

# 厚大断面球墨铸铁托轮的生产实践

岳建国, 岳卫国, 沈 闯, 刁晓刚, 王廷勇, 魏 伟

(中信重工洛阳重铸铁业有限责任公司, 河南洛阳 471003)

**摘要:** 介绍了厚大断面球墨铸铁托轮的铸造工艺及其生产实践。采用数值模拟预测铸造缺陷, 依据模拟结果调整冒口、冷铁布局; 采用优质生铁、纯净的废钢及合理的球化温度和浇注温度, 获得了无缺陷、组织良好、力学性能优异的托轮铸件。

**关键词:** 厚大断面; 球墨铸铁; 数值模拟; 铸造工艺; 生产实践

托轮是回转窑的关键零件, 在水泥和冶金矿山机械中得到广泛应用。由于工作时托轮承受巨大的交变压应力和数百吨的载荷, 工作环境非常恶劣, 因此其质量要求极为严格<sup>[1]</sup>。目前, 国内外使用的托轮材质通常为铸钢, 与球墨铸铁相比, 铸钢的强度较高、冲击韧性较好, 但其减震性、耐磨性、缺口敏感性等性能较差。由于球墨铸铁各项性能指标接近于铸钢, 且成形性好、成本低廉, 以铁代钢具有成本低、生产周期短等优势, 成为制造托轮的重要发展方向。

本实验中的托轮属于厚大断面球铁铸件。早在20世纪70年代, 国际铸造技术委员会已把厚大断面球墨铸铁列为当时的铸造关键技术问题之一<sup>[2]</sup>。经过几十年的发展, 虽然厚大断面球铁基础理论和实践上都取得了许多重要进展, 但其组织和性能控制仍是厚大断面球铁件研究与生产中的关键问题<sup>[2]</sup>。

## 1 铸件技术要求

托轮最大外径1 300 mm、高760 mm, 最大壁厚415 mm, 毛重7.5 t, 材质QT700—2, 结构如图1所示。

铸件质量按GB/T 1348—2009《球墨铸铁件》规定验收, 铸件球化等级依据GB/T 9441—2009《球墨铸铁金相检验》达到3级; 铸件需进行超声波探伤, 超声检测依据EN12680—3—2011标准, 全部达到3级; 着色检测依据EN1371—1—2011标准, 全部达到3级。探伤部位为所有加工表面。

## 2 铸件工艺分析

由于该托轮断面厚大, 凝固时间长, 壁厚中心及热节处石墨形态易恶化, 易产生缩孔、缩松缺陷。铸件材质为QT700—2, 基体组织主要为珠光体, 强度要求高。铸件要求超声波探伤及着色探伤, 生产制造难度极大。

为生产出合格的铸件, 采用ProCAST模拟软件对球铁托轮的凝固过程及温度场进行数值模拟, 预测缺陷可能出现的部位并采取相应改进措施。

## 3 铸造及熔炼工艺设计

### 3.1 铸造工艺设计

浇注系统采用底注式, 并采用挡渣装置进行挡渣。顶部使用保温冒口, 冒口圆周均布, 交错摆放, 保证铸件得到均匀补缩。冷铁设置于托轮内外圆, 调整其厚度保证铸件均衡凝固, 避免铸件产生缩孔缩松缺陷。托轮原工艺方案如图2所示, 原工

作者简介:

岳建国(1985—), 男, 工程师, 学士, 主要从事耐磨材料及球墨铸铁铸造工艺设计工作。E-mail: yuejianguo1985@163.com

通讯作者:

沈 闯, 男, 高级工程师, 硕士。E-mail: shenchuang07@163.com

中图分类号: TG172

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2020)02-0209-03

收稿日期:

2019-02-14 收到初稿,  
2019-03-13 收到修订稿。

艺方案的数值模拟结果如图3所示。根据图3的模拟结果,铸件本体显示有缩松缩孔缺陷。为了消除这些铸造缺陷,加大了外圆中层冷铁的直径,以增强冷铁激冷效果,而且内圆顶部增加补贴,增大了补缩通道。改进后的工艺方案如图4所示。

改进工艺后的数值模拟结果如图5所示,缩松缩孔主要集中于冒口内部,铸件本体则无任何缺陷显示。

上述结果表明,冷铁的合理设置可以加快铸件冷却速度,而且冷铁与冒口的合理搭配可以改善补缩效果,大大降低铸件出现缩孔缩松缺陷的几率。

### 3.2 熔炼工艺设计

托轮的化学成分要求如表1所示。按计算得出的配比加入优质生铁、纯净的废钢,送电熔化,升温至一定温度取样、进行炉前成分分析,根据分析结果调整铁液成分到目标范围内。铁液升温至1 500 °C过热适当时间。

球化前铁液的温度应控制在1 350~1 380 °C之间。孕育剂总量根据含硅量确定,孕育以接近浇注为原则,以便增加石墨球数,提高球化级别。球化处理采用喂线法处理工艺,球化剂加入量准确易控制,同时可有效提高铸件综合力学性能<sup>[3-4]</sup>。浇注温度为1 330~1 360 °C,应尽可能缩短球化后至浇注前的停留时间,同时浇注后及时对冒口进行维护。

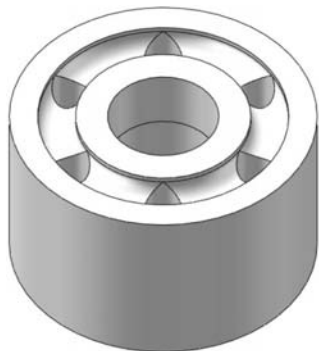


图1 托轮结构图

Fig. 1 3D Roller structure diagram

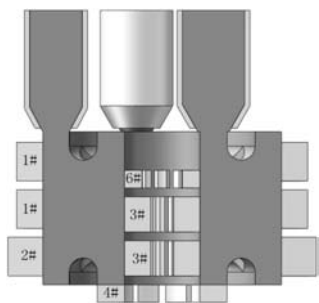


图2 托轮原工艺方案

Fig. 2 The original casting process of roller

## 4 铸件质量检测

对托轮铸件进行粗加工后,进行超声波探伤和着色探伤,未发现超标缺陷。铸件粗加工后如图6所示。

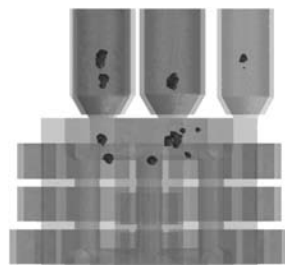


图3 原工艺方案数值模拟结果

Fig. 3 Simulation results of original casting process

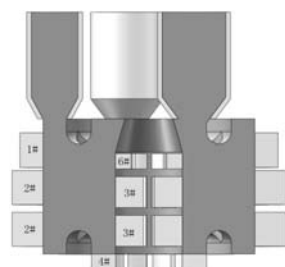


图4 托轮改进后的工艺方案

Fig. 4 The improved casting process

表1 托轮的化学成分要求

Table 1 Chemical composition requirements of roller  $w_B$  /%

C	Si	Mn	S	P	Mg	RE
3.2~3.6	1.6~2.0	0.5~0.6	<0.05	<0.02	0.04~0.06	0.01~0.03

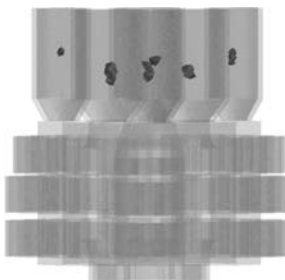


图5 改进工艺后数值模拟结果

Fig. 5 Simulation results of improved casting process



图6 托轮铸件

Fig. 6 Rough machined roller casting

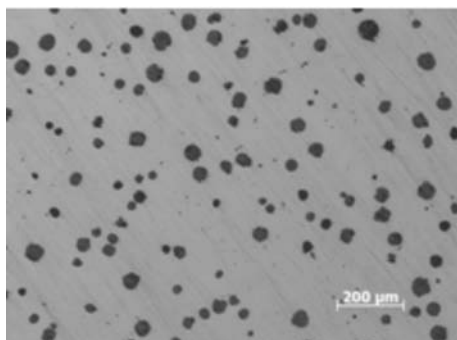
为测试力学性能，浇注了附铸试块，厚度为70 mm。从附铸试样上取样进行力学性能检测，完全满足技术要求。力学性能如表2所示，表中所有数值为3个试样的平均值。

从附铸试样上取样进行组织分析，球化率90%，石墨大小5~6级，基体组织主要为珠光体。金相组织如图7所示。

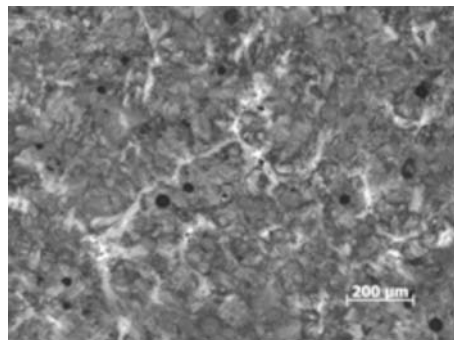
表2 托轮试块的力学性能

Table 2 The mechanical properties of cast-on sample

	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	硬度HBW	备注
目标值	> 380	> 650	> 1	225 ~ 305	附铸
实测值	494	753	3	257	附铸



(a) 试样未腐蚀



(b) 试样腐蚀后

图7 托轮试块金相组织

Fig. 7 Microstructure of cast-on sample

## 5 结束语

通过数值模拟优化铸造工艺方案，选用优质原辅材料，喂线法球化处理、强化孕育处理等一系列工艺措施，获得了完全满足客户要求的托轮球铁铸件。

### 参考文献：

- [1] 孙鑫志, 王话, 孙爱新, 等. 大型回转窑托轮铸造工艺的改进 [J]. 铸造, 2016, 65 (6): 577-579.
- [2] 刁晓刚. 厚大断面球铁石墨析出行为及其铸件的物理模拟研究 [D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [3] 张铁军, 杨静, 李培杰. 喂线法孕育在铸铁中的应用 [J]. 铸造, 2005, 54 (6): 587-590.
- [4] 姚成方, 李明, 张行河, 等. 冲入法与喂线法球化处理工艺对比 [J]. 现代铸铁, 2011 (4): 29-31.

## Production Practice of Heavy Section Ductile Iron Roller

YUE Jian-guo, YUE Wei-guo, SHEN Chuang, DIAO Xiao-gang, WANG Ting-yong, WEI Wei  
(CITIC HIC Heavy Cast-Iron Metal Foundry Co., Ltd., Luoyang 471003, Henan, China)

### Abstract:

This article introduces the casting process and production practice of heavy section ductile iron roller. In the process of casting process design, numerical simulation software ProCAST was used to predict the casting defects, and based on the simulation results, the layout of risers and chills was adjusted. By using high quality pig iron and pure scrap steel, and adopting reasonable spheroidizing temperature and pouring temperature, high quality roller castings with sound microstructure and excellent mechanical properties have been obtained.

### Key words:

heavy section; ductile iron; numerical simulation; casting process; production practice