

消失模铸造球铁轮毂的工艺设计

梁守友

(安徽全柴天和机械有限公司实型铸造厂)

摘要 消失模铸造 QT500-7 球铁轮毂因壁厚大,在铸造过程中易出现缩松、缩孔等缺陷。通过对铸件结构分析,在其易出现缩松、缩孔部位,通过调整进浇方式和浇注工艺优化,确保达到客户要求。同时,通过成分控制实现硬度、伸长率等性能的保证。

关键词 球铁; 厚大; 缩松缩孔; 性能

中图分类号 TG142; TG249.6

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.04.028

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Process Design of Ductile Iron Hub by Lost Foam Casting

Liang Shouyou

(Anhui Quanchai Power Co., Ltd. Real Casting Factory)

Abstract: Due to the thickness of QT500-7 ductile iron hub by lost foam casting, casting defects including shrinkages and cavities are prone to occur during the casting process. Through the analysis of the product structure, targeted optimization was carried out at the positions prone to shrinkages and cavities to meet customer requirements. Meanwhile, hardness, elongation and other performance were guaranteed through composition control.

Key Words: Ductile Iron, Thickness, Shrinkage and Cavity, Performance

某轮毂铸件材质为 QT500-7 球铁,经正火与回火处理,其硬度(HB)要求为 170~230,铸件平均壁厚为 12 mm,质量为 120 kg,轮廓尺寸为 $\phi 556\text{ mm} \times 414.5\text{ mm}$,见图 1。轮毂铸件不得有缩松、缩孔等缺陷。该铸件先前采用砂型铸造,由于废品率高、效率低、成本高,现改用消失模铸造。

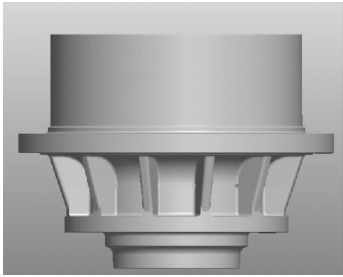


图 1 轮毂结构

Fig.1 Structure of hub

收稿日期:2022-04-09;**修改稿收到日期:**2022-05-12

作者简介:梁守友,男,1964 年出生,高级工程师,安徽滁州(239500),E-mail:15855078072@163.com

引用格式:梁守友.消失模铸造球铁轮毂的工艺设计[J].特种铸造及有色合金,2023,43(4):574-576.

LIANG S Y. Process design of ductile iron hub by lost foam casting[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(4):574-576.

4 结 论

(1)基于进气道钛合金铸件的结构特点、技术难点,确定了铸件分体设计及铸造工艺方案,结合 ProCAST 软件分析铸件凝固热节,设计合理的浇注系统并对浇冒系统进行优化,模拟结果与实际情况相一致,实现了两段分体铸件的铸造完整成形。

(2)进气道铸件采用分段熔模精密铸造+重力浇注+电子束焊接的工艺方案,成功研制出长度为 1 260 mm 的大型薄壁复杂异形曲面狭长三通道结构钛合金结构件。

参 考 文 献

[1] 周彦邦. 钛合金铸造概论[M]. 北京:航空工业出版社, 2000.

[2] 曹运红. 钛合金成型工艺在飞航导弹上的应用研究[J]. 飞航导弹, 2002(7): 50-60.
[3] 彭瑾, 徐兴柱, 蓝仁恩. 巡航导弹中金属结构材料的应用[J]. 飞航导弹, 2008(9): 54-58.
[4] 黄旭, 朱知寿, 王红红. 先进航空钛合金材料与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2012.
[5] 李锋, 崔新鹏, 南海. 基于 ProCAST 某环形钛合金铸件仿真分析及优化[J]. 特种铸造及有色合金, 2021, 41(12): 1 469-1 472.
[6] 宁兆生, 包有宇, 郑松翔, 等. 复杂钛合金阀体的铸造工艺研究[J]. 铸造, 2018, 67(12): 1 110-1 114.
[7] 肖树龙, 陈玉勇, 朱洪艳, 等. 大型复杂薄壁钛合金铸件熔模精密铸造研究现状及发展[J]. 稀有金属材料与工程, 2006, 35(5): 678-681.
[8] 高奇, 廖志谦, 蒋鹏, 等. 大厚度钛合金的电子束焊接技术研究现状[J]. 材料开发与应用, 2018, 33(2): 118-128.
[9] 孙文君, 王善林, 陈玉华, 等. 钛合金先进焊接技术研究现状[J]. 航空制造技术, 2019, 62(18): 63-72.

(编辑:刘卫)

1 铸件工艺设计与分析

考虑到消失模铸造工艺的特殊性及造型工序下砂问题,铸件放置方式必须为大圆面开口朝上,保证造型时顺利进砂^[1-5]。

轮毂铸件剖面见图 2。不同工艺下浇注位置示意图见图 3。

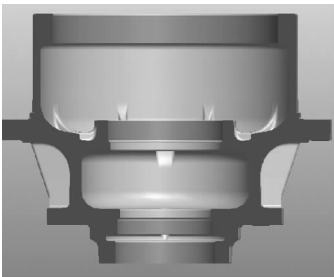


图 2 铸件截面图

Fig.2 Cross section diagram of hub

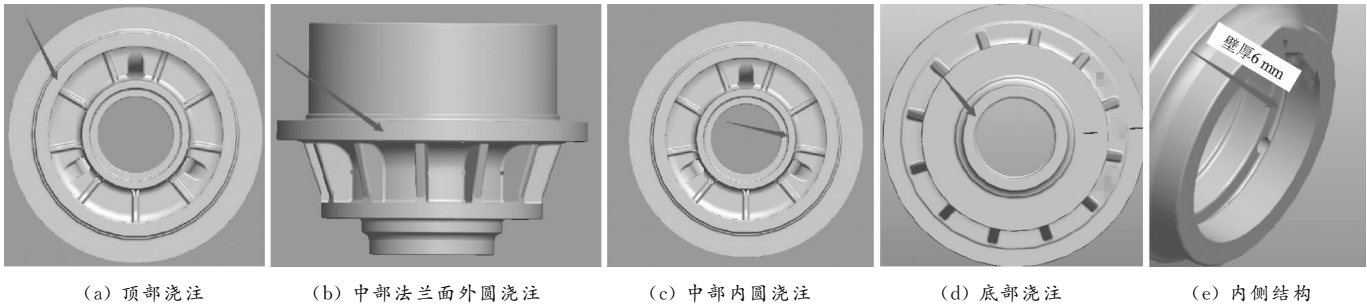


图 3 不同浇注位置示意图

Fig.3 Schematic diagram of various water inlet positions

(1)顶部浇注 白模采用共聚物,模样质量为 500 g,顶部浇注,白模迅速燃烧后释放大 量气体,气体向上排出,与铁水浇注方向相反,会造成剧烈反喷。此外,顶部大圆直径为 443 mm,距离较大,进水点之间汇流较慢,同时在交汇处易造成冷隔、浇注状态不稳定,见图 3a。

(2)中部法兰面外圆浇注 中部法兰面外圆外径为 556 mm,距离过大,此工艺易在浇注点的对面、铸件顶部产生冷隔、缩松、缩孔,见图 3b。

(3)中部内圆浇注 此圆直径为 202 mm,距离较短,进水稳定,可保证中部、底部无缩松、缩孔,但在铸件最顶部易产生缩松、缩孔,见图 3c。

(4)底部浇注 底部浇注稳定,同样问题会出现在铸件上部,同时底部小圆内侧结构内有凹槽,此处壁厚为 6 mm,会造成铁水流速降低,上升较慢,铸件本体缩松等缺陷风险较大,见图 3d。

由于中部法兰面外圆浇注及中部内圆浇注铸件本体产生缩孔、缩松等缺陷几率较低,缺陷主要集中在铸件顶部,可加工去除。因此,采用中部法兰面外圆浇注和中部内圆浇注作为试验方案。

2 2 种方案工艺设计

2.1 中部法兰面外圆浇注

浇注系统截面积:直浇道为 $\phi 50$ mm,截面积为 $1\,960\text{ mm}^2$,考虑到过滤网及球铁件的铁水流速(降至 60%),利用奥赞公式对内浇道截面积进行计算,较大铸件浇道系统中内浇道、直浇道及横浇道截面积比为 $1.5:2:1$,因此进水点截面积应为 $2\,450\text{ mm}^2$ 。

内浇道数量:内浇道数量过多,会造成多股铁水交汇,进水紊乱,再考虑补缩距离,亦不可过少。因此根据圆面分布,采取半圆的方式,设置 4 个内浇道,每个内浇道截面积为 700 mm^2 。

冒口布置:顶部增加 10 个冒口,冒口尺寸为 $20\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$,起到补缩作用。最终浇注系统见图 4。



图 4 中部法兰面外圆进水

Fig.4 Outer round water inlet on middle flange surface

2.2 中部内圆进水

浇注点截面积:同上,设计时进水点截面积为 $2\,820\text{ mm}^2$ 。中部 4 点内圆浇注系统见图 5。

内浇道数量:采用内圆等分 4 点浇注。

冒口布置:因内圆等分 4 点浇注流场稳定,中下部不易出现铸造缺陷,主要问题点在铸件顶部,因此在顶部设计等分 4 个冒口,引开汇流处铁水,冒口尺寸上部为 $\phi 80\text{ mm}\times 120\text{ mm}$,与模样连接处不宜过大(以便于清理),同时为保障补缩效果,设计为冒口底部与铸件接触面为 $\phi 40\text{ mm}$ 的圆截面。



图 5 中部 4 点内圆浇注系统

Fig.5 Inner round water inlet at four central points

3 浇注工艺设计

根据球铁件工艺参数,确定温度为1 450~1 490 ℃。在保证浇注过程中不涨箱的前提下,真空度尽量减小。真空过大,砂紧实度大,铸件表面易粘砂。确定真空度范围为-0.06~-0.08 MPa。

必须覆膜,保压时间初步确定为 8~10 min,在保证不涨箱的前提下,越快越好,以保证生产节拍。

4 试验方案

4.1 第 1 次试验

2 种组合工艺各生产 3 件,浇注温度为 1 460~1 500 ℃,真空度为-0.06~-0.08 MPa,分别保压 8、9 和 10 min。

浇注现场跟踪,覆膜后真空度为-0.06 MPa,浇注温度为 1 500 ℃,浇注过程中未出现涨箱,浇注结束后,分别保压 8、9 和 10 min(分别记为 1、2、3 号)。保压结束后未出现明显涨箱情况。

铸件清理后表面轻微粘砂,1 号铸件顶部轻微抬箱,2、3 号正常,中部法兰外圆面浇注对面圆环处均有皱皮缺陷,3 件中部内圆进水清理正常,见图 6 和图 7。

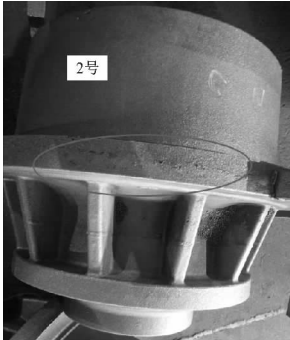


图 6 中部法兰面外
进水皱皮缺陷

Fig.6 Outer round water inlet wrinkling on middle flange face

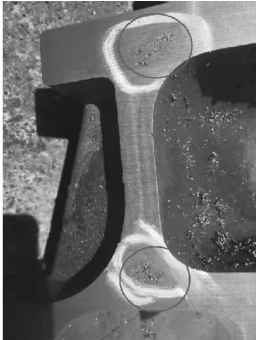


图 7 中部法兰面外圆
进水缩松缺陷

Fig. 7 Outer round water inlet shrinkage on middle flange face

解剖后发现,中部法兰面进水点及对面半圆处存在缩松、缩孔;中部 4 点浇注正常。

因此,中部法兰面外圆进水方案排除,采用中部内圆浇注方案,保压时间定为 8 min,真空度为-0.06~-0.08 MPa。

4.2 第 2 次试验

为解决铸件粘砂问题,对真空、保压等参数进行设计试验。

浇注工艺:中部内圆 4 点浇注 9 件,浇注温度为 1 460~1 480 ℃,真空度为-0.06~-0.08 MPa,保压时间为 8 min。

浇注过程中,浇注时间为 46~50 s,采用慢、快、慢的浇注方式,浇注正常,无抬箱。铸件清理后无粘砂。解剖后未发现缩松、缩孔和浇不足等缺陷。

后经小批量生产并加工验证,结果发现清理、加工、试漏等均正常,铸件硬度(HB)为 170~200,伸长率为 7%~10%,球化等级为 1~2 级,满足要求。

5 化学成分控制

经过多次试验,为保证铁水球化等级及硬度,最终确定各元素含量控制区间见表 1,熔炼增碳剂需使用石墨化增碳剂,杂质较少。

表 1 QT500-7 球铁的化学成分

Tab.1 Chemical composition of QT500-7 ductile iron hub %						
w _B						
C	Si	Mn	P	S	Cu	Fe
3.4~3.8	2.4~2.8	0.35~0.5	<0.08	<0.03	0.30~0.35	余量

6 结 论

(1)采用中部内圆 4 点浇注,顶部加大冒口的工艺,成功制备出 QT500-7 球铁轮毂。具体工艺如下:浇注温度为 1 480~1 500 ℃,真空度为-0.06~-0.08 MPa,覆膜,浇注时间为 46~50 s,浇注后保压 8 min,每包铁水球化时间为 9~10 min。

(2)QT500-7 球铁轮毂硬度(HB)为 170~200,伸长率为 7%~10%,球化等级为 1~2 级。

参 考 文 献

[1] 李润生.大型球铁件的铸造工艺设计[J].现代铸铁, 2011(6): 48-53.

[2] 于明艳.大型球铁筒体的工艺改进[J].一重技术, 2003(4): 23-24.

[3] 杭家友.厚大球铁铸件铸造工艺探讨[J].现代铸铁, 2011(6): 43-47.

[4] 吴和保,樊自田,龙文元,等.轮毂类球铁件缩孔缩松缺陷的形成机理及防治措施[J].中国铸造装备与技术, 2003(5): 14-16.

[5] 康宽溢,王瑞平,赵海东,等.球墨铸铁轮毂的缩孔形成模拟和工艺改进[J].铸造, 2001(2): 97-100.

(编辑:栗万仲)