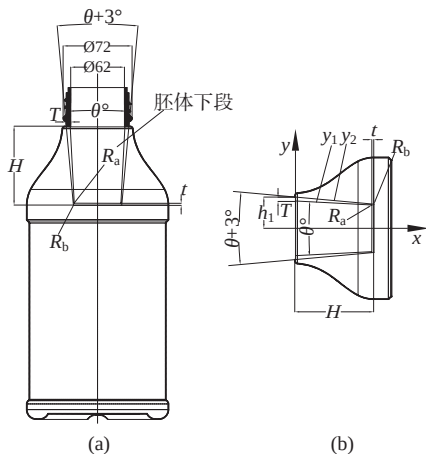
a—型坯注射; b—型坯加热; c—型坯拉伸; d—吹胀保压成型; e—取件

图 2 “注-拉-吹”工艺过程

3 型坯及其注塑模具设计

3.1 型坯尺寸设计

从图 2a 可以看出,型坯的注射成型主要是为实现瓶口螺纹部分的成型及获得瓶体胀形的坯体,因而,型坯的形状设计应能满足注射成型的需要,分型及成型件尽可能简单,并能与后续的胀形模相结合。型坯的外形及内形设计时,外形、内形必须脱模方便,无须设计复杂的脱模机构,即外形型腔采用简单的哈弗成型块成型,内形型芯可以直接从塑件上抽芯抽走,具体的型坯设计如图 3 所示。



H —下段型坯的总长度; x, y —坐标轴; h_1 —内型芯半径;

T —下段型坯壁厚; θ —内型芯脱模斜度($\theta \geq 8^\circ$);

y_1 —内型芯壁截面函数; y_2 —下段型坯外壁截面函数; R_a —内转角;

R_b —外转角; t —型坯端面壁厚

a—型坯整体设计; b—下段型坯的体积函数

图 3 型坯设计

型坯设计时,可以分为两段来进行,上段为瓶口螺纹段,下段型坯为瓶体毛坯,下段型坯的形状须结合坯体的体积计算后来确定。该体积可以分为两部分来进行计算,第一部分为 $V_A(x)$,第二部分为 $V_B(x)$ 。由图 3 可知, $V_A(x)$ 计算中,对于 y_1 函数和 y_2 函数构成的截面中, x 在 $[0, H-t]$ 区间内,旋转体的截面为圆环,对于圆环面积 $A(x)$ 有:

$$A(x) = \pi \cdot [y_2^2(x) - y_1^2(x)] \quad (1)$$

其中:

$$y_1(x) = -\tan(\theta/2) \cdot x + h_1 \quad (2)$$

$$y_2(x) = -\tan[(\theta+3)/2] \cdot x + (h_1 + T) \quad (3)$$

因而,坯体在 $[0, H-t]$ 区间内的体积 $V_A(x)$ 为:

$$V_A(x) = \pi \cdot \int_0^{H-t} [y_2^2(x) - y_1^2(x)] \cdot dx \quad (4)$$

$V_B(x)$ 计算中, x 为 $[H-t, H]$ 区间内的变量,圆环的半径 $R = y_2(x)$,因而有:

$$V_B(x) = \pi \cdot \int_{H-t}^H y_2^2(x) \cdot dx \quad (5)$$

对于瓶体而言,其瓶口以下总体积 $V = 18403.3 \text{ mm}^3$ (由 UG 软件测出)。从而有:

$$V = V_A(x) + V_B(x)$$

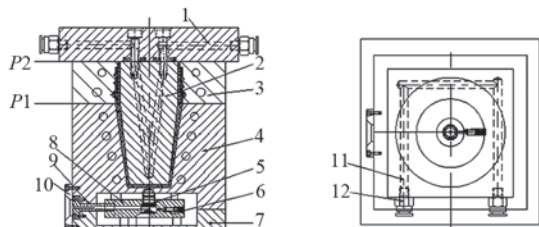
$$V = \pi \cdot \int_0^{H-t} [y_2^2(x) - y_1^2(x)] \cdot dx + \pi \cdot \int_{H-t}^H y_2^2(x) \cdot dx$$

将 $h_1 = 31 \text{ mm}$, $T = 5 \text{ mm}$, $t = 2 \text{ mm}$, $\theta = 10^\circ$ 代入后,计算可得 $H = 137 \text{ mm}$ 。

3.2 型坯注塑模具设计

结合前述计算所获得的型坯尺寸,所设计的型坯注塑模具结构如图 4 所示。模具采用两板式两次

分型模具,热流道单点浇注,模具的螺纹环型腔3为两瓣结构,与型芯2共同拼合成螺纹,模具分型打开时P1面先打开,塑件从型腔4中先脱出,然后模具在P2面处打开,型芯2从塑件中抽芯抽出。型坯脱模后留于螺纹环型腔3内。型坯成型后,需要采用一定的冷却措施将型坯冷却到一定温度后,从模腔中拔出,以备下一步加热后进行注气胀形成型。注射模具的作用有三个,其一是对瓶口螺纹进行成型,第二个是获得一定尺寸的瓶身胀形成型型坯,第三个是控制型坯的尺寸,将胀形比控制在2~4的范围内,保证瓶身壁厚的均匀性。



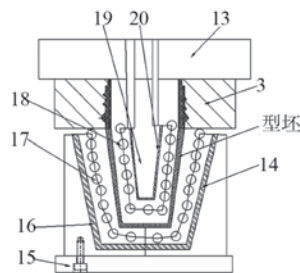
1—上面板;2—型芯;3—螺纹环型腔;4—型腔;5—热流道嘴;
6—热流道线圈;7—底板;8—热流道板;9—浇口套;10—定位环;
11—水道;12—快速接头

图4 型坯注塑模具

3.3 型坯二次加热装置设计

型坯注射成型后,其内外表面已经硬化,需要

对其内外表面进行二次加热软化,为型坯的胀形成型做准备,二次加热装置机构如图5所示。



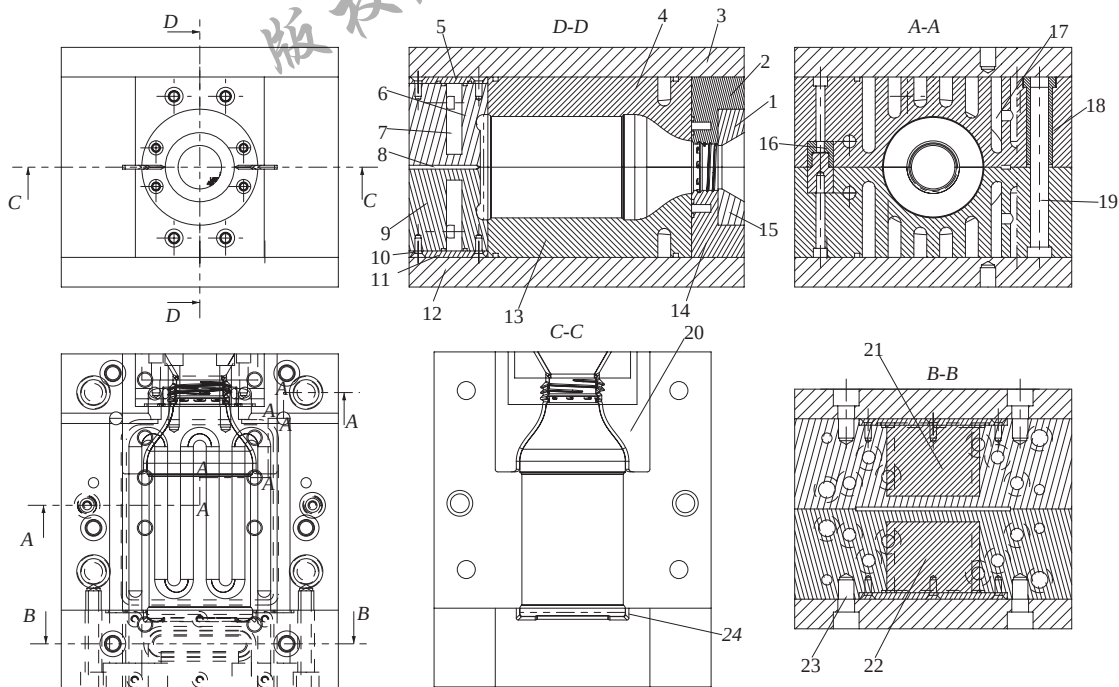
3—螺纹环型腔;13—上盖板;14—外围屏蔽罩;15—支撑底板;
16—外反射板;17—外电偶加热丝;18—内电偶加热丝;
19—内支撑柱;20—温度场反射板

图5 型坯二次加热装置

加热装置中,为保证内外温度场的均匀性,在电热丝的外围设置了反射板的方式来调整温度场,同时,电热丝17,18采用脉冲可调高频加热智能反馈控制方式以控制温度场的均匀性。

4 吹塑胀形模具设计

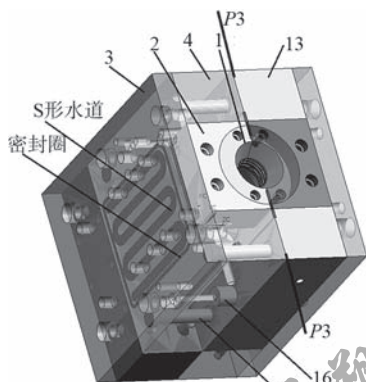
型坯的下段吹塑胀形模具结构如图6所示。模具成型件为瓣合式结构。成型件设计时,左型腔4、右型腔13构成瓶身的外壁成型件,左底型腔6和右底型腔9构成瓶底成型件。左半圆锥定位台1和右半圆锥定位台15在模具闭合时用于进气针锥台



1—左半圆锥定位台;2—左螺纹型环;3—左底板;4—左型腔;5—左底耐磨板;6—左底型腔;7—左底型腔冷却水道;8—溢料槽;
9—右底型腔;10—小螺钉;11—右底耐磨板;12—右底板;13—右型腔;14—右螺纹型环;15—右半圆锥定位台;16—精定位块;
17—冷却镶件;18—导套;19—导柱;20—颈部溢料槽;21—左隔水镶件;22—右隔水镶件;23—紧固螺丝;24—角部溢流槽

图6 吹塑胀形模具

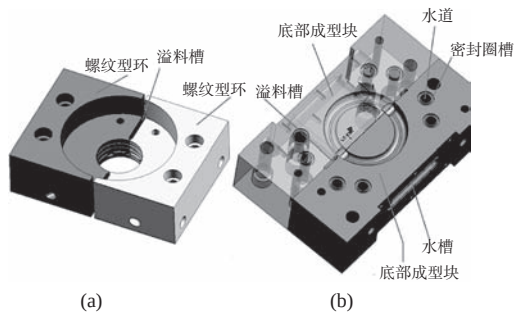
的重合定位。左底板 3、左型腔 4、左底型腔 6 通过螺钉紧固组合在一起,构成左瓣型腔;同样,右底板 12、右型腔 13、右底型腔 9 也通过螺钉组合在一起,构成右瓣型腔。左右两瓣模具闭合时,设置了导套 18、导柱 19 配合来进行一级定位,该定位机构有 4 副,分布于模具四角,为避免模腔闭合后在充气压力下左右两瓣模腔产生移位,增设了 4 个精定位块 16 来保证模具闭合时左右模腔的精准闭合。模具的整体三维结构图如图 7 所示。为达到对瓶身及瓶底成型件进行快速冷却的目的,成型件上设置了水槽冷却 + 管道冷却相结合的快速冷却设置方式。



P3—模具打开面;图中序号同图 6 相同

图 7 吹塑胀形模具三维图

拆装后的螺纹型环组合三维图如图 8a 所示,瓶底成型件的组合三维图如图 8b 所示。



a—螺纹型环组装; b—瓶底成型件组装

图 8 成型件三维图

5 瓶体成型加工过程

瓶体的成型,在“注-拉-吹”一体成型机上进行,如图 9 所示。工艺实施过程为:

(1) 注射工位采用注塑机在高压下将熔融塑料注射成型坯;

(2) 将型坯稍加冷却后,移送至加热工位的加热槽内进行加热;

(3) 当型坯温度达到材料玻璃化转变温度以上

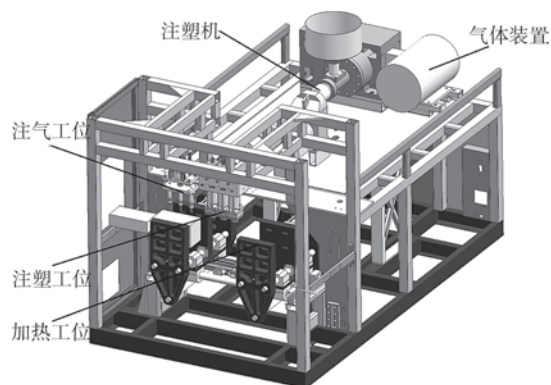


图 9 “注-拉-吹”成型一体机

后,再将其移至拉伸吹胀模具内,在模具内,利用吹气拉伸棒对型坯进行轴向拉伸;

(4) 吹胀工位往型坯中通入压缩空气对其进行横向吹胀,使之紧贴模具壁上成型;

(5) 吹胀完成后,经过一段时间的冷却,即可得到塑件,开模取出。

工作中,吹塑时,要求吹胀模具中型坯的压缩空气必须洁净,吹塑空气压力为 0.55 ~ 1 MPa,这种较低的压力可以在塑料凝固中使塑件产生的内应力较低,应力分散较均匀,且低应力可改进制品的拉伸、冲击、弯曲等性能。本次成型中,由于注射吹塑的瓶体在成型过程中,设备的注嘴可以对瓶口进行注塑,因而保证了瓶口的精度;随后再由机械配置的芯棒吹塑瓶体,保证了塑料瓶体的外形尺寸精度。

6 结论

(1) 依据塑件的工业外观需要,运用 Rhino 构建了塑件的三维造型,并依据塑件大批量生产及瓶口带有相对较厚的螺纹的特点,选用注射-拉伸-吹塑成型工艺对塑件进行成型。

(2) 依据三维造型数据,首先运用积分法确定了型坯的注射成型尺寸;依据该尺寸及塑件的后续胀形成型要求,设计了型坯的两板两次开模热流道注塑模具。注塑的作用主要用于瓶口厚壁螺纹的成型,及成型瓶体的薄壁型坯;配套设计了一种反射式方形加热装置来对注塑脱模后的型坯进行二次加热。

(3) 设计了与螺纹成型块能配合拼合的气辅吹塑胀形模具,模具结构为两瓣拼合式结构,瓶身和瓶底的成型件由不同镶件拼合而成,瓶身和瓶底的成型件采用水槽和水管两种方式来实现其快速冷却。模具闭合时的复位定位依靠两级定位来实施,一级定位为导柱导套定位,二级定位为精定位块定位。模具结构设计简单实用,可为同类设计提供参考。

参考文献

- [1] 高林. 论 21 世纪工业设计的审美特征 [J]. 艺术与设计: 理论版, 2007(2X):122-124.
Gao Lin. Aesthetic features of industry design in 21st century[J]. Art and Design:Theoretical Edition, 2007(2X):122-124.
- [2] 安勇. 工业设计模型方法研究 [J]. 广西轻工业, 2008, 24(12):115-116.
An Yong. Research on industrial design model method[J]. Guangxi Light Industry, 2008, 24(12):115-116.
- [3] 赵艳云, 边放, 李巨韬. 基于感性工学在产品材质意象研究 [J]. 机械设计, 2015, 32(8):117-121.
Zhao Yanyun, Bian Fang, Li Jutao. Image research of product material based on kansei engineering[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(8):117-121.
- [4] 马赛. 工业设计中的系统重构与创新 [J]. 包装工程, 2018, 39(22):8-11.
Ma Sai. Reconstruction and reformation of system in industrial design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22):8-11.
- [5] 唐帮备, 郭钢, 夏进军. 基于用户视/触觉体验的工业设计材质测评方法研究 [J]. 机械工程学报, 2017, 53(3):162-172.
Tang Bangbei, Guo Gang, Xia Jinjun. Method for industry design material test and evaluation based on user visual and tactile experience[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2017, 53(3):162-172.
- [6] 陈江. 产品突破型创新设计的方法与实施 [J]. 创意与设计, 2018(1):45-47.
Chen Jiang. Methods and implementations of product breakthrough innovation design[J]. Creativity and Design, 2018(1):45-47.
- [7] 李辛沫, 黄晓. 基于工业设计理念的激光数控打孔机外观创新设计 [J]. 工程图学学报, 2007, 28(5):99-102.
Li Xinmo, Huang Xiao. An appearance modeling innovative design of CNC laser drilling based on the industry design idea[J]. Journal of Engineering Graphics, 2007, 28(5):99-102.
- [8] 王第文. 基于工业设计的 LED 路灯创新设计 [J]. 湖南农机: 学术版, 2013(1):49-50.
Wang Diwen. Based on the industrial design of LED road lamp design innovation[J]. Hunan Agricultural Machinery: Academic Edition, 2013(1):49-50.
- [9] 韩玲. 关于塑料产品的结构设计及材料成型注意事项 [J]. 机电产品开发与创新, 2018, 31(4):92-93.
Han Ling. Structural design of plastic products and material molding precautions[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2018, 31(4): 92-93
- [10] 朱俊. 探析塑料管线板材的挤塑成型加工技术 [J]. 聚氨酯, 2014(10):72-77.
Zhu Jun. Exploring the extrusion processing technology of plastic pipeline and sheet[J]. Polyurethane, 2014(10):72-77.
- [11] 刘红燕. 塑料加工成型技术现状及研究进展 [J]. 合成树脂及塑料, 2017, 34(6):93-96.
Liu Hongyan. Situation and research development of plastics processing technology[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2017, 34(6):93-96.
- [12] 赵慧凯. 热塑性塑料制品成型设备的设计与优化 [J]. 塑料工业, 2019, 47(5):77-80.
Zhao Huikai. Design and optimization of forming equipment for thermoplastic products[J]. China Plastics industry, 2019, 47(5):77-80.

(上接第 90 页)

- [10] 于盛睿, 曹利钢, 冯浩, 等. 家用吸尘器盖板的侧轨道抽芯注塑模设计 [J]. 工程塑料应用, 2010, 38(4):68-70.
Yu Shengrui, Cao Ligang, Feng Hao, et al. Design of injection mould with side core-pulling mechanism for flat of vacuum cleaner[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(4):68-70.
- [11] 许傲. 医用接插头前模四面抽芯脱模注塑模具设计 [J]. 塑料, 2017, 46(2):110-113.
Xu Ao. Design of injection mould for the medical plug with four sides extracting[J]. Plastics, 2017, 46(2):110-113.
- [12] 杨志立, 黄诚驹. 斜滑块内侧抽芯注射模设计 [J]. 模具工业, 2013, 39(2):52-54.
Yang Zhili, Huang Chengju. Slanted slider inside core-pulling injection mould for lamp back cover[J]. Mold Industry, 2013, 39(2):52-54.
- [13] 孟祥涛. 注塑模具侧向分型与抽芯机构知识库与推理机的研究 [D]. 济南: 山东大学, 2007.
Meng Xiangtao. Research on knowledge base and reasoning machine of side parting and core pulling mechanism of injection mold[D]. Jinan: Shandong University, 2007.
- [14] 陈鹏. 注塑模斜向分型与抽芯机构的设计及应用 [J]. 机床与液压, 2014, 42(2):30-32.
Chen Peng. Design and application of the oblique side-parting core-pulling mechanisms in injection mold[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2014, 42(2):30-32.
- [15] 王焕, 黄诗君, 黄少初, 等. 保温水壶外壳多向抽芯机构注塑模设计 [J]. 工程塑料应用, 2014, 42(6):65-68.
Wang Huan, Huang Shijun, Huang Shaochu, et al. Design of injection mould with multidirectional core pulling mechanism for thermal insulation kettle shell[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(6):65-68.
- [16] 王强, 陈堂敏. 塑料模具定模斜向型芯抽芯机构设计 [J]. 模具技术, 2013(3):31-33.
Wang Qiang, Chen Tangmin. Oblique core-pulling mechanism design for the fixed half of plastic mould[J]. Die and Mold Technology, 2013(3):31-33.