DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.05.014

大型球铁件生产技术及应用

陈永成[1,2]

(1.广东中天创展球铁有限公司,广东英德 513000;2.广东省高性能大型铸件制造及模拟工程技术研究中心,广东英德 513000)

摘　要:阐述了大型球铁件在铸造工艺方面和熔炼工艺方面的技术参数难点以及工艺参数的选择控制方法,在3 500 t注塑机二板、意大利陶瓷机械底座进行了生产应用和验证。结果表明,只有通过合理优异的铸造工艺设计以及合理的熔炼工艺,控制好生产过程中各个环节的工艺控制节点和参数,才可以稳定生产出力学性能、金相组织合格的大型球铁件。

关键词:大型球铁件;铸造工艺;熔炼工艺;力学性能;金相组织

中图分类号:TG255　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)05-0482-04

Production Technology and Application of Large Ductile Iron Casting

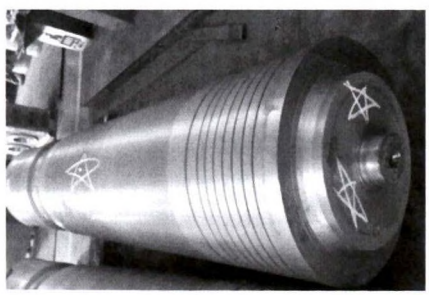
CHEN Yongcheng[1,2]

(1. Guangdong Zhongtian Chuangzhan Ductile Iron Co., Ltd., Yingde 513000, China; 2. Guangdong Research Center for High Performance Large Castings Manufacturing and Simulated Engineering Technology, Yingde 513000, China)

Abstract: The technical parameter difficulties in casting process and smelting process of large ductile iron parts and the selection and control method of technological parameters were described. In 3 500 tons of injection molding machine second plate, Italian ceramic mechanical base for the production and application and verification. The results show that only through reasonable and excellent casting process design and reasonable melting process, controlling the process control nodes and parameters of each link in the production process, can the large ductile iron parts with qualified mechanical properties and microstructure be produced stably.

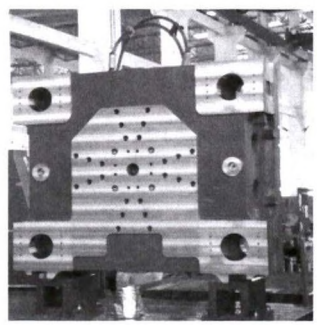
Key words: large ductile iron casting; casting technology; smelting technology; mechanical properties; microstructure

随着设备大型化、高效率、高强度和高精密的趋势,对大型球铁件的需求越来越多,一些原以铸钢、锻钢、焊接方式的零件,也改用球铁来生产,我司客户对此类产品需求也不断增加。如大型工程机械柴油机打桩机活塞(图1),注塑机、压铸机机板(图2),



重量:25 t,材质:QT600-3A

图1 打桩机160型活塞
Fig.1 Piston of 160 piling machine



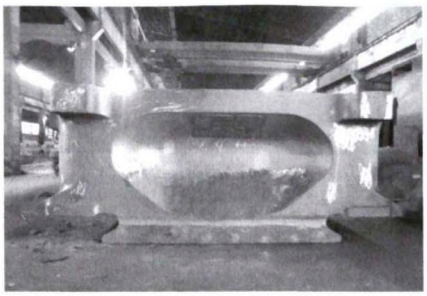
重量:48.5 t,材质:QT500-7A

图2 大型注塑机部件
Fig.2 Component of large injection molding machine

陶瓷机械上下横梁(图3),风力发电机轮毂、底座(图4),木工机械轧辊(图5),大型数控冲床(图6)等,这类零件单重大于10 t到60 t,壁厚200～1 000 mm。生产这类型铸件,具有造型、浇注过程作业困难,机械化程度不高,对生产场地,设备要求较高,铸件壁厚大,凝固时间长,组织性能变差,易产生缩孔、缩松、夹渣、石墨形态变差,异常组织、性能变差等问题。本文从铸造工艺方面和熔炼材质方面介绍大型球铁件的生产技术以及应用实例。

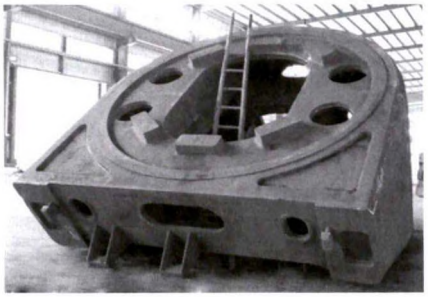
收稿日期:2019-02-19

作者简介:陈永成(1962-),广东广州人.高级工程师.主要从事公司全面管理和产品开发研究工作.
电话:07632606118,
E-mail:sdzhongtian@163.com/24613705@qq.com



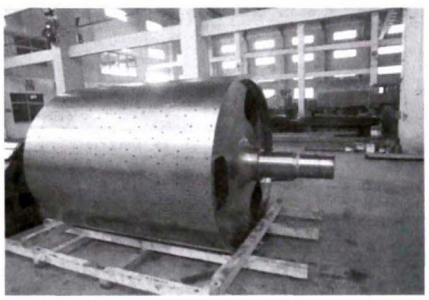
重量:20.5 t，材质: EN-GJS400-18C-RT

图 3 陶瓷机械底座
Fig.3 Ceramic mechanical base



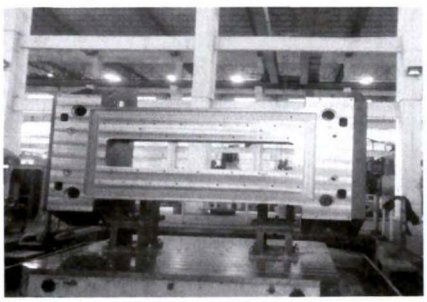
重量:32 t，材质:QT400-18AL

图 4 风电底座
Fig.4 Base of wind machinery



重量:21 t，材质:EN-GJS400-18C-RT

图 5 木工机械轧辊
Fig.5 Carpentry mechanical roll



重量:35 t，材质:QT500-7A

图 6 大型数控冲床
Fig.6 Large CNC punch

1 铸造工艺方面

1.1 造型方面

树脂砂选用高强度、发气量低的呋喃树脂，主要指标：含氮量(N)≤2.0%，水份 8%以下；砂型(芯)强度 $\sigma_b \geq 10$ kg/cm^2；砂箱刚性好，铸型吃砂量要够大，保证铸型整体刚性。

1.2 浇注系统

以采用开放或半开放加过滤器底注式或阶梯式为佳，因大型铸件尺寸较大不适宜采用顶注式雨淋式避免铁液浇注过程氧化，同时要适当加冒口作为铸件液态补缩之用。当合理化学成分和铸型刚性足够时，冒口不需要太多。

1.3 冷铁的应用

大件大壁厚要尽可能使用更多冷铁，目的是：冷铁加快表面形成硬壳，使表面组织细化、致密；加快冷却速度，使铁液缩短液态时间，减少心部开花状、碎块状、蠕虫状等石墨产生；提高铸型刚性，减少表面石墨因渗硫等现象，提高表面石墨形态。

模拟技术与经验相结合，对工程技术人员原有设计的工艺参数进行计算机模拟，对其互相比较和优化，使工艺参数更为合理、理想。

2 熔炼工艺方面

大型铸件要达到好性能，特别是好的心部组织和性能，难度十分大，主要是凝固时间长，造成石墨变得粗大、形态变差、化学成分容易偏析，且一般情况下难于通过热处理来调整组织，操作起来十分困难且风险较大，因此尽量采用铸态达到材质的要求。

2.1 原材料的选择

尽可能选用优质生铁、废钢，以 Q8、Q10 和高纯生铁为佳，特别是有低温冲击要求的，多次孕育处理；终硅量都不能超 2%情况下，原铁液低硅量是生产这类铸件的必要条件，尽可能不使用回炉料，经过一次球化处理一些微量元素亦会发生变化，建议少用回炉料为佳。

2.2 化学成分的选择

化学成分质量分数的选择：C：3.50%～3.70%，Si：2.0%～2.3%，Mn ≤0.40%，P ≤0.040%，S ≤0.025%，RE≤0.020%，Mg：0.035%~0.050%；选择原则：壁厚越大碳当量选择下限，Mn 要足够低，特别是心部易形成碳化物，造成局部加工困难。

2.3 球化剂的选择

选用合适类型的球化剂，一般选择加入中镁低稀土球化剂，适量重稀土钇(Y)，除抗球化衰退有明显作用，且残余稀土 0.02%以下为佳，或在球化剂或铁液中加入适量的锑(Sb)，亦对石墨形态改善有作用。

2.4 合金元素的加入

对于一些铁素体为基体而强度有一定要求的，

材质为:QT400 和 QT450，适当加镍和铜是可行方案。目的是增加少量珠光体数量,提高强度,达到所需要求。

2.5 浇注温度与浇注速度

选择合适的浇注温度和浇注速度:对于表面积较大的减少表面夹渣痕，采用高温慢浇（浇注温度:1 350～1 380 ℃,充型速度 5～6 t/min);对于表面积少、且铁液可直接辐射的,宜选用低温快浇(浇注温度:1 310～1 330 ℃,充型速度 10 t/min),这两种浇注方式都可以得到合格完美铸件。

3 生产应用

3.1 广东某公司 3 500 t 注塑机二板

3.1.1 二板铸件结构(图 7)及要求:

铸件材质为 QT500-7A，本体硬度要求:180~220 HB;铸件重:55 t,铸件轮廓尺寸 3 400 mm×3 200 mm×1 750 mm，码模面壁厚达 480 mm;码模面上铣有深度达 80 mm 深的 T 型槽,同时还钻有 108 个 ϕ36 mm 通孔,8 个 ϕ70 mm通孔,ϕ80 mm中心孔一个；另外二板过桥厚 180 mm，上面有 6 个 ϕ70 mm通孔。所有的这些 T 型槽和通孔的内部,不允许有缩松夹渣等缺陷。

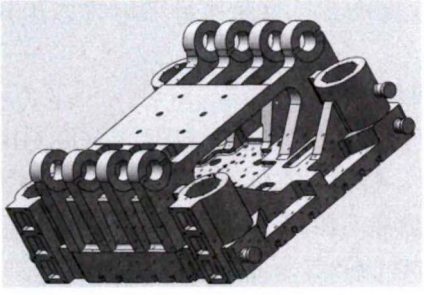


图 7 二板铸件图
Fig.7 Second board casting drawing

3.1.2 铸造工艺

在二板码模面上,放厚度 160 mm 的大冷铁,一方面是防止码模面有缩松，同时是加快铁液凝固,防止石墨球畸变出现灰斑。因为铸件是厚大件,共晶膨胀量大,铸件不需要太多的铁液补缩,所以安放了 4 个 100 mm×100 mm/高 800 mm的中型冒口,作为铁液液态收缩的预备。

3.1.3 熔炼工艺

化学成分 w (%):3.65~3.70 C ,2.1~2.4 Si ,0.40~0.50 Mn ,0.40~0.50 Cu ,RE ≤0.020,0.035~0.045 Mg,0.005~0.008 Sb。

球化剂及微量元素：轻稀土球化剂 60%+ 重稀土球化剂 40%,加入量 1.25%;加微量元素锑(Sb)。加 Sb 是两个目的，一是增加珠光体数量；二是 Sb 可以消除或减少碎块状石墨,使石墨更圆整、石墨球数量更多。

3.1.4 结果

附铸试块性能结果:R_m:542 MPa,$R_{p0.2}$:365 MPa,A:9.8%;本体平均硬度:195 HB;附铸试块的石墨形态:球化剂别 2 级,石墨大小 6 级,金相图片如图 8 所示;精加工后加工面没有出现任何夹渣、缩松和黑斑等铸造缺陷。结果表明:各项验收指标完全符合客户要求。

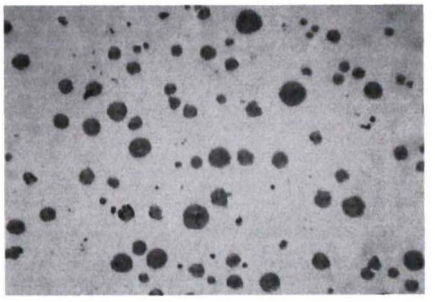


图 8 二板铸件附铸试块金相组织 ×100
Fig.8 Microstructure attached to cast test block of second board casting

3.2 意大利某公司陶瓷机械底座

3.2.1 底座铸件结构(图 9)及要求

铸件材质为:EN-GJS400-18C-RT，铸件重量:20.5 t,铸件轮廓尺寸为:3 050 mm×1 435 mm×1 220 mm,最大壁厚为 1 050 mm。性能要求包括:抗拉强度、屈服强度、延伸率和室温冲击必须符合材质牌号要求,并进行心部套样检验。同时铸件进行超声波探伤和磁粉探伤,特别是要求超声波声速要求大于 5 500 m/s。

图 9 底座铸件
Fig.9 Base casting

3.2.2 铸造工艺

在上下平面、侧面 和凹位均匀布置冷铁，如右图 10、11 所示。采用半开放式加过滤器底注式浇注系统。

3.2.3 熔炼工艺

化学成分 w (%):3.65~3.70 C,2.0~2.4 Si,Mn≤0.40,RE ≤0.020,0.035~0.045 Mg,0.004~0.006 Sb。原材料:使用 50%~60%高纯生铁 +40%~50%优质废

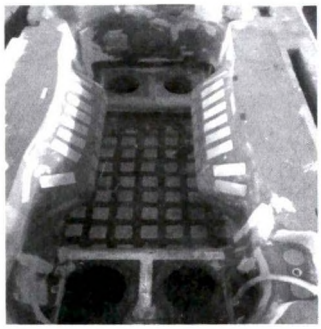


图 10 冷铁布置 1
Fig.10 Sketch arrangement 1 of cold iron

图 11 冷铁布置 2
Fig.11 Sketch arrangement 2 of cold iron

钢,多次孕育处理,特别在定量浇口杯放置 0.15%粒度 0.7~2.0 mm 硫氧孕育剂,效果更显著。浇注温度:1 350~1 365 ℃ 。

3.2.4 结果

经客户检验:抗拉强度 R_m:380~400 MPa,屈服强度 $R_{p0.2}$:250~285 MPa,伸长率:22%~26%;本体(心部)套样力学性能:R_m:340~370 MPa,屈服强度 $R_{p0.2}$:223~264 MPa,伸长率:11%~14.5%。超声波声速为 5 600~5 830 m/s; 附铸试块的石墨形态:球化剂别 2 级,石墨大小 7 级,金相图片如图 12 所示,因

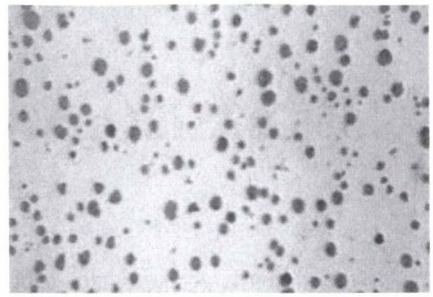


图 12 底座铸件附铸试块金相组织　×100
Fig.12 Microstructure attached to cast test block of base casting

此客户对此高度评价,认为此产品质量,已达到欧洲优秀铸造厂的水平。

4 结论

随着大型铸铁件市场应用的日趋旺盛，客户和市场对该类型铸件质量的要求越来越高，我们就必须跟随球铁技术的进步和发展的步伐，不断探索球铁生产的新技术新工艺，只有通过合理优异的铸造工艺设计以及合理的熔炼工艺，加之控制好生产过程中各个环节的工艺节点和参数，便可以稳定生产出力学性能、金相组织合格的大型球铁件。

参考文献:

[1] 陈维平，柳哲，邓宇. 大断面球墨铸铁件的应用与研究进展[J]. 铸造,2011,60(10):967-971.
[2] 姜广杰. 高韧铁素体球墨铸铁组织及性能的研究[D]. 镇江:江苏科技大学,2017.
[3] 张杰. 大断面球铁件随流孕育装置设计及孕育处理工艺研究[D]. 长沙:湖南大学,2016.
[4] 柯志敏. 厚大断面球墨铸铁油缸缸体的生产[J]. 现代铸铁,2015(6):46-49.

(上接第 478 页)

铁为 2.0~2.5 mm,球铁、铸钢为 3.0~3.5 mm。优质的过滤器,合理的设计在浇道中的位置,操作认真,较大的夹杂物可有效进行阻挡,否则效果甚微。过滤器对那些微观和二次氧化的夹杂物毫无办法。

6 结论

(1)每个工厂“砂眼”废品率约占总废品率 60%~80%,这些误判的“砂眼”能得到及时纠正,可为企业带来巨大的效益。

(2)浇包的耐火材料要高于或相同于炉衬材料。

(3)合理的选择过滤器和正确设计在浇注系统位置及认真操作。

(4)浇包、浇口杯、横浇道或内浇道充分设计挡渣。

参考文献:

[1] 陈国桢. 铸件缺陷和对策[M]. 北京:机械工业出版社. 1996 年.
[2] 鲁云. 大型铸钢件夹杂类缺陷产生原因分析及对策 [J]. 铸造设备与工艺,2015(3):41-47.
[3] 雷艇,徐静,荣佑民. 铸件砂眼缺陷提取的图像处理算法[J],铸造技术,2018,39(7):1404-1407.
[4] 尹素花,刘燕霰,董中奇,等. 超低碳深冲钢冶炼全流程氧含量及夹杂物演变研究[J]. 铸造技术,2018,39(11):2561-2565,2579.