

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.01.014

汽车中控面板 IMD 成组模具设计*

沈忠良¹, 郑子军¹, 肖国华¹, 黄继军², 尤建国³

(1. 浙江工商职业技术学院模具工程中心, 宁波市模塑制品表面装饰与智能成型技术协同创新中心, 浙江宁波 315012; 2. 宁波诚德兴汽车饰件有限公司, 浙江宁波 315600; 3. 宁波华宝塑胶模具股份有限公司, 浙江宁波 315600)

摘要: 针对某汽车中控面板内饰件制程工艺需要采用模内装饰 (IMD) 工艺中的模内贴膜 (IMF) 技术被覆桃木纹理三维复杂曲面薄膜的生产要求, 设计了成型所需膜预成型模具、预成型膜片冲裁模具、注塑模具 3 副组合模具。膜预成型模具应用热压与真空吸附的办法, 将加热后的膜片紧贴于型芯镶件上而后成型; 结合预成型膜片侧面需要卷边包胶的需要, 设计了侧抽芯滑块 + 气缸组合机构方式的侧面裁切和正面冲切的预成型膜片冲裁成型模具; 注塑模具采用热流道延伸嘴与冷流道潜伏式进浇三板模, 模腔布局一模一腔, 两次开模, 水冷, 顶出采用顶针和顶管联合顶出方式。膜片预成型模具有效地解决了膜片三维成型困难问题, 预成型膜片冲裁成型模具有效地解决了 IMD 工艺中三维曲面包边冲切成型的难题。所设计的组合模具有效地提高了中控面板 IMF 产品的膜成型良品率, 为同类产品的设计和生产提供了有益参考。

关键词: 模内装饰; 模内贴膜; 膜片预成型; 膜片冲裁; 注塑; 模具设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)01-0070-06

Design of IMD Group Mould for Central Control Panel in Automobile

Shen Zhongliang¹, Zheng Zijun¹, Xiao Guohua¹, Huang Jijun², You Jianguo³

(1. Mould Engineering Center of Zhejiang Business and Technology Institute, Ningbo Molded Surface Decoration and Intelligent Molding Technology Collaborative Innovation Center, Ningbo 315012, China; 2. Ningbo Chendexing Automobile Trimming Co., Ltd., Ningbo 315600, China; 3. Ningbo Huabao Plastics and Rubber Mould Co., Ltd., Ningbo 315600, China)

Abstract : According to the production requirements of the car central control panel surface needs to be coated with mahogany texture 3D complex curved membrane by using in-mould film (IMF) technology of in-mould decoration (IMD), three assembling mould including membrane pre-forming mould, pre-forming membrane punching mould and injection mould were designed. Hot press and vacuum adsorption were used in membrane pre-forming mould, then polymer membrane were stuck on the core insert and formed after heating. The punching mould with positive punching and lateral sides cutting was designed in order to meet the need of hemming plastic-coating in pre-forming membrane side. The lateral sides cutting technology was used with combination of side core-pulling slider and cylinder. Three-plate injection mould was designed with hot runner extends mouth and cold runner latent type pouring. Cavity layout was one mould and one cavity, and twice mould-opening, water-cooled and combination ejecting mode of ejector pin and pipe were used. The membrane pre-forming mould can effectively solve the forming difficulty of the 3D shape membrane. The difficulty of 3D curve hemming punching forming in IMD is solved by using pre-forming membrane punching mould. The design of the assembling moulds effectively improve the membrane molding yield of central control panel IMF products, and provide a useful reference for the design and production of similar products.

Keywords : in-mould decoration ; in-mould film ; membrane pre-forming ; membrane punching ; injection ; mould design

模内装饰 (IMD) 技术是一种在注塑模具内放置印刷有修饰纹理或图案薄膜来装饰塑料件外观表面的新技术, 在汽车内饰技术中得到了长足的发展, 当前, 传统的以提高塑料件表面光洁度或者外饰纹理为主的注塑修饰工艺已逐渐被淘汰^[1-3]。IMD 技术可以分为模内贴标 (IML)、模内贴膜 (IMF)、模内转印 (IMR) 等, 常用于汽车内饰件生产的 IMD 工艺

制程基本有两大类: IMF 和 IML。其中 IMF 技术基于其良好的接触耐磨、膜内控制设计、色彩及图文的丰富性等而在汽车内饰件中获得更广泛的生产和应

* 浙江工商职业技术学院校科研基金重点项目 (2016Z01), 教学改革与建设项目 (50010202)

联系人: 沈忠良, 博士, 主要研究方向为塑料模具设计与制造

收稿日期: 2016-10-24

用,其可应用于如空调出风口面板、仪表盘面板、中控面板等汽车内饰塑料件。汽车内饰件采用 IMF/IML 的优点是整张外观面都能得到有效保护,且图案纹理、外观一致性好^[4-7]。IMF 制程基本过程是将丝印好的薄膜经过预成型模具在成型机上成型,再经过冲裁模具裁剪后放置到注塑模具内生产成品件,注塑完成后的薄膜与塑料件紧密结合融为一体,形成表面包覆耐磨保护膜的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)/聚碳酸酯(PC)等高品质塑件^[7],其表面硬度可达到 3H,且光泽度会随触摸次数增加而逐渐提高。由上述可知,一个完整 IMF 制程至少需要 3 副模具,即膜片预成型模具、膜片裁切模具、模内装饰注塑模具^[6]。由于内饰件中结构设计变化多样,形态不一,因而,若要实现产品 IMF 制程的顺利进行,以及保证适当的良品率,其关键在于依据产品具体结构特点而设计配套成型模具。但是,某些产品因形状太过复杂,配套的成型模具技术难度大而只能取消 IMF 工艺的应用^[3,8,9-11]。

当前,针对 IMF 技术的研发大多聚焦于膜片材料技术的研发,而对于难成型产品的配套与 IMF 制程相关的新模具技术国内外鲜有相关报道^[9,12-14]。针对于此,笔者结合某款型汽车中控面板需被覆 PC 膜桃木纹,纹路失真度小,且侧面有较深侧壁的要求,设计了该产品的 IMF 制程成套组合成型模具,以资设计参考。

1 中控面板产品分析

汽车内饰大型塑料件采用 IMF 工艺成型时,其良品率一般比较低,成型难点主要体现在 3 方面:①预成型膜良品率低;②注塑时容易渗胶到膜外,变成反包胶废品;③注射成型时薄膜跑偏。这些问题的产生,主要与成型过程中的模具结构相关。中控面板 IMF 产品如图 1 所示,产品外形尺寸为 501 mm×228 mm×83 mm,中间有 3 处孔洞,分别为 58 mm×189 mm,64 mm×189 mm 和 290 mm×189 mm,第 1 处孔洞处为空调出风口安装孔,第 2 处为视频设备安装孔,第 3 处为开放型车载辅助设备安装口位置。为提高产品外观档次,产品外观采用 IMF 方式成型,产品面部设计有膜片厚度为 0.125 mm 的桃木纹路的聚合物膜片,膜片基材为 PC 塑料,膜片包覆面一直延伸到产品外形及内孔边缘处,边缘底部收边 R 角为 R1,中央 3 个内孔则采用直壁收边;产品外缘直壁深度左端曲面段为 5 mm,有段平直段为 7 mm,面部内孔边缘转角

为 R3,背面侧设计有 18 处 $\varnothing 6$ mm 深度不一的螺丝柱;内侧壁上同时设计有数处壁厚为 1 mm 的加强筋;产品注塑层平均壁厚 3 mm,注塑材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)+PC。

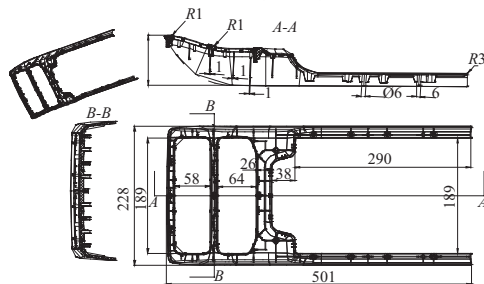
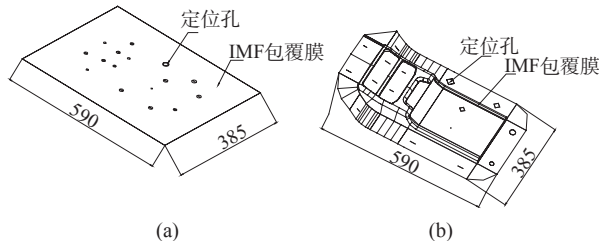


图 1 中控面板 IMF 产品

2 中控面板 IMF 产品制备工艺分析

中控面板 IMF 产品制备工艺过程包括膜预成型、预成型膜片冲裁、模内注塑、包装等 4 个基本过程。

(1) IMF 包覆膜片材预成型。针对中控面板产品的包覆膜片材的预成型采用热压与真空吸附成型方式,工艺流程为:片材选择→图案印刷→贴保护膜→打定位孔→外形冲裁→贴保护膜→热压定型→贴保护膜→中间包装,所需平面膜如图 2a 所示,膜预成型后的形状如图 2b 所示。



a—预成型所需平面膜;b—膜预成型后的形状

图 2 IMF 包覆膜预成型

(2) 预成型膜冲裁。将预成型的图 2b 所示膜片进行边角料的冲裁,以获得注塑用的薄膜镶件,其材料变化如图 3 所示。

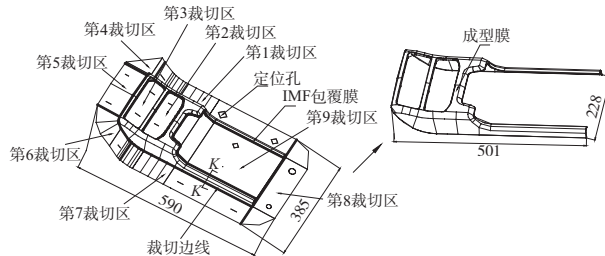


图 3 预成型膜冲裁

(3) 模内注塑。将预成型且冲裁好的膜置于配套注塑模具内,通过注塑机进行注塑,预成型膜片放入注塑模具后膜片与背面注塑塑胶层结合状态如图 4 所示,其工艺流程为:预成型膜片→塑料注塑→良

品质检→贴保护膜→流道废料修剪→检验→贴胶→
质检→贴保护膜→成品包装。

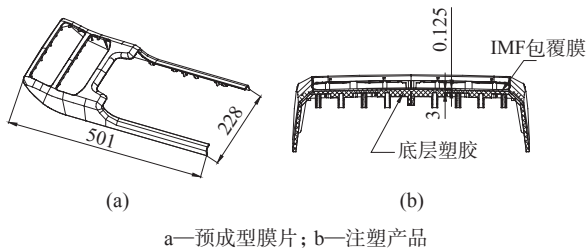


图4 预成型膜注塑

综上所述,结合中控面板产品的成型过程分析可知,为完成 IMF 工艺流程需要的模具有 3 副,包括膜预成型模具、预成型膜片冲裁模具、注塑模具。其中膜预成型模具与膜片冲裁模具的质量将影响最终产品的质量。

3 膜预成型模具设计

3.1 模具结构

中控面板产品膜预成型模具的主要作用是将 PC 膜由平直薄膜变成与产品外表表面一致形状的曲面并覆盖产品表面,其要实现的膜的变形情况如图 2 所示,即将图 2a 中的平面薄膜在计算好其使用面积的情况下,通过在平面膜上开设定位孔,而后将平面膜定位于预成型模具中,将其加工成图 2b 所示的预成型膜片。考虑到产品侧面的高度分别为 5 mm 和 7 mm 不等,已超过 IMF 中膜片的拉伸极限,故考虑使用热压与真空吸附成型方式来预成型膜片。

膜片预成型模具整体结构如图 5 所示。模具基本结构件可分为上模组件、下模组件。下模组件包括型腔进气接头 1、面板 2、型腔板 3、型腔成型辅助压块 4、压边框 5、型腔镶件 15; 型腔镶件 15 为膜片压制成型的上压膜件,其通过螺钉安装于型腔板 3 上,型腔板 3 通过螺钉紧固安装于面板 2 上,型腔进气接头 1 通过管螺纹联接安装于型腔镶件 15 上,型腔成型辅助压块 4 通过螺钉紧固安装于型腔板 3 上,零件间的落空周边采用密封胶圈密封,压边框 5 通过螺钉安装于型腔板 3,其材质为橡胶,保持一定的弹性,当其被压紧时,压缩量为 1~1.5 mm,以保证上下腔的密封性;型腔成型辅助压块 4 为仿形压膜头,其作用是保证膜的侧边形状与第一型芯镶件 14、第二型芯镶件 16、第三型芯镶件 17 贴近。下模腔组件包括型芯套框 6、气道垫板 7、底板 8、型芯进气快速接头 9、型芯气道 10、导柱 11、弹簧扶针 12、弹簧 13、第一型芯镶件 14、第二型芯镶件 16、第三

型芯镶件 17、弹力胶 18; 第一型芯镶件 14、第二型芯镶件 16、第三型芯镶件 17 通过螺钉安装于气道垫板 7,其上部设计有膜片定位销子,零件间螺孔周边设置有密封橡胶圈,3 个镶件的外围套有型芯套框 6,镶件与型芯套框 6 之间间隙为 0.5 mm,间隙与气道垫板 7 上开设的型芯气道 10 连通,型芯进气快速接头 9 通过管螺纹安装于气道垫板 7 上,并与型芯气道 10 连通,气道垫板 7 通过螺钉安装于底板 8 上。弹簧 13、弹力胶 18 用于型芯套框 6 的向上浮动顶出。当上、下模组件闭合时,上模腔和下模腔皆为密闭空腔,并有各自对应的进气快速接头与外接气辅助设备连通。

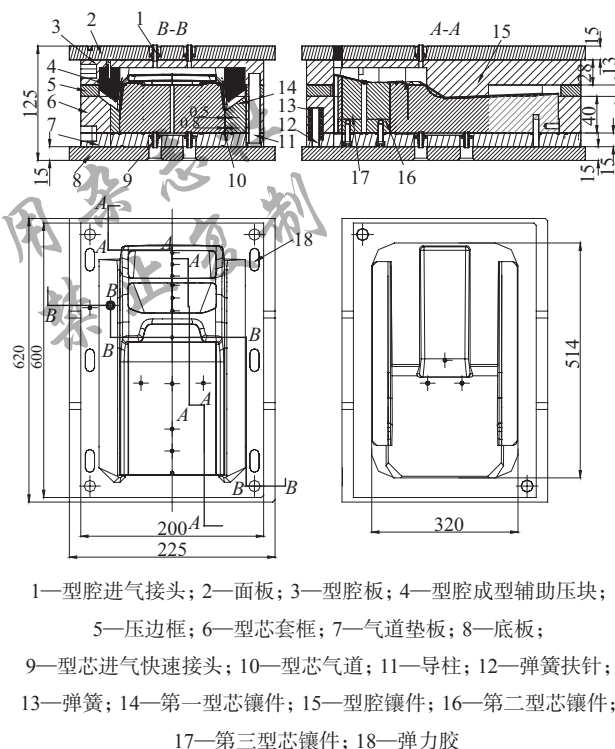


图5 膜预成型模具结构

3.2 工作原理

模具工作时,模具安装于 IMF 热压成型机上,开模状态下,手工将图 2a 所示膜片置于下模上,并由型芯镶件上的定位销子对膜片进行定位,而后,热压成型机加热装置启动,对膜片进行加热,待膜片被加热到一定温度软化后,模具闭合。上模腔型腔镶件 15 将膜片挤压到贴近下模腔型芯镶件表面上,上、下模腔组件贴紧后,上、下模腔各自形成密封空腔,此时,气辅装置启动,通过型腔进气接头 1 向上模腔内注入压缩空气,同时,通过型芯进气快速接头 9 将型芯空腔内的气体抽走,形成真空空间,这样,软化膜片能快速贴近各型芯镶件,形成图 2 所示预

成型膜片。待预成型膜片硬化后,上、下模腔打开,弹簧 13、弹力胶 18 推动型芯套框 6 向上浮动顶出,从而将膜片从各型芯镶件上顶出。

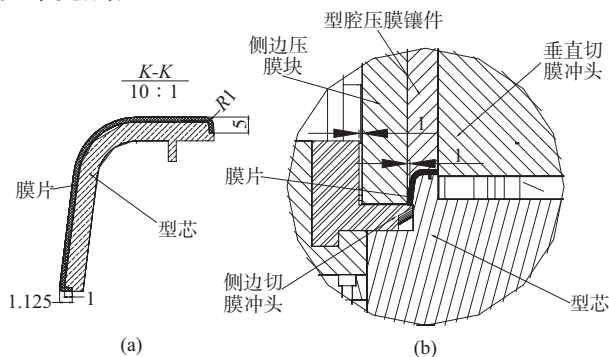
4 膜片冲裁成型模具设计

4.1 模具结构

膜片预成型后,需要依据最终产品的形状对其进行裁边处理,膜裁边的最终形状如图 3 所示,依据实际所需膜片的形状与特点,裁切模具设计时,需要对预成型膜片的裁切区域进行分区处理,故将图 3a 所示的预成型好的膜片分成 9 个裁切区域,分别采用不同的滑块裁切冲头进行裁切。

从冲裁区域的分布特点来看,预成型膜片的冲裁需采用两种方案——垂直冲切式和侧边裁切式。第 1、第 4 至第 8 边缘区域采用侧边裁切式,第 2、第 3、第 9 区域采用垂直裁切式,且为冲孔式冲切。侧边冲切需要考虑的一个问题是图 3a 所示的裁切边缘翻转包边问题,其剖面 $K-K$ 详图如图 6a 所示。侧边冲裁时,需要在底部包边 1 mm,垂直裁切位置则需要 5 mm,因而需要对冲裁模具的型芯做如图 6a 所示的结构形状设计。对应地,垂直冲切和侧边裁切组合后的剖面结构如图 6b 所示,膜片的固定需

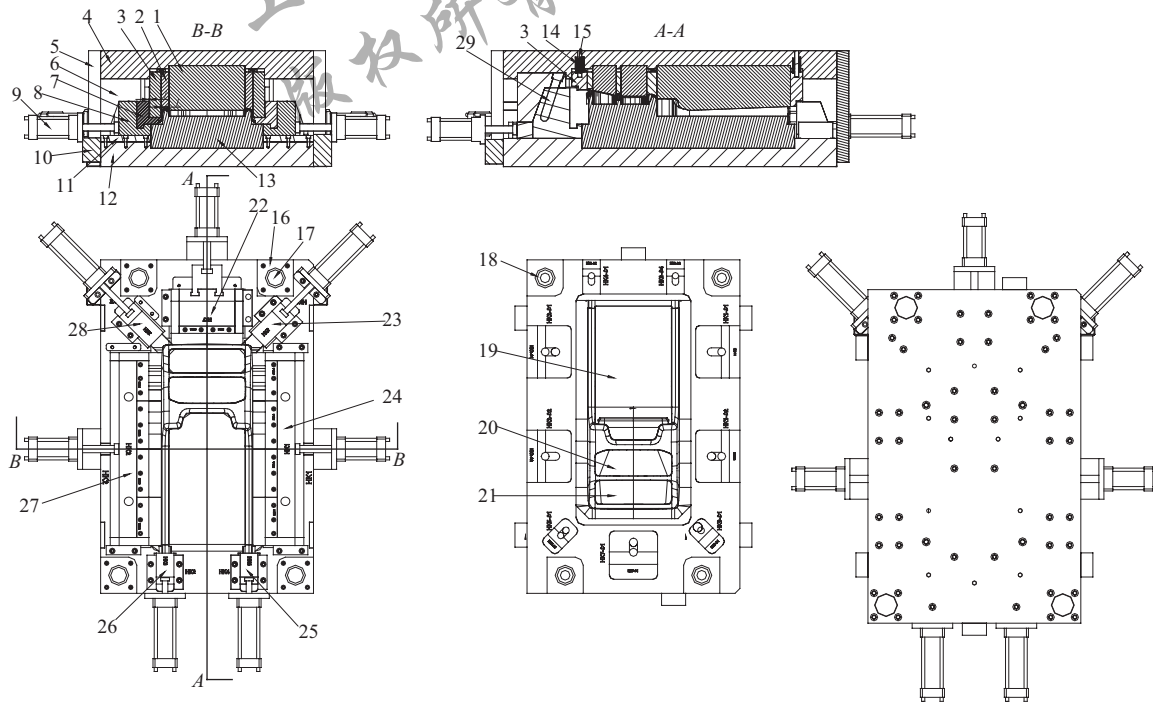
要型腔压膜镶件和侧边压膜块压紧固定,第 2、第 3、第 9 区域的成型冲裁依靠垂直切膜冲头来完成,第 1、第 4 至第 8 边缘区域的成型冲裁依靠侧边切膜冲头来完成。



a—细节图; b—结构图

图 6 冲裁结构设计

依据前述分析,最终冲裁模具结构设计如图 7 所示,模具结构包括上模组件、下模组件、侧边冲切组件。侧边冲切组件共包括 7 个滑块组件,分别为第 1 区侧切滑块 24、第 2 区冲切模头 20、第 3 区冲切模头 21、第 4 区侧切滑块 23、第 5 区侧切滑块 22、第 6 区侧切滑块 28、第 7 区侧切滑块 27、第 8 区右边侧切滑块 25、第 9 区冲切模头 19、第 8 区左边



1—垂直冲切头; 2—型腔压膜镶件; 3—侧边压膜块; 4—面板; 5—侧边定位插块; 6—滑块压紧块; 7—侧边冲切头; 8—滑块体; 9—气缸; 10—气缸支撑块; 11—滑块耐磨块; 12—底模板; 13—型芯; 14—压膜块弹簧; 15—弹簧销子; 16—导柱压块; 17—导柱; 18—导套; 19—第 9 区冲切模头; 20—第 2 区冲切模头; 21—第 3 区冲切模头; 22—第 5 区侧切滑块; 23—第 4 区侧切滑块; 24—第 1 区侧切滑块; 25—第 8 区右边侧切滑块; 26—第 8 区左边侧切滑块; 27—第 7 区侧切滑块; 28—第 6 区侧切滑块; 29—滑块斜导柱

图 7 冲裁模具结构

侧切滑块 26。7 个滑块组件的结构相似,以第 7 区侧切滑块 27 为例,其结构组成包括滑块压紧块 6、侧边冲切头 7、滑块体 8、气缸 9、气缸支撑块 10、滑块耐磨块 11、滑块斜导柱 29。上模组件包括垂直冲切头 1、型腔压膜镶件 2、侧边压膜块 3、面板 4、侧边定位插块 5、导套 18、7 个滑块组件的滑块压紧块 6、滑块斜导柱 29;下模组件包括滑块耐磨块 11、底模板 12、型芯 13。

4.2 工作原理

模具的基本工作原理为:模具上模组件在冲压机的带动下,上、下模组件打开,手工将预成型膜片放入冲切模具的型芯 13 上,并依靠膜片上的定位孔与型芯上的定位销配合定位;模具闭合时,以第 7 区滑块组件为例,膜片处在型腔压膜镶件 2、侧边压膜块 3 的推压下,侧边冲切头 7 安装于滑块体 8 上,在滑块斜导柱 29 的驱动下,滑块体 8 带着侧边冲切头 7 向膜片侧边靠拢,由于滑块斜导柱 29 与滑块体上的斜导柱孔留有 1 mm 间隙,故完全合模时,滑块体 8 运动到一定位置后,将不能被滑块斜导柱 29 驱动,处于停留状态;此时,膜片侧边被侧边压膜块 3 压紧,正面已被第 9 区冲切模头 19、第 2 区冲切模头 20、第 3 区冲切模头 21 完成冲切,侧边有待进一步的冲切;接着,模具气辅装置启动,气缸 9 推动滑块体 8 向内进行冲切,距离为 1 mm,完成侧边包边及冲切,冲切完成,模具打开,手工将冲切好的成型膜片取出,而后等待下一工作循环。

5 注塑模具设计

最终成型的中控面板产品模具结构如图 8 所示。模具为普通三板模结构,采用一模一腔,两次开模的形式,浇注系统采用热流道延伸嘴与冷流道潜伏式进浇方式,热流道嘴共 4 点,分别如图 8 的 G1~G4 所示;模具冷却采用水冷,管道直径为 8 mm;顶出采用顶针和顶管联合顶出方式。

模具工作原理为:注塑时,模具打开,手工或者机械手将裁切好的膜片放入模具型腔镶件 10 中,模具闭合,注塑机注塑完毕;模具打开时,先从 PL1 分型面处打开,热流道嘴与冷流道分离,模具继续打开,而后在 PL2 分型面处打开,产品留于动模型芯镶件 11 上,动模部分继续后退,在某一位置注塑机顶杆顶住推板 17,从而推动顶管及顶针将产品从型芯镶件 11 上顶出,实现产品的完全脱模;复位时,PL2 分型面先闭合,而后是 PL1 分型面闭合,模具完全闭合,等待下一个注塑循环。

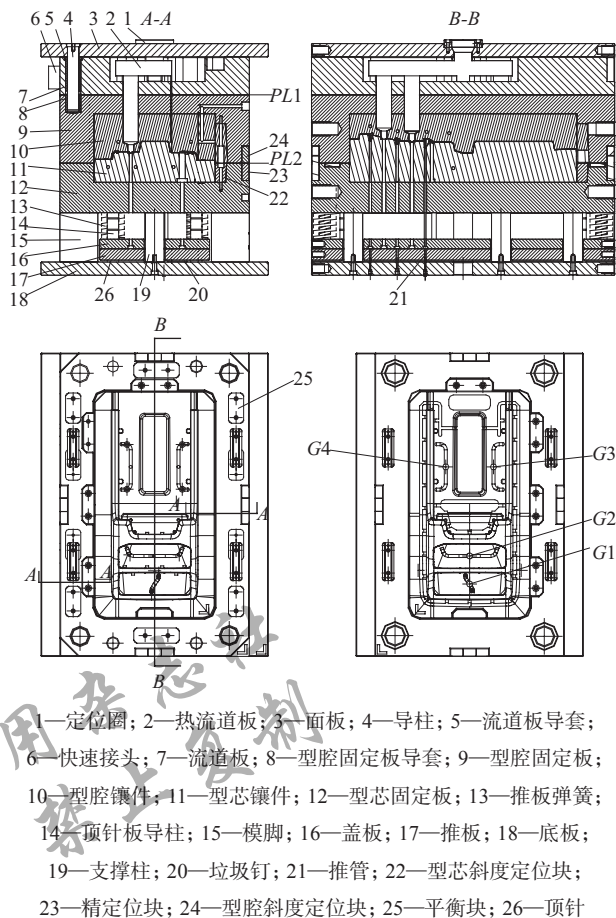


图 8 注塑模具结构

6 结语

针对某汽车中控面板内饰件制程工艺需要采用 IMF 制程被覆桃木纹理三维复杂曲面膜的生产要求,设计了其 IMF 制程工艺需要的全套组合模具,包括膜预成型模具、预成型膜片冲裁模具、注塑模具。膜预成型模具应用热压与真空吸附的办法,将加热后的膜片紧贴于成型型芯镶件上而后成型;结合预成型膜片侧面需要卷边包胶的需要,采用侧抽芯滑块与气缸组合机构方式,设计了侧面包边裁切和正面冲头冲切的预成型膜片冲裁成型模具;最终的注塑模具采用热流道延伸嘴与冷流道潜伏式进浇方式的热流道模具结构,模架选用普通三板模结构,模腔布局一模一腔,两次开模,4 点热流道嘴,冷却采用水冷,顶出采用顶针和顶管联合顶出方式。膜片预成型模具结构通过上模腔加压,下模腔抽真空的办法,软化膜片能准确地贴合型芯成型,有效地解决了膜片三维成型困难问题。预成型膜片冲裁成型模具侧边冲切滑块机构组件则有效地解决了 IMD 工艺中三维曲面边包边并冲切成型的难题。所设计的组合模具所成型的膜片无卷角、拉裂、破损

等成型质量问题,有效地提高了中控面板 IMF 产品的膜成型良品率,为同类产品的设计和生提供了有益参考。

参考文献

- [1] Martinez A, Castany J, Mercado D. Characterization of viscous response of a polymer during fabric IMD injection process by means a spiral mold[J]. Measurement, 2011, 44(10):1 806-1 818.
- [2] 李志刚,贾慧芳,李刚,等. 鼠标外壳模外装饰贴膜技术工艺参数分析 [J]. 工程塑料应用, 2013, 41(8):52-55.
Li Zhigang, Jia Huifang, Li Gang, et al. Analysis of process parameters in mouse shell film pasting based on outside mold decoration[J]. Engineering Plastic Application, 2013, 41(8):52-55.
- [3] 李彦甲. IMD 薄膜热成型性能试验研究 [D]. 杭州:浙江工业大学, 2015.
Li Yanjia. Experimental study on thermoformability of IMD film [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2015.
- [4] 鞠开阳. 温度对 IMD 膜 PET 材料液压成形影响的研究 [D]. 杭州:浙江工业大学, 2015.
Ju Kaiyang. Study on the effects of temperature on the hydraulic forming of IMD film PET material[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2015.
- [5] 廖化. IMD 膜片压力胀形与金属合模复合成型研究 [D]. 杭州:浙江工业大学, 2014.
Liao Hua. Study on the forming of pressure bulging composite metal mold of IMD film[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2014.
- [6] 钟世云,王小冬,杨乔治,等. 特殊注塑工艺在汽车工业中的应用及发展 [J]. 中国塑料, 2001, 15(5):9-13.
Zhong Shiyun, Wang Xiaodong, Yang Qiaozhi, et al. Application of special injection molding techniques in automotive industry and their development[J]. China Plastic, 2001, 15(5):9-13.
- [7] 刘色荣,林有希,卢月美,等. 工艺参数对模内覆膜注塑件翘曲变形的影响 [J]. 工程塑料应用, 2015, 43(7):46-51.
- [8] 乐云霞. IMD 膜片上图案变形的评价方法研究 [D]. 杭州:浙江工业大学, 2015.
Le Yunxia. Study on the method of the deformation evaluation of the pattern on the IMD film[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2015.
- [9] 李桂芹. 汽车仪表罩壳 IMF 斜曲面膜热定型成型模具设计 [J]. 塑料工业, 2016, 44(8):44-48.
Li Guiqin. Design of heat setting mold for IMF oblique curved surface mask for automobile instrument hood[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(8):44-48.
- [10] Butt M S, Bai J, Wan X, et al. Mechanical and degradation properties of biodegradable Mg strengthened poly-lactic acid composite through plastic injection molding[J]. Materials Science and Engineering C, 2017, 70:141-147.
- [11] Jamsheed M, Rahman M A, Moyeed M A, et al. Design and analysis of plastic injection mould for CAM BUSH with submarine gate[J]. Materials Today:Proceedings, 2015, 2(4-5):2 083-2 093.
- [12] Min Yongan, Zhou Quan, Luo Yi, et al. Tempering process to improve hardness uniformity of plastic mould steel[J]. Journal of Iron and Steel Research, International, 2012, 19(12):53-58.
- [13] 王鑫,杜林芳. IMD 注射模具设计要点探讨 [J]. 塑料, 2015(3):95-97.
Wang Xin, Du Linfang. Discussion on design points of IMD injection mold[J]. Plastics, 2015(3):95-97.
- [14] 贾玉龙. 汽车内饰 IMD 成型工艺研究 [D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2012.
Jia Yulong. Research on in-mold decoration molding process in automotive interior[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012.
- [9] 姜乐涛,白培康,赵娜,等. 基于 SLS 技术的精铸蜡粉成型件尺寸精度研究 [J]. 铸造, 2015, 64(1):9-12.
Jiang Letao, Bai Peikang, Zhao Na, et al. Study on dimensional accuracy of sintered part of investment casting wax powder based on SLS technology[J]. Foundry, 2015, 64(1):9-12.
- [10] 杨来侠,龚林. 碳酸钙改性聚苯乙烯的初步选择性激光烧结实验 [J]. 工程塑料应用, 2016, 44(3):49-53.
Yang Laixia, Gong Lin. Preliminary selective laser sintering experiment of polystyrene modified by calcium carbonate[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(3):49-53.
- [11] 金宗哲,岳雪梅. 拉伸强度与弯曲强度的关系及弯曲强度尺寸效应 [J]. 现代技术陶瓷, 1997(3):29-33.
Jin Zongzhe, Yue Xuemei. Relationship between tensile strength and flexural strength and size effect on flexural strength[J]. Advanced Ceramics, 1997(3):29-33.

(上接第 64 页)

- [6] 杨来侠,龚林. 选择性激光烧结聚苯乙烯 / 玻璃纤维制件成型精度研究 [J]. 塑料科技, 2016, 44(7):38-41.
Yang Laixia, Gong Lin. Study on precision of PS / GF parts molded by SLS[J]. Plastics science and technology, 2016, 44(7):38-41.
- [7] 徐林,史玉升,闫春泽,等. 选择性激光烧结铝 / 尼龙复合粉末材料 [J]. 复合材料学报, 2008, 25(3):25-30.
Xu Lin, Shi Yusheng, Yan Chunze, et al. Selective laser sintering of aluminum / nylon 12 composite powder[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2008, 25(3):25-30.
- [8] 杨学莉,于磊,刘文广,等. 偶联剂对 PBS / 碳酸钙晶须复合材料力学性能与热稳定性的影响 [J]. 中国塑料, 2015, 29(6):28-33.
Yang Xueli, Yu Lei, Liu Wenguang, et al. Effect of coupling agent on mechanical properties and thermal stability of PBS / calcium carbonate whisker composites[J]. China Plastics, 2015, 29(6):28-33.