

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.03.017

内置钢管式塑料托盘注塑模具设计及承重仿真分析

叶星辉, 梁正华, 赖尚涛

(浙江凯华模具有限公司, 浙江台州 318020)

摘要: 针对内置钢管式塑料托盘, 详细介绍了模具主要结构设计, 包括浇注系统、成型零部件、侧向抽芯、顶出系统、冷却系统以及排气系统的设计, 并绘制了模具结构总装图, 阐述了模具工作原理。由于模具结构复杂为四面滑块抽芯结构, 故对于天侧倒扣区域采用“大滑块+液压油缸”的单侧抽芯机构, 操作侧、非操作侧倒扣区域采用“大滑块+液压油缸”的两侧抽芯机构, 地侧倒扣区域采用“斜导柱+大滑块”的抽芯结构, 内侧倒扣区域则是采用一种新型交叉辅助杆斜顶抽芯结构, 从而解决托盘脱模困难问题。此外, 利用有限元分析软件 Abaqus 模拟托盘在静载荷、动载荷(叉车搬运)状态下的受力情况。由分析结果可知, 托盘在两种状态下最大应力均未超过材料的屈服强度, 说明托盘强度能够满足使用要求。最终进行实际生产, 结果表明, 设计的模具结构合理, 安全可靠, 成型后的托盘质量好, 能够为同类托盘的设计提供参考依据。

关键词: 内置钢管式; 塑料托盘; 注塑模具; 模具设计; 承重分析

中图分类号: TPQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)03-0103-09

Design and load-bearing simulation analysis of injection mould for built-in steel pipe plastic tray

YE Xinghui, LIANG Zhenghua, LAI Shangtao

(Zhejiang Kaihua Mould Co., Ltd., Taizhou 318020, China)

Abstract : The design of the main structure of the mold for the built-in steel pipe plastic tray, including the pouring system, forming components, lateral core pulling, ejection system, cooling system, and exhaust system were focused. The overall assembly diagram of the mold was drawn, and the working principle of the mold was explained. Due to the complex structure of the mold, it was a four sided slider core pulling structure. Therefore, for the inverted buckle area on the sky side, a single-sided core pulling mechanism of "large slider+hydraulic cylinder" was used. For the inverted buckle area on the operating and non operating sides, a core pulling mechanism of "large slider+hydraulic cylinder" was used on both sides. For the inverted buckle area on the ground side, a core pulling structure of "oblique guide column+large slider" was used. For the inner inverted buckle area, a new cross auxiliary rod oblique top core pulling structure was used to solve the problem of tray demolding. In addition, the stress situation of the pallet under static and dynamic loads (forklift handling) were simulated by using the finite element analysis software Abaqus. According to the analysis results, it can be seen that the maximum stress of the tray in both states does not exceed the material yield strength, indicating that the tray strength can meet the requirements for use. Finally, actual production was carried out, and the results show that the designed mould mechanism is reasonable, safe and reliable, and the formed tray has good quality, which can provide reference for the design of similar trays

Keywords : built in steel pipe type ; plastic tray ; injection mould ; mould design ; load bearing analysis

托盘作为一种可便携存放、搬运、装载、配送的水平平台装置, 已广泛应用于生产、运输、仓储和流通等领域, 且被认为是 21 世纪物流产业中两大关键性创新之一^[1]。2022 年, 国务院办公厅印发了《“十

四五”现代物流发展规划》, 精准聚焦现代物流发展的重点方向, 这给托盘行业的发展也带来新机遇。2022 年, 我国托盘年产量约为 3.7 亿片, 托盘市场保有量约为 17 亿片。为了保护环境, 减少树木砍伐,

通信作者: 叶星辉, 硕士, 工程师, 主要从事材料成型加工、数值模拟等方向研究

收稿日期: 2024-01-24

引用格式: 叶星辉, 梁正华, 赖尚涛. 内置钢管式塑料托盘注塑模具设计及承重仿真分析[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(3): 103-111.

YE Xinghui, LIANG Zhenghua, LAI Shangtao. Design and load-bearing simulation analysis of injection mould for built-in steel pipe plastic tray[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(3): 103-111.

使用塑料托盘代替木托盘也已成为未来发展趋势^[2]。

塑料托盘种类繁多,按照结构不同,可分为单面与双面托盘;按照承载力分类,可分为轻载、中载与重载;按照材质分类,又可分为传统塑料托盘与内置钢管式塑料托盘。塑料托盘主要是使用高密度聚乙烯(PE-HD)、聚丙烯(PP)等热塑性塑料注塑成型,与其他材料相比,PE-HD托盘和PP托盘具有良好的耐腐蚀、耐热、高抗冲、使用寿命长、性价比高等优点^[3]。

笔者以内置钢管式塑料托盘为例,详细介绍了模具的主要结构设计,包括浇注系统、成型零部件、侧向抽芯、顶出系统、冷却系统以及排气系统的设计,并绘制了模具总装图,阐述了模具工作原理。然后利用Abaqus软件模拟托盘在静载和动载(叉车搬运)状态下的载重情况,从而为实际生产与应用提供参考依据。

1 塑料托盘结构分析及材料特性

内置钢管式塑料托盘零件如图1所示。塑件材料为HDPE-KS 10100 UE,该材料的收缩率为1.8%,具有良好的耐腐蚀、耐热、高抗冲、使用寿命长、性价比高等优点^[3]。托盘主要由托盘面板和托盘底脚两部分组成。托盘面板是托盘的承载面,由多个纵横方向的加强梁与中心板构成。而托盘脚则是设置在托盘面板的四周,起支撑与固定作用。托盘结构有如下要求:(1)托盘外形最大尺寸为1 300 mm×1 100 mm×150 mm,塑件壁厚分布不均,主体壁厚为3 mm,筋位壁厚小端为4 mm,大端为5 mm,而托盘脚位置有受力要求,最大壁厚则为6 mm。产品无皮纹区域,筋位最小脱模斜度为1°。(2)塑件外形复杂,天侧、地侧、操作侧、非操作侧区域四周均存在多个钢管孔位、筋位、内凹等倒扣,内侧区域产品内部托盘脚位置也存在4处倒扣,模具脱模时结构较复杂。(3)塑件深腔、深筋等结构较多,容易产生筋位困气、短射等问题,模具设计时应充分考虑到排气结构的设计^[4]。(4)产品孔位较多,浇口设计时需要考虑填充平衡,避免涨模、飞边等问题。(5)塑件为功能件,允许有轻微的浇口痕迹、熔接线等问题。产品变形要求最大变形量在±5 mm以内,产品堆叠时无明显晃动。强度要求在货物静止放置时,能承受4 000 kg的最大载荷;叉车搬运状态时,能承受最大2 000 kg的动载荷。

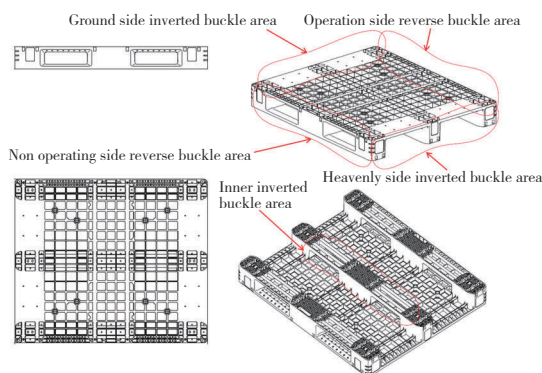


图1 内置钢管式塑料托盘模型

Fig. 1 Steel pipe plastic tray model

2 内置钢管式塑料托盘浇注系统设计

塑料托盘属于功能件,对外观没有严格的要求,可以允许缩印、熔接线、浇口痕迹的存在,但是作为承重的载体,它对产品的变形、力学性能等有很高的要求。如果产品注塑成型后发生明显的变形,就会影响堆叠、导致晃动,影响使用安全;力学性能不好,会在使用过程中出现开裂。塑料托盘壁厚不均,结构复杂,实际生产中经常会出现填充不平衡、飞边、短射、变形等问题^[5]。针对此类托盘塑件,笔者设计了“20点开放式热流道+大水口直浇注”的浇注方式^[6]。热流道直径为16 mm,热浇口直径为5 mm。同时对于浇口冷料段,做了加长设计处理,冷料段高30 mm,能够有效地避免热流道加热线圈离产品面太近,影响浇口的冷却,从而导致浇口位置的缩空问题。模具浇注系统设计如图2所示。

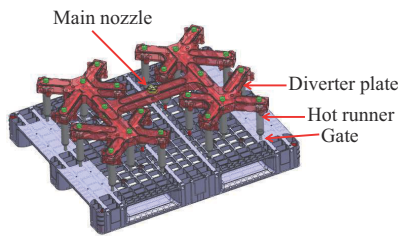


图2 模具浇注系统设计

Fig. 2 Design of mould pouring system

3 内置钢管式塑料托盘模具结构设计

3.1 成型零件设计

托盘动定模侧有很多的深筋、深腔结构,在注塑过程中易发生磨损,导致飞边,故托盘动定模均采用镶块式结构。采用镶块式结构既方便机械加工、热处理,同时又可以节约材料成本,后期镶块更换更容易,便于维修^[7]。图3为定模采用的镶块式设计,模具型芯尺寸为1 680 mm×1 480 mm×235 mm。

模框采用S50C钢材,硬度28~32HRC。模仁采用性能更好的718H模具钢,相比S50C,它具有更高的表面硬度(30~34HRC),更好的耐磨损性能。定模模仁共设计了32块成型零件镶块,通过内六角圆柱头螺钉与模框固定。

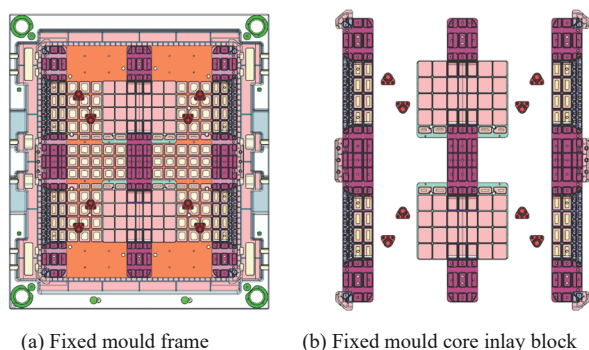


图3 定模成型零件的设计

Fig. 3 Design of fixed mould forming parts

图4为动模成型零件的设计。模框采用S50C钢材,模仁采用718H模具钢。托盘四周有4个大滑块抽芯机构,主要用于成型塑件内插钢管插孔。滑块抽芯每次注塑过程中都要受到模具模腔很大的注塑压力,同时每次往复运动过程中都要与产品、模具镶块表面等不断接触摩擦,因此需有很高的强度及耐磨性。滑块抽芯部分采用Cr12模具钢,硬度58~62HRC。它具有很高的强度、耐磨性能,能提高抽芯机构的使用寿命。动模模仁共设计39块成型零件镶块,通过内六角圆柱头螺钉与型芯模框固定。分型面通过滑块顶面延伸,分型面光滑平顺,易加工^[8]。滑块顶面作为封胶面,封胶距离为72 mm,滑块侧边锁模面与模具型腔配合,封胶效果好。

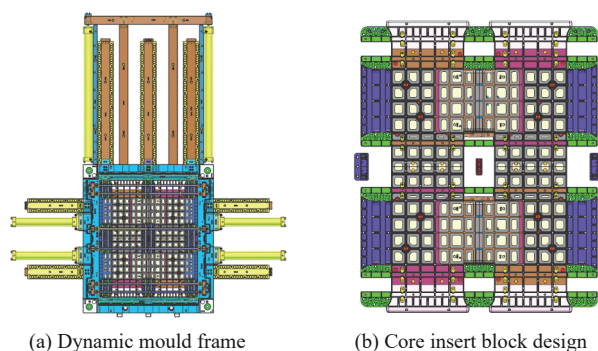


图4 动模成型零件的设计

Fig. 4 Design of dynamic mould forming parts

3.2 侧抽芯机构设计

由于托盘侧壁外表面存在凹凸形状,塑件不能

直接从模具中脱出,该模具针对产品天侧、地侧、操作侧、非操作侧、内侧5个倒扣区域分别设计了侧向分型抽芯机构。此机构可以把垂直于分型面的开模方向运动转变为侧向运动,使塑料件的侧向凹凸结构中的模具成型零件在推出之前脱离制品,让制品顺利脱模。此托盘与常规无钢管式托盘相比,其设计难点在于侧边有18根长抽芯机构,最大的抽芯行程为1 330 mm。由于抽芯结构细长,容易在注塑过程中发生偏移、弯曲变形等问题,所以需要在抽芯位置上局部做碰穿处理,以便增加抽芯的定位支撑。

3.2.1 天侧倒扣区域侧抽芯机构

图5为天侧倒扣区域侧向抽芯机构的设计。由图5a可知,在天侧区域中,托盘侧边存在6处钢管孔位,2处筋位倒扣和1处内凹倒扣。钢管长度为1 330 mm,若两侧设计对抽结构,可以缩短一半行程,减少抽芯磨损,使用也更加稳定。但是此区域为模具天侧,而模具地侧没有足够的空间进行抽芯运动,因此只能设计单侧“大滑块+液压油缸”侧抽芯机构,抽芯最大行程为1 330 mm,滑块底部与侧边锁模面设计耐磨片,耐磨片通过螺丝与滑块座固定。耐磨片可以减少滑块与其配合面的接触摩擦,提高滑块的使用寿命。限位块通过螺丝固定在滑轨垫块上,它限制整个滑块抽芯的行程^[9]。侧边抽芯通过固定块与螺丝固定及滑块座相连,在液压油缸驱动下,带动大滑块,沿着滑轨向外运动,直到钢管位置倒扣全部脱出。

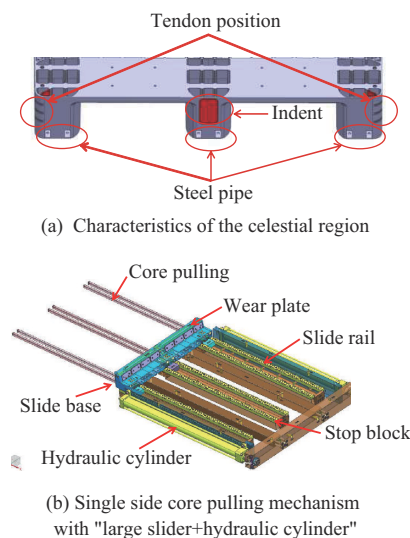


图5 天侧倒扣区域侧向抽芯机构的设计

Fig. 5 Design of lateral core pulling mechanism in the inverted buckle area of the sky side

3.2.2 操作侧、非操作侧倒扣区域侧抽芯机构

操作侧、非操作侧倒扣区域侧向抽芯结构的设计如图6所示。由图6a可知,产品操作侧区域存在6处钢管孔位,2处托盘脚倒扣,2处筋位倒扣和2处内凹倒扣,同时非操作侧区域与操作侧区域对称,所以特征与操作侧区域完全相同。故在模具上对操作侧与非操作侧进行“大滑块+液压油缸”侧抽芯机构的设计。与单侧抽芯相比,钢管位置两侧抽芯的优点在于最大抽芯行程缩短到570 mm,抽芯强度更好。同时减少了抽芯抽动过程中的摩擦,使用寿命也更长。

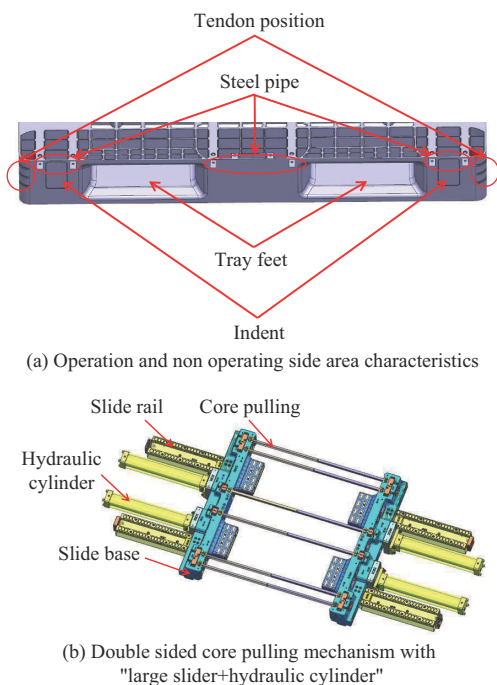


图6 操作侧、非操作侧倒扣区域侧向抽芯机构设计

Fig. 6 Design of lateral core pulling mechanism in the reverse buckle area on the operating and non operating sides

3.2.3 地侧倒扣区域侧抽芯机构

地侧区域侧抽芯机构如图7所示。由图7a可知,地侧区域存在2处筋位倒扣,1处内凹倒扣特征,故采用“斜导柱+大滑块”抽芯方式。限位块固定在型芯侧,它的限位行程是10 mm。当模具开模过程中,在斜导柱驱动下,滑块同步往外滑动,在限位块限制下,大滑块沿着滑轨最大滑动10 mm便不再往外运动,侧边倒扣脱出。

3.2.4 内侧倒扣区域侧抽芯机构

产品内侧区域表面有4处倒扣,顶出角度为18°。如果采用常规斜顶机构,顶出角度太大,斜顶不稳定,容易顶出时产生晃动、卡死等问题,因此设

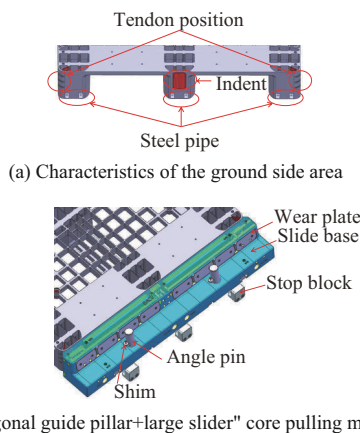


图7 地侧倒扣区域侧抽芯机构设计

Fig.7 Design of side core pulling mechanism for ground side inverted buckle area

计了一种新型的交叉辅助杆斜顶抽芯结构,该结构设计图如图8所示。该结构主要由1个斜顶组件,1根辅助杆与1个滑座组成^[10]。滑座安装在面针板上,斜顶杆导滑块在滑座上滑动,辅助杆两端分别与动模板、动模座板固定,辅助杆穿过滑座,斜顶杆与辅助杆角度相同。顶出时,顶棍驱动底针板,底针板带动滑座及导滑块沿辅助杆一起往上运动,斜顶杆和斜顶受到滑座导轨的作用而斜向上侧向运动进行脱模^[11]。

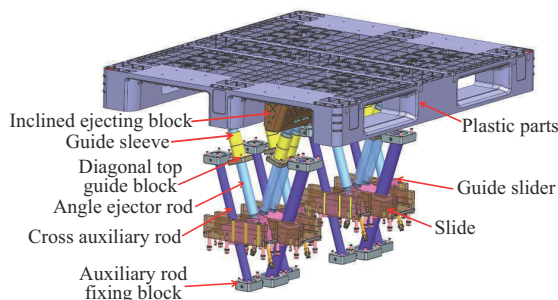


图8 内侧倒扣区域侧抽芯结构设计

Fig. 8 Design of side core pulling structure in the inner inverted buckle area

3.3 顶出与复位系统设计

在注塑成型过程中,制品在模具中冷却成型。由于塑料的体积收缩,会对型芯产生包紧力。特别是在一些深腔、深筋位置,由于顶出机构设计不合理,产品外观面经常会出现顶白、顶鼓包现象^[12]。对于此类托盘产品,型芯有非常多的深筋与深腔结构,而深腔收缩后会对顶块产生很大的包紧力,导致产品牢模。因此,该模具的顶出机构采用“圆顶针+斜顶”的组合进行顶出。顶出机构的设计如图9所示。

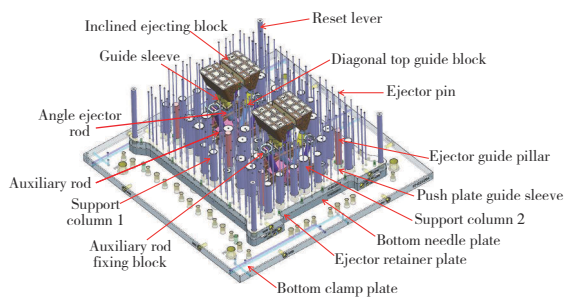


图9 顶出机构的设计

Fig. 9 Design of ejection mechanism

对于产品内部4处倒扣位置,采用斜顶顶出方式,斜顶设计不但可以用作侧向抽芯,而且可以对产品起顶出作用。同时对于十字深筋结构,模具一共设计了204根直径10 mm的圆形顶针,顶在产品十字筋位位置。当产品顶出时,通过注塑机上的顶棍顶出力作用在底针板上,带动顶出部件顶出。顶出复位时,顶棍带动底针板沿着复位杆与导柱复位。

3.4 冷却系统设计

在注塑成型过程中,注塑时间约占成型周期的5%,保压时间约占10%,脱模时间约占15%,而冷却时间约占70%。良好的冷却系统设计,不但能够缩短产品的制造周期、提高生产效率、降低生产成本,同时可以让模具型腔与型芯侧温度分布均匀,减少前后模的温差,降低由于冷却不均导致的产品变形问题。对于此托盘,型腔侧采用20组“直通式+隔片式+集水块”冷却水回路设计。直通式水路管道直径为11.5 mm。而对于9个托盘脚上深腔、深筋位置,直通式水路由于离深腔底部太远,无法起到很好的冷却效果,所以增加了隔片式水路组合冷却,隔片式水路直径为24 mm;型芯侧则是采用了22组“直通式+隔片式+集水块”冷却水回路设计,直通式水路管道直径为11.5 mm,隔片式水路直径为24 mm。由于四周大滑块上有18根长抽芯结构,空间狭小,隔片式与直通式水路均无法进入,因此在抽芯机构上设计了喷流式冷却水路。整个滑块结构共采用28组“直通式+喷流式”冷却水回路设计,直通式水路管道直径为11.5 mm,喷流式水路管道直径为6 mm。对于型芯侧4个大斜顶,采用4组直通式水路设计,水路管道直径为9 mm。冷却系统的设计如图10所示。

3.5 排气系统设计

注塑时,进料系统和模具型腔中存在着大量空气,如果模具没有设计合适的排气系统,制品内部

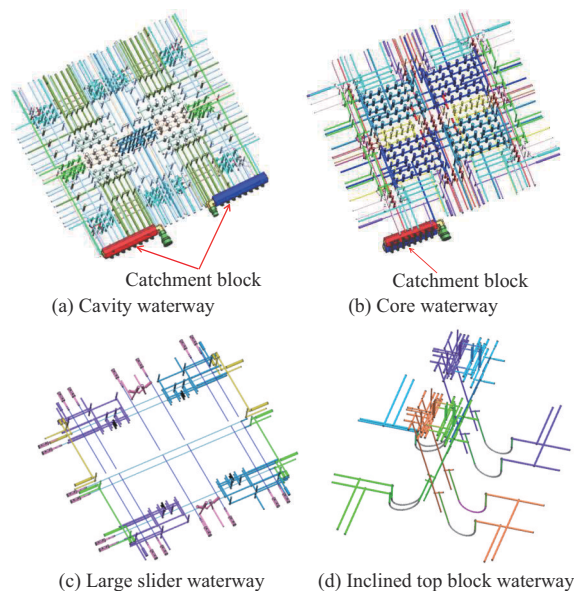


图10 冷却系统的设计

Fig. 10 Design of cooling system

产生很高的内应力,产品表面会产生明显的流动痕、气痕、熔接痕,影响塑件性能。如果注塑时气体被压缩无法排出,模腔产生瞬时高温,会使熔体分解变色,甚至产生碳化、烧焦、短射等缺陷。因此该模具在定模分型面一圈,每间隔30 mm设计了宽5 mm、深0.15 mm的一级排气槽和宽5 mm、深0.45 mm的二级排气槽。型腔与型芯模仁镶块上也均设计了相同的一级和二级排气槽,同时,模仁镶块与镶块之间的间隙也可以使部分气体排出。排气系统的设计如图11所示。

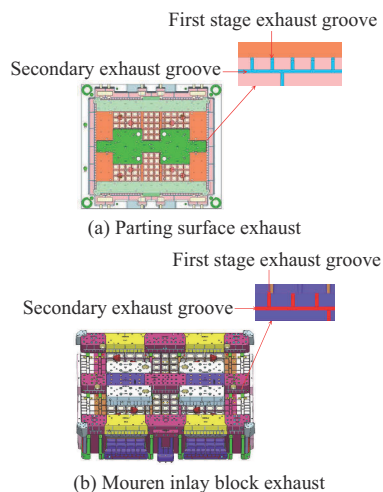


图11 排气系统的设计

Fig. 11 Design of exhaust system

4 模具总装图及工作原理

图12是模具装配图。内置钢管式托盘模具整体尺寸为1 880 mm×1 880 mm×1 188 mm,属于大型

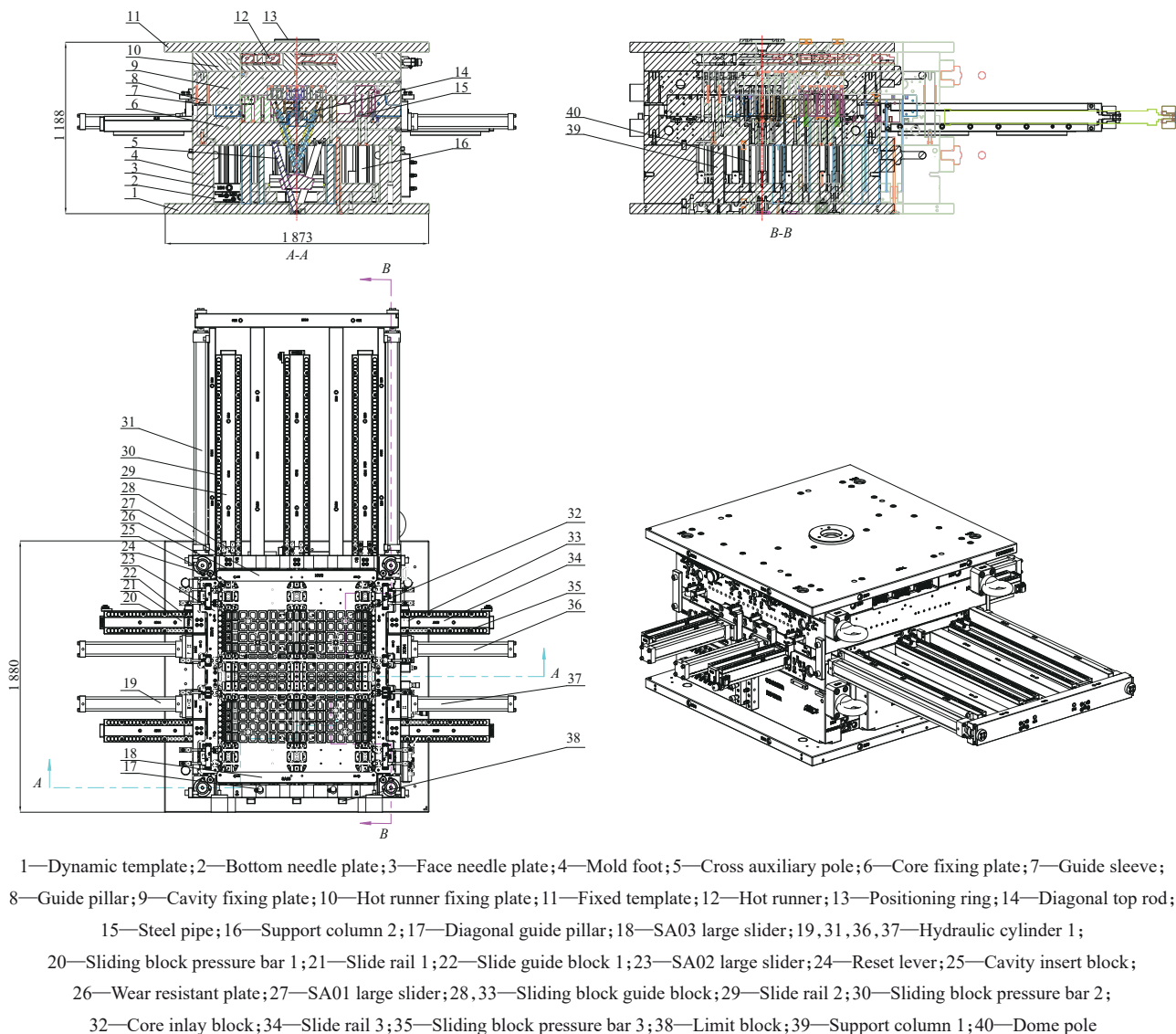


图12 模具装配图

Fig. 12 Mould assembly drawing

物流类塑料件注塑模具。模具设计采用20点开放式热流道大水口浇注系统,热流道需要设计流道平衡,保证热嘴同时出胶,使塑件填充平衡,可以减小注塑压力与锁模力,避免产生飞边。模具的工作原理如下:

(1)首先用行车至上而下将模具起吊至注塑机4根格林柱之间,通过模具定位圈与注塑机喷嘴准确对接。利用码仔将定模座板、动模座板与注塑机固定板牢牢固定,模具装夹完成。然后将模具进出水路与模温机接好,并设定相应的水路温度。塑料固体颗粒在注塑机加热和内部螺杆旋转剪切下塑化成熔体。在螺杆压力下,经过热流道主喷嘴、分流道、竖直流道、浇口注入模具型腔中。由于热流道为开放式热流道,所以不需要电磁阀控制阀针的

开启,浇口始终处于打开的状态。经过5 s的注塑时间和6 s保压时间,熔体顺利充满模腔。随后在模具冷却系统的运转下,产品的热量经过回路管壁传导至冷却水中,通过冷却水的流动,不断将热量带出至模具外部。

(2)待产品温度达到塑料的顶出温度后,在注塑机液压油缸的驱动下,通过动模固定板带动模具动模部分,沿着拉杆从分型面开模。开模过程中,SA03大滑块在斜导柱驱动下,配合限位块,向倒扣方向运动10 mm,完成侧向抽芯动作,侧分型打开,其中一边倒扣完全脱出,塑件停留在动模上。

(3)模具开模完成后,另外三边大滑块SA01/02/04在液压油缸带动下,沿着导轨分别向各自倒扣方向做侧向抽芯,待侧分型全部打开,塑件的4面倒

扣全部脱出。接着在注塑机顶出杆作用下,底针板与面针板沿着导柱运动,带动斜顶杆 LA01/02/03/04 与顶针一边做侧向抽芯一边缓慢顶出产品。

(4)待机械手取件后,顶出板通过复位杆带动斜顶杆 LA01/02/03/04、顶针等先复位,然后滑块抽芯 SA01/02/04 通过液压油缸复位,滑块 SA03 通过斜导柱复位,模具合模。重复上述模具动作,即可进行批量生产。

5 塑料托盘载重分析

5.1 工况分析

根据实际应用场景,托盘应满足如图 13 所示的两种工况^[13]:

(1)静载工况。托盘放在水平且刚性的平面上,货物均匀平铺在托盘上,托盘能承受的最大载荷质量为 4 000 kg。

(2)动载工况。使用叉车等搬运设备时,托盘在动态作业中,托盘上的货物平铺均匀摆放,所能承受的最大载荷质量为 2 000 kg。

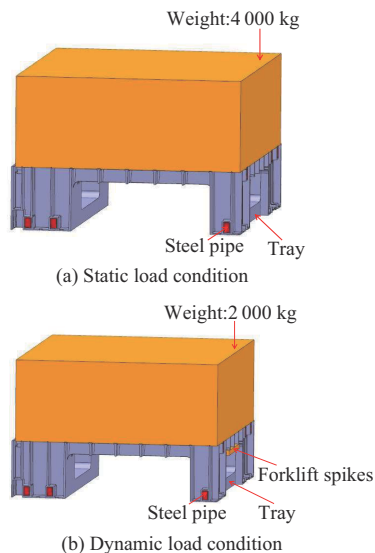


图 13 托盘动静载工况

Fig. 13 Tray dynamic and static load conditions

5.2 网格划分

将托盘、钢管、叉车叉刺和重物模型分别导入到 Hypermesh 中进行网格划分。由于托盘为轴对称模型,为了减少网格数量,缩短计算过程,取托盘模型的 1/4 进行四面体网格划分,网格大小设置为 6 mm,划分后四面体网格数量为 237 994 个,钢管、叉车叉刺和重物模型则采用六面体网格划分,网格大小设置为 30 mm,划分后六面体网格数量分别为

976, 118, 2 772 个^[14]。划分后网格如图 14 所示。

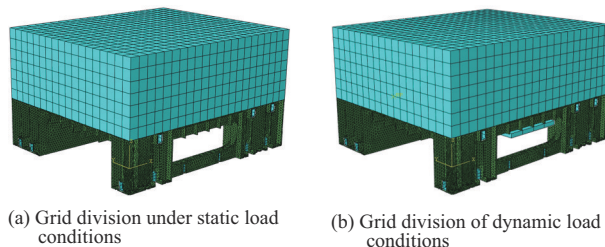


图 14 模型网格划分

Fig. 14 Model grid division

5.3 材料参数设置

在进行静载与动载工况分析前,还需在 Abaqus 材料数据库中定义托盘、钢管所用材料的相关属性。材料基本性能列于表 1。

表 1 推荐工艺参数

Tab. 1 Recommended process parameters

Forming process parameters	Numerical value
Poisson's ratio	0.426
Solid density/(g·cm ⁻³)	0.95
Modulus of elongation/MPa	911
Shear modulus/MPa	319.4
Maximum shear stress/MPa	0.2
Yield strength/MPa	27

5.4 边界条件与载荷设置

在利用 Abaqus 对托盘载重进行有限元分析时,两种工况下的边界条件与载荷设置是非常重要的,设置如图 15 所示。由静载工况可知,重物与托盘之间存在接触挤压,因此需要在托盘顶面与重物底面设置接触分析并定义接触面为有限滑移;钢管装配在托盘中起支撑作用,所以钢管与托盘设为绑定约束;托盘水平放在地面上,托盘底面则设置为完全约束;同时托盘要承受 4 000 kg 的重物,所以还需施加 Z 轴向下的重力。由动载工况可知,除重物与托盘存在接触挤压外,叉车叉刺与托盘也存在着接触挤压,所以叉车叉刺与托盘应设置接触分析并定义接触面为有限滑移,钢管与托盘设为绑定约束;同时托盘在作业过程中要承受 2 000 kg 的重物,因此还需施加 Z 轴向下的重力^[13,15]。

5.5 结果分析

将静载荷工况与动载荷工况分别提交进行分析,得到托盘载重下的应力云图如图 16 所示。由图 16a 静载荷工况下得到的应力结果可知,在静载荷下托盘最大应力为 9.988 MPa,应力最大处为托盘四周支撑区域;由图 16b 动载荷工况下得到的应力结果可知,在动载荷下托盘最大应力为 5.647 MPa,

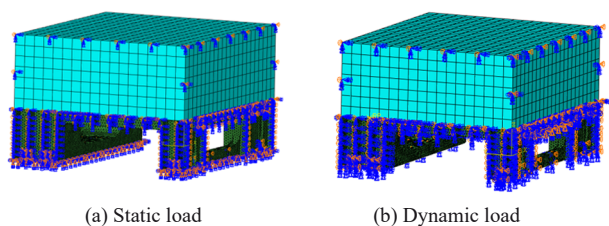
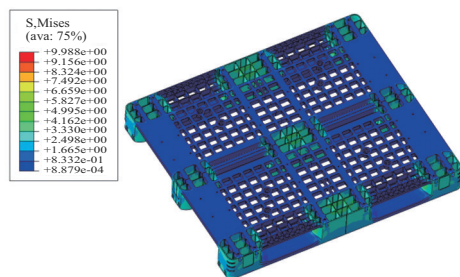
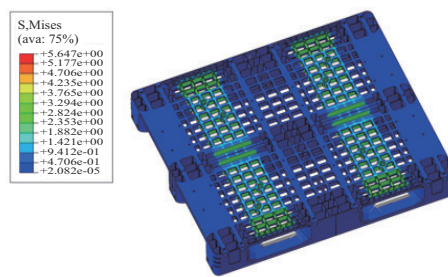


图15 边界条件与载荷设置

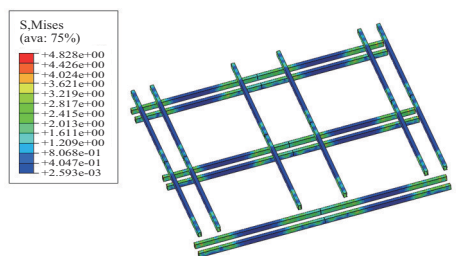
Fig. 15 Boundary conditions and load settings



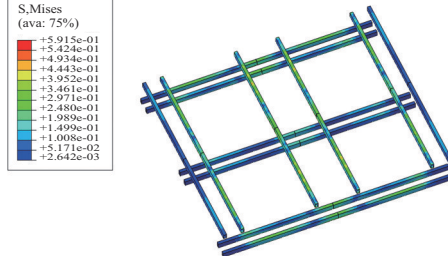
(a) Static load stress cloud map of pallets



(b) Dynamic load stress cloud map of pallets



(c) Static load stress cloud diagram of steel pipes



(d) Dynamic load stress cloud diagram of steel pipes

图16 托盘应力云图

Fig. 16 Tray stress cloud chart

6 实际生产

根据所设计的模具在工厂中进行生产验证。实际试模后,模具结构设计合理,可平稳运行,产品外观质量好、产品设计强度高,能够满足实际使用要求^[17],最终产品如图17所示。

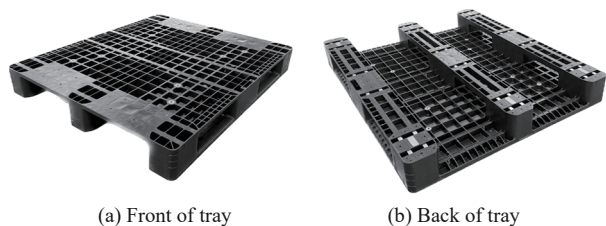


图17 塑料托盘产品

Fig. 17 Plastic tray products

7 结论

(1) 根据内置钢管式塑料托盘的结构与特点,设计了一副“一模一腔”采用“20点开放式热流道转大水口直浇注”的两板模注塑模具。针对托盘在侧向脱模时出现的抽芯困难问题,在托盘四周巧妙地设

应力最大处为叉车叉刺与托盘接触区域。由图16c~图16d所示,钢管在静载荷的受力情况下,最大应力为4.858 MPa,而动载荷受力情况下最大应力仅为0.591 5 MPa。由PE-HD材料参数可知,该材料的屈服强度为27 MPa,静载荷工况与动载荷工况下的最大应力值均远小于材料的屈服强度,因此可以说明托盘结构设计得较为合理,无需再进行优化^[16]。

计了侧向抽芯机构。对于天侧倒扣区域采用“大滑块+液压油缸”的单侧抽芯机构,操作侧、非操作侧倒扣区域采用“大滑块+液压油缸”的两侧抽芯机构,地侧倒扣区域采用“斜导柱+大滑块”的抽芯结构,内侧区域则是采用一种新型交叉辅助杆斜顶抽芯结构,从而解决托盘脱模困难的问题,有效地降低了模具的加工难度和制造成本。

(2) 基于Abaqus软件,模拟托盘在静载荷、动载荷(叉车搬运)状态下的受力情况。由分析结果可知,托盘在两种状态下最大应力均未超过材料的屈服强度,说明托盘强度能够满足使用要求。

(3) 经过实际生产验证可知,设计的注塑托盘结构合理,充填较为平衡,能够一次成型,同时强度也能够满足使用要求。

参考文献

- [1] 王久龙. 塑料平托盘循环共用性能的分析研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2015.

WANG Jiulong. Study on performance of plastic flat pallet for

- through transit of goods[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.
- [2] 赵迟. 可复用塑料托盘的可用性分析[D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.
- ZHAO Chi. Availability analysis of reusable plastic pallets[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2012.
- [3] 金龙. HDPE 结构发泡材料性能分析及其托盘结构设计研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2015.
- JIN Long. A study of performance analysis of HDPE structural foam materials and structural design of plastic pallets[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2015.
- [4] 闫丽静, 张维合, 邓成林. 汽车 A 柱上护板大型复杂内侧抽芯注塑模设计[J]. 中国塑料, 2023, 37(7): 110–114.
- YAN Lijing, ZHANG Weihe, DENG Chenglin. Design of large injection mold with complex inner core pulling for door cladding under A-pillar of car[J]. China Plastics, 2023, 37(7): 110–114.
- [5] 张维合. 汽车仪表盘注射模设计[J]. 模具工业, 2015, 41(9): 42–45.
- ZHANG Weihe. Design of injection mould for automobile instrument panel[J]. Die & Mould Industry, 2015, 41(9): 42–45.
- [6] 张维合, 邓成林, 张艳华, 等. 汽车 C 柱下护板顺序阀热流道倒推注塑模设计[J]. 中国塑料, 2022, 36(12): 127–132.
- ZHANG Weihe, DENG Chenglin, ZHANG Yanhua, et al. Design of fixed demoulding injection mould with sequential valve gating hot runner for door cladding under C-pillar of car[J]. China Plastics, 2022, 36(12): 127–132.
- [7] 张维合, 冯国树, 朱晓敏, 等. 汽车右后门板顺序阀热流道大型薄壁注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2022, 36(1): 166–171.
- ZHANG Weihe, FENG Guoshu, ZHU Xiaomin, et al. Design of large and thin-walled injection mold with SVG for car right-tuer hinten[J]. China Plastics, 2022, 36(1): 166–171.
- [8] 王颖, 秦龙, 冯安平. 汽车主副驾饰板顺序阀热流道注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(6): 99–104.
- WANG Ying, QIN Long, FENG Anping. Design of injection mold on sequence valve hot runner for automobile driver and co driver trim panel[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(6): 99–104.
- [9] 赵利平, 张艳华, 于维斌, 等. 扫地机器人尘盒盖注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2022, 36(11): 133–139.
- ZHAO Liping, ZHANG Yanhua, YU Weibin, et al. Design of injection mold for dust box cover of sweeping robot[J]. China Plastics, 2022, 36(11): 133–139.
- [10] 张维合, 冯婧, 闫丽静, 等. 汽车高位制动灯盖板大型注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2021, 35(1): 98–102.
- ZHANG Weihe, FENG Jing, YAN Lijing, et al. Design of large-scale injection mold for car bremsleuchte cover[J]. China Plastics, 2021, 35(1): 98–102.
- [11] 张留伟, 顾赛君, 洪维, 等. 基于 CAE 技术的带嵌件汽车前段框架大型注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(2): 91–98.
- ZHANG Liuwei, GU Saijun, HONG Wei, et al. Design of large injection mould for automotive front frame with inserts based on CAE technology[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(2): 91–98.
- [12] 傅莹龙, 邵明朝. 儿童安全座椅头枕的双滑块二次抽芯注塑模具设计[J]. 中国塑料, 2020, 34(7): 92–96.
- FU Yinglong, SHAO Mingchao. Injection mold design for child safety seat headrest with double slider secondary core-pulling mechanism[J]. China Plastics, 2020, 34(7): 92–96.
- [13] 洪洋, 叶昊, 朱磊. 基于 ABAQUS 的塑料托盘载重分析及改进[J]. 流体测量与控制, 2022, 3(1): 57–59.
- HONG Yang, YE Hao, ZHU Lei. Load analysis and improvement of plastic pallet based on ABAQUS[J]. Fluid Measurement & Control, 2022, 3(1): 57–59.
- [14] 王铭, 宋海燕, 王立军. 科赫分形结构塑料托盘的力学性能分析[J]. 塑料, 2023, 52(3): 57–61.
- WANG Ming, SONG Haiyan, WANG Lijun. Research on mechanical properties of plastic pallet based on koch fractal structure[J]. Plastics, 2023, 52(3): 57–61.
- [15] 黄兆阁, 王裕成, 尹立, 等. 基于 Moldflow 和 ABAQUS 对回形框的有限元联合仿真[J]. 塑料, 2019, 48(6): 106–109.
- HUANG Zhaohe, WANG Yucheng, YIN Li, et al. Finite element joint simulation of loop box based on moldflow and ABAQUS[J]. Plastics, 2019, 48(6): 106–109.
- [16] 翟林, 韩国泰, 胡海朝, 等. 基于 Moldflow 与 Abaqus 的注射成型及模具结构联合仿真分析[J]. 中国塑料, 2018, 32(2): 128–133.
- ZHAI Lin, HAN Guotai, HU Haichao, et al. Structural analysis of injection moulds based on moldflow and Abaqus softwares[J]. China Plastics, 2018, 32(2): 128–133.
- [17] 林权, 林铮, 陈冲. 应用 Moldflow 及 ABAQUS 进行注塑模结构优化设计[J]. 塑料, 2011, 40(6): 106–110.
- LIN Quan, LIN Zheng, CHEN Chong. Optimization of the injection mold design based on Moldflow and ABAQUS[J]. Plastics, 2011, 40(6): 106–110.