

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.05.016

四缸发动机进气歧管热流道注射模设计

王伟伟¹, 肖国华¹, 徐生¹, 王声杭², 肖忠理²

(1. 浙江工商职业技术学院机电工程学院, 浙江宁波 315600; 2. 宁波固德模塑有限公司, 浙江宁波 315600)

摘要: 结合大型尺寸塑件发动机进气歧管批量生产需要, 选用玻璃纤维增强聚酰胺专用塑料对其进行注射成型, 材料中加纤质量分数为33%。模具使用一模一腔布局, 模腔使用2个针阀式浇口进行浇注, 相应的注塑工艺参数为模温70℃、注射压力100 MPa、充填时间5.5 s、保压压力50 MPa、保压时间11 s。针对塑件结构复杂、脱模困难问题, 运用脱模方向集成设计方法设计了5个特殊脱模机构用于塑件的脱模; 其中定模一侧布置3个联动式油缸驱动滑块斜抽芯机构, 将斜向抽芯转化为水平侧抽芯, 能有效减少斜抽芯机构对模具厚度尺寸的要求; 动模一侧布置的1个水平侧抽芯滑块机构和1个弯管抽芯机构, 结合塑件弯管内壁的脱模采用分段抽芯脱模法进行设计, 有效解决了塑件弯管内壁既有直线段又有弯管段而难以设计脱模机构的难题, 保证了塑件自动化注塑生产的实现。结合弯管抽芯机构的动作需要, 两板热流道模架的开模由单次开模改进为两次开模, 第二次开模使用油缸驱动动模板顶出而实现。塑件的顶出脱模借助两种油缸分两次实施顶出而实现。模具整体结构设计、机构配置合理, 有较好的设计参考意义。

关键词: 四缸发动机; 进气歧管; 聚酰胺; 玻璃纤维; 热流道; 注塑模具设计; 脱模机构

中图分类号: TG243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)05-0108-07

Design of hot runner injection mould for four-cylinder engine intake-manifold

WANG Weiwei¹, XIAO Guohua¹, XU Sheng¹, WANG Shenghang², XIAO Zhongli²

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo 315600, China;

2. Ningbo Gude Moulding Co., Ltd., Ningbo 315600, China)

Abstract : Considering the mass production needs of large-sized plastic part of engine intake-manifold, glass fiber modified and reinforced polyamide specialized plastic was selected for injection molding, with a fiber content of 33% added to the material. The layout of mould cavity was one mould with one cavity, and two needle valve gates were used for gating. The corresponding injection process parameters were mold temperature 70 °C, injection pressure 100 MPa, filling time 5.5 s, holding pressure 50 MPa, and holding time 11 s. Aiming to the difficulty of demolding complex plastic structures, five special demolding mechanisms were designed by using the integrated demolding direction design method for demolding plastic parts. Three linked hydraulic cylinder driven slider angle core pulling mechanisms were arranged on the side of the fixed mold, which converted the angle core pulling into horizontal core pulling, effectively reducing the requirements of the angle core pulling mechanism on the thickness size of the mould. One horizontal side core pulling slider mechanism and one bent pipe core pulling mechanism were arranged on the side of the moving mould, design in combination with the segmented core pulling demolding method for demolding the inner wall of the plastic bent pipe was carried out. This effectively solved the problem of difficult demolding mechanism design due to the presence of both straight and curved sections on the inner wall of the plastic bent pipe, ensuring the realization of automated injection molding production of plastic parts. Based on the needs of the bending core pulling mechanism, the opening of the two plate hot runner mold-base had been improved from single opening to two opening, and the second opening was achieved by using an hydraulic cylinder to drive the moving plate. The ejection and demolding of plastic parts were achieved by using two types of hydraulic cylinders to perform ejection in two stages. The overall structure of the mold is set reasonably, and the mechanism configuration is reasonable,

基金项目: 宁波市重大科技任务攻关项目(2022Z055), 宁波市公益性研究项目(2022S129)

通信作者: 肖国华, 副教授/高级工程师/高级技师, 主要研究方向为机械模具设计与制造

收稿日期: 2024-03-05

引用格式: 王伟伟, 肖国华, 徐生, 等. 四缸发动机进气歧管热流道注射模设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(5): 108-114.

WANG Weiwei, XIAO Guohua, XU Sheng, et al. Design of hot runner injection mould for four-cylinder engine intake-manifold[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(5): 108-114.

which has good design reference significance.

Keywords : four-cylinder engine ; intake manifold ; polyamide ; glass fiber ; hot runner ; injection molding design ; demoulding mechanism

汽车大型尺寸塑件的成型模具基本上都采用热流道注塑模具,采用热流道的主要目的在于使模腔能获得充分充填以及保压控制,以获得尺寸和形状准确的塑件^[1-3]。这些大尺寸塑件成型中,由于尺寸大的缘故,采用冷流道充填因熔料流动长度过长容易过早凝固而导致模腔不能获得充分充填,或者后续保压调控措施难以实施而导致最终难以获得尺寸和形状精确的塑件^[4-6]。采用热流道充填模腔的另一个优势是可以对模腔实施多点浇口充填,降低成型难度。还有一个优势是可以做到无流道废料生产,节省较多的注塑材料成本。发动机进气歧管是汽车发动机进气系统的主要零件,直接安装在发动气缸一侧,由于承受机舱高温,其服役工况环境比较恶劣,在汽车以塑代钢零件设计中,要求使用玻璃纤维(GF)增强的聚酰胺(PA)进行成型,较为合适的材料是PA66+33%GF材料,该材料具有极高的热稳定性,符合发动机进气歧管的服役要求。发动机进气歧管成型另一个突出问题是塑件结构比较复杂,成型模具设计的难度大,需要采用多种脱模手段和机构创新设计才能保证塑件自动化注塑生产的顺利进行。笔者结合某车型发动机进气歧管的生产实践,给出其模具设计参考案例。

1 进气歧管塑件

1.1 塑件结构

发动机进气歧管塑件结构如图1所示。如图1a所示,对应于四缸发动的进气需要,塑件设置有 $Q_1 \sim Q_4$ 4个进气孔进气通道,4个通道对应于塑件上的4个特征分别为圆弧形弯管 $W_1 \sim W_4$ 。进气歧管两端分别为安装平面 P_{D1} 和 P_{D2} ,平面 P_{D1} 为贴近发动机缸体端面,其上分别设置4个进气孔,每个进气孔相互独立不连通,其周边分别设置密封圈槽 $C_{m1} \sim C_{m4}$,用于安装密封圈,防止4个进气孔在平面 P_{D1} 上串通,4个进气孔前端则集成为1个进气集成罩 Z_1 ,用于与进滤清进气集管连接,集成罩 Z_1 的端平面为 P_{D2} 。端平面 P_{D2} 上也设置了整圈密封槽 C_{m5} 。 $Q_1 \sim Q_4$ 4个进气孔的对应外形为弯管 $W_1 \sim W_4$,弯管 $W_1 \sim W_4$ 的尾端集成在集成罩 Z_1 上。

如图1b所示,集成罩 Z_1 与进气集管连接,需要连接螺栓穿过孔 $h_1, h_1', h_2, h_2', h_3, h_4$ 。集成的凸台用于安装进气传感器。柱孔 h_5, h_6 用于挂接其他附

件。为便于进气歧管在发动机气缸上安装,设置了螺栓过孔 $h_7, h_7', h_8, h_8', h_9, h_9'$,十字柱 Z_1, Z_2 用于定位。为轻量化塑件结构,塑件外壳上设置了多条竖直筋 J_v 和横向筋 J_H 用于增强塑件结构强度,局部位置还设置了短筋 $j_1 \sim j_3$,以及斜筋 $J_{x1}, J_{x1'}, J_{x2}, J_{x2'}, J_{x3}, J_{x3'}$ 也用于增强塑件强度;所有筋的壁厚厚度2 mm。 $Q_1 \sim Q_4$ 4个进气孔外壁轻量化后形成4处连续槽 $C_1 \sim C_4$ 。塑件外壳表面还设置了塑件材料信息标识 I_{D1} 、品牌标识 I_{D2} 。塑件平均壁厚2.5 mm,最大厚度3.2 mm,最小1.5 mm。塑件总体积414 cm³。

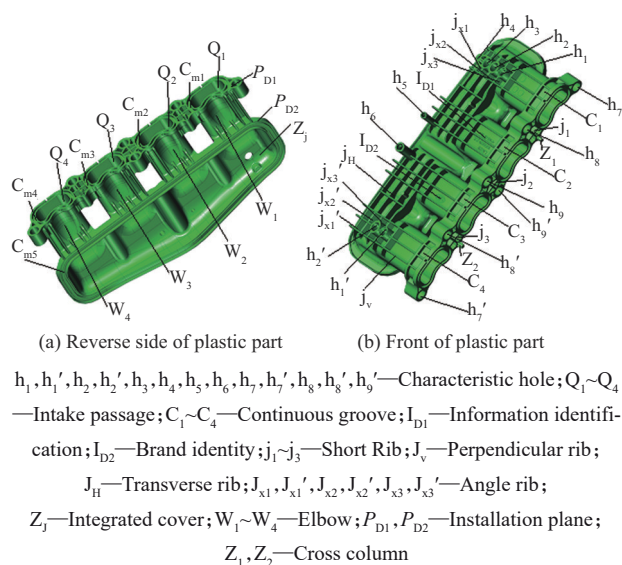


图1 进气歧管塑件结构

Fig. 1 Structure of engine intake manifold plastic part

1.2 塑件材料

汽车塑料零部件的注塑成型材料一般都选用专用塑料,笔者选用进气歧管专用塑料PA66+33%GF(广东佛埭林纳山PA66-QGF60XX),材料性能见表1。该专用改性塑料是以PA66树脂为基材、添加33% GF增强,附加一定量的热稳定剂及相容剂混合后挤出造粒而成,注塑级规格,专用于汽车进气歧管。材料具有刚性和韧性高、热和尺寸稳定性好、电气绝缘性和表面平滑性佳、易于焊接及成型加工等特点,满足RoHS, PAHs等对塑件的环保要求。塑件使用该材料总质量为592 g。

材料推荐注塑工艺参数为:干燥温度80℃,干燥时间2~4 h,水分含量 $\leq 0.2\%$,熔体温度290℃,模具温度70℃,螺杆转速0.4 m/s,注射压力75~120

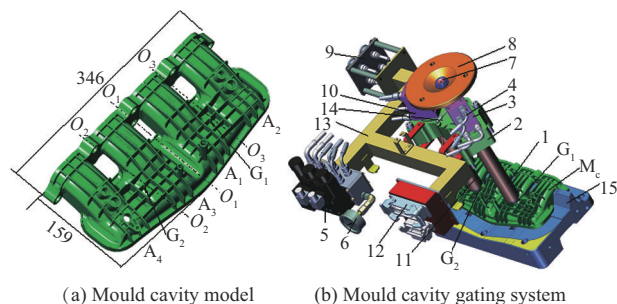
表1 PA66-QGF60XX材料性能
Tab. 1 PA66-QGF60XX material properties

Material	Density/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Tensile strength/ MPa	Elongation at break/%	Flexural strength/ MPa	Flexural modulus/ MPa	Impact strength of cantilever beam notch/ ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$)	Shrinkage rate/ %
PA66-QGF60XX	1.43	≥ 190	4.0	245	8 800	13.5	0.2

MPa,保压压力 50~100 MPa,顶出温度 190 °C。

2 成型方案

材料的基础性能是塑件成型的基础,PA66-QGF60XX虽然流动性较好,但若使用冷流道冷浇口进行模腔浇注时,料流前锋容易冷凝而堵塞流动通道从而导致模腔的充填无法完全进行,且由于本塑件在尺寸上属于大型塑件,流道路径长,因而流动通道堵塞的风险将显著加大。防止此种成型风险较好的办法是采用热流道和多浇口对模腔实施浇注两种措施,因而如图2a所示,本塑件的成型方案中,浇口数量和位置经CAE优化分析后确定为图中所示的2个浇口 G_1, G_2 ,浇口 G_1, G_2 都采用热流道浇口。在该浇注方案中,为避免流动路径过长而采用分区浇注的办法实施等质量区域充填,即以中线 O_1-O_2 将塑件划分为两大部分后,浇口 G_1 完成 A_1, A_2 区域的充填,浇口 G_2 完成 A_3, A_4 区域的充填,最终的熔接线出现在中心线上,可以通过提高模温的办法来消除,使塑件有足够的结合强度。



(a) Mould cavity model (b) Mould cavity gating system
1, 11—Hot nozzle; 2—Hot runner plate; 3, 10—Valve needle oil cylinder; 4—Oil pipe; 5—Electromagnetic valve; 6—Oil pressure gauge; 7—Sprue sleeve; 8—Positioning ring; 9—Tubing rack; 12—Pin holder; 13—Cable tray box; 14—Electric heating line; 15—Core insert;
 O_1, O_2, O_3 —Delimitation boundary line; A_1, A_2, A_3, A_4 —Filling partition number; M_c —Mould cavity

图2 浇注系统设计

Fig. 2 Gating system design

在此浇注系统的基础上,结合企业现有注塑机设备条件,CAE优化后本塑件使用PA66-QGF60XX的成型方案为:注塑机选用海天MA2800/1350B。材料预处理80 °C温度下烘干4 h,含水量 $\leq 0.2\%$ 。料筒温度中,喂料区80~90 °C;第一段、第二段280 °C;

第三段、第四段、第五段290 °C;喷嘴290 °C。模具温度70 °C,注射压力100 MPa,充填时间5.5 s。保压压力50 MPa,保压时间11 s。冷却时间37.5 s(25 °C冷却水)。螺杆背压5 MPa,螺杆转速设置为低速,螺杆线速度为0.4 m/s,在冷却时间结束前完成塑化过程就可;螺杆计量行程146.5 mm(2.44D,螺杆直径 $D=60$ mm),垫料长度6 mm。两点热浇口 G_1, G_2 浇注,热流道嘴1, 11采用针阀式闭环温度控制,温度控制器为模具热流道系统PID智能温控箱(厦门博诺热流道科技有限公司),温度变化控制在1 °C以内。由于加纤缘故,料筒使用高耐磨的双金属料筒,且带止逆环,料筒内熔料残留停留时间控制在 $t \leq 20$ min,注塑机停工时段无需用其他料清洗料筒。热流道浇注系统布置如图2b所示。热流道嘴1, 11采用针阀控制,以热流道嘴1为例,阀针由油缸3内芯杆驱动从而控制热嘴1内浇口的开闭动作,油缸3内的液压油进出通过油管4和电磁阀5实施控制。热嘴1, 11,主浇道浇口衬套7的加热线集中布置在线槽盒13内,电热线及控制线接入接出由插针座12实现。

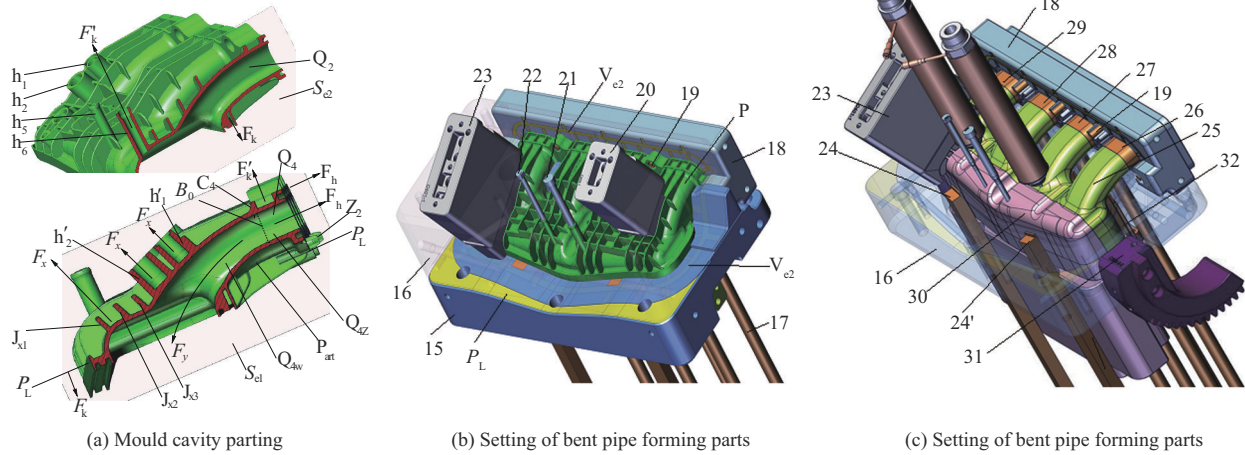
3 模腔分型及脱模机构设计

3.1 脱模方向集成分类

模腔在模具中的布置,首先便于浇注系统的设置^[7-8];其次是便于塑件的脱模,尽可能使脱模机构设置最少,以降低模具结构复杂程度^[9-11]。结合图1,如图3a所示,塑件上大部分特征的脱模能按 F_k 和 F_k' 方向实施脱模,但少部分特征需要按以下方向实施脱模。针对这些少部分特征的脱模,需要采用脱模方向集成设计方法来预先设置这些特征的脱模机构,而后再进行模腔成型件的整体分型设计。这些少部分特征的脱模包括有:螺栓穿过孔 $h_1, h_1', h_2, h_2', h_3$ 按 F_x 向的抽芯脱模;局部筋 $J_{x1}, J_{x1'}, J_{x2}, J_{x2'}, J_{x3}, J_{x3}'$ 按 F_x 向的抽芯脱模。平面 P_{D1} 上设置的特征包括图1中所示4个进气孔 $Q_1 \sim Q_4$ 的直线段(如图3a中所示 Q_{4x})、密封圈槽 $C_{m1} \sim C_{m4}$ 、螺栓过孔 $h_7, h_7', h_8, h_8', h_9, h_9'$ 、十字柱 Z_1, Z_2 等按 F_h 向的抽芯脱模。4个进气孔 $Q_1 \sim Q_4$ 内壁的两向脱模(F_h, F_y 向);4个进气孔 $Q_1 \sim Q_4$ 的内壁分为两段抽芯脱模,以 Q_4 孔中内

壁为例, Q_4 孔中内壁以 B_0 边界线为分界线,分为直线段 Q_{4z} 和圆弧段 Q_{4y} ,直线段 Q_{4z} 只能按 F_h 向抽芯脱模,而圆弧段 Q_{4y} 只能按圆弧方向 F_y 向旋转抽芯。孔

h_5, h_6 的 F_k' 向先抽芯脱模,由于孔 h_5, h_6 深度较深,需要提前完成抽芯才能保证塑件从上表面成型件中脱模脱出,因而需要实施按 F_k' 向的先抽芯脱模。



S_{e1}, S_{e2} —Cutting surface of plastic parts; F_k, F_k', F_x, F_h, F_y —Core pulling direction; P_L —Main parting surface; J_{x1}, J_{x2}, J_{x3} —Angle rib; $h_1, h_1', h_2, h_2', h_3, h_4, h_5, h_6$ —Characteristic hole; Q_4 —Inlet vent hole; Q_{4z} —Straight segment of Q_4 ; Q_{4y} —Arc segment of Q_4 ; P_{art} —Plastic parts; B_0 —Inner wall segmentation line of Q_4 ; C_4 —Continuous groove; $J_{x1}, J_{x1}', J_{x2}, J_{x2}', J_{x3}, J_{x3}'$ —Angle rib; Z_1 —Cross column; V_{e1}, V_{e2} —Vent; 15—Core insert; 16—Cavity insert; 17, 32—Ejector; 18—Slider; 19—Small cylindrical inserts; 20, 23—Angle core pulling slider; 21, 22—Cylindrical insert; 24, 24'—Square ejector; 25—Bend core; 26 ~ 29—Straight segment inserts; 30—Integrated cover partial inserts; 31—Sector gear

图3 脱模设计

Fig. 3 Demoulding design

3.2 模腔布置

鉴于塑件尺寸较大和注塑机容模尺寸限制,塑件模腔在模具中的布置采用单腔布置,即一模一腔布置,如图3b所示。

3.3 模腔分型成型件设计

模腔成型件采用镶件镶嵌形式,结合塑件脱模需要,针对模腔镶件成型件的分型设计如图3所示。首先确定模腔的主开模面为 P_L 面,在此开模面打开时,垂直于开模面 P_L 按 F_k, F_k' 向脱模的大部分特征能在 P_L 面打开时能获得脱模,或者开模后塑件最终按 F_k' 向顶出时即可获得脱模,而上述少部分特征的脱模则需依据其脱模方向设置单独的成型件实施抽芯脱模。因此,模腔成型件的分型及成型零件设计如下:首先,使用 P_L 面分型分割出型腔镶件16和型芯镶件15。其次再进行二次分型分割出局部成型零件,这些零件包括有:①基于 F_x 向的抽芯需要,从型腔镶件16上分型分割出的斜抽芯滑块20和23,如图3b中所示。②基于 F_h 向的抽芯需要,二次分型分割出的侧滑块18,及镶装在侧滑块18上用于4个进气孔 $Q_1 \sim Q_4$ 孔内直线段抽芯脱模的直线段镶件26 ~ 29,如图3b中所示。③基于 F_k' 向孔 h_5, h_6

局部先抽芯的需要,从型腔镶件16上分型分割出的圆柱镶件21,22,如图3b中所示。④基于圆弧方向 F_y 向旋转抽芯的需要,从型芯镶件15上分割出弯管型芯25,弯管型芯25头部设置4个弯管头,如图3c中所示。⑤基于塑件最终按 F_k' 向顶出脱模的需要,分割出多根顶针17,32及方顶杆24,24',如图3c所示。⑥为保证弯管型芯25旋转抽芯有运动空间,必须先将集成罩局部镶件30先抽芯抽走;为便于驱动弯管型芯25转动抽芯,弯管型芯25的两端各设置一个扇形齿轮31,用于驱动弯管型芯25转动抽芯,如图3c所示。

3.4 塑件脱模原理

结合图3b、图3c所示,塑件的脱模按如下步骤进行:①圆柱镶件21,22先抽芯;②斜抽芯滑块20和23抽芯;③主开模面为 P_L 面,塑件上表面从型腔镶件16中脱出;④侧滑块18及其上的小圆柱镶件、直线段镶件26 ~ 29等抽芯;⑤ P_L 面完全打开后,集成罩局部镶件30先抽芯,为弯管型芯25旋转抽芯让出空间;⑥扇形齿轮31带动弯管型芯25旋转抽芯;⑦顶针17,32及方顶杆24,24'等将塑件从型芯镶件15顶出而使其自动掉落,实现完全脱模。

4 模具结构设计

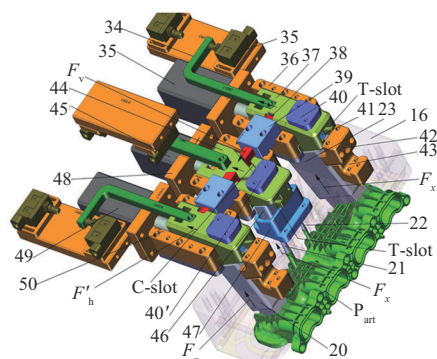
4.1 脱模机构设计^[12-15]

为实现塑件的自动化脱模,模具中需要设计5个脱模机构才能满足塑件脱模原理中所述脱模步骤①~⑥的动作过程,5个机构的设计如下:

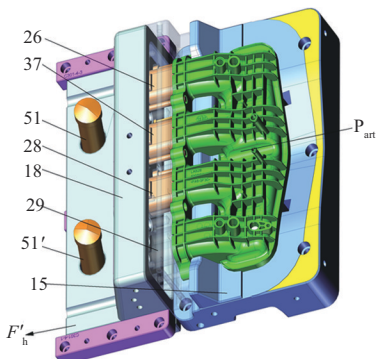
(1) 圆柱镶件21、22先抽芯机构。

如图4a所示,其主要零件包括圆柱镶件21,22,件44~件48。圆柱镶件21,22镶嵌在中间斜滑块46内,油缸45通过驱动第一滑块44按 F_h' 向抽芯,第一滑块44通过其前端的T型导轨驱动中间斜滑块46而驱动斜抽芯滑块20和23实施抽芯,滑动套47起导向和耐磨作用。第一滑块44的抽芯行程使用行程开关进行控制。第一滑块44上设置有2条“C”字形截面线槽,用于驱动2个限位锁条38分别对第二滑块37和第三滑块50进行插栓锁紧,防止模具完全闭合时此两滑块松退,限位锁条38的移动方向 F_v 。

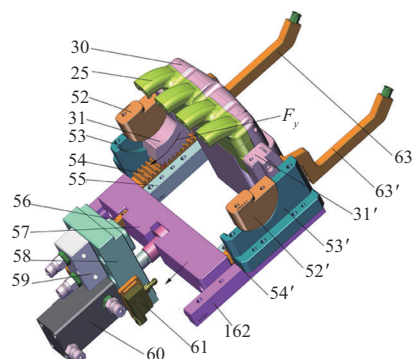
(2) 斜抽芯滑块20,23抽芯机构。



(a) Fixed mold core pulling mechanism



(b) Horizontal side core pulling slider mechanism



(c) Bend core pulling mechanism

F_v, F_x, F_h, F_h', F_y —Core pulling direction; 31'—Sector gear; 33, 45, 49, 60—Hydraulic cylinder; 34, 56—Contact rod; 35, 61—Travel switch;

36—Batten; 37, 44, 50—Slider; 38—Limit lock bar; 39—Guide Block; 40, 40'—Wear resistant plate; 41—T-piece; 42—Stop block;

43—Pressure block; 46—Middle angle slider; 47—Sliding sleeve; 48, 57—Cylinder install plate; 51, 51'—Angle pin; 52, 52'—Upper arc guide block;

53, 53'—Lower arc guide block; 54, 54'—Rack; 55, 62—Rack guide bar; 57—Rack slider; 59—Oil circuit auxiliary block; 63, 63'—Extension tube;

15, 16, 18, 20, 23, 25, 26~29, 30, 31—Same as Fig.3

图4 脱模机构设计

Fig. 4 Design of demoulding mechanism

(3) 水平侧抽芯滑块18抽芯机构。

如图4b所示,水平抽芯侧滑块18的抽芯驱动由2根斜导柱51,51'同步驱动,其结构与普通斜导柱滑块机构结构相同,按 F_h 方向抽芯,图4a中的 F_h' 与 F_h 方向相反。

(4) 弯管型芯25旋转抽芯机构。

如图4c所示,弯管型芯25的驱动由油缸60驱动,油缸60拉动滑块57按 F_h 向移动,滑块57两端再

如图4a所示,针对斜抽芯滑块20,23在定模一侧的先抽芯需要分别设置两个抽芯机构用于驱动斜抽芯滑块20,23抽芯,两个机构结构相似,以斜抽芯滑块23的驱动为例,油缸33驱动第二滑块37按 F_h' 向抽芯移动,第二滑块37通过其前端的T型槽带动斜抽芯滑块23按 F_x 向抽芯。第二滑块37的抽芯距离依靠接触杆34与两个行程开关35接触而设定,模具闭合时由限位锁条39对第二滑块37进行锁紧,由限位块42对斜抽芯滑块23进行锁紧,为防止限位块42压坏斜抽芯滑块23,由承压块43承担限位块42的部分压力。

斜抽芯滑块20的驱动情况与斜抽芯滑块23的相同。需要指出的是,斜抽芯滑块20,23的抽芯需要等圆柱镶件21,22先抽芯完成后,第一滑块44驱动其上两侧的2个限位锁条39解除对第二滑块37、第三滑块50的锁紧后,油缸33,49才能驱动第二滑块37、第三滑块50实施按 F_h' 向的抽芯驱动移动。

拉动齿条54,54'移动,齿条54,54'分别驱动扇形齿轮31,31'转动,从而带动弯管型芯25按 F_y 向旋转抽芯。图4c中,延伸管63,63'用于外接水路与集成罩局部镶件30冷却管道的连通以冷却该镶件。

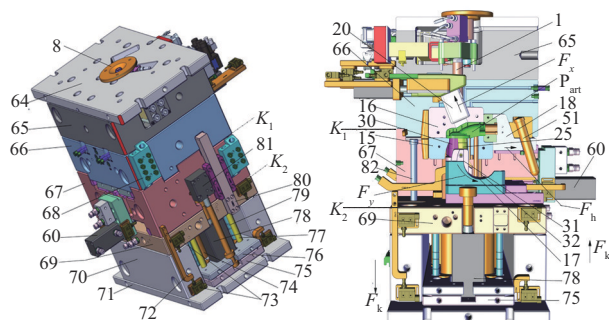
4.2 模具整体结构

如图5a所示,模具为两板热流道模,模腔单腔布局。为便于弯管型芯25的旋转抽芯,模具动模一侧增加了动模垫板69,因而,模具开模动作由单次

开模变为两次开模,即增加开模面 K_2 面。 K_2 面的打开由油缸78控制,即在 K_1 面打开一定距离后,油缸78动作,推动动模板67顶出,动模板67顶出时,通过油缸81拉动顶针推板75及其上的零部件一起顶出, K_2 面打开距离由下接触杆72与上下两个行程开关73配合而确定。待 K_2 面打开完毕,弯管型芯25完成抽芯后,油缸81动作,拉动顶针推板75二次顶出,将塑件从型芯镶件15上顶出,实现完全脱模。

如图5b所示,模具中,图4a所示3个机构安装在模具的定模板66上,图4b所示侧滑块机构安装在动模板67上。图4c所示弯管抽芯机构安装在动模板67上。动模板67与动模垫板69可分离。

K_1 面打开前,圆柱镶件21,22,斜抽芯滑块20,23先完成抽芯。 K_1 面打开时,滑块18完成侧抽芯。 K_2 面打开后,塑件顶出前,油缸60驱动弯管型芯25完成抽芯。



(a) Mold shape

(b) Installation of mechanism components

1, 8, 15, 16, 18, 20, 25, 30, 31—Same as Fig.3; 60—Hydraulic cylinder; 64—Fixed clamp plate; 65—Hot runner partition plate; 66—Cavity-retainer plate; 67—Core-retainer plate; 68—Catchment block; 69—Core cushion plate; 70—Spacer parallel; 71—Moving clamp plate; 72—Lower contact rod; 73—Travel switch; 74—Support column; 75—Ejector plate; 76—Ejector retainer plate; 77—Ejector plate return pin; 78, 81—Hydraulic cylinder; 79—Ejector guide pillar; 80—Square guide pillar; 82—Length bolt; K_1, K_2 —Mould opening surface;

P_{art} —Plastic part

图5 模具结构安装

Fig. 5 Mould structure installation

4.3 模具工作原理

结合图4、图5所示,模具的工作原理如下:

(1) 闭模注塑:模具在注塑机安装后,模具闭合,完成注塑过程等待开模。

(2) 定模先抽芯:开模前,图4a中所示的油缸45先动作,驱动圆柱镶件21,22按 F_x 向先抽芯,并同步带动2个限位锁条38分别解除对第二滑块37和第三滑块50的锁闭,而后油缸33,49同步动作,分别

驱动斜抽芯滑块20,23按 F_x 向抽芯。

(3) K_1 面打开:随后,模具动模被注塑机动模板带动按 F_k 向下行,模具 K_1 面打开,塑件从型芯镶件16中脱出,与此同步地,结合图4b所示,斜导柱51,51'驱动滑块18按 F_h 向完成侧抽芯。

(4) K_2 面打开: K_1 面打开完毕,结合图5a中所示,油缸78动作,推动动模板67及其上的弯管抽芯机构、推板75及其上的顶出元件等按 F_k' 向顶出,安装在动模垫板上的集成罩局部镶件30从塑件中抽出。

(5) 弯管抽芯: K_2 面打开完毕,结合图4c所示,油缸60驱动弯管型芯25按 F_y 向旋转完成抽芯。

(6) 顶出:油缸81动作,推动推板75上的圆顶针17,32,方顶针24,24'等将塑件从型芯镶件15上顶出,实现塑件的完全脱模。

(7) 复位:复位过程与开模过程相反。

5 结论

(1) 针对进气歧管的成型要求,选用PA66+33% GF专用料能有效保证塑件在高温环境下的使役要求;塑件模腔充填使用2个针阀式热嘴同步充填,成型参数为模温70℃,熔体温度290℃,注射压力100 MPa,充填时间5.5 s,保压压力50 MPa,保压时间11 s。

(2) 模具结构使用两板式热流道模,为实现弯管型芯的抽芯,模具模架结构进行了局部改造,模具动模一侧增加一次开模打开,所增加的开模动作由油缸驱动,同时推板机构也改进为油缸驱动,实现两次顶出,确保了弯管机构抽芯动作的顺利实现,经此改造,有效避免机械式开模带来的模具结构复杂性,降低了模具制造成本。

(3) 模具中,结合塑件脱模要求,定模一侧布置了3个关联型油缸驱动斜向抽芯机构,且油缸机构设计为水平布置方式,能有效减少模具模板厚度,有利于降低模具成本。弯管抽芯通过油缸驱动滑块再驱动齿条带动扇形齿轮实现塑件4个进气孔内壁弯管段特征的旋转抽芯脱模,较为巧妙地解决了4个进气孔特征弯管内壁脱模机构由于设计空间狭小而难以设计的难题,简化了模具整体结构,具有较好的创新设计特色。

参考文献

[1] 张维合,邓成林.汽车注塑模具设计全图解教程[M].北京:化学工业出版社,2017:134-157.

ZHANG Weihe, DENG Chenglin. Automotive injection mold

- design full graphic tutorial[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2017:134-157.
- [2] 马兆强,王传奇.基于Moldflow的汽车座椅护板模具优化设计[J].模具工业,2022,48(3):55-60.
- MA Zhaoqiang, WANG Chuanqi. Optimization design of mould for automobile seat guard based on Moldflow[J]. Die & Mould Industry, 2022, 48(3):55-60.
- [3] 吴俊超.基于Moldflow的汽车仪表板大型塑件注塑模工艺优化[J].中国塑料,2021,35(12):121-128.
- WU Junchao. Process optimization of injection mold for large plastic parts of automobile dashboard based on Moldflow[J]. China Plastics, 2021, 35(12):121-128.
- [4] 雷芳,黄克勤,刘路兴.具有多种脱模结构的汽车灯罩精密模具设计[J].工程塑料应用,2021,49(5):97-102.
- LEI Fang, HUANG Kebin, LIU Luxing. Precision mold design of automobile lampshade with various demoulding structures[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(5):97-102.
- [5] MAO Huiwen, WANG Youmin, YANG Deyu. Study of injection molding process simulation and mold design of automotive back door panel[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2022, 36(5):2 331-2 344.
- [6] LUO Wenbin, TANG Lingfeng, GUO Fucheng. Mold design and forming process parameters optimization for passenger vehicle front wing plate[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2022, 36(1):187-196.
- [7] CHEN Feng. Method research and practice for numerical simulation analysis of temperature field of hot runner of injection mould[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 1923(190-191): 106-110.
- [8] LI Zhi, ZHOU Xionghui, LIU Weiliu, et al. A similarity-based reuse system for injection mold design in automotive interior industry[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, 87(5-8):1 783-1 795.
- [9] 朱光力,王金保.塑料模具设计[M].北京:清华大学出版社,2013: 45-62.
- ZHU Guangli, WAN Jinbao. Plastic mold design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2013:45-62.
- [10] 杨占尧.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:航空工业出版社, 2012:85-109.
- YANG Zhanyao. Plastic molding process and mold design[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2012:85-109.
- [11] 屈华昌.塑料成型工艺与模具设计[M].北京:高等教育出版社, 2001:231-233.
- QU Huachang. Plastic molding technology and mold design[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001:231-233.
- [12] 张建卿.洗涤机屏蔽盖双滑动三次抽芯注塑模脱模机构设计[J].塑料科技,2016,44(1):87-89.
- ZHANG Jianqing. Demoulding mechanism design for the injection molding of washing machine shield cover with thrice slide-drawing and double T-grooves[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(1):87-89.
- [13] 路英华,肖国华,应欣臻,等.侧边滑块两边内收抽芯脱模机构与注塑模具设计[J].模具技术,2017(1):8-13.
- LU Yinghua, XIAO Guohua, YING Xinzheng, et al. The design of ejection mechanism with both sides of the slider and the injection mould[J]. Die and Mould Technology, 2017(1):8-13.
- [14] 陈黎明,熊建武,沈忠良.内壁六面包围框形塑料件脱模机构及模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(9):87-93.
- CHEN Liming, XIONG Jianwu, SHEN Zhongliang. Design of compound core-pulling mechanism and injection mold for six-bread frame-shaped parts with inner wall[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(9):87-93.
- [15] 吴炳进.声呐面罩壳八滑块六次抽芯复合机构注塑模具设计[J].中国塑料,2019,33(6):117-126.
- WU Bingjin. Design of injection mold for six-time core-pulling composite mechanism of eight sliders of sonar surface shell[J]. China Plastics, 2019, 33(6):117-126.