

QT400-18 球墨铸铁机体堆焊研究

王世明¹, 李 兵², 尹彦普³

- (1. 沪东中华造船(集团)有限公司代表室, 上海 200129;
2. 沪东重机有限公司, 上海 200129; 3. 上海沪临重工有限公司, 上海 201306)

摘 要: 对 QT400-18 球墨铸铁堆焊进行工艺试验研究及评定, 试验包括检测 QT400-18 焊接接头的抗拉强度、硬度、宏观及金相分析等。研究结果表明: 该堆焊工艺可行, 且重复性和稳定性好; 试验结果成功应用于球墨铸铁柴油机机体的修复。

关键词: 机体; 球墨铸铁; 堆焊; 工艺

中图分类号: TK4236 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2015)01-0042-04

Research on QT400-18 Nodular Cast Iron Block Build-up Welding

Wang Shiming¹, Li Bing², Yin Yanpu³

- (1. Naval Deputy Office of Hudong-Zhonghua Shipbuilding (Group) Co., Ltd., Shanghai 200129;
2. Hudong Heavy Machinery Co., Ltd., Shanghai 200129;
3. Shanghai Hulin Heavy Industry Co., Ltd., Shanghai 201306)

Abstract: Experiment and evaluation were carried out on the technology of QT400-18 nodular cast iron build-up welding, which included tests on the tensile strength and hardness of QT400-18 welded joint, as well as macroscopic and metallographic analysis. The results show that this technology is feasible, and boast good performance on repeatability and stability. The experimental achievements have been successfully applied to the maintenance of nodular cast iron diesel engine blocks.

Keywords: block; nodular cast iron; build-up welding; technology

0 引 言

球墨铸铁具有优良的机械性能、加工性能和使用性能, 在机械制造、冶金、化工、造船、石油、矿山等行业得到广泛应用。在柴油机制造行业常用于柴油机气缸体、轴承盖等部件^[1]。作为铸件在浇注和后续的加工过程中, 会产生各种铸造缺陷或尺寸缺陷, 为保证铸件的正常使用, 须要消除缺陷, 在消除缺陷的返修过程中, 焊补是常用的一种措施^[2]。因球墨铸铁具有良好的塑性和强度, 母材的抗裂性能高, 具有在焊补时不易出现裂纹的优势; 但同时存在焊接区域强度低, 焊材与母材结合不佳, 裂纹及白口、硬度不均匀, 切屑加工性差等风险。因此为了掌握 QT400-18 焊补后的综合性能,

进行了工艺试验研究, 并在试验成功的基础上, 对某柴油机机体成功实施了堆焊。

1 模拟工艺试验

1.1 试验准备

1.1.1 模拟试板的制备

采用材料牌号为 QT400-18, 制作大小为 450 mm × 300 mm × 18 mm 的堆焊模拟试板 2 块, 试板上附铸 2 根用于机械性能检测的试棒, 如图 1、2 所示。

模拟试板的化学成分及机械性能检测结果见表 1。

1.1.2 风险分析及控制

结合相关经验及分析认为, 对该材料进行焊接可能存在如表 2 所示的风险点。因此, 针对各风险点制定了相应的预防措施、验证方法及验收标准。

收稿日期: 2014-05-25

作者简介: 王世明(1967-), 男, 工程师, 主要研究方向为柴油机燃烧系统。



图 1 模拟试板



图 2 模拟试板堆焊区域

表 1 模拟试板化学成分与机械性能检测结果

试样编号	化学成分/%					
	C	Si	Mn	P	S	Mg
试板 1	3. 62	2. 23	0. 18	0. 048	0. 006	0. 048
试板 2	3. 51	2. 28	0. 25	0. 034	0. 003	0. 054
要求	—	—	—	≤0. 1	≤0. 02	—
试样编号	机械性能 ^[3]					
	抗拉/ MPa	屈服/ MPa	伸长率	硬度/ HB	冲击/ J	
试板 1	426	309	19%	148	15、14、13	
试板 2	404	266	22%	142	19、19、18	
要求	≥390	≥250	≥15%	140 ~ 180	个别≥11， 平均≥14	

1.1.3 焊后热处理

为减少焊接残余应力,降低堆焊区域的硬度,改善材料性能均匀性,按照图 3 所示的退火热处理工艺对模拟试板进行退火热处理。

表 2 堆焊风险点与控制、验证方法

风险点	预防措施	验证方法	验收标准
堆焊区域强度低	选用 Z408 焊条,其强度优于母材	机械性能检测	$R_m \geq 390 \text{ MPa}$ $R_{p0.2} \geq 250 \text{ MPa}$
焊材与母材结合不良	1. 每层堆焊前,清理堆焊区域 2. 采用薄层、多层、短焊道堆焊,增强焊缝间咬合质量	观察试棒断裂位置、剖面宏观金相、PT 探伤检查	试棒断裂位置处于母材区域,断面无未熔合等缺陷
裂纹及白口	1. 采用 $\phi 3.2 \text{ mm}$ 和 $\phi 4 \text{ mm}$ 两种规格焊条进行堆焊,防止电流过大,产生大量热量,冷却产生白口 2. 预热母材至 $150 \pm 20^\circ \text{C}$,去除堆焊位置的水分,缩小母材与焊缝的温差,减少产生裂纹和白口的倾向 3. 层温控制在 $50 \sim 60^\circ \text{C}$,防止焊缝温度过高,增加裂纹倾向 4. 每焊一层,在红热状态下用尖角小锤迅速锤击焊区及热影响区,以减少、消除焊接应力,防止裂纹产生	PT 探伤、金相检测	PT 探伤无线性缺陷,母材金相无明显改变
硬度均匀性、切削性能差	铸件毛坯状态下堆焊,热处理退火除应力,改善硬度均匀性	热处理前后硬度(HB)检测	硬度(HB) 140~180

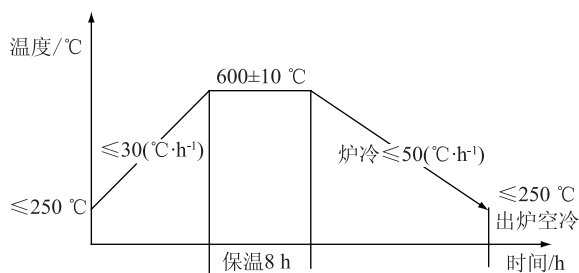


图 3 退火热处理工艺曲线

1.2 试验检测及评定

对 2 块焊接试板分别解剖,进行 PT 探伤,机械性能、金相组织检测。

1.2.1 无损检验

对堆焊区域表面打磨抛光后,对剖面进行 PT

探伤(图 4、5),未发现裂纹等线性缺陷,结果符合要求。

1.2.2 机械性能检测

机械性能试棒取样位置如图 6 所示,试棒断裂位置如图 7 所示,试验结果见表 3、4。

表 3 机械性能检测结果

试样	性能指标	
	R_m/MPa	$R_{p0.2}/\text{MPa}$
试板 1	450	295
试板 2	451	285
要求	≥390	≥250

表 4 热处理后硬度检测结果

试样	硬度/ HB		
	焊缝	热影响区	母材
试板 1	158	—	156
试板 2	158	149	151
要求	140 ~ 180		



图 4 堆焊区域表面 PT 探伤



图 5 试板剖面 PT 探伤

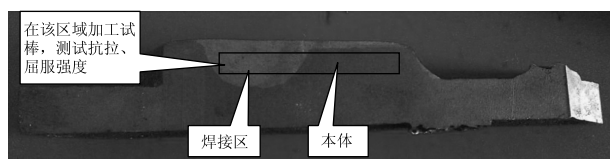


图 6 机械性能试棒取样位置

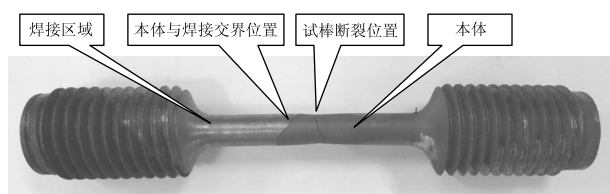


图 7 试棒断裂位置

由表 3 检测数据和图 7 试棒断裂位置可见, 堆焊后的机械性能符合要求; 试棒断裂位置位于本体区域, 堆焊区域强度满足要求。

从表 4 检测数据可看出, 通过退火热处理, 堆焊后母材硬度、热影响区硬度及堆焊区域硬度偏差较小, 均符合要求。

1.2.3 金相检测及分析

将试板解剖后进行宏观金相检测分析, 如图 8 所示。焊缝与母材熔合良好, 焊缝中未见裂纹、孔穴、固体夹杂、未熔合、未焊透等堆焊缺陷, 堆焊

质量良好。

对母材、热影响区及堆焊区域进行金相分析 (图 9), 其金相组织如下:

(1) 母材组织: 铁素体+少量珠光体+少量碳化物;

(2) 热影响区组织: 靠近焊缝侧为奥氏体+马氏体+少量碳化物; 靠近母材处为铁素体+碳化物。结合区宽度约 20 μm , 靠近母材侧可见球状石墨, 说明堆焊对母材金相组织的影响很小, 堆焊质量良好。

(3) 母材组织: 铁素体+球状石墨。

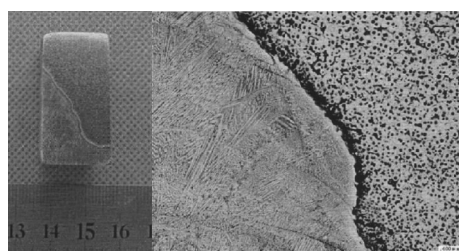


图 8 堆焊结合区域宏观金相

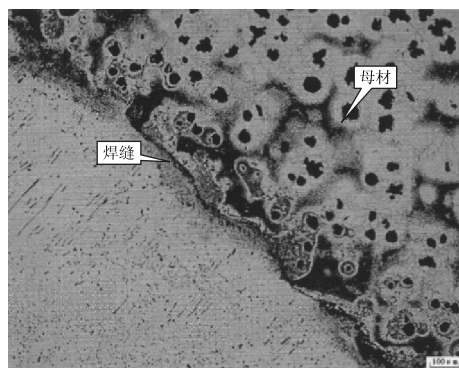


图 9 母材、热影响区及堆焊区微观金相组织

2 试验结果分析

以上堆焊试验及检测结果: PT 探伤合格, 硬度分布均匀, 机械性能符合 QT400-18 的要求, 焊缝、交界、热影响区均未发现裂纹、气孔、夹杂、未熔合等焊接缺陷, 焊后母材及热影响区金相良好, 所识别的风险点均得以避免。

通过检测发现: 2 块模拟试板的检测数据基本一致, 均符合要求, 验证了工艺及操作的稳定性。说明在 QT400-18 材料上用合适的工艺实施堆焊是可行的, 可以在机体上实施。

3 柴油机机体堆焊

3.1 堆焊工艺及实施

(1) 打磨清理干净待堆焊位置, 将机体竖起, 自由端面朝下, 采用平焊的焊接方式;

(2) 焊接前使用电加热板将机体焊补位置预热至 $150\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 采用薄层、多层、短焊道焊补;

(3) 每焊一层, 在红热状态下用尖角小锤, 迅速锤击焊区及热影响区;

(4) 层温控制: 每焊好一层冷却到 $50\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 再焊下一层;

(5) 焊接过程中注意清除熔渣, 使焊区和本体充分融合;

(6) 焊缝要饱满, 并高出平面 $3\sim 5\text{ mm}$;

(7) 焊后用石棉布保温冷却至室温后按样板打磨焊接区域;

(8) 对机体进行除应力退火。

3.2 焊补结果

焊补完成后对机体进行硬度(HB)检测、PT、RT 探伤检验, 质量良好, 检测、检验结果符合要求。

(上接第 20 页)

5 结 论

试验分析表明, 两种型式喷嘴在雾化性能上都能满足 SCR 系统对喷射系统的要求, 与 CFD 仿真的计算结果也比较吻合。相比之下, 空气辅助雾化喷嘴更具有优势:

(1) 雾化颗粒平均直径同等情况下, 更能避免喷嘴口处尿素结晶问题的出现;

(2) 更能兼顾雾化颗粒平均直径和贯穿距离两个互为矛盾的因素, 使尿素颗粒能够反应完全;

(3) 喷射系统更为简单、可靠, 而不须采用昂贵的高压计量泵装置。

(上接第 37 页)

1) 将极大的降低初始投资;

2) 整个应急电站的运行维护费用将远低于满足同样电品质的一般机组, 而且随着运行时间的持续, 其经济性将更为显著。

3) 据该港口用户反馈, 一次停电 1 天, 由于采用该应急机组, 确保了码头不停产, 挽回经济损失约 600 万元, 投入回报率很高, 低碳节能。

4 小 结

通过堆焊模拟试验, 掌握了 QT400-18 类型球墨铸铁的堆焊工艺, 该堆焊工艺重复性和稳定性较好; 堆焊位置的机械性能、宏观及微观金相符合要求。将试验成果应用于某球墨铸铁柴油机机体的修复, 修复后机体质量良好, 检测结果均符合要求。

参考文献

- [1] 中国机械工程学会铸造专业学会. 铸造手册 第一卷 铸铁[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 周振丰. 铸铁的焊接. 焊接冶金学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [3] EN1563, Founding-Spheroidal graphite cast irons[S]. European Committee for Standardization, 2005.

当然, 实际的喷嘴雾化效果还有待于 SCR 系统在台架上的测试结果分析。

参考文献

- [1] 梁恩胜. 船舶柴油机的排放污染与 SCR 技术[J]. 装备制造技术, 2009(11): 145-147.
- [2] 姜磊, 葛蕴珊, 李璞, 等. 柴油机尿素 SCR 喷射特性的试验研究[J]. 内燃机工程, 2010, 31(4): 30-34.
- [3] 姜磊, 葛蕴珊, 李璞, 等. 柴油机尿素 SCR 后处理系统排放特性试验研究[J]. 内燃机工程, 2010, 31(5): 30-35.
- [4] 王良林. 柴油机 SCR 无空气辅助尿素喷射系统控制技术开发[D]. 吉林: 吉林大学, 2012.

参考文献

- [1] 楚万秀, 卫冬生. 应对港口瞬变负荷的蓄能柴油发电机组电站的设计[J]. 柴油机, 2008(5): 36-38.
- [2] 吴杰宏. 船舶电站选型设计方案评估的研究[C]. 上海交通大学, 2008(5): 36-38.