

球墨铸铁吸沙泵泵体铸造工艺探究

刘 沙¹, 刘建策², 刘晓亮²

(1. 阜新市产业技术创新推广中心 阜新市产业技术研究院, 辽宁阜新 123000; 2. 阜新力达钢铁铸造有限公司, 辽宁阜新 123100)

摘要: 简述了球墨铸铁吸沙泵的工作环境、用途及结构特点, 详述了该吸沙泵泵体铸件的铸造难点及铸造工艺。在生产过程中, 通过造型、制芯的工艺难点突破, 选取合适的材质, 采取适当的球化孕育处理工艺, 生产出高质量的大型水泵类铸件, 为同行业泵体铸件的生产提供参考。

关键词: 球墨铸铁; 吸沙泵; 泵体; 保模; 缩孔

吸沙泵主要起河道疏浚、清淤固堤作用, 输送介质可达40%以上, 在沿海围海造地等抽沙吹填工程中得到广泛使用。它主要由泵体、泵盖、叶轮、护板、托架和轴承组件等组成。由于电机采用油室密封方式, 需要防止高压水和杂质进入电机内腔, 所以吸沙泵铸件不得有疏松、缩孔缺陷。

该吸沙泵的泵体单重46 600 kg, 外形尺寸为5 800 mm × 3 480 mm × 2 200 mm, 主要壁厚为75 mm, 最厚处达355 mm, 材质为QT500-7。铸件上表面有一圈螺纹孔与泵盖配合, 要求孔内不得有疏松缺陷。该铸件由于形状不规则且质量要求严格, 铸造难度大, 其三维结构见图1。经过工艺分析及评估, 采用呋喃树脂砂+泡沫模具来进行铸型制作, 泡沫模具也叫保利龙模具, 以下简称保模铸造^[1]。

1 泵体保模铸造工艺方案

保模与木模有很大不同, 在模具设计过程中不用考虑起模斜度和定位, 只需增加机械加工余量和铸造收缩率即可。由于该泵体圆弧较多, 模具制作过程复杂, 先将模具分割成若干模块(用机床加工), 再将各分块拼接在一起, 组装好的模具尺寸精度高, 但由于保模在造型时的砂型紧实度差, 导致型腔表面光洁度较差, 浇注时容易将砂粒带入型腔而产生夹砂。

1.1 模具工艺

保模与铸件形状完全相同, 在零件图的基础上加上机械加工余量、铸造收缩率

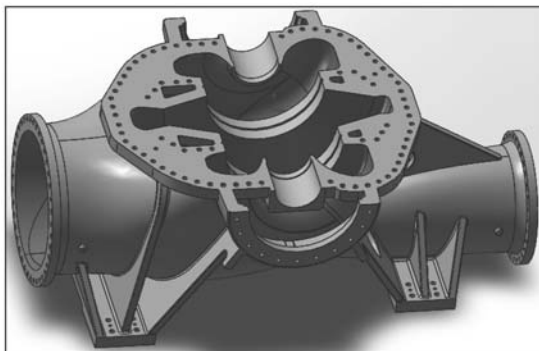


图1 泵体零件三维图

Fig. 1 Three-dimensional drawing of pump body

作者简介:

刘 沙(1986-), 女, 中级工程师, 硕士, 研究方向为球墨铸铁、灰铸铁熔炼工艺。E-mail: liu.sm@lk.world

中图分类号: TG255

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2021)07-0872-04

收稿日期:

2021-04-07 收到初稿,
2021-05-11 收到修订稿。

后制作模具。根据三维图将模具拆分为若干模块，一方面保证切割操作和节约泡沫板材，另一方面保证方便拼接组装，确保组装后模具的尺寸精度。泡沫板材通过“数控雕刻+电阻丝切割”两种方式进行下料制模，再粘接组装成泵体模具。制作好的模具刷两遍石墨涂料，涂刷方式采用刷涂，每次涂料厚度为0.2 mm^[2]。

1.2 工艺设计

本泵体轮廓尺寸大、铸件壁较厚且重量较重，采用底注双层阶梯式浇注系统（图2），局部重要部位使用外冷铁和内冷铁，防止内部缩松。利用设置冒口及排气孔保证补缩、排渣及排气。

1.2.1 浇注系统设计

通过对本铸件的形状以及内部结构分析，采用阶梯式浇注系统，分为上、下两层，下面浇注系统主要用于充型，上层横浇道主要用于缓冲，上层浇注系统的引进位置在距离铸件底面1 740 mm处，便于合模和下砂芯操作以及下芯后检验相关的壁厚尺寸。

铁液压头按照式（1）计算得出：

$$H_p = H_{\text{箱}} + H_{\text{杯}} - C/2 \quad (1)$$

式中： H_p 为铁液压头， $H_{\text{箱}}$ 为砂箱高度， $H_{\text{杯}}$ 为浇杯高度， C 为铸件高度，浇注时间按照式（2）计算得出：

$$t = \sqrt{G_L} \quad (2)$$

式中： t 为浇注时间， G_L 为浇注重量。

$A_{\text{阻}}$ 按照式（3）^[3]计算得出：

$$A_{\text{阻}} = \frac{G_L}{\rho \cdot \tau \cdot \mu \sqrt{2gH_p}} \quad (3)$$

式中： μ 取0.4， ρ 取7.3 kg/mm³， g 为重力加速度9.8 m/s²。采用三包浇注，每包 $A_{\text{阻}}$ 均可算出， $A_{\text{直}} = A_{\text{阻}}/0.8$ ，根据现场直浇道规格，得出修订后的 $A_{\text{直}}$ ， $A_{\text{横}} = A_{\text{直}} \times 1.2$ ， $A_{\text{内}} = A_{\text{直}} \times 0.8$ ，之后得出各浇道的尺寸。

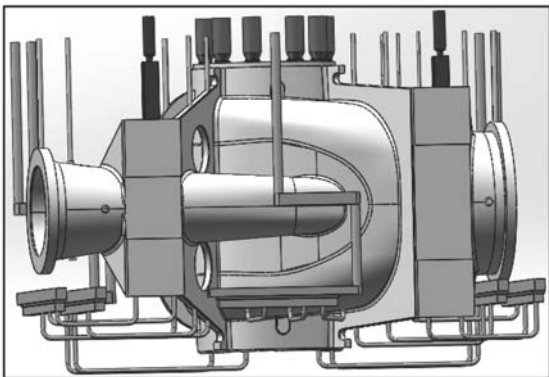


图2 浇注系统布置图

Fig. 2 Layout drawing of gating system

1.2.2 冷铁设计

本泵体铸件壁厚较厚，大模数球墨铸铁的凝固时间长，常会降低石墨球化率，或导致石墨畸变、石墨漂浮、石墨粗大缺陷，故需采用冷铁缩短其凝固时间。对于模数小于9 cm的铸件，一般采用铸铁外冷铁，而其中心厚度大于300 mm，故需使用成形内冷铁，使凝固时间控制在50 min以内，球化率达到80%以上。由于泵体与泵盖装配面需打一圈螺纹孔，不能有缩松，因此在此处放一圈外冷铁。在轴承安装处放置冷铁，避免缺陷产生。

1.2.3 冒口及排气设计

球墨铸铁件的缩孔体积，在普通砂箱条件下，要比灰铸铁件要大，故一般设置冒口。顶部选用6个 $\Phi 180$ mm保温发热冒口套，均匀布置在轴承座端面上，通过保温材料的隔热效果，能够延缓冒口中金属液与砂型、空气等外部环境的传热，延长金属液的凝固时间，从而增强冒口对铸件的补缩作用。两个 $\Phi 140$ mm普通冒口，放在便于加工找平的底脚上，用以补偿金属液冷却时产生的体积收缩，防止铸件产生缩孔、缩松，并兼有排气、集渣、引导充型的作用。

对于此厚大铸件，除了在筋条处开设出气通道，还在铸件顶部表面上的相应高点处设置排气通道，保证浇注初期就能及时将型腔内的气体排出。

2 造型工艺控制

树脂加入量为1.2%。首先将泡沫模具置于造型平台上，由于上下型对称，先造一箱，再造另一箱。选择四箱造型，这是便于在合型时，可以观察到每层砂芯的配合程度。共6副芯盒，内部放入芯骨填满树脂砂并捣实，其中一个最大砂芯为特制砂芯，在中心层处两个砂芯合并为一个砂芯。芯骨有两种，其中最大砂芯的芯骨采用铸造的方法铸出，其余砂芯芯骨为50mm×60mm焊接芯骨。砂芯外部刷锆英粉涂料，涂料的波美度为65~70。

最底层分型面使用木挡板、水玻璃砂、树脂砂围砂，中间分型面使用焊接挡板、水玻璃砂、树脂砂、角铁围砂，宽度方向两侧焊接防涨箱钢板。

3 球化孕育处理

球化处理是球铁铸件生产的关键工序之一，其处理工艺直接影响球墨铸铁的性能。球化剂采用DY-7F重稀土球化剂，加入量为1.05%，接种剂采用CALBALLOY接种剂，加入量0.4%，孕育剂采用YFY-

1A高效孕育剂，加入量0.15%，通过多次孕育的方式保证球化孕育效果。

由于泵体重量大，为得到所需要的性能要求，加强铁液抗衰老能力，对铁液进行预处理，出铁前加入0.4%的预处理剂，目的是为了增加形核核心，提高铁液的内在质量和流动性。出铁液时采用投掷方式，加入0.4%接种剂，浇注时采用随流方式，用放流斗加入0.15%孕育剂。

4 熔炼、浇注工艺控制

采用三包浇注，浇注时要求大流量快速不断流，浇注温度选择1 330~1 350 ℃。球化前铁液成分为3.4%~3.5% C、1.5%~1.6% Si、0.35%~0.45% Mn、P ≤ 0.04%、S ≤ 0.03%；球化后成分控制为3.2%~3.4% C、2.3%~2.5% Si、0.35%~0.45% Mn、P ≤ 0.04%、S ≤ 0.02%、0.65%~0.75% Cu、0.035%~0.055% Mg_残。

浇注前放置4个10 t压铁，用钢管垫起。

5 冷却、开箱

浇注结束后，利用树脂砂良好的保温性和溃散性，让铸件在铸型内缓慢冷却，以达到消除应力时效退火的目的，根据厚大球铁铸件经验，浇注240 h后开箱落砂，去除顶部浇冒口系统。提前两天多次松箱，开箱温度控制在300 ℃以下。

6 铸件的力学性能及金相组织

生产的泵体铸件见图3。对试块进行金相和力学性

能试验，试验结果见表1，金相组织结果见图4。要求抗拉强度420 MPa，伸长率5%，球化级别不低于3级，即球化率大于80%，实际试块满足要求。



图3 泵体铸件（与泵盖铸件组装在一起）

Fig. 3 Pump body casting

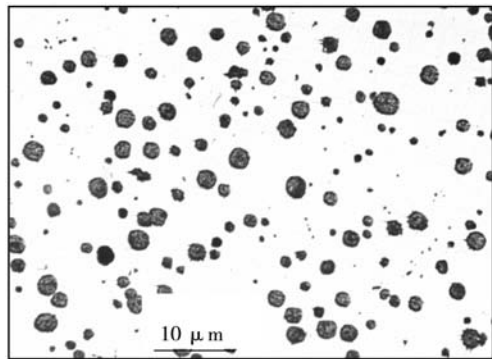


图4 泵体附铸试块的金相组织

Fig. 4 Microstructure of pump body test lug

表1 附铸试块的金相和力学性能数据

Table 1 Testing results of metallographic structure and mechanical properties of test lug

序号	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%	硬度HB	在100×下观察石墨球径/mm	球化率/%	珠光体/%
1	460	325	11	175	4.92	92.06	54.91
2	490	330	7.0	177	4.45	92.00	60.71
3	485	330	7.5	179	5.21	90.54	57.89

7 结论

通过对厚大球墨铸铁件泵体的首件制作，在生产过程中对浇冒口系统的有效性和合理性进行了验证，进一步完善了集充型、排气、集渣、补缩于一体的浇冒口系统设计，解决了厚大断面球铁容易产生缩

孔、缩松等缺陷问题。对于泵体铸件，由于铸件壁厚较厚，凝固时间长，且铸件质量要求高，生产工艺上有很大难度，通过严格的工艺控制，选择合适的原材料，适当的球化孕育处理工艺及预处理技术，生产出了高质量的大型球墨铸铁泵体铸件。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册 [M]. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 王世锋, 杨晋娜, 雷翠平, 等. 厚重球墨铸铁本台体铸件树脂砂实型铸造工艺探索 [J]. 铸造, 2020 (9): 938-942.
- [3] 李传斌. 铸造工程师手册 [M]. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 2007.

Casting Process Design of Ductile Iron Sand Suction Pump Body

LIU Sha, LIU Jian-ce, LIU Xiao-liang

(1. Fuxin Industrial Technology Innovation Promotion Center, Fuxin Industrial Technology Research Institute, Fuxin 123000, Liaoning, China; 2. Fuxin Lida Steel Casting Co., Ltd., Fuxin 123100, Liaoning, China)

Abstract:

Based on the working environment, usage and structural characteristics of ductile iron sand suction pump, the casting process of the ductile iron sand suction pump body was designed. Some key techniques in the production process are expounded in this paper, including the process control of molding and core making, selection of raw materials and appropriate spheroidizing and inoculation treatment and so on. The high-quality large-scale water pump castings have been successfully produced, which will provide a reference for the production of pump body castings in the casting industry.

Key words:

ductile iron; sand suction pump; pump body; EPS mold; shrinkage
