

厚大断面球墨铸铁端盖的生产实践

刁晓刚, 魏 伟, 沈 闯, 俞志明, 王臆皓, 于志斌

(中信重工洛阳重铸铁业有限责任公司, 河南洛阳 471039)

摘要: 介绍了单重22.6 t、最大壁厚超过200 mm、牌号为QT500-7的球铁端盖铸件的生产实践。通过ProCAST 模拟软件优化铸造工艺, 合理采用保温冒口和冷铁, 选用优质炉料, 选择合适的化学成分和铁液温度, 采用喂线球化处理和孕育处理, 获得了合格的铸件。铸件检验结果表明: 各项力学性能均达到了QT500-7材料标准的要求, 铸件质量完全符合无损检测技术要求。结果表明, 该生产工艺可行。

关键词: 厚大断面; 球墨铸铁; 端盖; 喂线球化; 力学性能

球墨铸铁因其成本低廉、工艺简单, 30多年来其产量获得了迅速增长。20世纪70年代, 厚大断面球墨铸铁件开始应用于生产实践。随着电力、矿山机械、轨道交通、航空航天、石化等行业装备朝着大型化、重型化方向发展, 厚大断面球铁迎来了广阔的发展空间。目前, 厚大断面球墨铸铁件广泛地应用于大型磨机磨盘、大型汽轮机缸体、大型注塑机模板、大型车床花盘等重要部件^[1-4]。

厚大断面球墨铸铁件通常因其壁厚大, 热节部分或中心部位冷却速度缓慢, 凝固时间长, 常出现球化衰退、石墨漂浮、石墨畸变等缺陷, 导致铸件力学性能降低。

端盖是磨机的重要组成部分。我公司生产的厚大断面球铁端盖为出口磨机配套产品, 材质为QT500-7, 铸件单重22.6 t。该端盖结构为外方设计, 与公司常规端盖结构差别较大, 其结构较复杂。该端盖大端面设计10道筋板, 增加了造型操作难度, 且尺寸精度难以保证。该端盖断面壁厚厚薄不均, 筒体最小壁厚160 mm、最大壁厚超过200 mm, 铸造工艺性差, 铸件局部难以补缩, 出现缩孔、缩松倾向大。铸件加工表面需进行100%超声波探伤和100%磁粉探伤, 依据EN12680-3和EN1369进行验收, 要求达到2级。端盖铸件三维图见图1。

1 铸造工艺设计及优化

为了便于快速充型、降低劳动强度, 在大端面朝下的基础上制定铸造工艺。

采用三箱造型。砂型采用酚醛改性呋喃树脂自硬砂; 涂料使用醇基涂料。冒口置于上箱、铸件置于中箱、内浇道置于下箱。使用专用砂箱, 保证铸型的刚度, 充分发挥球墨铸铁凝固时石墨膨胀而产生的自补缩作用。

外模采用实样结构, 保证铸件尺寸精度。在中箱砂芯相应位置做出定位标记, 确保筋板、凸台位置准确。

浇注系统设计为底注、开放、内浇道分散式, 缩短铁液流程。同时使用挡渣装置, 保证铁液平稳充型、避免氧化渣卷入型腔。借助冷铁消除因壁厚差过大带来的热节效应, 避免厚大断面出现缩孔、缩松缺陷, 同时促进石墨化膨胀提前发生, 强化自补缩效果^[5]。选用保温冒口加强对铸件的补缩, 使夹渣、缩孔、缩松等缺陷集中

作者简介:

刁晓刚(1982-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事铸造工艺研究及管理工作。E-mail: xgdiao@126.com

中图分类号: TG 255

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2019)01-0071-04

收稿日期:

2018-09-14 收到初稿,
2018-09-29 收到修订稿。

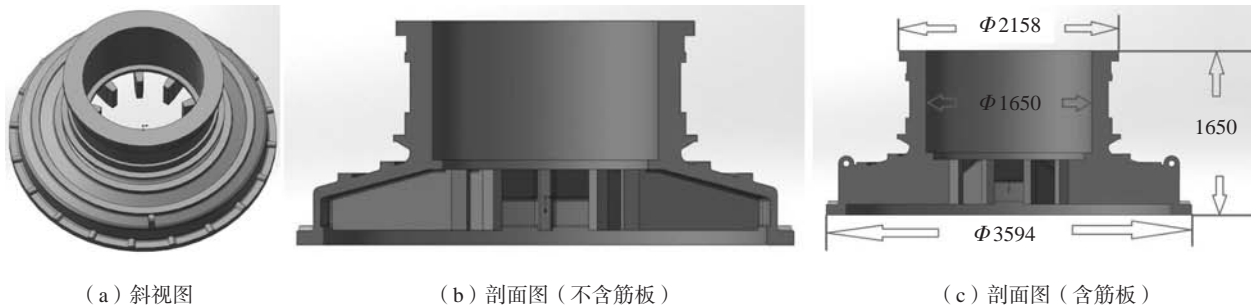
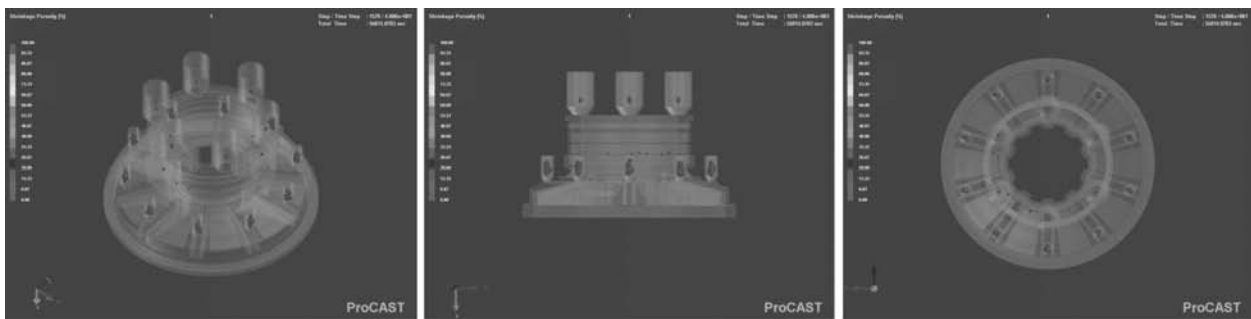


图1 端盖铸件三维图

Fig. 1 3D drawings of end cover casting



(a) 斜视图

(b) 主视图

(c) 俯视图

图2 端盖铸件缩孔缩松分布图

Fig. 2 Shrinkage cavity and porosity distribution of end cover casting

于冒口。

工艺方案确定后,借助ProCAST数值模拟软件多次优化工艺方案,可缩短铸件试制周期,降低生产成本。图2为端盖铸件凝固最终形成的缩孔缩松分布图。从图2中可以看出,缩孔缩松主要集中于保温冒口内部,仅在冷铁间隙有点状显示。而在实际生产中,内浇道对铸件也会进行补缩,故该工艺方案总体上是可行的。

2 熔炼及球化处理工艺

2.1 化学成分设计

提高碳含量,促进镁的吸收,同时缩短碳的扩散距离,增加石墨球数。碳含量过高,石墨会过早地析出长大。从改善铸造性能考虑,铁液碳当量通常选择在共晶点附近^[6]。

硅促进石墨化,固溶强化铁素体。铁液的终硅量取决于原铁液硅含量及球化孕育处理带入的硅量^[6]。球铁中硅含量偏高,促进碎块状石墨的形成。文献[7]指出厚大断面球铁中硅含量控制在1.8%~2.2%,可有效防止碎块状石墨的出现。陈冰廷等^[8]指出,在总硅量固

定时,若在孕育时加入较多的硅,可细化石墨、提高石墨球圆整度。

锰是碳化物形成元素。锰可以稳定珠光体并使其细化。锰含量过高,形成的碳化物易呈网状偏析于共晶团边界。锰与硅复合作用形成的反白口组织易使铸件出现缩松缺陷^[9]。

硫是干扰石墨球化的表面活性元素^[2]。硫含量过高,消耗过多球化剂而导致球化不良,同时造成夹杂物的数量增多,尤其在厚大断面球铁中还易出现因石墨析出过早导致的缩孔缩松倾向增大的现象^[10]。硫含量过低,影响石墨形核。

磷极易偏析。干田昭夫^[11]认为偏析到共晶团边界的磷共晶易成为珠光体核心,促进珠光体在晶界形成,从而降低球铁的塑韧性。磷含量高,易出现缩松、冷脆,因而其含量应越低越好。磷一般是随金属炉料进入球铁中。

镁含量过低,易出现球化不良,在厚大断面及热节处尤为明显。镁含量过高,促进铁液白口化,增大缩孔出现的机率,增加浮渣的生成量。厚大断面球墨铸铁残余镁量一般控制在0.04%~0.06%。

稀土元素属于反石墨化元素。稀土可以脱氧、去硫。适量稀土可中和干扰元素对球化的负面影响。残留稀土量过高,组织中会出现异形石墨和富集于晶界的碳化物。

端盖铸件的化学成分见表1。

2.2 球化处理

合格的铁液是获得优质的厚大断面球墨铸铁件的前提,因此要选择优质原辅材料,从源头控制硫、磷及微量元素含量。生铁中微量元素含量低,形成的晶界夹杂少,有利于改善球墨铸铁的塑韧性^[12]。在石墨球圆整度、大小及基体达到最优匹配状态时,晶间夹杂就成为决定其性能的关键因素^[13]。因此,生铁选用优质高纯生铁,占总炉料的70%。生铁中所有微量元素之和不大于0.1%。废钢选用成分稳定的优质碳素钢,占总炉料的30%。增碳剂选用低硫增碳剂。

采用中频感应电炉熔炼。铁液成分调整至合适范围内,炉内温度升至1 500 ℃以上过热,保温5~10 min。高温静置处理通过铁液“自脱氧”反应,降低铁液氧化倾向。随后在炉中自然降温,温度控制在1 400~1 440 ℃扒渣出炉。

球化处理采用喂线法,同时进行孕育处理,球化处理开始温度1 360~1 390 ℃。球化包芯线选用直径13 mm的高镁型球化线。孕育包芯线选用直径13 mm的硅铁合金型孕育线。球化处理后铁液表面覆盖适量草木灰以集渣、保温,随后扒渣。浇注温度1 330~1 360 ℃。孕育效果直接影响石墨球的大小、数目和圆整度。但孕育过量,石墨形态会恶化,故应适度强化孕育。浇注过程中加入0.1%的硅钡孕育剂进行随流孕育。浇注过程中坚持“慢-快-慢”的原则,尽可能减少高温铁液与大气的接触时间,减少氧化渣生成量。图3为熔炼浇注现场。

3 铸件组织及力学性能

从铸件中取附铸试块,进行力学性能检测及组织分析。力学性能检测结果见表2,所有数据均为3个试样的平均值,可见附铸试块力学性能完全满足技术要求。附铸试块金相组织见图4。附铸试块球化率达到95%以上,石墨大小6级;基体由铁素体和少量珠光体组成。

铸件依据EN12680-3和EN1369标准进行100%超声波探伤及磁粉探伤,铸件质量完全满足技术要求。图5为铸件成品。

4 结论

(1) 合理的铸造工艺设计可以降低劳动强度,保

表1 端盖铸件的化学成分

Table 1 Chemical composition of end cover castings $w_B/\%$

C	Si	Mn	S	P	Mg	RE
3.4~3.7	2.0~2.3	≤0.5	≤0.02	≤0.05	0.04~0.06	0.01~0.03



(a) 球化

(b) 浇注

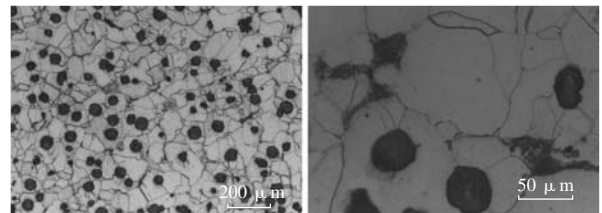
图3 端盖铸件熔炼浇注现场

Fig. 3 Photos during smelting and pouring of end cover casting

表2 端盖铸件的力学性能

Table 2 Mechanical properties of end cover casting

	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	515	390	15	207



(a) 低倍

(b) 高倍

图4 端盖铸件金相组织

Fig. 4 Microstructure of end cover casting



图5 端盖铸件成品

Fig. 5 Photos of finished end cover casting

证铸件尺寸精度。

(2) 专用砂箱可以保证铸型刚度, 充分发挥石墨膨胀而产生的自补缩作用。

(3) 冷铁可消除因壁厚差过大带来的热节效应, 同时促进石墨化膨胀提前发生, 强化自补缩效果。

(4) 采用底注、开放、内浇道分散式浇注系统, 使用保温冒口, 可保证铸件凝固质量, 降低铸件本体缩孔缩松出现的机率。

(5) 数值模拟可缩短厚大断面球铁铸件的生产试制周期, 降低生产成本。

(6) 厚大断面球铁铸件生产中要选择优质原辅材料, 从源头控制硫、磷及微量元素含量。

(7) 采用喂线法球化处理、适度强化孕育是获得优质合格铁液的重要保障。

参考文献:

- [1] 尤明. 喂线法球化处理大型球墨铸铁磨盘铸件 [J]. 铸造, 2014, 63 (5): 504-506.
- [2] 王强, 吴铁明, 蒋毓良. 1000 MW二次再热汽轮机特大型球墨铸铁件中压外缸的铸造 [J]. 铸造, 2016, 65 (5): 424-427.
- [3] 宋贤发, 贾志欣, 傅明康, 等. 百吨级注塑机模板球墨铸铁件的生产 [J]. 铸造, 2014, 63 (8): 819-823.
- [4] 袁洪志. 高强度厚大断面球墨铸铁花盘的铸造工艺设计 [J]. 金属加工 (热加工), 2012 (11): 30-32.
- [5] 李小娟, 时胜利, 付永晟, 等. 大断面球墨铸铁件的质量控制措施 [J]. 铸造技术, 2007 (10): 1 383-1 385.
- [6] 中国机械工程学会铸造专业学会. 铸造手册 第1卷铸铁 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [7] 蒋云峰, 张香杰, 陈祥坤. 大断面高伸长率球墨铸铁的熔炼 [J]. 机械工人, 2004 (2): 35-37.
- [8] 陈冰廷, 贾秀梅, 朱永恒, 等. 具有厚大断面的大型球墨铸铁铸件的生产 [J]. 莱钢科技, 2007 (6): 58-60.
- [9] 盖志宏, 刘全荣, 孙新明. 大断面铸态球墨铸铁支撑架的工艺实践 [J]. 铸造, 2013, 62 (4): 346-348.
- [10] 周启明. 防止球墨铸铁件缩孔、缩松方法的新进展 [J]. 现代铸铁, 2012 (5): 79-84.
- [11] 干田昭夫. 铸态铁素体球墨铸铁 [J]. 铸锻造与热处理, 1981, 34 (12): 1-9.
- [12] 钱立, 王峰. 灰铸铁、球墨铸铁中的微量杂质元素 [J]. 现代铸铁, 2014 (2): 86-88.
- [13] 李冬琪, 徐德民, 于海生. 高端球墨铸铁件的研制与应用 [J]. 现代铸铁, 2015 (5): 26-31.

Production Practice of Heavy Section Ductile Iron End Cover Casting

DIAO Xiao-gang, WEI Wei, SHEN Chuang, YU Zhi-ming, WANG Yi-hao, YU Zhi-bin
(CITIC HIC Heavy Cast-Iron Metal Foundry Co., Ltd., Luoyang 471039, Henan, China)

Abstract:

This paper introduces the production practice of the ductile iron end cover castings with single weight of 22.6 t, the maximum wall thickness of over 200 mm and the material grade of QT500-7. Through optimizing the casting process by using the ProCAST simulation software, adopting the insulating risers and chills reasonably, selecting high quality raw materials, determining suitable chemical composition and molten iron temperature, using the wire feeding spheroidization and inoculation treatment, the qualified end cover castings have been obtained. The inspection results of castings show that all mechanical properties of the castings meet the requirements of QT500-7 ductile iron, and the quality of castings is fully in conformity with the technical requirements of nondestructive testing. The results show that the production process is feasible for the end cover castings.

Key words:

heavy section; ductile iron; end cover; wire feeding spheroidization treatment; mechanical properties
