

某齿轮泵壳体快速铸造工艺的研究及应用

冯超, 唐桢, 茹菊红

(中国航发西安动力控制科技有限公司, 陕西西安 710077)

摘要: 新研产品的生产周期及生产成本一直是传统铸造方法的弱点。为保证新研产品铸件的一次试制合格, 简化了毛坯外形, 设计铸造工艺方案, 铸件内腔采用3D打印砂芯成形, 铸件浇注后外形由机加工成形。简化后的模具加工总共用时15天, 同步3D打印砂芯, 每项铸件打印壳芯约一周时间。若壳体外部结构更改, 本套模具还可继续生产铸件, 若内腔油路更改, 可用3D打印重新打印, 大大降低了生产成本, 为科研生产提供有力保障。

关键词: 简化外形; 3D打印; 砂芯; 周期; 生产成本

伴随着航空航天技术的快速发展, 其对铝合金铸件内外部表面质量、内部组织等方面要求越来越高, 同时, 对铝合金铸件的集成度、轻量化等方面提出了更高要求。而对于这些结构复杂的铝合金铸件, 在铸件的铸造工艺开发阶段, 低成本快速铸造技术愈发重要^[1-2]。本文通过快速铸造技术的研究, 设计了某齿轮泵壳体的铸造工艺方案, 不仅缩短了产品开发周期, 还提高了铸件质量。

1 铸件的研制背景

该壳体结构复杂, 内部油路交错, 热节点分散且较多, 局部壁厚变化大等特点, 设计要求严格。该壳体只能采用金属型成形, 才能满足设计要求, 但壳体研制周期紧, 毛坯首批试制后, 壳体结构更改可能性较大等问题。若该铸件采用传统生产方法, 首先需要加工模具, 周期最少需要45天时间, 其次, 从壳芯吹制、试模划线到铸件生产交付最快14天, 总计用时约60天, 周期无法满足科研生产任务要求。且首批试制后, 若壳体结构更改较大, 可能导致金属型模具和壳芯模具都无法修理而报废, 风险较大。本文对研制铸件的外形结构进行了简化, 铸件外形通过补充加工成形, 内腔采用3D打印砂芯, 能快速灵活的调整工艺方案, 节省了模具制造、铸件研制的周期和费用^[3-4]。

2 铸件快速研制工艺方案设计

2.1 铸造工艺设计

某齿轮泵壳体轮廓尺寸为485 mm × 386 mm × 329 mm, 毛坯质量为26.8 kg。铸件内腔光滑, 外表面形状复杂, 并均匀分布有加强筋条和凹凸结构, 最薄壁厚处为8 mm, 最厚处26 mm, 铸件平均壁厚12 mm, 加工后要经气密、液压检查, 因而铸件内腔不允许出现气孔、夹渣、缩松以及裂纹等缺陷。铸造材质选用ZL101A。

(1) 铸件内腔油路。根据铸件内腔油路形状, 加工部分添加余量, 非加工部分保持油路形状, 最后完成砂芯形状及定位芯头的设计。

(2) 铸件外形简化。根据铸件外形形状(图1), 最大限度包容铸件外形, 最小加工余量5 mm。选择铸件浇注工艺及方法, 再根据补缩方向从下到上以此增大壁厚(通过外形增加补贴), 简化后铸件能通过两开型模具实现开模, 最终简化后铸件图(图2)。

作者简介:

冯超(1985-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为铝合金铸件铸造技术。E-mail: fengchao0108@126.com

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)

03-0403-04

收稿日期:

2023-04-07 收到初稿,

2023-12-13 收到修订稿。

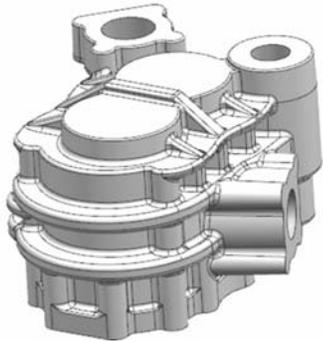


图1 未简化外形的铸件示意图
Fig. 1 Schematic of casting with unsimplified shape

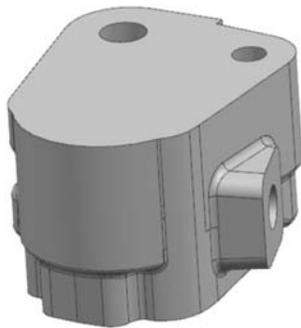


图2 简化外形后的铸件示意图
Fig. 2 Schematic diagram of casting after simplified shape

(3) 铸件工艺方案设计。根据补贴后的铸件形状增设冒口(图3)。

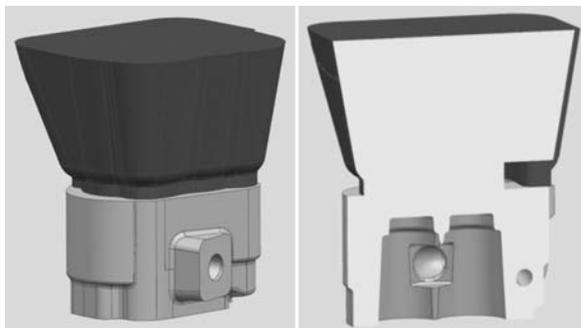


图3 铸件工艺方案示意图
Fig. 3 Schematic diagram of casting process plan

(4) 简化金属型模具设计。铸件结构简化后, 模具可以简化设计为上下两开型(图4)。

(5) 3D打印砂芯。该壳体为金属型倾转浇注, 砂芯采用3D打印方式, 因油路悬空, 打印成形后处理时, 容易变形。需增加支撑, 改善变形情况(图5、6), 满足铸件精度要求^[5]。

2.2 铸造工艺模拟

本方案采用金属型倾转铸造工艺^[6], 利用AnyCasting软件进行充型、凝固过程的模拟分析。浇注温度设定

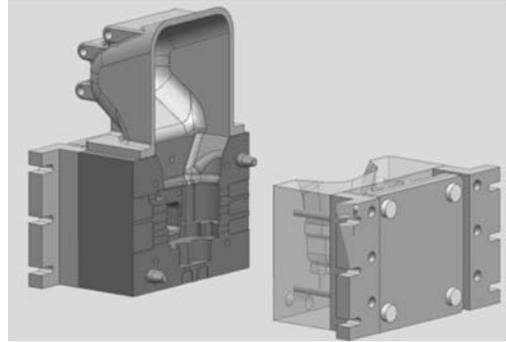


图4 简化后三维模具图
Fig. 4 Simplified 3D mold schematic diagram

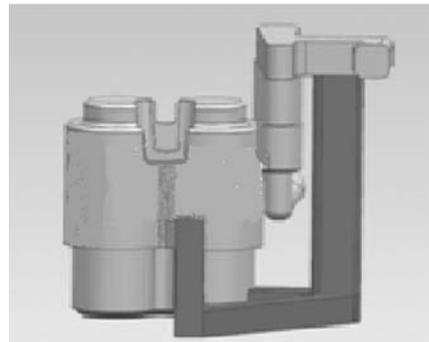


图5 3D打印的砂芯方案示意图
Fig. 5 3D printing schematic diagram of sand core

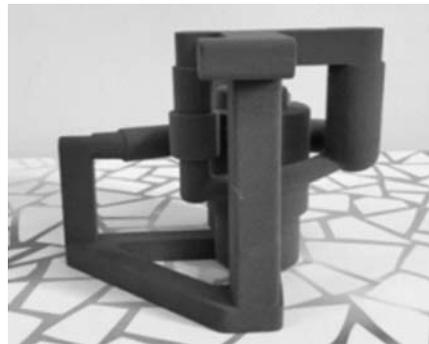


图6 3D打印的砂芯实物图
Fig. 6 3D printed physical map of sand core

为720~730 ℃, 金属型温度为280~320 ℃, 充型过程如图7所示, 温度场如图8所示。

经过模拟分析, 由图9可以看出, 残余熔体均位于铸件明冒口或暗冒口的位置。铸件热节部位无孤立熔池, 整体凝固较好, 无缩松气孔缺陷, 说明本工艺方案可以实施。但是经过计算, 该铸件出品率较低, 铸件重量为8 kg, 冒口质量达到6 kg, 出品率约为57%, 由于本次为快速研制首批铸件, 后期采用保温冒口后, 不仅可以提高冒口补缩效率, 还能提高铸件出品率(可提高至75%以上)。

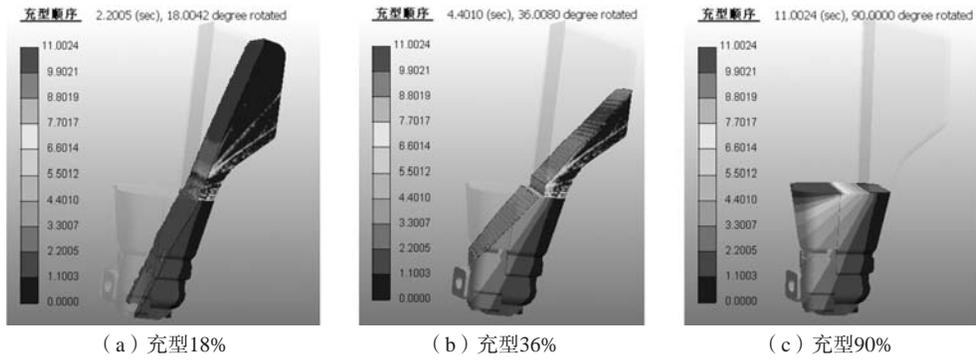


图7 铸件充型过程模拟

Fig. 7 Simulation results of mold filling process

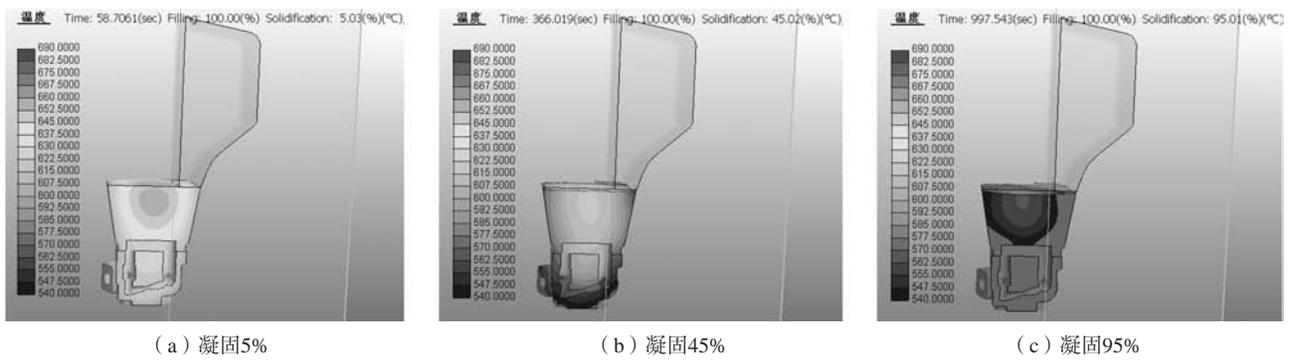


图8 铸件温度场模拟

Fig. 8 Simulation analysis of casting temperature field

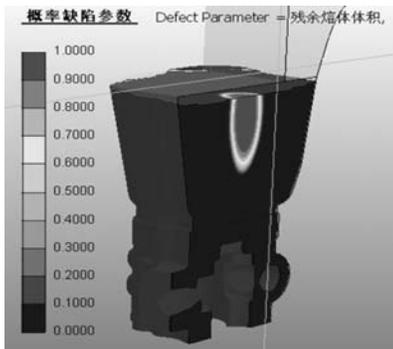


图9 铸件模拟概率缺陷

Fig. 9 Probability defects in casting simulation analysis

去除浇冒口及喷砂打磨后得到的毛坯件，表面光洁，尺寸精度高，无其他铸造缺陷（图10）。本文研究的工艺方法取得的效果见表1。



图10 完成加工的铸件

Fig. 10 The casting physical drawing after final processing

3 铸件浇注试验

将加工出的砂块依次组组合箱后浇注得到铸件，

表1 效果对比
Table 1 Comparison of effects

序号	传统金属型铸造方法与本文方法的对比	取得的效果
1	传统模具加工45天，简化模具工具分厂加工15天	模具加工周期缩短1/2
2	传统金属型模具一套约20万，壳芯盒模具一套10万，本方案只需加工简化金属型模具，成本5万	模具成本降低1/4
3	传统方法需壳芯模具加工后才能生产壳芯，生产周期需15天，本方案加工模具过程可同步打印砂芯，生产周期7天	铸件试制周期缩短1/2
4	传统方案铸件平均合格率约60%，本方案生产的铸件合格率达到85%以上	铸件合格率稳定在80%以上

4 结束语

综上所述,新研产品研制周期较短,这就要求探索一条快捷、低成本的研制路线。首先,本技术方案通过简化铸件外形,不仅降低了铸造工艺方案的设计难度,也降低了模具设计加工的难度。其次,通过3D打印快速制造了铝合金铸件内腔砂芯,不仅节省了模

具开发周期,也提高了生产效率。第三,机加对铸件外形简化位置进行了补充加工,通过表面喷砂处理,外观质量满足要求。最终生产的铸件力学性能,内部质量均能达到设计要求,该方法可推广应用至其他领域的新品研制过程中。

参考文献:

- [1] 徐奇,徐先宜,王金刚,等.复杂铝合金壳体件无模铸造工艺研究及应用[J].机械工业标准化与质量,2015(1):49-53.
- [2] 赵国强,刘庆义,倪允强,等.大型复杂铸件无模快速制造技术的研究与应用[J].机械制造,2018,56(12):7-10.
- [3] 张俊.金属模具的无模化铸型快速制造技术[J].科技与创新,2015(13):127,132.
- [4] 聂雄,陈桂芳,李赛白.某型高强度液压马达壳体铸件快速开发[J].铸造,2021,70(7):861-865.
- [5] 李栋,唐昆贵,付龙.3D打印的气缸盖砂芯[J].铸造,2016,65(4):325-328.
- [6] 张云峰,丛培军,张鹏,等.重力倾转铸造工艺在铝合金底盘结构件上的应用[J].铸造,2021,70(8):980-985.

Research and Application of Fast Casting Process for Pump Shell

FENG Chao, TANG Zhen, QIE Ju-hong

(Aero-China Xi'an Power Control Technology Co., Ltd., Xi'an 710077, Shaanxi, China)

Abstract:

The production cycle and production cost of newly developed products have always been the weakness of traditional casting methods. In order to ensure the qualification of the first trial production of the newly developed castings, the blank shape was simplified, and the casting process was designed. The inner cavity of the castings was formed by 3D printing sand core, and the shape of the castings was machined after pouring. The simplified mold processing took a total of 15 days, synchronous 3D printing of the sand core, and about one week for each casting to print the shell core. If the external structure of the shell is changed, the mold can continue to produce castings. If the oil circuit in the inner cavity is changed, 3D printing can be used to re-print, which greatly reduces the production cost and provides a strong guarantee for scientific research and production.

Key words:

simplified shape; 3D printing; sand core; cycle time; production cost
