

一体式组芯模具在某框架铸件中的应用分析

陈寅 倪明 陈诗谱

(贵州航天风华精密设备有限公司 贵州 贵阳 550027)

摘要: 本文介绍了一体式组芯模具在某框架铸件上的应用实例。框架类铸件由于其结构的特殊性,在实际生产中采用外模与泥芯组合的模具设计方案,生产过程操作繁琐、效率低、劳动强度大、产品质量一致性低。一体式组芯模具的应用,将外模中的浇注系统与泥芯进行集成化设计,可有效保证铸件质量的一致性,简化操作过程,提高生产效率。

关键词: 框架类铸件; 一体式组芯模具; 应用

0 引言

框架类铸件由于结构特殊,主要由水平板和侧板连接而成(图1)。传统的模具设计方案为芯盒与外模的组合式设计,造型过程耗时长、操作过程繁琐,从而导致生产效率较低,与此同时,外模与泥芯组合过程依靠人工完成,易错位,可能造成铸件质量不稳定。

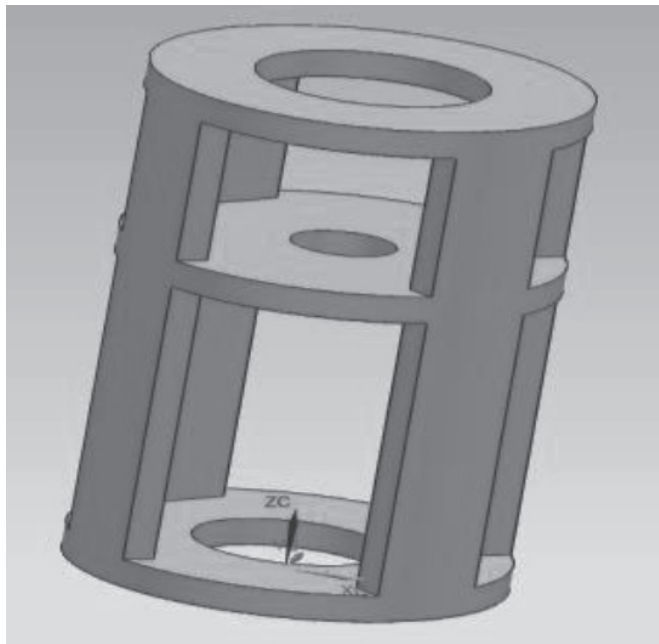


图1 框架铸件结构示意图

一体式组芯模具在模具设计过程中无需单独设计外模模具,将泥芯、浇注系统和外模集成在芯盒中,造型过程操作简单、浇注系统及外模定位精准。本项目从实际产品出发,通过对本体框架铸件的模具设计方案优化,设计、制作模具和浇注铸件后,对铸件外形尺寸及内部质量进行检测,从而验证模具设计的正确性,归纳总结出框架类铸件的模具优化设计方案和设计准则,提高生产效率和产品质量一致性。

1 框架类铸件工艺设计

1.1 浇注工艺方案确定

由于产品性能要求高,框架类铸件多采用高强度铸造铝合金整体铸造,且铸件内部质量要求较高,要求Ⅰ类铸件以上。对于铝合金铸件来说,由于铝合金的特点是密度小、收缩大,极易吸气和氧化,且氧化物的密度和铝液相近,常混入铝液中难以浮起,因此,浇注系统应使用充型速度快、挡渣能力强、液体流动平稳,无飞涡、飞溅和冲击现象的浇注系统。结合框架类铸件结构特点,采用底部注入式与扩张式相结合的浇注系统,并利用缝隙立筒将金属液引入型腔,浇注时能保证合金液自下而上逐渐充满型腔,能有效挡渣的同时,便于残余熔渣上浮,保证合金液流速受控,确保合金液充型过程平稳有序,降低冲刷力,避免形成氧化夹渣,也有利于形成良好的顺序凝固条件。

为保证铸件力学性能及内部质量满足设计要求,浇注方式宜采用反重力浇注。相较于传统的重力浇注方式,反重力浇注能让合金液在高压下结晶,有利于得到内部金相组织致密的铸件,显著提高铸件力学性能。因此,要获得组织致密、性能优良的高品质铸件,应采取如下措施:

(1) 反重力浇注,提升致密性。采用反重力浇注的方式浇注高品质铸件,金属液可平稳充入铸型,使铸型中形成一个下高上低的凝固温度梯度,合金液充型速度、压力精准可控,补缩能力得到提高,降低了铸件产生缩孔、针孔和气孔缺陷的概率,铸件成型性好、表面光洁度高,同时合金液在压力下结晶,铸件晶粒细、组织致密,机械性能高。

(2) 强制激冷,让铸件厚大部位优先凝固。由于铸件侧板属于厚大部位,金属液充型完成后的凝固过程中,凝固时间长,合金液补缩要求高,仅依靠浇注系统中的合金液进行自行补缩,易造成晶粒粗大导致铸件内部及

表面产生疏松、缩孔等缺陷,产品质量难以满足设计要求。为避免铸造缺陷的产生,需对铸件底部和侧板等厚大部位采用强制激冷的方法,提升补缩效率,达到厚大部位优先冷却的目的。

具体方案为:根据厚大部位尺寸按 1:1 的比例设计冷铁,以实现冷铁部位合金液快速冷却、充分补缩的目标,并合理拆分冷铁,优化冷铁布局,提高泥芯造型和铸件开箱过程的可操作性和便捷性。

(3) 缝隙立筒式进液系统,实现顺序凝固。底部注入式与扩张式相结合的浇注系统,并使用缝隙立筒进液系统将金属液引入型腔,保证合金液平稳匀速充型,也有利于形成良好的顺序凝固条件。

(4) 合理布置缝隙浇道,控制铸件变形。采用缝隙浇道进行浇注,在得到合格铸件的同时,在铸件热处理过程中,分布合理的立筒浇道还能对铸件的变形加以控制,确保铸件尺寸满足要求。

本体框架铸件采用反重力浇注方式进行浇注,浇注系统采用底部注入式与扩张式相结合的浇注系统,合金液由缝隙立筒引入铸型,其中缝隙立筒的数量经验计算公式如下:

$$n = (0.016 \sim 0.028) S / \delta_{\text{铸件}} \quad (1)$$

$$a = (0.8 \sim 1.5) S \delta_{\text{铸件}} \quad (2)$$

$$b = (15 \sim 35) \text{ mm} \quad (3)$$

$$D = (4 \sim 6) a \quad (4)$$

式中: $\delta_{\text{铸件}}$ 为铸件壁厚; n 为立筒数量; S 为铸件外形周长; a 为缝隙厚度; b 为缝隙宽度; D 为立筒直径。

事实上,立筒数量还取决于单个立筒和缝隙浇道所能控制的充型范围和补缩范围以及铸件的壁厚,所以 n 值和铸造方法及浇注方法有关。根据铸件结构特点,设计了如图 2 所示的浇注系统。

1.2 模具方案初步设计

完成铸件浇注工艺方案设计后,将根据工艺方案进行铸件模具设计,传统模具设计方案为采用泥芯与外模组合造型方式进行设计,该方案需芯盒模具 2 副、外模模具 1 副,芯盒模具及外模模具如图 3 所示,其中,芯盒模具用于制作上下两节泥芯,通过泥芯定位组合后形成铸件铸型内腔,外模模具用于制作浇注系统以及铸件铸型外模,外模制作过程中还需配置与铸件高度相匹配的砂箱,造型完成后分别将两节泥芯与外模进行组合装配形成铸型,装配过程中依靠操作者使用检测工具不断测量和调整外模与泥芯之间的间隙距离,确保铸件尺寸符合设计要求。该方案操作过程繁琐、效率低,且生产过程使用的辅助工装较多,操作者技能水平不同造成产品质量一致性较低。

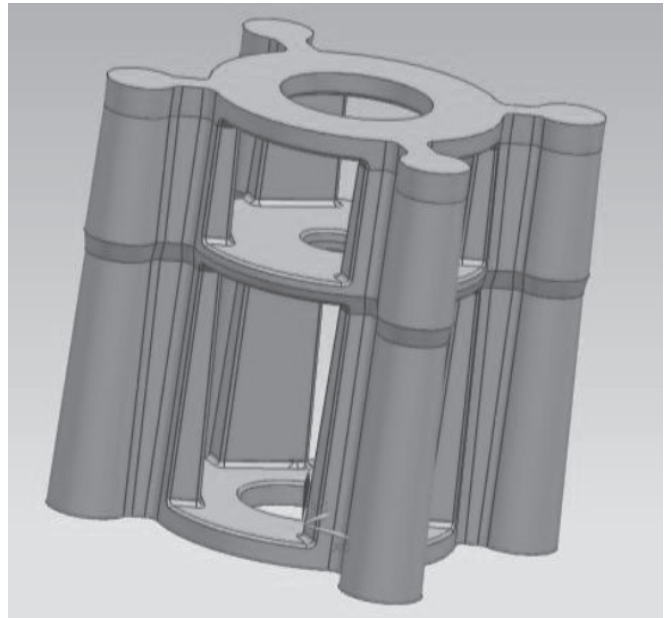


图 2 浇注系统示意图

1.3 模具设计方案优化

为解决传统设计方案造成的生产过程效率低、所需造型及辅助人员多、质量不稳定等问题,对模具方案进行优化,将泥芯、外模、浇注系统进行集成化设计,成为一体式组芯模具,造型过程无需使用砂箱及检测工具。优化后,仅需 2 副芯盒即可完成铸件的造型工作。一体式芯盒模具如图 4 所示。

2 工艺试制

在产品投产前,使用 NOVACAST 铸造仿真软件进行了铸件充型、凝固过程模拟仿真,模拟结果如图 5 所示。从模拟结果可知,采用底部注入式与扩张式相结合的浇注系统,并在铸件厚大部位设置冷铁加以快速激冷,采用差压浇注,铸件完成顺序凝固的同时实现较好的补缩效果,最后凝固及结晶部位均在浇注系统上,确保铸件本体无缺陷。

为验证一体式组芯模具方案可行性和模拟仿真方案的准确性,首先采用松木制作芯盒 2 副,进行铸件试生产,

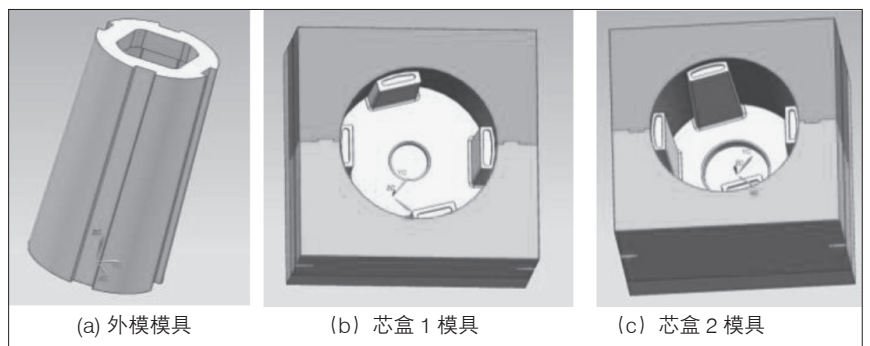


图 3 传统工艺方案模具设计图

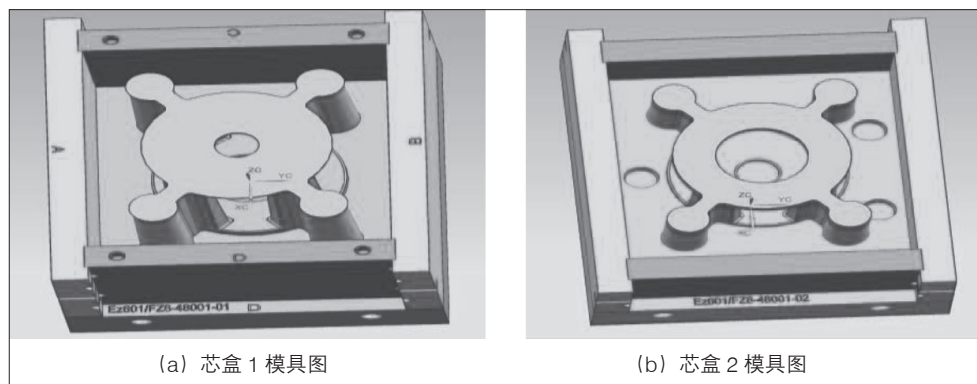


图 4 一体式芯盒模具图

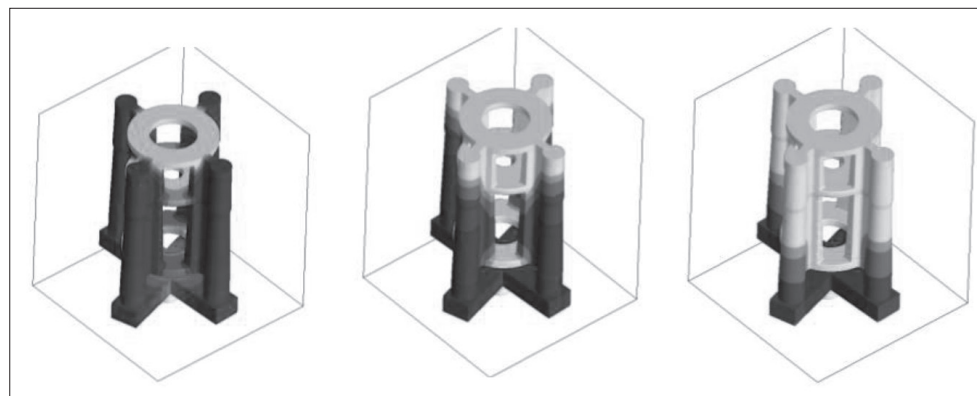


图 5 铸件凝固顺序模拟结果 (1 炉 1 件)

泥芯采用树脂砂造型, 每炉浇注铸件 1 件, 浇注温度为 $700 \sim 710^{\circ}\text{C}$ 。

3 试制结果

铸件浇注完成, 进行后续的切割打磨处理, 然后全部进行铸件内部质量无损探伤检测、外形尺寸划线检测及铸件指定部位本体力学性能检测。经无损探伤检测后, 铸件三层水平板和侧板的交界处根部存在 2 级疏松缺陷, 铸件外形结构尺寸经划线检测后, 铸件尺寸符合铸件图样设计要求, 铸件本体力学性能抗拉强度、延伸率均高于标准及设计要求。

4 工艺优化

通常情况下, 导致铸件产生疏松缺陷的原因为浇注温度过高、铸件冷却速度过慢、冷却时间长且补缩通道不通畅。通过对首件铸件缺陷位置进行分析, 缺陷位置位于缝隙立筒附近, 补缩通道通畅, 且摆放有冷铁用于快速冷却, 不应产生疏松缺陷, 设计人员随即对铸件结构进行分析, 发现水平板和侧板交界处根部未设计工艺圆角, 造成合金液充型和凝固过程中该区域产生热节, 导致铸件出现疏松缺陷。

通过分析找出缺陷产生的原因后, 设计人员对铸件

进行了优化设计, 在水平板和侧板的交界处采用 R8 的圆角进行过渡连接, 同时对该位置的模具和冷铁进行了修正, 并采用相同的浇注参数进行了铸件试制。

5 工艺优化后试制结果

铸件浇注完成, 进行后续的切割打磨处理, 然后全部进行铸件内部质量检测, 未发现缺陷, 铸件内部质量满足 I 类铸件验收要求。

6 浇注方案优化

为提高生产效率, 在首件每炉次浇注 1 件铸件获得成功的前提下, 开展 1 炉 2 件工艺方案试制, 同样在产品投产前, 使用 NOVACAST 铸造仿真软件进行了模拟仿真, 铸件凝固顺序符合预期结果。根据仿真

结果, 在浇注温度不变的情况下, 使用不同的浇注参数进行 1 炉 2 件生产试制, 试制铸件经各项检测后内部质量、力学性能及结构尺寸均满足设计要求。

7 结语

对于框架类铸件, 采用一体式芯盒模具设计生产的铸件, 能满足铸件技术质量要求, 采用一体式芯盒模具设计方案造型, 生产过程操作简便、效率高, 铸件质量稳定。试制生产的本体框架铸件经无损检测, 内部质量符合技术要求; 经力学性能检测后, 本体框架铸件本体力学性能符合设计要求; 经划线检验和机加工后得出结论, 本体框架的外形尺寸符合技术要求; 在生产中, 工艺人员确定浇注方案时, 可根据铸件外形大小确定单炉次铸件浇注数量, 进一步提高生产效率。

参考文献:

- [1] 胡忠, 张锡卿, 朱世亮, 等. 铝镁合金铸造实践 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1965.
- [2] 陈德厚, 焦明山. 航空制造工程手册 (特种铸造) [M]. 北京: 航空工业出版社, 1994.
- [3] 戴圣龙. 铸造手册 (第 3 卷): 铸造非铁合金 (第 3 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.