

基于双面阵探头的厚壁奥氏体不锈钢对接焊缝的相控阵超声检测

张子健¹, 许波², 柴军辉^{1,2}, 沈建民², 吴家喜¹, 胡健¹

(1. 宁波市劳动安全技术服务有限公司, 宁波 315048; 2. 宁波市特种设备检验研究院, 宁波 315048)

摘要: 焊缝奥氏体组织具有晶粒粗大和各向异性等特点, 线阵相控阵、常规超声和射线检测技术均存在一定的局限性和不足。基于 DMA(双面阵)相控阵探头, 采用以色列 ISONIC 2009 型相控阵检测仪器, 对 NB/T 47013.3—2015 附录 I 中的 3 号对比试块进行了 B 扫和 C 扫成像, 并对 40 mm 厚的模拟试块进行了检测对比分析, 结果表明, 基于 DMA 探头的相控阵超声检测方法在厚壁奥氏体对接焊缝的检测中具有较高的可行性, 可以用于实际检测中。

关键词: 厚壁对接焊缝; 奥氏体不锈钢; DMA 探头; 相控阵超声

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2021)02-0033-04

Phased array ultrasonic detection of thick walled austenitic stainless steel butt weld based on DMA probe

ZHANG Zijian¹, XU Bo², CHAI Junhui^{1,2}, SHEN Jianmin², WU Jiayi¹, HU Jian¹

(1. Ningbo Labor Safety and Technology Services Co., Ltd., Ningbo 315048, China;

2. Ningbo Special Equipment Inspection and Research Institute, Ningbo 315048, China)

Abstract: The austenite structure of weld is characteristics of coarse grain and anisotropy. There are some limitations and deficiencies in linear array phased array, conventional ultrasonic and radiographic testing technology. Based on DMA (dual matrix array) phased array probe and using Israel ISONIC 2009 phased array detector, with NB/T 47013.3—2015 appendix I No.3 reference block being for B-scan and C-scan imaging, test result for 40 mm thick simulation test block were compared and analyzed. The results show that the ultrasonic phased array detection method based on DMA probe has high feasibility in thick walled austenitic butt weld inspection, and can be used in practical inspection.

Key words: thick wall butt weld; austenitic stainless steel; DMA probe; phased array ultrasonic

加氢裂化装置中的反应器是石油炼化企业的核心设备之一,其进出口压力管道的材料通常为奥氏体不锈钢,厚度通常为 40~60 mm。针对这一类规格的管道,标准 NB/T 47013.3—2015 给出了相应的检测方法,探头一般采用双晶纵波斜探头、聚焦纵波斜探头或窄脉冲纵波单晶斜探头,频率一般选取

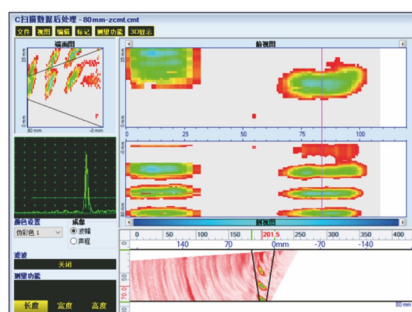
为 1 MHz~5 MHz,探头角度为 45°。这种常规的超声检测方法在实际应用时存在一定的局限性,例如信噪比低,缺陷识别率低、定量定位不准确等^[1]。此外,对厚壁结构还需进行分层扫查,不仅检测效率低,且为了提高信噪比需要降低检测频率,进而导致分辨力下降。笔者采用基于 DMA(双面阵)探头的相控阵超声检测方法,通过对比试块和模拟试块进行检测验证,证明了基于 DMA 探头的相控阵超声检测方法在奥氏体不锈钢厚壁对接焊缝检测中具有较高的可行性,可为这一类厚壁承压设备的无损检测提供有力的技术支撑,为后续缺陷的定量定级提供有力的保障。

收稿日期: 2020-11-04

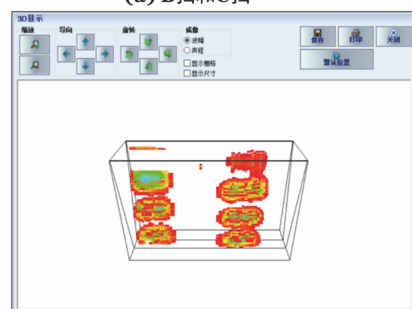
基金项目: 浙江省质监系统质量技术基础建设项目(20180119)

作者简介: 张子健(1989—),男,硕士,工程师,主要从事承压类特种设备的无损检测研究工作

通信作者: 张子健, zhangzj@nbanji.com



(a) B扫和C扫



(b) 三维成像

图3 B扫、C扫和三维成像结果(对比试块)

不大。

3 模拟试块验证

3.1 检测对象

检测对象为 40 mm 厚奥氏体不锈钢对接焊缝模拟试块, 尺寸为 400 mm × 300 mm × 40 mm (长×宽×高), 焊缝坡口为 X 型, 焊接方法为氩弧焊+手工电弧焊, 预制有夹渣、未熔合、纵向裂纹等缺陷。

3.2 检测参数

分别采用上述 DMA 探头和常规 16 晶片线阵探头进行扫查。16 晶片线阵探头频率为 4 MHz; 晶片尺寸为 10 mm × 0.4 mm (长×宽); 检测模式为横波自发自收; 折射中心角度为 36°; 扇扫范围为 36°~75°。

3.3 结果分析

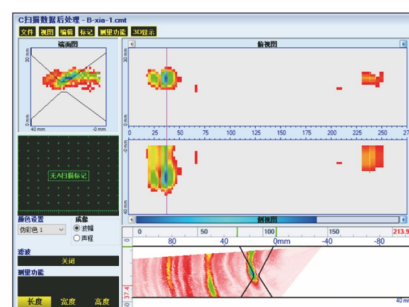
3.3.1 DMA 探头检测结果

扫查面为双面双侧, 采用拉线式编码器进行记录, 对缺陷的长度、深度和高度进行测量, 并与射线检测(RT)的结果进行对比分析, 验证 DMA 纵波探头检测结果的可靠性。DMA 探头与射线检测对缺陷参数的测量结果如表 2 所示(表中长度与缺陷埋深为 DMA 探头的测量结果)。DMA 检测模拟试块不同缺陷的成像结果如图 4 所示。

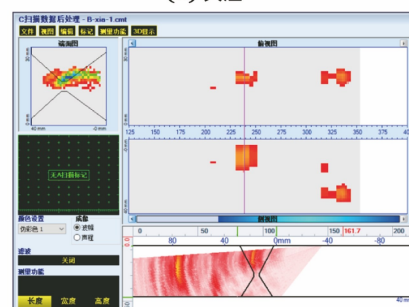
从图 4 可以看出, 采用 DMA 相控阵探头检测得到的图谱具有高信噪比, 除了缺陷成像外, 没有其

表 2 DMA 探头与射线检测对缺陷参数的
测量结果(A 面检测)

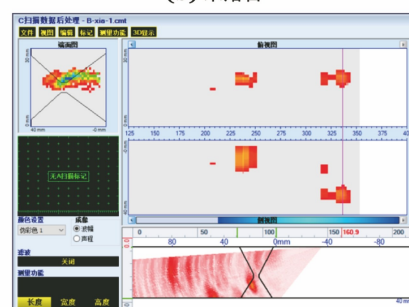
缺陷性质	长度	RT 测量长度	缺陷埋深	缺陷实际埋深
夹渣	31	31	18	16
未熔合	21	20	28	12
纵向裂纹	29	30	23	13



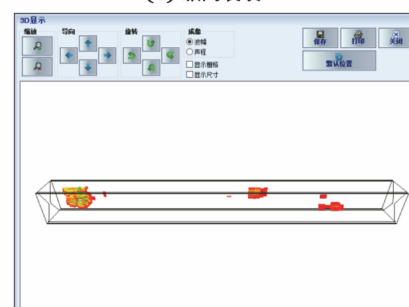
(a) 夹渣



(b) 未熔合



(c) 纵向裂纹



(d) 三维成像

图 4 DMA 检测模拟试块不同缺陷的成像结果
他奥氏体晶粒的杂波信号, 3 个缺陷清晰可见, 不会出现漏检或误判的情况, 对现场奥氏体不锈钢厚壁承压设备的检测具有较高的可行性。从表 2 可以看出, 采用 DMA 相控阵探头检测得到的缺陷长度具

有较高的准确性,与射线检测结果较一致,对于深度与高度的测量,由于具有较高信噪比,所以测量结果也较为准确,可为后续的缺陷评价提供数据支撑,具有较高的可靠性。

3.3.2 16 晶片线阵探头检测结果

16 晶片线阵探头检测模拟试块不同缺陷的成像结果如 5 所示,其与射线检测对缺陷参数的测量结果如表 3 所示(其中长度与缺陷埋深为 16 晶片线阵探头的测量结果)。

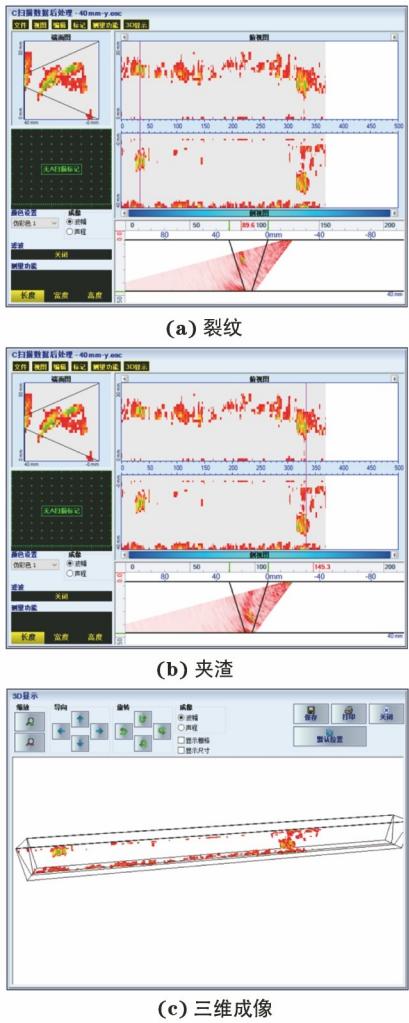


图 5 16 晶片线阵探头检测模拟试块不同缺陷的成像结果

表 3 16 晶片线阵探头与射线检测对缺陷参数的

缺陷性质	长度	测量结果			mm
		RT 测量	缺陷埋深	缺陷实际埋深	
夹渣	22	31	22	10	
纵向裂纹	25	30	9	11	

从图 5 和表 3 可以看出,16 晶片线阵探头检测厚壁奥氏体不锈钢对接焊缝得到的图像信噪比较低,杂波较多,且存在危害性缺陷(未熔合)漏检的情况,与双面阵探头相比具有明显的差距,且在缺陷定量方面,精确度也没有双面阵探头的高。

4 结语

针对常规超声和射线检测对厚壁奥氏体不锈钢承压设备对接焊缝检测存在的难点,采用基于 DMA 探头的相控阵超声检测技术,分别对 80 mm 厚奥氏体不锈钢对比试块和 40 mm 厚模拟试块进行了检测,结果表明,基于 DMA 探头的相控阵超声检测技术可获得较高信噪比的图像和较低的缺陷检出率,能在一定程度上解决厚壁奥氏体不锈钢对接焊缝检测的难题,具有较高的工程应用价值。

参考文献:

[1] 刘贵吉,李江,甘志云,等. 基于 TRL 探头的双相不锈钢对接焊缝的超声相控阵检测[J]. 无损检测, 2018,40(1): 65-68.

[2] 张侃. AP1000 主管道奥氏体不锈钢焊缝超声检测建模仿真研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.

[3] 林莉,杨平华,张东辉,等. 厚壁铸造奥氏体不锈钢管道焊缝超声相控阵检测技术概述[J]. 机械工程学报, 2012,48(4): 12-20.

[4] 牟彦春,朱晓智,金南辉. 超声相控阵检测技术在电站锅炉厚壁管道检测中的应用[J]. 无损检测, 2014, 36(9): 59-61.

[5] 卢威,聂勇,许远欢,等. 宽频带窄脉冲 TRL 探头在奥氏体不锈钢焊缝超声检测中的优越性[J]. 无损检测, 2013,35(6): 77-80.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告