

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.10.018

瓶坯三板式注塑模具设计

池寅生, 张翔, 孙庆东, 曹祥坤

(扬州市职业大学机械工程学院, 江苏扬州 225009)

摘要:以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)树脂瓶坯为实例,研究了三板式冷流道注塑瓶坯模具的结构设计方法。针对瓶坯口部的外螺纹、瓶身透明且主体无脱模斜度和PET结晶速率慢等特点,对哈夫滑块和弯销组成的延时侧抽芯机构设计方法、推件板推出与侧抽芯运动的耦合关联、型芯冷却水路优化方案进行了深入的阐述。另外还讨论了分型面的设置和成型零件的结构选型、三板模多次分型的工作原理。该设计方法对同类结构塑件的注塑模具设计具有参考价值。

关键词:三板模; 外螺纹; 哈夫滑块; 弯销; 延时侧抽芯; 推件板; 冷却水路

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)10-0100-06

A Three-plate Injection Mould Design for a Bottle Preform

Chi Yinsheng, Zhang Xiang, Sun Qingdong, Cao Xiangkun

(School of Mechanical Engineering, Yangzhou Polytechnic College, Yangzhou 225009, China)

Abstract : Taking a bottle preform made of PET resin as an example, the structure design method of the bottle preform injection mould composed of three-plate and cold runner was studied. Aiming at the characteristics of the external thread at the mouth of the bottle preform, the transparent bottle body with no draft angle and the slow PET crystallization rate, the design method of the delayed side core-pulling mechanism with a pair of half slides and an angular cam, the coupling relationship between the ejection process by the stripper plate and the side core-pulling movement, and the optimization scheme of the cooling water circuit in the cores were elaborated in detail. The setting of parting surface, the structure selection of molded parts and the working principle of multiple parting for a three-plate mould were also discussed. The design method provides a good reference for the design of injection moulds of plastic parts with similar structure.

Keywords : three-plate mould ; external thread ; half slide ; angular cam ; delayed side core-pulling ; stripper plate ; cooling water circuit

饮用瓶属于中空容器类塑件,其成型方法是先进行注塑或挤出成型瓶坯,再将预热软化后的瓶坯置于吹塑模具,经拉伸和吹塑成型获得饮料瓶的精确外形和尺寸。由于注塑瓶坯可以直接成型瓶口螺纹,且具有瓶壁均匀、瓶底无缝合线、光泽度更佳和生产效率高等优点,故在实际生产中应用最为广泛。成型瓶坯的注塑模具通常分成两种,一种是冷流道系统,另一种是热流道系统。财力雄厚的大型企业通常采用热流道系统的注塑模具成型瓶坯塑件^[1],其优点是因无流道凝料而实现了零废料,极大地降

低了塑料原料费用,并保证了瓶坯的高质量和高生产效率^[2-3]。由于热流道系统的技术难度高、模具开发费用和生产耗能较高^[4],故许多中小型企业常根据自身实力和产品批量要求,仍在应用冷流道注塑模具成型瓶坯,其优点是投入成本少、模具维护和操作相对简单。笔者针对某小型企业现状和一款瓶坯产品,设计了一副较新颖的冷流道瓶坯注塑模具结构方案。该套模具采用点浇口三板式模架、通过哈夫滑块和弯销组成的延时侧抽芯机构成型了瓶口外螺纹等结构,应用推件板实现了瓶坯的最终脱模,通

基金项目: 扬州市职业大学 2018 年度校级科研课题 (2018ZR15)

通信作者: 池寅生, 硕士, 讲师, 主要研究方向为模具设计模具 CAD/CAE E-mail: yinshchi@yzpc.edu.cn

收稿日期: 2020-07-24

引用格式: 池寅生, 张翔, 孙庆东, 等. 瓶坯三板式注塑模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(10): 100-105, 115.

Chi Yinsheng, Zhang Xiang, Sun Qingdong, et al. A three-plate injection mould design for a bottle preform[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10): 100-105, 115.

过冷却水路的优化设计保证了产品质量,对实际生产具有一定的指导作用,同时也为同类结构塑件的注塑模具设计提供一定的借鉴。

1 瓶坯的结构

塑件瓶坯的结构和尺寸如图 1 所示。其材质是聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 树脂。PET 的优点是在较低模具温度下可获得透明制品。此瓶坯主要结构特征是整体呈圆筒状,口部有外螺纹,平均壁厚为 3 mm。瓶坯主体的内外部分无脱模斜度。其质量要求是表面光滑没有任何的成型缺陷。

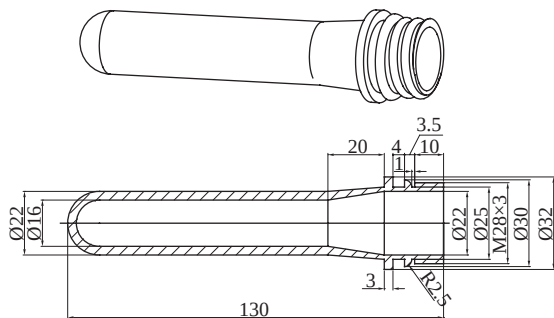


图 1 瓶坯结构图

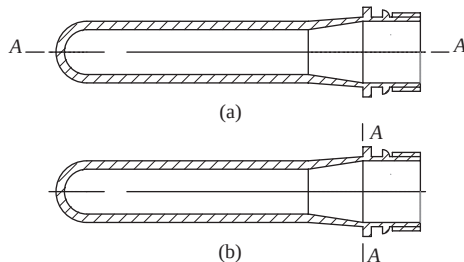
2 模具总体结构方案

受到某小型企业现有设备、技术水平和资金等限制,结合模具型腔数量对瓶坯精度、制造难度和成本的影响,对此瓶坯注塑模具采用了一模两腔对称排布的结构方案。根据瓶坯的表面光滑质量要求,其浇口形式为点浇口,位置处在瓶底中心。由点浇口进胶的特性,该套模具采用三板模结构。三板模中,必须设置能够控制分型面有序分开和限定分开距离的相关机构,才能保证此模具多次顺序分型开模、点浇口的自动拉断以及凝料的自动推出和塑件的自动脱模,使瓶坯注塑生产过程实现自动化。瓶坯为透明塑件,故模具中采用推件板的推出方式实现其脱模。成型瓶坯口部的螺纹脱模机构设计是此模具结构设计的难点之处。经过方案比较,采用了瓣合模结构,通过弯销和一对哈夫滑块构成的侧向抽芯机构,实现了外螺纹的成型和脱模。哈夫滑块的侧向抽芯过程和推件板推出瓶坯过程的关联耦合也是该套模具结构设计的关键问题。

3 分型面与成型零件设计

此瓶坯的分型面位置有两种方案,如图 2 所示。图 2a 中将其瓶坯内孔置于与开模方向垂直,则内孔必需侧向抽芯完成其成型。由于孔深达 130 mm,抽芯距很长,只能采用液压抽芯方式,增加了模具的总体尺寸和制造成本^[5]。且瓶口处的螺纹分别位于

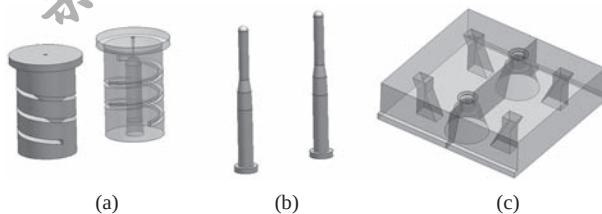
分型面两侧的动定模处,给加工也带来了不便。故采用图 2b 方案,将分型面置于瓶口 A-A 处,这样只需解决瓶口螺纹的侧抽芯成型问题,而通过应用哈夫滑块构成瓣合模结构即可实现。



a—分型面位置一; b—分型面位置二

图 2 分型面位置设置方案

成型零件是注塑模具中的核心零件。针对瓶坯呈回转体的几何特征,综合考虑易加工、低成本、塑件易于推出及模具冷却方案等多种因素,将其成型零件设计成如图 3 所示的三种形式。图 3a 的两个圆柱形型腔零件成型瓶坯的外形结构,图 3b 的圆柱形型芯零件成型瓶坯的内部结构,图 3c 的一对侧向抽芯的哈夫滑块成型瓶坯瓶口结构。



a—型腔; b—型芯; c—哈夫滑块

图 3 成型零件

4 推出机构设计

瓶坯为透明塑件且内孔直径较小,决定其不能用推杆推出。该套模具选用了推件板机构将瓶坯脱模,保证了瓶坯表面无任何推出痕迹。推件板结构如图 4 所示,此推件板中间开框,为放置两个侧抽芯滑块及其抽芯滑动距离留有空间。与型芯零件的配合部位设计成 5° 锥台,保证了推件板和型芯的轴心定位,以及推出过程中推件板和型芯不发生直接接触。此外,此推件板使用了螺钉与复位杆连接。模具开模后由注塑机顶杆推动推板,进而带动复位杆和推件板完成瓶坯推出及其后的推件板复位过程。图 5 为推件板装配局部图。

5 侧向抽芯机构设计

瓶坯口部螺纹成型是该套模具的设计重点和难点。根据文献和技术资料,成型外螺纹的模具结构设计方案主要有两种,即方案一的哈夫滑块式侧

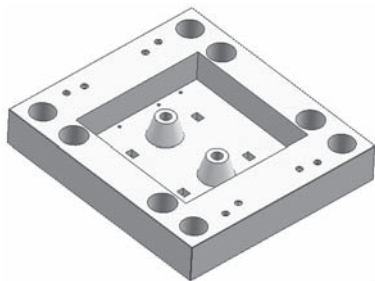


图4 推件板

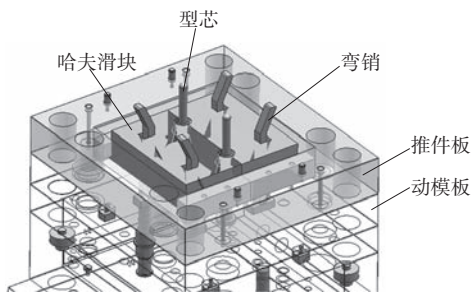


图5 推件板装配局部图

抽芯机构和方案二的自动旋转脱螺纹机构^[6]。方案二无需侧抽芯机构,但需要在模具中添加实现旋脱的机械传动装置,此方案的模具复杂程度和开发成本都会高于方案一。故采用了方案一(即图6的侧抽芯机构)实现外螺纹的成型,其组成零件为四根截面为矩形的弯销、一对可分可合的哈夫滑块。弯销固定端置于动模板,滑块放置在推件板中,在压块与推件板底面构成的导滑槽中进行侧抽芯与复位的运动,如图7所示。

由于瓶坯竖起放置在定模板中,导致定模板厚度较大,如采用定模板斜导柱方案,则斜导柱总长度必变长而致其侧抽芯时所受的弯矩力增大,影响其强度和寿命;另一方面,斜导柱方案中还涉及滑块、限位装置和锁紧块等零件,因此在推件板上会增加很多开槽区域,进一步地削弱了推件板的整体强度。综上两点,选用了固定于动模侧的弯销侧抽芯机构,其具有抽芯力大、无需锁紧块、抽芯运动和零件强度更加可靠等优点,从而达到减少模具加工量和消除零件强度安全隐患的效果。

在设计哈夫滑块的滑动距离即抽芯距时可以参考圆形骨架塑件的抽芯距示意图^[7],如图8所示,图8中 S' 为抽芯距, R 为塑件最大外圆半径, r 为最小外圆半径。该套模具设计中,最小抽芯距 S_{min} 与瓶坯的 R , r 和安全余量 k 有关,依据下列公式进行计算^[8]。式中 k 取值范围为2~5 mm,实际计算时选取4 mm。

$$S_{min} = \sqrt{R^2 - r^2} + k = \sqrt{16^2 - 12.5^2} + 4 = 14 \text{ mm}$$

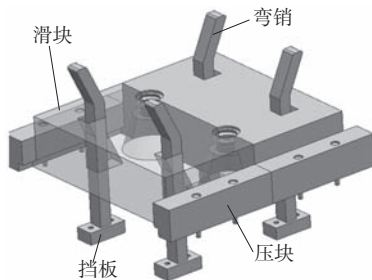


图6 弯销侧抽芯组成零件

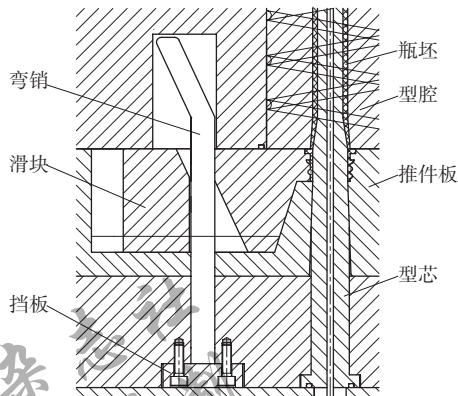
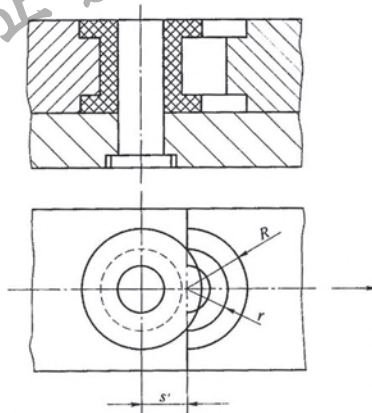


图7 弯销侧抽芯机构

图8 抽芯距示意图^[7]

模具的实际抽芯距确定为20 mm。弯销倾角 α 一般在 $15^\circ \sim 25^\circ$ 范围内选取,考虑到弯销弯曲长度和抽拔力等因素,最终确定为 25° 。

6 延迟抽芯和瓶坯推出

在该套模具中,由于弯销和哈夫滑块都在动模侧,滑块装配在推件板上进行侧抽芯运动,所以侧向抽芯运动和塑件推出运动必将耦合关联在一起。这两个运动可以设计为同时完成,或是一先一后相继完成,这涉及到不同方案的选择。

因瓶坯总长为130 mm且瓶体无拔模斜度,所以模具推出瓶坯需要较大的推出力和较长的推出行程。该套模具采用的方案为推件板先推出瓶坯一段距离,其后哈夫滑块伴随后续的推出运动开始侧抽

芯运动(又称延时抽芯),达到抽芯距后侧抽芯运动停止,此时瓶坯也完成了脱模。能够实现延时侧抽芯的弯销结构设计如图9所示。

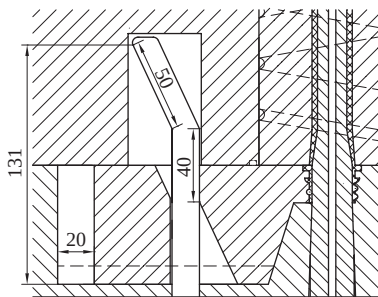


图9 弯销的结构尺寸设计

设计中,通过延长弯销的竖直段长度,使滑块在推件板推出行程 $S_1=40\text{ mm}$ 之内保持静止,无法产生侧向抽芯动作。此时,滑块和推件板可视为一个整体共同推出瓶坯,有利于传递较大的推力并减少瓶口的局部应力。当推件板推出行程超过 40 mm ,此时滑块将沿弯销倾斜的工作端(长度约为 50 mm)开始进行侧抽芯运动。

由图1可知,瓶坯实际需要的推出行程大于 79 mm 即可。图9中弯销总长为 131 mm 确保了瓶坯能正常被推出。根据前述,滑块实际抽芯距离为 20 mm ,利用三角函数关系,可以获得弯销倾斜端计算工作长度 L ,即 $L=20/\sin 25^\circ=47.3\text{ mm}$ 。

显然,图9中设计值 50 mm 大于 47.3 mm ,满足滑块实际抽芯距离要求,同时也保证了滑块侧抽芯结束后未完全脱离斜销,这有利于合模中哈夫滑块能够准确回复原位。

在哈夫滑块侧抽芯过程中,推件板继续推出瓶坯的距离为 S_2 ,则 $S_2=20/\tan 25^\circ=42.9\text{ mm}$ 。

由上可知,瓶坯总推出行程的计算如下所示。

$$S=S_1+S_2=40+42.9\approx 83\text{ mm}$$

7 冷却水路设计与优化

PET属于结晶性塑料,其缺点是结晶速率太低。冷却水路的不合理布置不仅会降低瓶坯的冷却速率、延长生产周期,还会导致各类质量缺陷,如会影响制品的透明度、力学性能及吹塑成型^[9]。

应用Moldflow软件针对模具冷却水路的结构形式进行了注塑模拟和工艺参数预测。

为了避免细小结构处的网格产生畸变,将瓶坯的螺纹删除简化。选择Fusion方式后进行网格划分,最终得到的网格匹配率值(88.1%)和最大纵横比值(8.5)均符合模拟计算要求。按照表1参数创建浇注系统单元体,并获得了如图10所示的单元网格。

表1 浇注系统参数

参 数	数 值
主流道起始端直径/mm	4.5
主流道倾斜角/(°)	5
主分流道直径/mm	8
次分流道上端直径/mm	6
次分流道下端直径/mm	2
点浇口直径/mm	1



图10 有限单元网格

瓶坯内孔直径较小,模具中又包括哈夫滑块和推件板,上述因素给模具型芯的冷却带来了极大困难。表2给出了选择的两种冷却水路设计方案。对于瓶坯型腔的冷却均采用了具有强化冷却效果的螺旋水路,而瓶坯型芯的冷却采用了不同方法。利用Moldflow软件进行冷却分析,从计算结果中选择了三个参数,分别为回路冷却液温度、塑件达到顶出温度的时间和塑件平均温度,对冷却效果的优劣进行评判。

表2 冷却水路方案及参数

项 目	水路结构形式	冷却水温 / ℃	入口雷 诺数	料温 / ℃
方案一	螺旋式水路(型腔)+ 直通水路(型芯)	5	10 000	280
方案二	螺旋式水路(型腔)+ 水井式(型芯)	5	10 000	280

方案一是每个瓶坯下方设置一个直通水路,其模拟结果如图11所示。由图11可知,达到推出塑件所需的时间长达 15 s 左右,且整个塑件的平均温度也较高。其原因是此水路开设在垫板上与型芯距离较远,热传导受阻致型芯冷却效果较差。方案二是将直通水路改为水井式,即在型芯轴线位置钻孔成为水井,利用隔水板将水井孔一分为二, 5°C 的冷却水依次进入和流出型芯内部,其模拟结果如图12所示。将图11和图12比较,方案二达到推出塑件所需的时间缩短了近一半,而且塑件的平均温度也有了明显下降,极大地提高了冷却效率。然而,方案二的最大问题是瓶坯型芯前端直径为 16 mm ,在内部钻深 250 mm 直径为 12 mm 孔后会严重削弱型芯的强度。

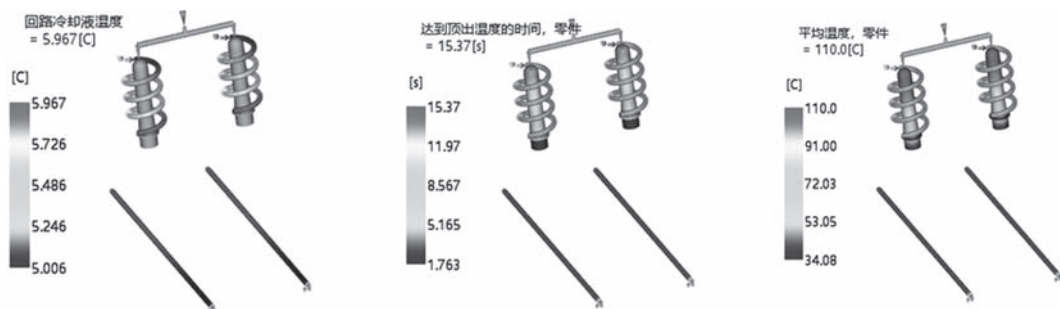


图 11 方案一分析结果

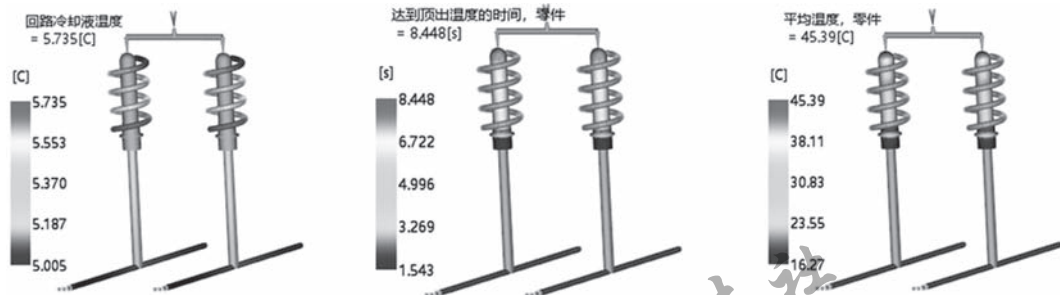


图 12 方案二分析结果

根据文献报道,与通用的模具合金钢相比,铍铜合金具有极高的导热特性。在模具零件不易冷却情况下,采用铍铜冷却棒或加工成型芯可使模具平均温度降低 20% 左右,冷却时间可以缩短 40%,能有效控制模具温度、简化模具结构和提高塑件质量^[10]。因此,最终将方案二进行了改进,如图 13 所示。在瓶坯型芯中心部位加工一个直径为 4.1 mm 的孔,将直径 4 mm 铍铜合金冷却棒伸入其中,将 PET 熔体传给型芯的热量快速传递出来;冷却棒的另一端则浸入直径 20 mm 的水井中接受 5℃ 冷却水的循环冷却。在型芯细长场合下,此种冷却方式是较为常用的一种冷却方式。

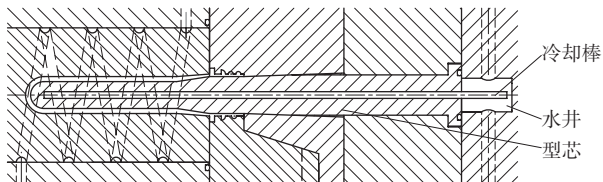


图 13 铍铜冷却棒冷却方式

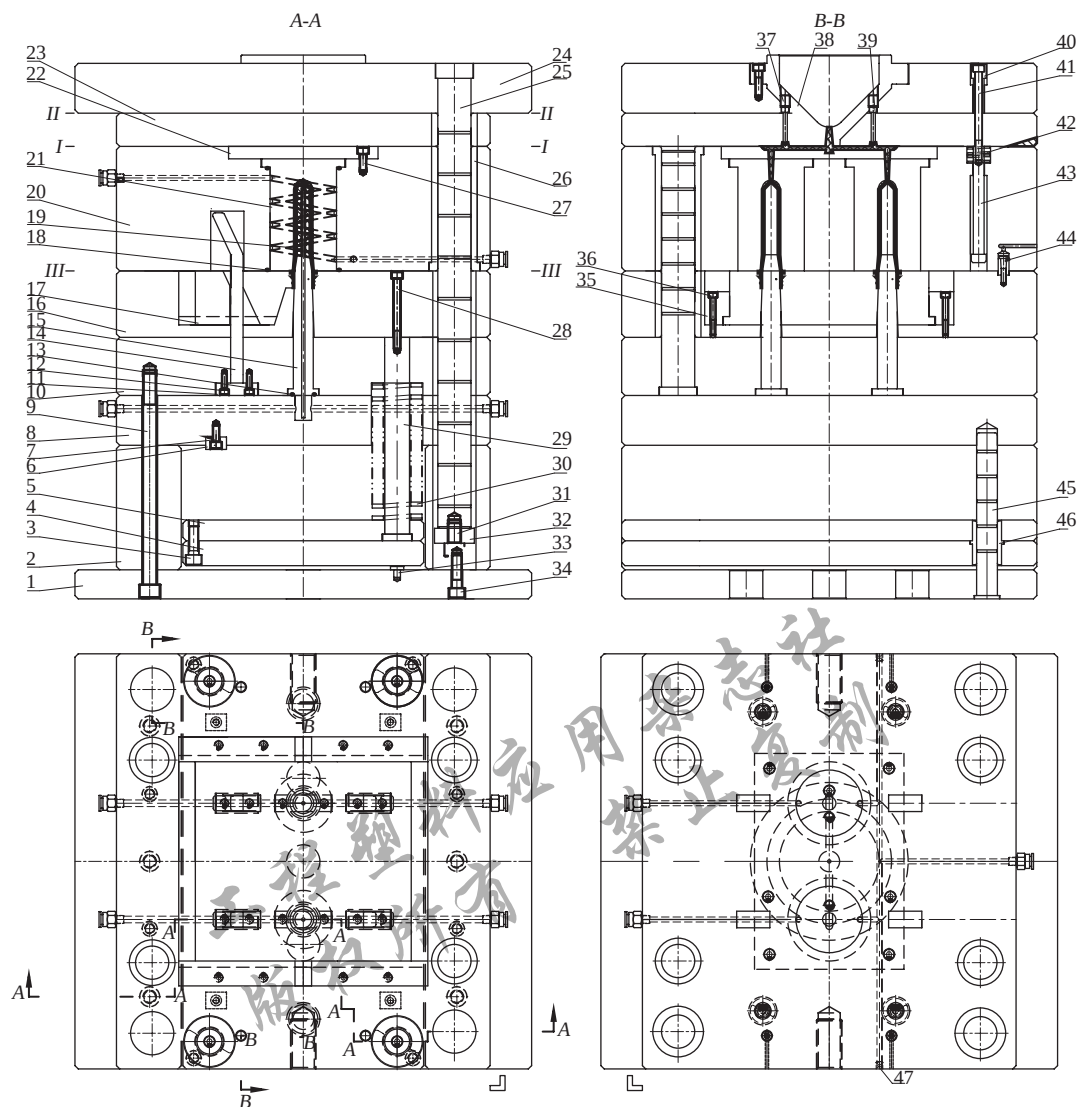
8 模具工作原理

图 14 为瓶坯三板注塑模具的装配图。模具闭合后, PET 熔料通过喷嘴注塑进入型腔内。完成保压和冷却过程后,注塑机施加开模力。模具在受压弹簧的弹力和主分型面处尼龙开闭器阻力的双重作用下,将在位置 I 处首先分开。此时,由于拉料杆的拉力迫使点浇口与瓶坯断开分离,且浇注系统凝料留在推料板上。当定模板接触到定距拉杆的头部后,

模具的第一次开模已达到最大距离。在定距拉杆的拉动下,推料板与定模座板在位置 II 分离,浇注系统凝料被推料板从浇口套和拉料杆上推出,实现了自动脱模。当限位螺钉头部接触到孔底部时,推料板也停止运动。最终,开模力直接作用在尼龙开闭器上,其摩擦阻力无法抵抗开模力而导致瓶坯模具的动模和定模在位置 III 处分开,实现了模具第三次开模。到达开模行程后,注塑机顶杆推动推板以至带动复位杆推动推件板向前运动,使得推件板先推出瓶坯 40 mm,在此过程中由于弯销设计了延迟抽芯,所以哈夫滑块无侧抽芯运动。当滑块上斜孔与弯销倾斜段相接触,哈夫滑块开始向两侧作抽芯运动且侧抽芯距离为 20 mm。在此过程中,推件板继续推动瓶坯离开型芯,最终瓶坯塑件完全脱模而掉落。随后,在复位弹簧的回复力下,推出机构和哈夫滑块完成复位,模具进行闭合动作,开始下一注塑周期过程。

9 结语

提出了一整套应用三板式冷流道注塑瓶坯的模具结构方案和设计方法。该套模具的特点是针对瓶坯口部外螺纹设计了由哈夫滑块和弯销组成的延时侧抽芯机构,其侧抽芯运动由推件板推出触发并与推件板推出瓶坯过程相互完好关联。模具中瓶坯型芯零件的冷却水路优化保证了产品质量。此套模具的结构方案对同类结构塑件的模具设计具有一定的参考和实用价值。



1—动模座板; 2—垫块; 3,7,9,12,27,28,31,34,36,37—螺钉; 4—推板; 5—复位杆固定板; 6—限位块; 8—垫板; 10—动模板; 11—弯销挡板; 13,18—O 型密封圈; 14—弯销; 15—型芯; 16—推件板; 17—滑块; 19—冷却棒; 20—定模板; 21—定模仁; 22—定模仁固定板; 23—推料板; 24—定模座板; 25—大拉杆; 26—拉杆导套; 29—复位杆; 30,42—弹簧; 32—拉杆挡板; 33—垃圾钉; 35—滑块压板; 38—浇口套; 39—拉料杆; 40—保护套; 41—限位螺钉; 43—定距拉杆; 44—尼龙开闭器; 45—推板导柱; 46—推板导套; 47—铜塞

图 14 瓶坯三板注塑模具装配图

参考文献

- [1] 李柏青,李敏,陈开源.多型腔 PET 瓶坯模具热流道创新设计[J].装备制造技术,2015(10):72-74.
Li Boqing, Li Min, Chen Kaiyuan. Innovative design of hot runner mold for multi cavity PET preform[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2015(10):72-74.
- [2] 沈洪雷,刘峰.热流道计算机辅助工程(CAE)在洗衣机面板成型中的应用[J].高分子材料科学与工程,2013,29(10):175-178.
Shen Honglei, Liu Feng. Application of hot runner computer aided engineering (CAE) in washing machine panel molding[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(10):175-178.

- [3] Mehta C. Hot runner technology[J]. Popular Plastics & Packaging, 2008, 53(11):53-54.
- [4] 田梦婕,郭妍,郭永环.热流道技术在注塑模具中的应用与发展[J].塑料科技,2017,45(1):94-98.
Tian Mengjie, Guo Yan, Guo Yonghuan. Application and development of hot runner technology in injection mold[J]. Plastics Science and Technology, 2017, 45(1):94-98.
- [5] 金志扬,胡晓岳.注射模设计项目化实例教程[M].北京:机械工业出版社,2014.
Jin Zhiyang, Hu Xiaoyue. Project case tutorial for injection mold design[M]. Beijing:China Machine Press, 2014.

(下转第 115 页)

- carbon chain polyamide based thermoplastic elastomers[J]. Polymer Bulletin, 2016(9):171–181.
- [8] 霍丽,郭林. PA1212-b-PEG 嵌段共聚物的合成和非等温结晶动力学研究[J]. 广州化工, 2012, 40(13):77–81.
- Huo Li, Guo Lin. Research of PA1212-b-PEG block copolymer synthesis and non-uniform temperature crystallization dynamics[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2012, 40(13):77–81.
- [9] 喻祖圣. 辛酸亚锡引发的乙交酯开环聚合研究[D]. 上海:华东理工大学, 2018.
- Yu Zusheng. The study of ring-opening polymerization of glycolide initiated with tin octoate[D]. Shanghai:East China University of Science and Technology, 2018.
- [10] Lin Z D, Guan Z X, Xu B F, et al. Crystallization and melting behavior of polypropylene in β -PP / polyamide 6 blends containing PP-g-MA[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2013, 19(2):692–697.
- [11] 潘宇. 癸二胺的合成工艺及其应用研究[D]. 太原:中北大学, 2014.
- Pan Yu. The synthesis and application of decane diamine from sebacic acid[D]. Taiyuan:North University of China, 2014.
- [12] 雷青娟,王志强. 尼龙 11 / HGB 复合材料的非等温结晶动力学[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(1):96–100.
- Lei Qingjuan, Wang Zhiqiang. Non-isothermal crystallization kinetics of nylon 11 / hollow glass bead composite[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(1):96–100.
- [13] Liu X, Wu Q. Non-isothermal crystallization behaviors of polyamide 6 / clay nanocomposites[J]. Eur Polym J, 2002, 38:1 383–1 389.
- [14] 常欢,叶南彪,王善文,等. 生物基耐高温 PA10T10F 的合成及非等温结晶动力学[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(9):109–115.
- Chang Huan, Ye Nanbiao, Wang Shanwen, et al. Synthesis and non-isothermal crystallization kinetics of bio-based high temperature resistant polyamide PA10T10F[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(9):109–115.
- [15] 汪子健,孟寒,邵如,等. 热塑性聚酯弹性体 TPEE 的非等温结晶动力学[J]. 弹性体, 2020, 30(1):17–21.
- Wang Zijian, Meng Han, Shao Ru, et al. Non-isothermal crystallization kinetics of TPEE[J]. China Elastomerics, 2020, 30(1):17–21.
- [16] 莫志深. 一种研究聚合物非等温结晶动力学的方法[J]. 高分子学报, 2008(7):656–660.
- Mo Zhishen. A method for the non-isothermal crystallization kinetics of polymers[J]. Acta Polymerica Sinica, 2008(7):656–660.
- [17] 付鹏,杨绍辉,曹凯凯,等. 半芳香尼龙 6T / 66 的合成和非等温结晶动力学研究[J]. 高分子通报, 2010(1):71–76.
- Fu Peng, Yang Shaohui, Cao Kaikai, et al. Synthesis and non-isothermal crystallization kinetics of semi-aromatic nylon 6T / 66[J]. Polymer Bulletin, 2010(1):71–76.
- [18] 王文志,李瑞雪,刘宝玉,等. 聚对苯二甲酰十碳二胺的制备和非等温结晶动力学研究[J]. 广州化学, 2009, 34(1):1–6.
- Wang Wenzhi, Li Ruixue, Liu Baoyu, et al. Preparation and study on non-isothermal crystallization kinetics of poly(decamethyleneterephthalamide)[J]. Guangzhou Chemistry, 2009, 34(1):1–6.

(上接第 105 页)

- [6] 王波,杨亮. 外螺纹接头注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2010, 38(10):32–34.
- Wang Bo, Yang Liang. Design of injection mould for male screw adaptor[J]. China Plastics Industry, 2010, 38(10):32–34.
- [7] 李忠文,张洪伟. 注塑模具设计方法与经验[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 2009.
- Li Zhongwen, Zhang Hongwei. Injection mold design methods and experience[M]. Shenyang:Liaoning Science and Technology Publishing House, 2009.
- [8] 张维合. 注塑模具设计实用手册[M]. 北京:化学工业出版社, 2011.
- Zhang Weihe. Practical handbook of injection mold design[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2011.
- [9] 俞芳芳,刘琼,林丽钦. PET 吹塑瓶坯热流道模具设计[J]. 福建工程学院学报, 2006, 4(4):459–460.
- Yu Fufang, Liu Qiong, Lin Liqin. Design of hot runner injection mold for PET bottle base[J]. Journal of Fujian University of Technology, 2006, 4(4):459–460.
- [10] 林权,陈丽军,黄章鹏. 基于变动指数法优化注塑模冷却水路[J]. 现代塑料加工应用, 2019, 31(4):56–59.
- Lin Quan, Chen Lijun, Huang Zhangpeng. Optimization of injection mold cooling water path based on variable index method[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(4):56–59.