

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.03.016

# 碗形盖带内螺纹孔塑件多材共用型热流道模设计

王根华, 肖国华, 杨少增

(浙江工商职业技术学院, 浙江宁波 315000)

**摘要:** 为降低碗形盖塑料件使用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)注塑成型的成本, 选购了一种性能与ABS相当的改性PP塑料用于塑料件的注塑成型, 设计了一副能适应于ABS及改性PP通用的两板热流道注塑模具。模具1模4腔布局, 单个模腔使用热嘴供料的3个潜伏式浇口进行浇注。模腔主要成型件材料使用S136合金钢, 热处理硬度HRC52~54。模具中, 使用了蜗杆传动副用于驱动4个模腔内螺纹型芯的旋转抽芯脱模, 脱螺纹机构采用机械式传动机构, 动作可靠、制造简单、安装方便, 有效地降低了模具的制造成本。顶出机构设计为一种双层顶出机构, 较好地解决了塑料件内孔中流道废料难脱模的难题, 保证了模腔能使用3个浇口进行浇注, 使模具能适用于注塑ABS塑料和改性PP塑料。

**关键词:** 改性丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料; 改性聚丙烯; 热流道; 蜗杆; 脱螺纹; 双层顶出机构; 结构改进; 注塑

**中图分类号:** TG243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)03-0094-07

## Design of Universal Hot Runner Mold for Bowl Cap with Internal Thread Hole based on Multiple Plastics Materials

Wang Genhua, Xiao Guohua, Yang Shaozeng

(Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo 315000, China)

**Abstract :** In order to cope with the cost pressure of using acrylonitrile butadiene styrene plastic (ABS) plastic for injection molding of bowl-shaped cover plastic parts, a modified polypropylene (PP) plastic with the same performance as ABS was selected for injection molding of plastic parts. Based on this, a two-plate hot-runner injection mold suitable for ABS and modified PP was designed. Mold's layout was 1 mold with four-cavities and a single mold cavity was gated with three latent gates fed by a hot nozzle. S136 alloy steel with heat treatment hardness of HRC52-54 was used as the main molding material of the mold cavity. In the mold, the worm drive pair is used to drive the rotary core-pulling and demoulding of the threaded cores in the four mold cavities. The demoulding mechanism adopt a mechanical drive mechanism with reliable action, simple manufacturing and convenient installation, effectively reducing the mold manufacturing cost. The ejection mechanism was designed as a double-layer ejection mechanism, which solved the problem of difficult demoulding of runner waste in the inner hole of plastic parts, ensured that the mold cavity can be gated with three gates, and enhances the applicability of the mold for injection of ABS plastic and modified PP plastic.

**Keywords :** modified acrylonitrile butadiene styrene plastic; modified polypropylene; hot runner; worm; thread removal; double-layer ejection mechanism; structural improvement; injection molding

当前, 通用工程塑料丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)价格在12 000元/t左右, 聚丙烯(PP)价格在8 000元/t左右, 开发改性PP以替代ABS在塑件成型成本方面具有非常大的优势, 由于熔融后的PP具有比ABS更好的流动性, 成型模具的设计与加工的难度也相对降低, 这对生产制造具有非常明显的优

势。随着ABS原料的涨价, 使用PP料改性成型获得具备ABS等效性能特点的塑件是目前原材料技术研发的重中之重。PP改性替代ABS技术研发过程中需要克服以下几个问题<sup>[1-6]</sup>: (1) 改性PP光泽度能与ABS接近, 但收缩率大于ABS 1%左右, 原有的ABS材料成型模具不能直接应用于改性PP料的

**通信作者:** 肖国华, 硕士, 副教授, 从事塑料模具设计与制造方面研究

**收稿日期:** 2023-02-26

**引用格式:** 王根华, 肖国华, 杨少增. 碗形盖带内螺纹孔塑件多材共用型热流道模设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(3): 94-100.

Wang Genhua, Xiao Guohua, Yang Shaozeng. Design of universal hot runner mold for bowl cap with internal thread hole based on multiple plastics materials[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(3): 94-100.

注射生产,若PP改性获得的材料做到与ABS相近的收缩率,表面光泽度却又无法与ABS接近,外观效果差;(2)改性PP料韧性差,不适于低温工况;(3)收缩率若能做到与ABS相近,同体积制件质量会超标;(4)针对注塑量大或结构复杂塑件的成型,同收缩率改性PP料注塑时会产生表面流痕、虎皮纹、熔接痕、扭曲变形、缩痕、刚性较差等问题。

针对塑件内螺纹成型模具的设计,依据不同材料、不同塑件的结构特点,模具的结构形式也呈现多种多样,需要做较多的结构创新设计。杨安等<sup>[7]</sup>采用收缩式型芯成型了一种油封盖的内螺纹,该模具的难点在于收缩式型芯的设计与加工,不足之处在于随着模具使用寿命的增加,收缩式型芯磨损加大,模具后期维护成本高,且机构只适合于螺径较大的使用场合。许聪艳<sup>[8]</sup>设计的内螺纹盖注射模脱模机构也面临同样的问题。陈剑玲<sup>[9]</sup>设计的内螺纹瓶盖自旋脱模中,螺纹型芯容易受热膨胀而卡死,需要严格控制模温。张维合<sup>[10]</sup>设计的香水瓶盖内螺纹成型模具中,使用螺纹型芯由螺母导向套进行导向实施旋转抽芯,适用于中等螺径内螺纹孔的脱模,塑件的最终脱模依靠推管顶出脱模,实践使用中推管需要经常更换。岳强<sup>[11]</sup>设计了单齿条驱动双孔内螺纹型芯脱模,利用模具的开模动力来驱动螺纹型芯抽芯,能有效地降低模具制造成本和提高脱螺纹机构的可靠性,这一点在脱螺纹模具设计中值得借鉴。笔者结合某碗形盖带内螺纹孔塑件改性PP(替代ABS)的成型要求,借鉴以前的内螺纹脱螺纹设计成果,设计了一副蜗杆驱动式多板多腔注塑模具,模具结构设计有一定的创新,可为同类塑件的注塑模设计提供有益借鉴。

## 1 碗形盖塑件及模塑工艺分析

图1为某碗形盖带内螺纹孔塑件的结构图。塑件外形为宝塔形状,最大外径82 mm,总高度39 mm。外形上下端壁厚比较均匀,平均壁厚2.5 mm,上端壁厚要厚,为4 mm。中心部位有1个延伸台阶圆柱孔,壁厚2 mm,孔底端设置有螺径为M32的细牙螺纹,螺纹深度10 mm,螺径2 mm。圆柱孔外壁与碗形体内壁之间设置有12处连接筋,筋壁厚2 mm。按模具成型要求,外壁拔模斜度1°,内壁拔模斜度0.8°。产品材料原来要求为ABS,经客户要求,在保证模具动作可靠且节约加工成本的前提下,将模具设计为ABS和改性PP料兼用。塑件为功能

件,颜色灰色,表面要求一定的光亮度,无注塑后处理要求,注塑后即可使用,精度要求MT5级(按GB/T 14486-2008所规定的要求检验)。塑件上内螺纹特征与其它组件塑件有装配要求,其它部分没有装配要求。塑件日产能要求2 400个,月产能8万个,总产量108万个。

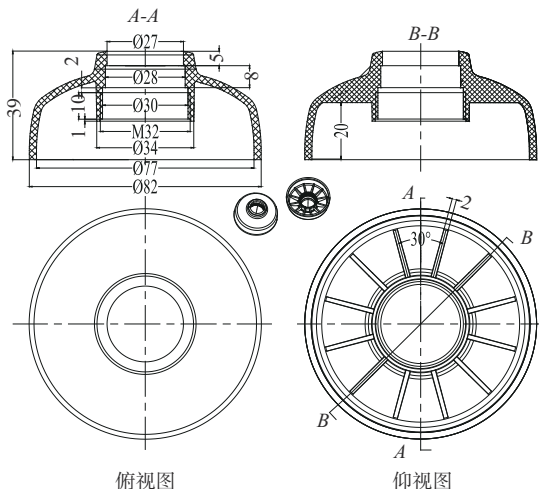


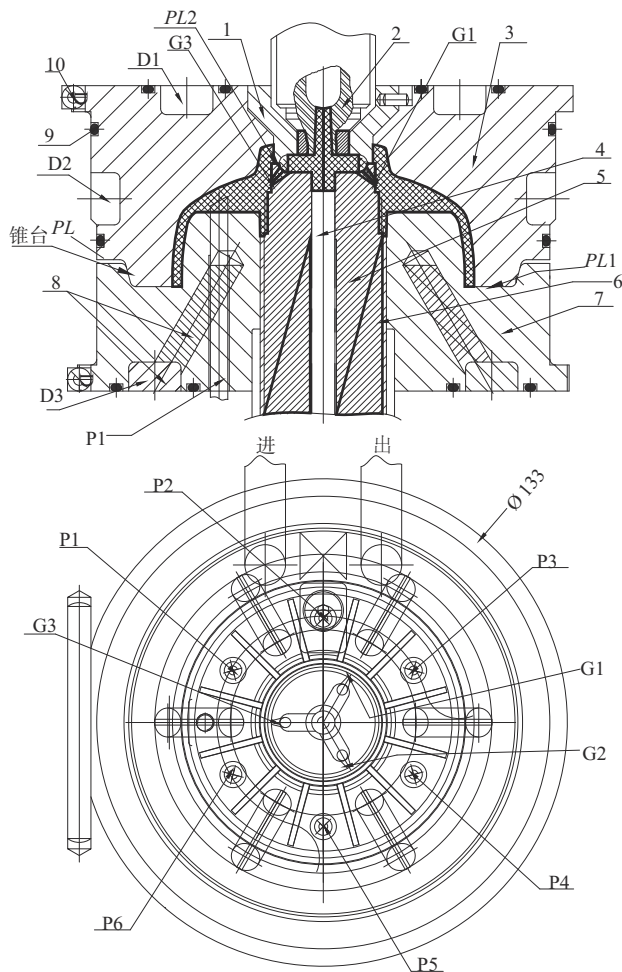
图1 碗形盖带内螺纹孔塑件结构

塑件以ABS材料进行注塑,模腔收缩率设定为0.55%,在此设定条件下,也可改用PP材料进行成型,塑件的精度是很难达到要求的。针对此问题,佛山塑聚新材料研发团队已研发出一款高性能碳酸钙改性PP料可替代ABS,该款改性PP能满足以下性能:(1)表面光泽度在同一模具下注塑光泽度与ABS接近;(2)冲击强度与通用ABS基本一致,低温性能良好;(3)密度为1.05 g/cm<sup>3</sup>,与ABS基本一致;(4)成型塑件外观变形小,无缩痕,刚性优异,沿用ABS材料模具时无需修改模具;(5)收缩率0.55%与指定ABS一致,注塑材料替换时无需开新模具;(6)耐热性良好,甚至可以超过ABS材料使用温度;(7)耐候性好,可长期在户外使用;(8)成本比ABS降低34%左右(8 100元/t,ABS按12 300元/t)。相比于通用ABS,改性PP还存在密度增加、冲击强度下降、材料光泽有所下降等方面的缺陷,有待进一步的改进和提升。结合材料的用材灵活性,以下介绍碗形盖带内螺纹孔塑件模具结构设计方案。

## 2 单腔分型及成型件设计

结合模具要变换使用两种塑料实施成型的要求,多腔模具设计中的单腔设计如图2所示。单腔成型件分型设计中,依据塑件的最大外沿轮廓线设置分型线,获得的分型面为PL面<sup>[12-14]</sup>。图2中PL1

面和PL2面是分型面PL的两个部位,其中PL1面为平面,为保证上型腔镶件3与下型芯镶件7闭合的定位精度,外沿设计成锥台与锥槽相配合的结构形式。



1—热嘴镶件;2—热嘴;3—上型腔镶件;4—中心顶杆;  
5—内螺纹型芯;6—推管;7—下型芯镶件;8—隔水片(黄铜);  
9—密封圈;10—定位销;D1,D2,D3—冷却水道;PL—分型面;  
PL1,PL2—分型面上的两处;进—进水口;出—出水口;  
G1,G2,G3—潜伏式浇口;P1~P6—顶针

图2 分型及成型件设计

内壁中心孔中结合塑件的结构特点设置了内孔分型面PL2,通过PL2面处的分型,内壁中心孔成型件分型为热嘴镶件1和内螺纹型芯5;由于热嘴2在注塑时存在径向和轴向热膨胀变化,为较好地控制这一变化,需要单独设置热嘴镶件1,其好处一是便于修配,二是便于配合热嘴2进行加工。设置分型面PL2处的好处是:一是可以在塑件内壁开设浇口而不影响塑件外观,二是可以开设多个浇口,确保碗形塑件获得均衡充填,有利于模腔获得均衡保压,用PP塑料注塑成型塑件时,模腔内熔料能充分

保压是保证塑件成型品质的关键因素,因而,在普通ABS塑料充填开设2个浇口的基础上,结合改性PP的成型需要,塑件模腔开设3个侧壁潜伏式浇口G1,G2,G3实施浇注,以确保在ABS熔料充填或改性PP充填时都能获得充分充填和优良的保压效果。

相比于单纯使用ABS塑料注塑成型,模腔中改性PP塑件要获得无损脱模,塑件的脱模措施须增加,以避免由于单个顶出元件因承力过大而损坏塑件。因而,塑件的整体脱模做如下安排:(1)冷流道废料与塑件的分离通过内螺纹型芯5的转动在浇口处来切断冷流道废料与塑件之间的连接,冷流道废料使用中心顶杆4顶出;(2)塑件的中心孔内壁的内螺纹特征使用螺纹型芯5转动脱螺纹;(3)中心孔下端内壁使用推管6辅助增强顶出;(4)内壁间隔分布的12处加强筋包紧力较之于碗形内壁大,设置了P1~P6共6个顶针来顶出加强筋和碗形内壁。因而,塑件的整体脱模可以考虑中心顶杆4、内螺纹型芯5、推管6、顶针P1~P6分步实施顶出脱模,也可以考虑使用同步顶出脱模方式脱模。如使用分步脱模方式,则模具结构需要使用多板模多次开模进行驱动;如使用同步脱模方式脱模,则常用模架结构难以实现这一功能,需要对模架结构进行改装。

为使ABS和改性PP能共用模具进行塑件的成型注塑,浇注系统增设热嘴2以延长注塑机喷嘴,确保两种塑料的熔料都具有充分的流动性。同时,为能较好地控制热嘴2的温度及模腔的温度,热嘴2周边设置环形冷却水道D1以增强对热嘴2的温度控制;模腔外壁使用水道D2进行温度控制。模腔内壁的冷却设置中,设置了6个斜孔增强冷却,每个斜孔中设置隔水片8,从而通过环形水道D3连成一条水路对下型芯镶件7冷却;通过以上措施,能确保注塑改性PP料时能对模腔进行有效地温度控制。

不论是注塑ABS还是注塑改性PP,模腔都须获得充分排气,模腔的排气有以下措施:外壁的排气在分型面PL1面开设环周排气槽,气槽深度0.01~0.015 mm;内壁的排气通过中心顶杆4与内螺纹型芯5的装配间隙、内螺纹型芯5与推管6的装配间隙、推管6与下型芯镶件7的装配间隙进行,此3个装配间隙的间隙值小于0.01 mm。

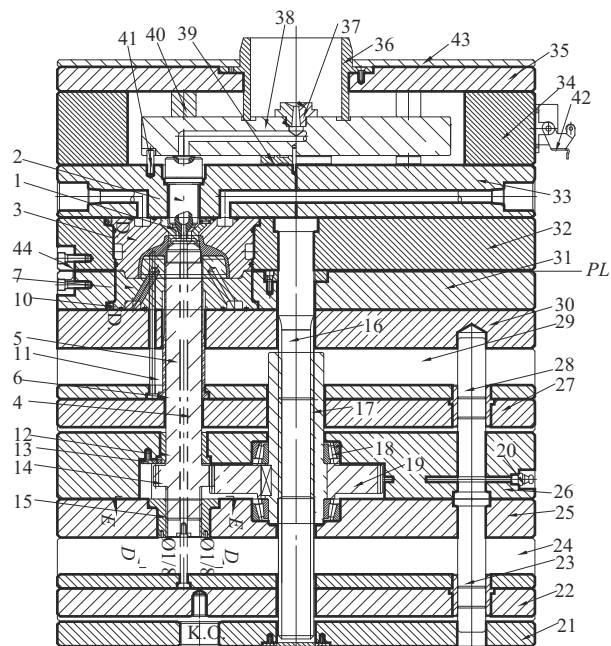
考虑到改性PP中含有玻纤成分,成型件设计时首先基于量产108万件的使用寿命要求而选材,因而成型件上型腔镶件3、下型芯镶件7、内螺纹型芯5

材料选用S136合金钢,热处理硬度须做到HRC52~54。6个顶针P1~P6、中心顶杆4、推管6作为可更换件选用T8A,硬度HRC48~52。

### 3 结构安装设计

#### 3.1 主要机构件安装

蜗杆脱螺纹机构如图3所示。模具的基本构架为热流道两板模结构,但由于要满足塑件的脱模机构,在动模一侧增加了顶出机构,即增加了夹层隔板25、下层模脚24、下层推板导柱23、下推板22及其盖板、下层底板21。便于在下推板22及其盖板上安装中心顶杆4,以及注塑机推杆能推动其与顶针11等同步将冷流道废料顶出,否则,由于内螺纹型芯5的结构设计限制,中心顶杆4无法安装,这也是本模具结构设计的一个创新之处。



- 1—热嘴镶件;2—热嘴;3—上型腔镶件;4—中心顶杆;5—内螺纹型芯;6—推管;7—下型芯镶件;10—定位销;11—顶针(P1~P6顶针);  
12—转动套;13—转动套压板;14—从动齿轮;15—螺纹导套;  
16—蜗杆;17—蜗杆套;18—轴承;19—动力齿轮;20—油嘴接头;  
21—下层底板;22—下推板;23—下层推板导柱;24—下层模脚;  
25—夹层隔板;26—底板;27—上推板;28—上层推板导柱;  
29—上模脚;30—垫板;31—动模板;32—定模板;33—热嘴安装板;  
34—垫高块;35—定模座板;36—定位圈;37—浇口套;38—热流道板;  
39,40—隔热垫;41—热膨胀定位销;42—热流道接线盒;43—隔热板;  
44—精定位块;PL—分型面

图3 蜗杆脱螺纹机构

本两板热流道模结构的模板主要包括底板26、上推板27及其盖板、上层推板导柱28、上模脚29、垫板30、动模板31、定模板32、热嘴安装板33、垫高

块34、定模座板35。

上型腔镶件3安装在定模板32内,下型芯镶件7安装在动模板31上,两者分别通过热嘴安装板33、垫板30压紧而安装到位,并设置定位销10实施削边定位,防止旋转位移。

顶出元件安装时,推管6、顶针11(P1~P6)安装在推板27及其盖板上。中心顶杆4安装在下推板22及其盖板上。而内螺纹型芯5则由于其周向旋转抽芯和轴心移动的需要,其上端有一段设置成与下型芯镶件7的内孔光孔滑动配合,其尾端则须设计有从动齿轮14及旋转抽芯导向螺纹。因而,内螺纹型芯5的下端通过转动套12装在底板26上,其尾端导向螺纹与安装在夹层隔板25内的螺纹导套15按螺纹副配合。这样,内螺纹型芯5可以在从动齿轮14的带动下,在下型芯镶件7的内孔和转动套12构成的轴支点支撑下,能做转动脱螺纹抽芯动作,同时也在螺纹导套15的螺纹副驱动下,可以做向下的抽芯移动和向上的复位移动。内螺纹型芯5的转动通过蜗杆16进行驱动,蜗杆16在模具打开时(PL面打开),静止不动,其下端的蜗杆将随着动模下移驱动蜗杆套17转动,蜗杆套17的转动驱动动力齿轮19转动,动力齿轮19驱动内螺纹型芯5上的从动齿轮14转动进而驱动内螺纹型芯15实现螺纹抽芯和复位功能。蜗杆套17上、下端分别通过2个轴承安装在底板26、夹层隔板25上。模具开模打开完毕,蜗杆16的下端还是有部分停留在蜗杆套17内,以确保内螺纹型芯5准确复位。蜗杆套17在模具打开闭合的过程中始终藏匿在模具内,有利于保护蜗杆16。模具保养时,动力齿轮19通过油嘴接头20注油保养。蜗杆16选用标准件HASCO Z1500/32X100/L/355,蜗杆套17选用标准件HASCO Z1500/32X100/L/160。

热流道系统中,热流道板38和热嘴2的安装须充分考虑热膨胀的影响,热流道板38在膨胀方向上采用一端固定,另一端自由的安装措施,热膨胀定位销41在常温状态(25℃)给热流道板38在竖直方向留有充分的膨胀空间(模具工作温度220℃,0.2~0.5mm);热嘴2在竖直方向上与内螺纹型芯5的顶端在常温时留有0.03mm间隙,以保证工作状态温度(220℃)能封胶而不产生飞边,也不会因热膨胀而损坏热嘴2。热流道接线盒42安装在模具向上一侧,以防损坏。模具定模一侧加装隔热板43以防

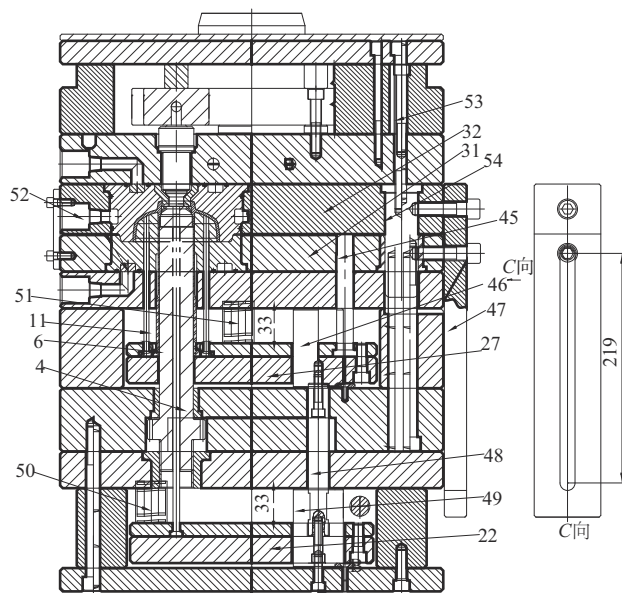
热量过多散失。单腔热流道浇注流道的流长比为6,充分保证了ABS塑料或改性PP在充填路径上的流动性。

为保证模腔复位闭合的准确性,模具中开模平面上设置有4个均衡对称布置的精定位块44以确保模具工作一定的寿命后还能保持较好的重合复位定位精度<sup>[15-17]</sup>。

### 3.2 模具控制机构件

模具分两层顶出机构——上层和下层顶出机构,其结构如图4所示,上层顶出机构中,设置有多个上支撑柱46、上复位杆45、上复位弹簧51;下层顶出机构中,设置有多个下支撑柱49、下复位杆48、下复位弹簧50。动模板31、定模板32之间的开、闭运动导向使用4个导柱54及与之配套的导套进行运动导向配合。为保证开模后蜗杆套17与蜗杆16不完全脱离,模架侧边设置有4个定距拉杆47,定距距离为219 mm。模架中,板与板之间的组合使用销钉定位后再使用螺钉紧固。

塑件顶出脱模时,随着动模的下行,注塑机顶杆顶住下推板22,再通过下复位杆48顶住上推板27。从而实现下推板22的中心顶杆4、上推板27的推管6及6个顶针11同步将塑件从下型芯镶件7上顶出。两层顶出机构顶出的高度都为33 mm。



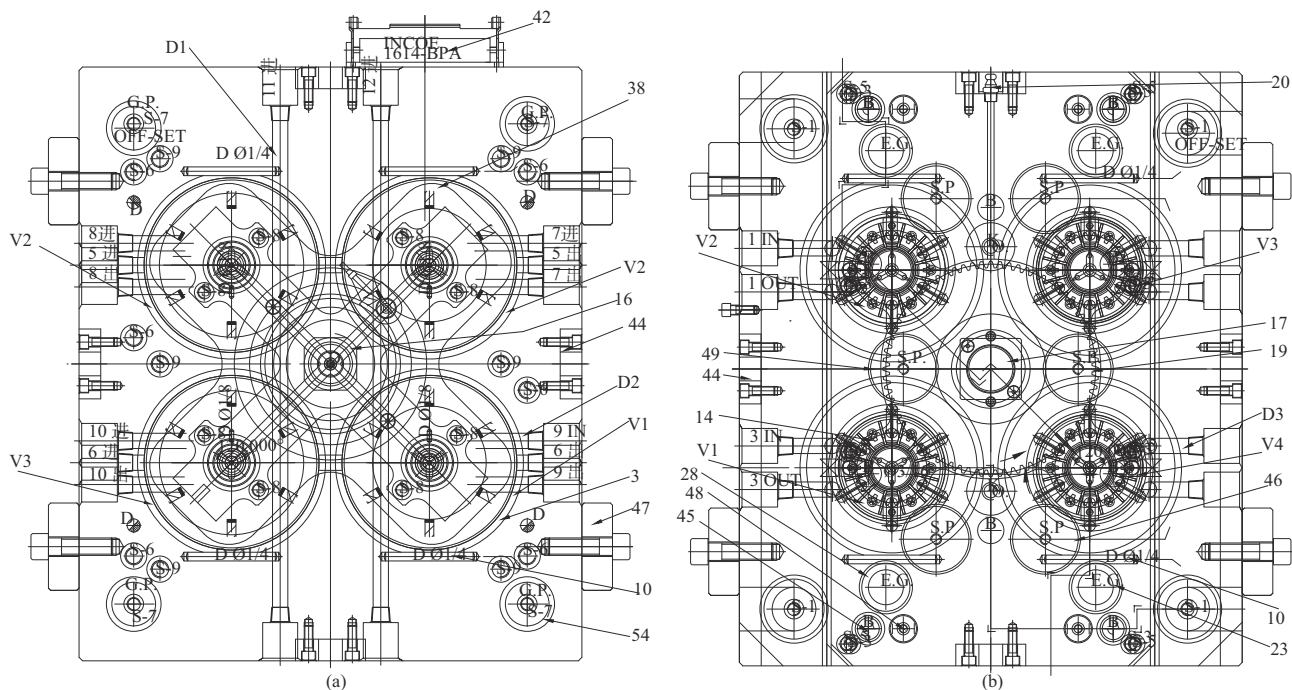
4—中心顶杆;6—推管;11—顶针;22—下推板;27—上推板;  
31—动模板;32—定模板;45—上复位杆;46—上支撑柱;  
47—定距拉杆;48—下复位杆;49—下支撑柱;50—下复位弹簧;  
51—上复位弹簧;52—快速接头;53—螺丝;54—导柱

图4 模具顶出机构

## 4 一模多腔排位布局设计

### 4.1 定模排位布置

图5为结构排位布置图。由图5a可见,模具的模腔为1模4腔,模腔分别为V1,V2,V3,V4,定模一侧的主要结构件有:蜗杆16、4个上型腔镶件3、热



a—定模结构布置仰视图;b—动模结构布置俯视图

图5 结构排位布置(图中符号含义同图3、图4)

流道板 38 及 D1, D2 水路, 每个模腔的上型腔镶件 3 的冷却水路 D2, 4 个热嘴的冷却水路 D1 (单独一条), 定距拉杆 47 及定位圈 36、浇口套 37 等。D1 冷却水管道直径  $\varnothing 12\text{ mm}$ 。

#### 4.2 动模排位布置

由图 5b 可见, 动模一侧布置的主要结构件有: 上层推板机构、下层推板机构、1 个蜗杆套 17、4 个模腔的型芯部分、1 个动力齿轮 19, 下层推板导柱 23, 上层推板导柱 28 各 4 个, 上支撑柱 46、下支撑柱 49、下复位弹簧 50、上复位弹簧 51 各 4 个; 上复位杆 45、下复位杆 48 各 4 个。

#### 4.3 螺纹抽芯机构齿轮传动设计

由图 5b 可见, 动力齿轮 19 与从动齿轮 14 齿轮副传动设计中, 齿轮模数  $m=12$ , 压力角  $20^\circ$ ; 动力齿轮 19 齿数 72 齿, 分度圆直径  $\varnothing 152.4\text{ mm}$ , 从动齿轮 14 齿数 24 齿, 分度圆直径  $\varnothing 50.8\text{ mm}$ , 两者传动比  $i=3$ ; 蜗杆 16 驱动行程  $t=216.69\text{ mm}$ , 螺纹型芯轴向抽芯移动行程  $11.68\text{ mm}$ 。模具总厚度  $532\text{ mm}$ 。

### 5 模具工作原理

模具的工作原理如下。

(1) 闭合模具在注塑机上安装并处于闭合状态, 注塑机完成充填、保压、冷却过程后等待开模。

(2) 注塑机动模板后退, 模具动模跟随下行, 模具在 *PL* 面处打开, 塑件从上型腔镶件 3 中脱出留于下型芯镶件 7 上, 与此同时, 静止的蜗杆 16 驱动跟随动模下行的 4 个模腔的 4 个蜗杆套 17 同步转动, 从而通过动力齿轮 19 与从动齿轮 14 齿轮副传动关系而驱动内螺纹型芯 5 完成塑件内螺纹特征的脱螺纹抽芯。

(3) 顶出动模继续下行, 下行到一定位置后, 注塑机顶杆同步顶住下层推板机构, 下层推板机构再通过下复位杆 48 顶住上层推板机构。下层推板将顶出力作用在 4 个模腔的中心顶杆 4 上, 上层推板将顶出力作用在推管 6、顶针 11 (P1~P6) 上。随后, 顶杆、推管和顶针共同作用使塑件停留于这些顶出元件上而与下型芯镶件 7 分离, 直到动模被 4 根定距拉杆 47 拉住不能继续下行, 此时, 塑件与下型芯镶件 7 完全分离, 塑件从顶出元件上自动脱落, 实现 4 个塑件的完全脱模。

(4) 随着注塑机动模的上行, 模具动模上行复位, 下层推板机构、上层推板机构及两者上的顶出元件在各自复位弹簧 50, 51 的推动下先复位, 模具

在 *PL* 面闭合, *PL* 面闭合过程中, 蜗杆 16 同步驱动 4 个模腔的内螺纹型芯 5 完成复位, 模具完全闭合, 开启下一注塑循环。

### 6 结论

本热流道模具设计具备以下特点:

(1) 使碗形盖塑件既能适用于 ABS 注塑成型, 同时又能适用于改性 PP 塑料注塑成型, 所成型塑件能达到指定的 MT5 级精度要求。

(2) 塑件内孔螺纹的脱模使用蜗杆传动副驱动内螺纹型芯实施螺纹抽芯脱模, 通过模具打开动作的机械驱动来驱动螺纹型芯转动, 动作可靠性高, 效率高, 制造加工方便, 有效降低了模具整体制造成本。

(3) 创新性地将模架改进为双层顶出机构两板热流道模具, 较好地解决了塑件孔内浇注系统流道废料无法设置顶出机构件的矛盾, 使模腔的注塑能使用 3 个潜伏式内壁浇口同步进行浇注, 使模腔能获得充分充填, 保证了模具使用 ABS 或改性 PP 都能获得零缺陷注塑成型塑件。

#### 参考文献

- [1] 上官同英, 刘冬敏, 陈志. 激光透射焊接掺杂玻璃纤维 ABS 和 PP 塑料工艺研究[J]. 应用激光, 2019, 39(1): 93-97.  
Shangguan Tongying, Liu Dongmin, Chen Zhi. Laser transmission welding of fiberglass-doped ABS and PP[J]. Applied Laser, 2019, 39(1): 93-97.
- [2] 张砾匀. 红外光谱(ATR)法鉴别 PP 和 ABS 塑料下水管材质[J]. 合成材料老化与应用, 2018, 47(6): 57-59.  
Zhang Liyun. Identification of PP and ABS plastic sewer pipe material with fourier transform infrared spectroscopy(ATR) [J]. Synthetic Materials Aging and Application, 2018, 47(6): 57-59.
- [3] 许国杨, 高俊强, 张凯舟, 等. 无机填料/PP 复合材料的力学性能和加工性能[J]. 塑料, 2010(3): 66-68.  
Xu Guoyang, Gao Junqiang, Zhang Kaizhou, et al. Processability and mechanical property of inorganic filler/PP composite[J]. Plastics, 2010, (3): 66-68.
- [4] 祝润生. 滑石粉粒径对填充改性 PP 材料颜色及性能的影响[J]. 上海染料, 2018, 46(4): 34-36.  
Zhu Runsheng. Effect of particle size of talcum powder on color and performance of filling modified PP material[J]. Shanghai Dyestuff, 2018, 46(4): 34-36.
- [5] 孟征, 于茂杰, 舒帮建, 等. 汽车内饰用永久抗静电 PP 材料的制备与性能[J]. 塑料, 2019(1): 38-41.  
Meng Zheng, Yu Maojie, Shu Bangjian, et al. Preparation and performance of permanent antistatic PP of automobile interior decoration[J]. Plastics, 2019(1): 38-41.
- [6] 张博文, 刘喜军, 王宇威, 等. 乙丙嵌段共聚物改性 PP/EPR 共混

- 物[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(2):13-18.
- Zhang Bowen, Liu Xijun, Wang Yuwei, et al. Ethylene-propylene block copolymer modified PP/EPR blends[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(2):13-18.
- [7] 杨安, 肖国华, 韩立艳, 等. 汽车油封盖内螺纹脱模机构及注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 41(4):68-72.
- Yang An, Xiao Guohua, Han Liyan, et al. Design of car oil seal cover internal thread demoulding mechanism and injection mould [J]. Engineering Plastics Application, 2015, 41(4):68-72.
- [8] 许聪艳. 内螺纹盖注射模脱模机构优化设计[J]. 模具工业, 2020, 46(2):59-62.
- Xu Congyan. Optimized design of demoulding mechanism in injection mould for inner thread cap[J]. Die & Mould Industry, 2020, 46(2):59-62.
- [9] 陈剑玲. 内螺纹瓶盖自旋脱模的热流道倒装注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(3):106-112.
- Chen Jianling. Design of flip structure injection mould with hot runner system and thread automatically demoulding mechanism for innerthread bottle-cap[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(3):106-112.
- [10] 张维合. 香水瓶盖内螺纹自动脱模注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(6):57-60.
- Zhang Weihe. Design of injection mold with internal thread automatic demoulding for perfume bottle cap[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(6):57-60.
- [11] 岳强. 单齿条驱动双孔内螺纹型芯脱模机构注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(5):98-102.
- Yue Qiang. Injection mould design with double hole internal thread core demoulding mechanism driven by single rack[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(5):98-102.
- [12] 徐勇军, 邱腾雄, 何显运. 电池盒上盖顶部内螺纹脱模机构及注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(6):92-96.
- Xu Yongjun, Qiu Tengxiong, He Xianyun. Design of injection mould and demoulding mechanism for inner thread on top of battery box upper cover[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(6):92-96.
- [13] 温煌英. 内螺纹自动脱模注射模创新设计[J]. 模具制造, 2020(1):49-53.
- Wen Huangying. Innovative design of injection mold with internal thread automatic demoulding[J]. Die & Mould Manufacture, 2020(1):49-53.
- [14] 王怀奥, 沈忠良. 汽车液压油管90°弯管接头注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(11):76-80.
- Wang Huai'ao, Shen Zhongliang. Design of injection mould for 90° elbow joint of automobile hydraulic oil pipe[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(11):76-80.
- [15] 陈叶娣, 黄敏高, 季卫东. 基于Moldflow 3D技术的螺纹管接头注塑模设计[J]. 塑料科技, 2014, 42(7):102-105.
- Chen Yedi, Huang Mingao, Ji Weidong. Injection mould design of threaded pipe fitting based on moldflow 3D technology[J]. Plastics Science and Technology, 2014, 42(7):102-105.
- [16] 徐勇军, 吴东明. 相机壳体侧向内螺纹自动脱模注射模设计[J]. 塑料工业, 2011, 39(6):38-40.
- Xu Yongjun, Wu Dongming. Design of injection mould with automatic demolding by internal thread for camera shell[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(6):38-40.
- [17] 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, et al. 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.