

小径管对接焊接接头相控阵超声检测技术

金南辉, 牟彦春

(浙江省特种设备检验研究院, 杭州 310020)

摘要:对小径管对接接头中存在的裂纹、未熔合和未焊透等自然缺陷分别进行相控阵超声检测和射线检测, 比较分析了两种检测方法的检测结果, 评述了相控阵检测的优势及其在小径管检测中的应用前景。

关键词:小径管; 对接接头; 相控阵; 超声检测; 射线检测; 比较分析

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2010)06-0427-04

Ultrasonic Phased Array Inspection Technology of the Small Diameter Pipes Butt Welds

JIN Nan-Hui, MU Yan-Chun

(Zhejiang Special Equipment Inspection and Research Institute, Hangzhou 310020, China)

Abstract: The small diameter pipes butt welds with natural defects such as crack, lack of fusion, lack of penetration and so on were inspected by both phased array (PA) ultrasonic inspection technology and radiographic testing technology. The results with up two inspection technologies were compared and analyzed. The advantage, and application prospects of PA technology in the field of inspecting small diameter pipes were overviewed.

Keywords: Small diameter pipes; Butt welded joints; Phased array; Ultrasonic inspection; Radiographic testing; Comparison and analysis

由于电站锅炉受热面小径管管壁较薄、直径较小, 采用常规超声检测方法较困难。探索可靠、准确的小径管对接接头超声相控阵检测技术和方法, 对保证电站锅炉的安全经济运行至关重要。

1 相控阵检测

1.1 试样管的焊制

小径管试样管取自浙江某电厂 $1 \times 1\,000$ MW 机组锅炉水冷壁管, 试样管对接接头中存在裂纹、未熔合、未焊透、密集气孔及内凹等焊接缺陷。试样材质为 SA213T2, 规格为 $\phi 38.1\text{ mm} \times 7.5\text{ mm}$, V 型坡口, 焊接方法采用钨极氩弧焊以及手工电弧焊。试管图样及焊接接头图样如图 1 所示。

1.2 相控阵检测系统

1.2.1 相控阵检测仪器

采用 Omniscan 16/128 相控阵检测仪。检测系

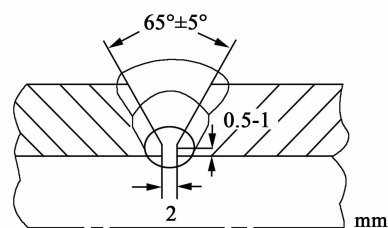


图 1 焊接接头简图

统采用脉冲回波技术, 有 16 个独立的发射和接收通道; 能产生和显示 S, A, B 及 C 扫描图像, 这些图像能被贮存并作后续分析评价。

1.2.2 相控阵检测探头及楔块

焊缝超声相控阵检测时, 一般选择 1 维 (1D) 线性阵列探头即可满足检测要求。根据小径管规格尺寸, 选择的探头及楔块型号分别为 10L16-A1, SA1-N60S。实际使用的相控阵探头和扫查器及编码器组成见图 2。小径管曲率大, 为减小探头与试样管之间的耦合损失, 楔块接触面应加工成与试样管曲率相近的曲面。

收稿日期: 2010-01-30

作者简介: 金南辉 (1965—), 男, 高级工程师, 主要从事特种设备检验检测工作。

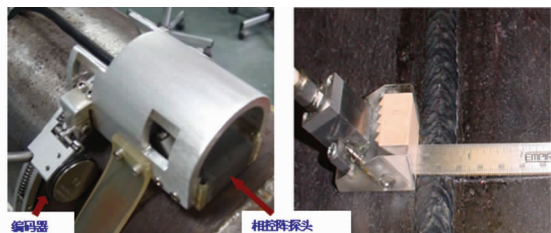


图2 相控阵探头和扫查器及编码器

1.3 声束覆盖范围设置

对小径管焊缝进行相控阵超声扇形扫查时,应正确选择探头前沿至焊缝中心线的距离,保证扇形扫查中大角度声束(一次波)覆盖焊缝下部及热影响区,小角度声束(二次波)覆盖焊缝上部及热影响区,以达到对焊接接头 100% 的检测。对小径管试样管对接接头用 Esbeamtool 软件模拟声束(横波)的覆盖范围,该工具软件能模拟显示焊缝截面及不同角度的波束覆盖焊缝的情况。通过模拟效果可以找到适当的探头前沿距离、激活晶片数、晶片序列和波束的角度范围等。管壁厚度 7.5 mm,焊缝宽度 12 mm,V 型坡口,坡口间隙为 2 mm 左右,扇形扫查 $38^{\circ}\sim 73^{\circ}$,相控阵探头为 10L32-A1,楔块为 SA1-N60S。图 3 为相控阵检测扇形扫查声束对焊缝全截面的覆盖情况。由图可见,探头前沿距焊缝中心 10 mm 时,即可实现对焊缝及热影响区 100% 检测。

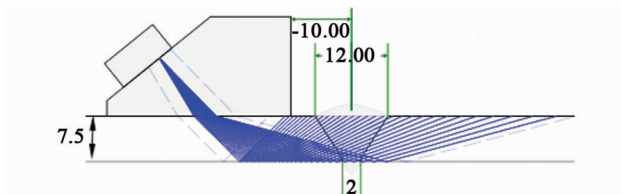


图3 小径管焊缝相控阵检测扇形扫查声束覆盖模拟

1.4 相控阵检测校准设置

相控阵检测校准设置包括聚焦法则延时校准、灵敏度校准和距离波幅(DAC)曲线校准及编码器校准等。在进行检测之前,至少要做一次完整的超声检测系统校准。校准试块采用 JB/T 4730.3—2005《压力容器无损检测》规定的小径管检测用试块 GS-1。

灵敏度校准:应使同一反射体在不同的聚焦法则(既不同的声束角度)下得到相同的波幅,如 80% 满屏高。

DAC 曲线校准:灵敏度校准完毕后,按常规超声波检测标准要求进行 DAC 曲线校准。用不同角度的声束分别探测试块上不同深度的反射体,波幅

均调整为 80%,创建 DAC 曲线。

2 射线检测

按照 JB/T 4730.2—2005 对小径管试样进行了双壁双影倾斜透照椭圆成像^[1],透照示意图见图 4。

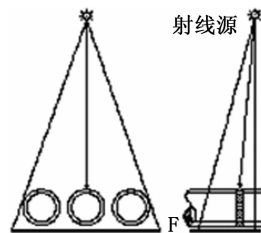


图4 透照示意图

试样管规格为 $\phi 38.1 \text{ mm} \times 7.5 \text{ mm}$,材质为 15CrMoG, RD2805 型 X 射线机, Agfa C7 胶片, IQI 为 12,管电压 230 kV,曝光量 $10 \text{ mA} \cdot \text{min}$,焦距 700 mm,底片黑度 2.0~4.0。

3 检测结果比较与分析

按照以上的工艺方法及相关标准规定分别对 17 个试样管进行了超声相控阵检测和射线检测。以下选择有代表性的试样管 S1~S6 的检测结果进行了比较分析,检测图像如图 5~10 所示,具体检测数据见表 1。

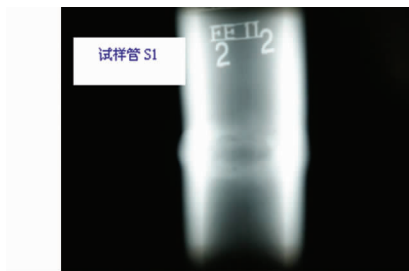
表1 试样管 S1~S6 检测数据

试样管	检测方法	位置(距 0 点)/mm	长度/mm	埋藏深度/mm	自身高度/mm	缺陷类型
S1	相控阵	40	17	6.3	1.2	未焊透、内凹
	射线	48	15	—	—	未焊透、内凹
S2	相控阵	89	8	5.5	—	密集气孔
	射线	48	6.5	—	—	密集气孔
S3	相控阵	38	15	6.5	1.2	未焊透
	射线	36	13	—	—	未焊透
S4	相控阵	84	6	4	—	未熔合
	射线	60	6	—	—	密集气孔
S5	相控阵	6	17	6.4	1.1	未焊透
	射线	8	15	—	—	未焊透
S6	相控阵	56	—	5.4	—	气孔
	射线	53	6	—	—	横向裂纹
	射线	54	$\phi 1.5$	—	—	气孔

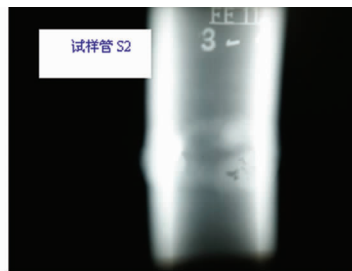
由图 5~10 及表 1 可得:

(1) 相控阵检测可检测出缺陷的埋藏深度及自身高度,而射线底片只能显示缺陷的平面投影;缺陷定位方面相控阵检测要比射线检测准确;两种方法对缺陷性质的判断基本一致。

(2) 相控阵可检测出密集气孔的埋藏深度,而



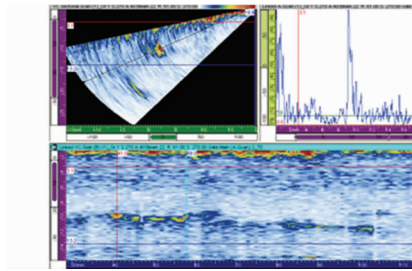
(a) 未焊透及内凹射线底片



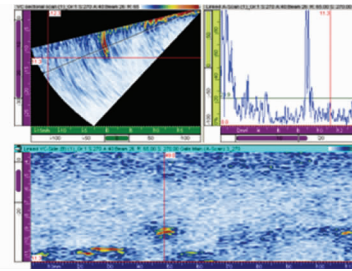
(a) 密集气孔射线底片



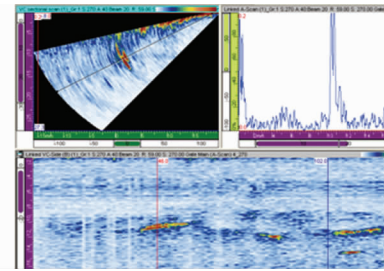
(a) 未焊透射线底片



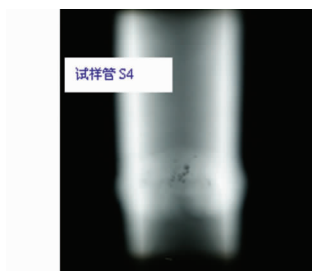
(b) 未焊透及内凹相控阵超声检测显示
图 5 试样管 S1 检测图像



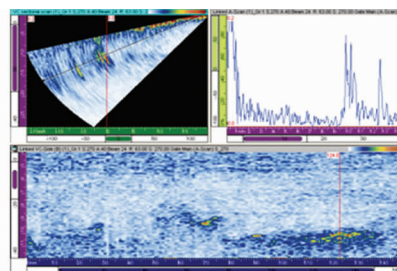
(b) 密集气孔相控阵超声检测显示
图 6 试样管 S2 检测图像



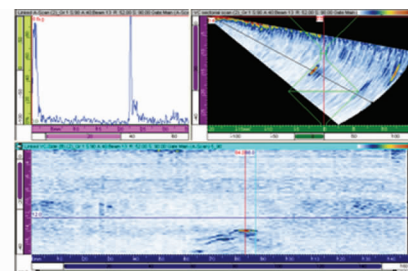
(b) 未焊透相控阵超声检测显示
图 7 试样管 S3 检测图像



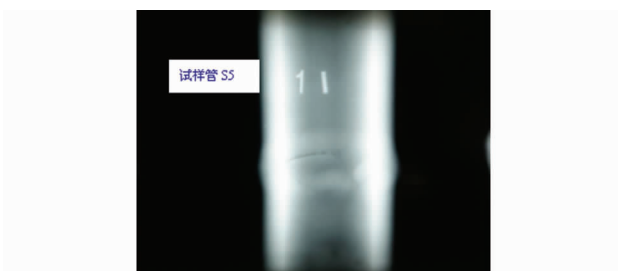
(a) 密集气孔射线底片



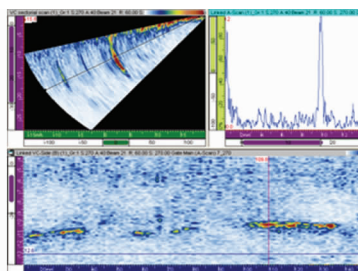
(b) 密集气孔相控阵超声检测显示
图 8 试样管 S4 检测图像



(c) 未熔合相控阵超声检测显示



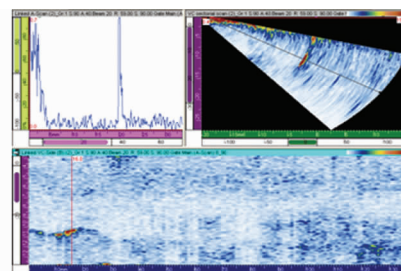
(a) 未焊透射线底片



(b) 未焊透相控阵超声检测显示
图 9 试样管 S5 检测图像



(a) 横向裂纹及气孔射线底片



(b) 气孔相控阵超声检测显示
图 10 试样管 S6 检测图像

射线检测可准确地定量缺陷的点数;对于密集气孔类缺陷,射线检测要优于相控阵检测。

(3) 相控阵可检测出未焊透的长度、埋藏深度及自身高度,而射线底片只显示缺陷的平面投影,可显示未焊透长度,但无法测定埋藏深度及自身高度;缺陷定位方面相控阵检测要比射线检测准确。相控阵测得的缺陷长度要比射线底片显示的长度长些,这是因为相控阵测得的长度是弧长,但射线检测的长度仅仅是弦长,所以相控阵测得的长度更准确些。

(4) 相控阵检测结果为未熔合和密集气孔;而射线检测由于透照角度等因素未能检测出未熔合缺陷,只检测出密集气孔,但对于密集气孔类缺陷的定量方面,射线检测结果要比相控阵检测更准确些。

(5) 相控阵检测只发现了气孔,未能发现横向裂纹,原因在于相控阵检测是平行于焊缝的一维线性扫查,超声波束方向平行于横向裂纹方向,致使该缺陷未能被检出;射线检测结果为横向裂纹和气孔。

4 结论

(1) 相控阵检测结果直观,图像可视化,可形成

S,B,C 及 A 显示,有利于缺陷的识别及定性等,数据可储存、可动态回放分析。

(2) 相控阵探头采用复合压电材料晶片,可提高信噪比和分辨力;解决了小径管超声波检测时信噪比和分辨力低等问题。

(3) 相控阵检测可测量缺陷的埋藏深度和自身高度等,能为在用设备的安全评估提供可靠的检测结果。

(4) 相控阵检测速度快,无辐射等危害。

(5) 相控阵方法对缺陷检出率较射线检测高。

(6) 相控阵检测不出与超声波束平行的缺陷(需另择特殊工艺)。

(7) 小径管对接接头的相控阵检测,探头楔块接触面要采用与被检管子相似的曲率。

(8) 相控阵检测采用延时触发形式聚焦,可避免一般采用曲面晶片聚焦的探头因曲面晶片与楔块耦合不好而引起信噪比下降的弊病。

(9) 相控阵检测对检测数据的识别和判读较射线检测有一定难度,数据分析需要丰富的经验。

沈建中副理事长前往韩国祝贺韩国无损检测学会(KSNT)成立三十周年

应韩国无损检测学会(KSNT)的邀请,沈建中副理事长代表中国无损检测学会(ChSNDT)前往韩国祝贺韩国无损检测学会(KSNT)成立三十周年。KSNT 成立三十周年纪念大会于 2010 年 5 月 13 日在韩国首尔市万丽酒店举行。

中韩两国的无损检测



学会于 1993 年 9 月 15 日签订了姐妹学会合作协议。多年来,ChSNDT 和 KSNT 一直相互合作和支持。今后,两个学会将进一步加强合作和交流,促进无损检测事业的发展。

应邀参加纪念大会的还有北京理工大学的徐春广教授。

(全国无损检测学会)

本刊投稿网站:“材料与测试网”,欢迎投稿!