

厚大断面球墨铸铁尾架的研制

魏伟^{1, 2, 3}, 沈闯^{1, 2, 3}, 张磊磊^{1, 2, 3}, 李伟东⁴, 郭庆福^{1, 2, 3}, 刁晓刚^{1, 2, 3}, 于志斌^{1, 2, 3}

(1. 中信重工机械股份有限公司, 河南洛阳 471039; 2. 智能矿山重型装备全国重点实验室, 河南洛阳 471039; 3. 中信重工洛阳重铸铁业有限责任公司, 河南洛阳 471039; 4. 洛阳双瑞精铸钛业有限公司, 河南洛阳 471023)

摘要: 尾架是高压压铸机的重要部件之一, 重16.8 t、最大壁厚大于400 mm。通过数值模拟软件优化铸造工艺, 采用喂线法球化处理, 多级孕育处理, 试制了厚大断面球墨铸铁尾架铸件。结果表明, 尾架铸件各项力学性能均达到了QT500-7材料标准的要求, 铸件质量完全满足无损检测技术要求。

关键词: 厚大断面; 球墨铸铁; 尾架; 铸造工艺; 力学性能

球墨铸铁因其成本低廉、工艺简单, 已成为一种重要的金属材料。随着工业装备向大型化、重型化发展, 与铸钢件、某些锻钢件及其他材料相比, 厚大断面球墨铸铁展现出了独特的优势^[1]。目前, 厚大断面球墨铸铁件已成功应用于端盖、风电主轴、轴承座、齿轮、蝶板、平台、托轮等部件^[2-8]。

压铸机是在压力作用下把熔融金属液压射到模具中冷却成形, 开模后得到固体金属铸件的一系列工业铸造机械。随着科学技术和工业生产的进步, 尤其是随着汽车、摩托车以及家用电器等工业的发展, 压铸技术已获得极其迅速的发展。压铸机主要由合模机构、压射机构、液压系统和电力控制系统等部分组成。

高压压铸机是笔者公司重点产品。尾架作为某型号高压压铸机合模机构的重要组成部分, 是保证模具可靠启闭、影响产品精度的主要部件, 其质量对整机的稳定运转具有重要影响。

尾架材质QT500-7, 质量16.8 t, 整体轮廓呈“开”字形、侧面轮廓呈“L”形, 铸件尺寸4 820 mm × 3 890 mm × 795 mm, 最小壁厚100 mm、最大壁厚大于400 mm, 铸件探伤要求高, 为笔者公司近年来生产的大型、异形结构的厚大断面球铁铸件之一, 也是笔者公司首次生产的大型压铸机球铁尾架(图1)。铸件尺寸要求严格, 未注尺寸公差按GB/T 6414—2017 CT 11级执行; 全身加工面要求100%超声

作者简介:

魏伟(1987-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事铸铁件、耐磨铸件技术研究及管理工作。E-mail: dcweiwei@163.com

中图分类号: TG255

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2023)08-1051-05

收稿日期:

2023-01-19 收到初稿,
2023-04-15 收到修订稿。

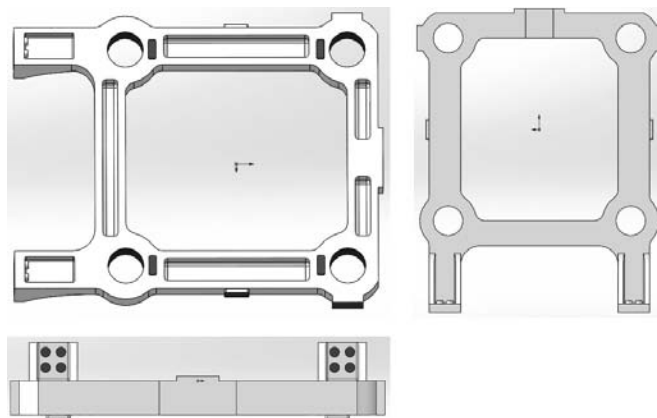


图1 尾架铸件三维图

Fig. 1 3D drawing of the tailstock casting

波探伤依据GB/T 34904—2017中3级执行；要求铸件内部无缺陷，制造难度极大。

1 铸造工艺

采用实样+芯盒的方式，两箱造型。外模采用“整体消失模实样+三合板底板”组合制作。外模设置拉筋，造型过程中去除，防止模型转运过程中变形。为便于起模，铸件“开”字形放平、凸出部分向下摆放，主体部分置于下箱、凸台部分做成活块。四个轴孔采用对开芯盒。

冒口使用保温冒口，依据铸件壁厚选用不同规格的冒口，以改善铸件补缩效果。上箱设置适量出气孔。

浇注工艺设计为底注、开放式，浇注系统选用瓦筒。横浇道置于铸件内侧，横浇道与直浇道之间通过十字过渡浇道连通；内浇道使用弯管，四周均布分散引入铁液。使用挡渣装置，改善铁液充型质量。

因壁厚中心或热节区域凝固时间长，厚大断面球墨铸铁易出现石墨漂浮、组织粗大、石墨畸变等缺陷。铸件厚大断面区域合理布局冷铁，可加快铸件局部冷却速度，平衡铸件壁厚差引起的热节效应，改善铸件凝固质量。综合考虑，在铸件厚大断面区域设置冷铁，在三合板底板分区标记冷铁摆放区域及规格。

型砂和芯砂选用酚醛改性呋喃树脂自硬砂制作。增强型砂强度和砂箱的刚度，降低砂型退让量，有益于石墨化膨胀自补缩作用的充分发挥，提高铸件内部组织致密度，抑制缩孔缩松的出现。

数值模拟铸件凝固过程包括三维建模、网格划分、初始条件和边界条件设定、最终状态设置、模拟运算及结果显示等环节。结合固相比例和凝固时间可以估测铸件不同区域凝固顺序。以 $X-Z$ 方向和 $Y-Z$ 方向铸件厚大断面典型区域为观察对象，选取铁液充满铸型开始至设定状态结束的代表性图片。 $X-Z$ 方向断面剖切冒口； $Y-Z$ 方向断面一侧未剖切冒口，一侧剖切冒口。

铸件凝固模拟过程如图2所示。由图2a可见，在 $X-Z$ 方向，铸件摆放冷铁的区域凝固速度快，铸件凝固方向逐步由下部厚大断面区域向上部冒口转移，无独立液相区。由图2b可见，在 $Y-Z$ 方向，铸件摆放冷铁的区域凝固速度较快，铸件凝固方向逐步由下部厚大断面区域向上部转移；左侧凝固最晚区域集中于区域上部，但最终凝固时间大大早于右侧较厚区域。从模拟过程看，整体上最后凝固区域集中于冒口，冒口起到较好的补缩效果，凝固顺序符合工艺预期。

铸件凝固模拟结果如图3所示。由图3可见，缩孔缩松呈现点状、分散分布，单个面积较小，铸件出现质量风险较低。由于球墨铸铁共晶凝固温度范围较宽，若铸型刚度足够、球化孕育效果良好、浇注温度合适、操作过程控制得当，可充分借助球墨铸铁共晶阶段石墨化膨胀的自补缩作用，铸件最终出现缩孔缩松的机率较小。因此，该工艺方案整体是合理可行的。

2 熔炼及球化处理工艺

尾架化学成分如表1所示。炉料选用Q10生铁、优质废钢和回炉料。废钢中不得混有密封容器、易燃物、爆炸物和有毒物。回炉料使用同材质的浇冒口及废品，添加比例控制在一定范围内。废钢、生铁及回炉料应清洁少锈无油污。

选用30 t铁液包。铁液包设置挡渣装置，使用前充分烘烤。铁液由30 t中频无芯感应电炉熔炼获得。熔炼时，按照废钢、生铁、回炉料的顺序依次加入。铁液熔清后，扒渣、微调成分，升温至1 500 ℃以上过热，保温5~10 min；之后在炉中自然降温至1 410~1 450 ℃扒渣出炉。出铁前随流添加硅钡孕育剂。

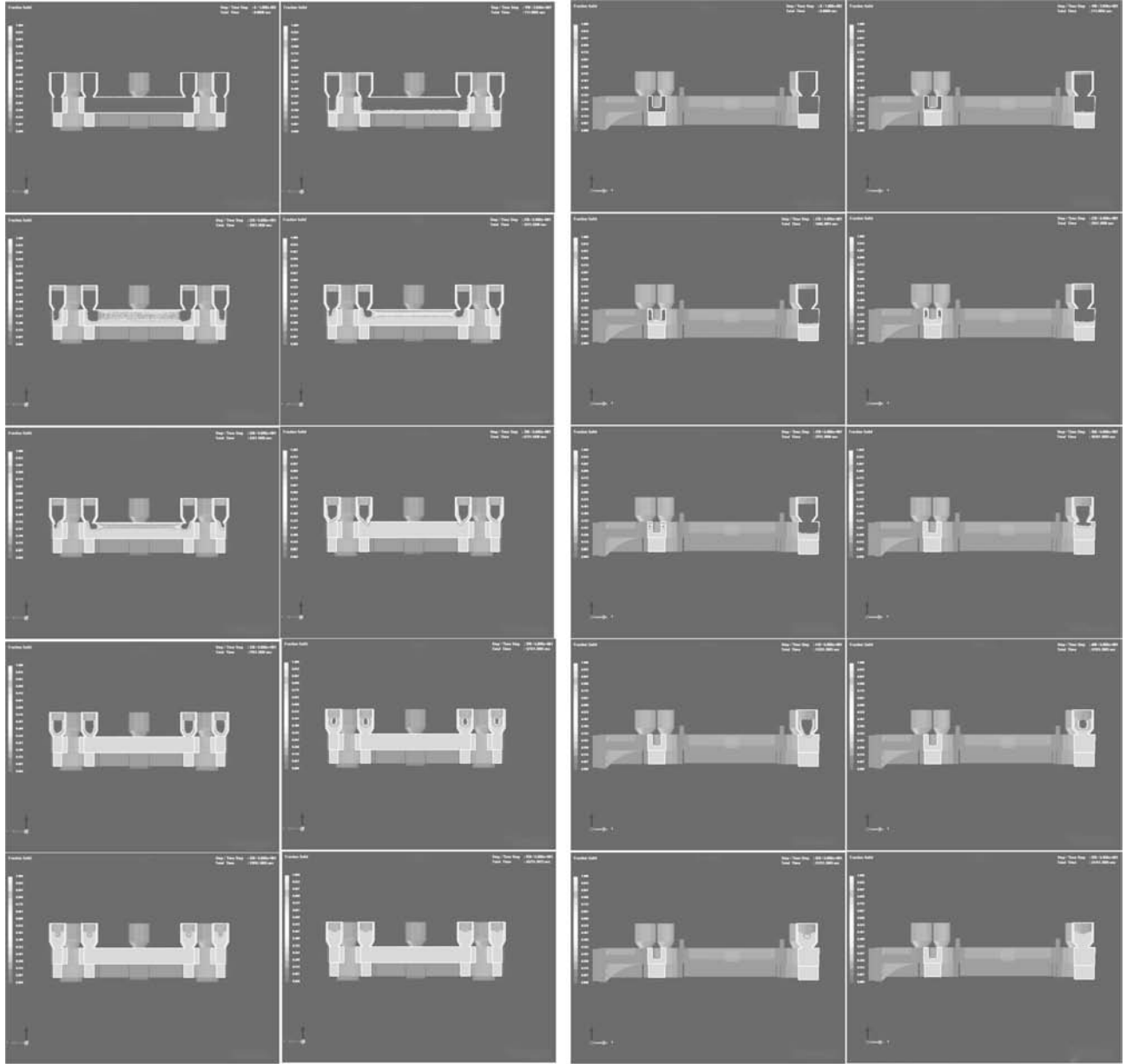
球化处理选用喂线法处理，同时进行孕育处理。球化处理开始温度1 350~1 390 ℃。球化处理后迅速扒净铁液表面浮渣，覆盖好保温覆盖剂以隔绝空气，避免出现二次氧化及回硫^[9]。确保铸型型腔干净，没有掉砂及其他杂物；浇注前充分烘烤型腔。选用堤坝式浇口箱，浇口箱内放置硅铁孕育块。

使用30 t铁液包单包浇注，浇注温度1 300~1 340 ℃。合理安排生产流程，严格控制整个生产过程中的每一个环节，球化结束至浇注完毕控制在25 min以内。浇注完成后，冒口加覆盖剂覆盖。

球墨铸铁质量评价的三大指标是球化率、石墨球大小及数量。球墨铸铁生产中以获得尺寸较小、数量多、分布均匀、圆整度高的石墨球为目标^[10]。为改善铸件质量，采用多级孕育尤其后期孕育，可改善孕育效果。

3 生产验证

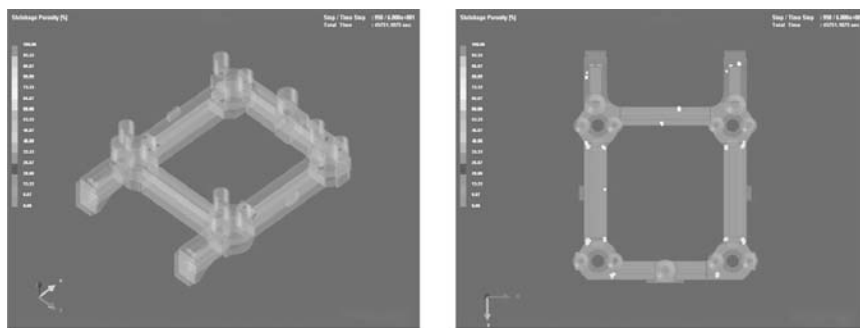
按照上述工艺生产的尾架铸件如图4所示。铸件依据GB/T 34904—2017标准进行超声波探伤，铸件质量完全满足技术要求。从附铸试样取样进行力学性能测试和金相分析。附铸试块力学性能完全满足技术要求，见表2。附铸试块球化率90%，石墨大小6级；基体由铁素体和珠光体组成，珠光体含量5%左右。微观组织见图5。



(a) X-Z方向

(b) Y-Z方向

图2 铸件凝固过程
Fig. 2 Casting solidification process



(a) 侧视

(b) 俯视

图3 铸件缩松缩孔分布图
Fig. 3 Simulation result of porosity

表1 尾架铸件的化学成分
Table 1 Chemical composition of the tailstock casting

							$w_B/\%$
C	Si	Mn	S	P	Mg	RE	
3.3~3.7	1.9~2.3	0.3~0.6	≤ 0.02	≤ 0.04	0.04~0.06	0.01~0.03	

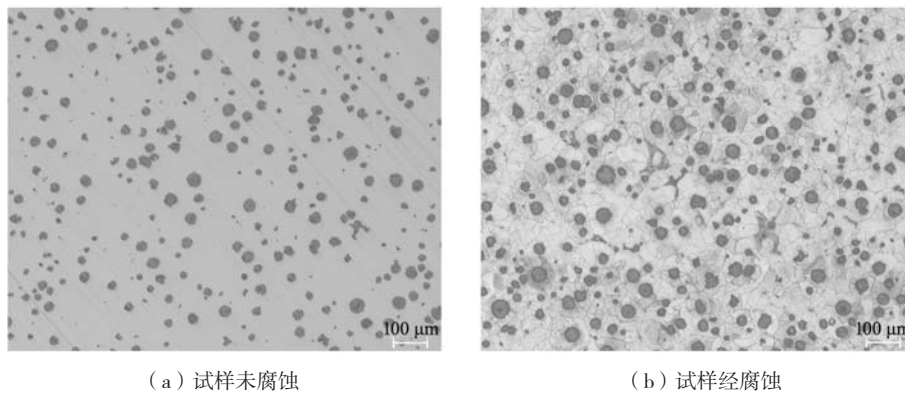


图4 尾架铸件毛坯图片
Fig. 4 Photo of the casting blank

表2 尾架铸件的力学性能
Table 2 Mechanical properties of the tailstock casting

项目	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%	硬度HB
要求值	≥ 420	≥ 290	> 5	170~230
实测值	485	347	10	190

注：所有数据均为3个试样的平均值。



(a) 试样未腐蚀

(b) 试样经腐蚀

图5 尾架铸件金相组织
Fig. 5 Microstructure of the tailstock casting

4 结束语

随着大型压铸机的快速发展，压铸机铸件的需求量日益增多。一套产品质量稳定、经济有效、切实可

行的工艺方案，可保障大型压铸机在服役周期内的稳定高效运转，同时为开发其他领域大型球铁件积累丰富的经验。

参考文献:

- [1] 吴德海. 球墨铸铁 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [2] 刁晓刚, 魏伟, 沈闯, 等. 厚大断面球墨铸铁端盖的生产实践 [J]. 铸造, 2019, 68 (1): 71-74.
- [3] 尤明. 大型风电主轴球铁铸件的生产工艺和质量控制 [J]. 现代铸铁, 2012 (6): 23-25.
- [4] 沈闯, 刁晓刚, 何伟鑫, 等. 厚大断面球墨铸铁轴承座的生产实践 [J]. 铸造, 2018, 67 (5): 382-384.
- [5] 瞿铁, 刁晓刚, 魏伟, 等. 厚大断面球墨铸铁齿轮铸件的研制 [J]. 铸造, 2023, 72 (3): 315-319.
- [6] 沈闯, 刁晓刚, 魏伟, 等. 特大型球墨铸铁蝶板的生产实践 [J]. 铸造, 2018, 67 (7): 622-625.
- [7] 沈闯, 刁晓刚, 王臆皓, 等. 大型球墨铸铁平台的生产实践 [J]. 铸造, 2019, 68 (4): 1121-1124.
- [8] 岳建国, 岳卫国, 沈闯, 等. 厚大断面球墨铸铁托轮的生产实践 [J]. 铸造, 2020, 69 (2): 209-211.
- [9] 贾志欣, 李继强, 宋贤发, 等. CAE分析在三板式注塑机用百吨级球墨铸铁定模板开发中的应用 [J]. 铸造, 2014, 63 (5): 461-464.
- [10] SHIEH C S, DIN T A, LUI T S, et al. Effect of nodule size and silicon content on tensile deformation behavior of austempered spheroidal graphite cast iron at elevated temperatures [J]. AFS Transactions, 1993, 133: 365-371.

Research on the Heavy Section Ductile Iron Tailstock

WEI Wei^{1, 2, 3}, SHEN Chuang^{1, 2, 3}, ZHANG Lei-lei^{1, 2, 3}, LI Wei-dong⁴, GUO Qing-fu^{1, 2, 3}, DIAO Xiao-gang^{1, 2, 3}, YU Zhi-bin^{1, 2, 3}

(1. CITIC Heavy Industries Co., Ltd., Luoyang 471039, Henan, China; 2. State Key Laboratory of Intelligent Mining Heavy Equipment, Luoyang 471039, Henan, China; 3. Foundry Branch, CITIC Heavy Industries Co., Ltd., Luoyang 471039, Henan, China; 4. Luoyang Shuangrui Precision Casting Titanium Co., Ltd., Luoyang 471023, Henan, China)

Abstract:

The tailstock is one of the important parts of high-pressure die casting machine, with weight of 16.8 t and maximum wall thickness more than 200 mm. Through optimizing the casting process by using the numerical simulation software, using of wire feeding nodulizing and multi-stage inoculation treatment, the heavy section ductile iron tailstock casting was trial produced. The results of the tailstock casting inspection show that all mechanical properties meet the requirements of QT500-7 grade nodular iron, and the quality of the tailstock casting is fully in conformity with the technical requirements of nondestructive testing.

Key words:

heavy section; ductile iron; tailstock; casting process; mechanical properties
