

TL 串列式超声检测法在窄间隙焊缝检测中的应用

王 森¹, 吴凤锦², 丁 杰¹, 庄志强¹, 姜 炜¹, 张文杰¹

(1. 上海材料研究所, 上海 200437; 2. 天津大无缝钢管厂, 天津 300300)

摘 要:介绍了大厚度直边坡口窄间隙焊缝未熔合类缺陷的 TL 串列式超声检测法, 针对单探头检测这类缺陷时容易漏检的问题, 前后串列式方法使用起来不太方便, 提出了横波与纵波波形转换的方法来检测这类缺陷。结果表明: TL 串列式超声检测法可以方便、可靠、精确地检测出窄间隙焊缝未熔合与裂纹等面积性缺陷。

关键词:窄间隙焊缝; 直边坡口; TL 串列

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2015)03-0044-03

Application of TL Tandem Test Method in Narrow Gap Straight Edge Groove Weld

WANG Sen¹, WU Feng-jin², DING Jie¹, ZHUANG Zhi-qiang¹, JIANG Wei¹, ZHANG Wen-jie¹

(1. Shanghai Research Institute of Materials, Shanghai 200437, China;

2. Tianjin Seamless Steel Tube Factory, Tianjin 300300, China)

Abstract: The TL tandem test for detecting the defects of incomplete fusion in the big thickness narrow gap straight edge groove weld was introduced. It is easy to fail to detect the incomplete fusion defect with single probe and it is not convenient to use fore-and-aft tandem angle probe method to detect the same defects, therefore, the method of the transverse wave and longitudinal wave waveform conversion to detect the defects of incomplete fusion in the big thickness narrow gap straight edge groove weld is put forward. Results show the TL tandem method can effectively detect area-type defects, such as cracks and incomplete fusions in the weld.

Keywords: Narrow gap weld; Straight edge groove; TL tandem

由于焊接工艺的原因, 直边坡口厚壁窄间隙焊缝, 时常在焊缝与母材之间产生未熔合等垂直于探测面的焊接缺陷, 由于这类缺陷特殊的方向性, 用常规的检测方法难以检出来。

因此在 GB/T 11345—89《钢焊缝手工超声探伤方法和探伤结果分级》和 JB/T 4730.3—2005《承压设备无损检测 超声检测》等标准中规定对窄间隙焊缝除了用常规斜探头检测外, 还应增加针对窄间隙焊缝母材与焊缝未熔合类缺陷的辅助检测方法^[1], 除通常采用的斜探头前后串列式的方法外, 笔者通过使用横波与纵波的波形转换来检测此类缺陷可以比较方便地检测出窄间隙焊缝中的未熔合与裂纹等面积性缺陷。

1 TL 串列式方法检测原理

TL 串列式检测即横波-纵波组合检测法^[2]。该检测方法是横波斜射到固体后反射到缺陷, 在缺陷表面产生波型转换, 变成纵波被直探头接收, 最终完成对缺陷的检测, 如图 1 所示。

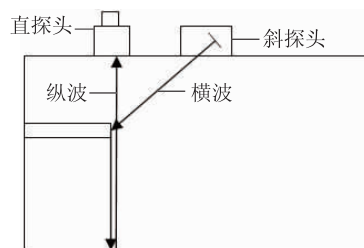


图 1 TL 串列式超声波检测法原理

根据临界角的概念, 当横波入射到固体/空气界面时, α_s 为横波入射角; α_{11} 为纵波反射角; α_{s1} 为横波反射角; 在同一介质中 $C_s < C_l$, 所以 $\alpha_s < \alpha_{11}$, 如

收稿日期: 2014-01-26

作者简介: 王 森(1968—), 男, 高级工程师, 主要从事无损检测及无损检测人员培训等工作。

图 2 所示。

当 α_s 数值达到某一数值时就可使 $\alpha_{11} = 90^\circ$ 产生横波全反射现象。

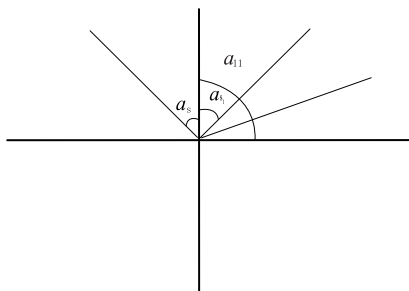


图 2 横波斜入射示意

当固体介质为钢/空气时,第三临界角 α_{sk3} 为:

$$\alpha_{sk3} = \arcsin\left(\frac{C_s}{C_l}\right) = 33.2^\circ$$

如图 3 所示,图中 L 为纵波声束;S 为横波声束。从图中可以看出当超声波以 33.2° 入射到缺陷表面时产生的变形波纵波的反射角为 90° ,正好垂直入射到工件的底面,经底面反射后被直探头接收,在 90° 时纵波的反射声压很高,所以检测灵敏度也很高。

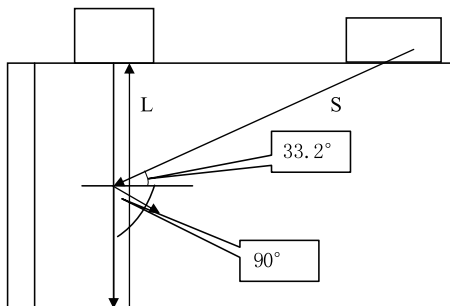


图 3 利用横波全反射现象检测焊缝与母材间的未熔合缺陷模拟图

2 检测前准备

采用 TL 串列方法检测时需要 2.5P, 12×14 , R1.5 的斜探头和 2.5P, $\phi 20$ 的直探头各一只,经计量检验合格的超声波检测仪器一台。

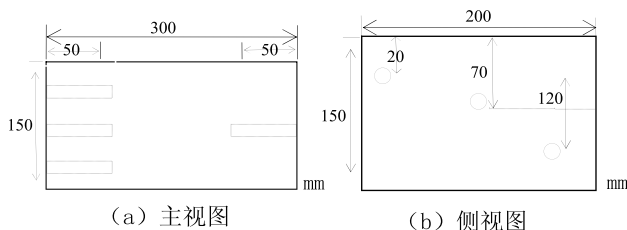


图 4 TL 串列式检测对比试块尺寸示意图

使用对比试块,采用的材料与被检工件同材质的

坯料经锻压并进行正火处理后加工而成。所选用的材料经超声纵波直射技术检测时,在不大于距检测面 20 mm 处,不应存在大于 $\phi 2$ mm 平底孔反射回波幅度 1/4 的缺陷回波,表面粗糙度不大于 $6.3 \mu\text{m}$ 。

3 检测参数设置

探头调试时,测量探头的前沿和探头的 K 值,并保证探头 K 值在 1.4~1.5 之间,K 值不能大于 1.5。

超波仪器调整为双晶探头的工作方式,并且把声速 C_s 设为横波声速 3 230 m/s。如果用一次波扫查,设置垂直扫查范围大于工件厚度。用二次波扫查时,设置垂直扫查范围大于 2 倍工件厚度。

灵敏度的调整。将直探头放在距试块端面 50 mm 处,直径为 $\phi 3$ 的平底孔上方,斜探头和直探头在同一探测面上,并且斜探头和直探头连线应垂直于试块的端面,即垂直于平底孔的底面。斜探头垂直于试块端面前后运动找到 $\phi 3$ 平底孔底面的反射回波,用不同深度的 $\phi 3$ 平底孔绘制出 DAC 曲线。

缺陷的定位如图 5 所示,水平位置 L 为入射点到熔合线的距离,一次波高度为 $h = L/1.5$,二次波高度为 $h = 2T - L/1.5$ 。

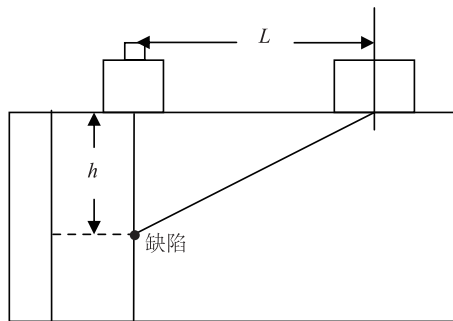


图 5 缺陷定位示意图

4 检测实例

使用仪器 PXUT260B,型号为 2.5P $\phi 20$ 的直探头,2.5P 14×16 , K1.5 的斜探头,检测前在试块上制作 DAC 曲线。

工件为液压缸桶壁对接焊缝,液压缸桶直径为 800 mm,壁厚为 200 mm,坡口为直边坡口,属于窄间隙焊缝。要求在焊缝两侧 450 mm 范围打磨光亮。用 TL 串列式方法检测时发现在熔合线位置深度 100 mm 处有一回波出现,用 6 dB 法测量其缺陷的长度为 15 mm,再采用单斜探头的探伤方法多角度检测时,在此深度并未发现有缺陷的存在,因此判断此缺陷为未熔合缺陷,解剖后发现此缺陷确为

未熔合缺陷,如图 6 所示。

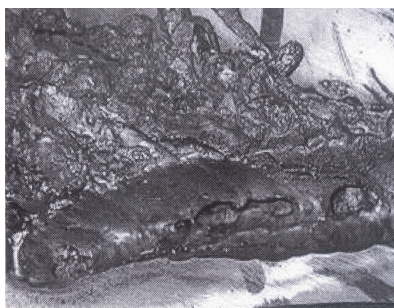


图 6 焊缝未熔合缺陷剖面宏观形貌

5 TL 串联式检测法与横波前后串联式和 TOFD 检测法的比较

TL 串联式方法与横波前后串联式的比较:

(1) TL 串联式方法扫查时,纵波直探头沿焊缝指定截面在工件表面移动,斜探头沿垂直于焊缝截面方向移动,并保持直探头和斜探头在同一直线上就可以;而横波前后串联的两个探头如果以固定间距在工件表面移动时,只能扫查一定深度的检测区域,要检测其它深度,需要调整探头间距检测到,要覆盖整个深度截面,需要多次调整探头间距^[3]。

(2) TL 串联式方法扫查不需要确定串联基准线和参考线,只要确定检测截面即可,而横波前后串联的两个探头如果两个探头同时移动必须确定串联基准线、参考线以及探伤截面,才能进行检测,操作起来十分不便。

(上接第 43 页)

超声 B-Scan 成像检测结果所得到的厚度信息 S (0.628 mm) 与实际理论厚度 S' (0.65 mm) 基本一致,同时蜂窝网格间距计算值 $I=3.4$ mm 与实际理论间距 $I'=3.46$ mm 基本一致,超声 B-Scan 成像检测结果具有很高的检测灵敏度和准确的成像精度,可以定量的得到复合材料蜂窝夹层结构的信息。

4 结语

(1) 接触式超声反射检测方法可以检出复合材料蜂窝夹层结构中的直径为 3、5、9 mm 的脱黏类人工预制缺陷。

(2) 对于复合材料蜂窝夹层结构的实际缺陷,应用接触式超声反射检测法建立可以相互印证的多维多信息的可视化表征,并通过金相验证了接触式超声反射检测方法对于实际脱黏缺陷的检测能力。

(3) 该超声检测方法在复合材料蜂窝夹层结构

TL 串联式方法与 TOFD 比较:

(1) TL 串联式方法不要购买专门的设备,原有的普通设备就可以使用,而 TOFD 需要购买专门的设备,成本较高。

(2) TL 串联式是利用横波和纵波的转换的方式来检测焊缝中的缺陷,TOFD 是利用超声衍射技术检测焊缝中的缺陷,它们都存在近表面的缺陷难以有效检出的局限性。

6 结论

TL 串联式超声波检测法对于检测窄间隙焊缝未熔合和裂纹等面积性缺陷灵敏度高,操作方法简单。直探头只要沿着焊缝熔合线移动,并保持与斜探头的声束水平方向经过直探头且垂直于焊缝,然后让斜探头在探测面上扫查,就可以一次检测覆盖整个焊缝截面,检测速度快。TL 串联式方法探测焊缝未熔合类缺陷深度定位准确,但是存在近表面的缺陷难以有效检出的局限性。

参考文献:

- [1] 张并生,陈国瑞,步先超. 窄间隙焊缝坡口角度对超声波串联扫查影响研究[J]. 无损检测,1996,18(2): 33-36.
- [2] 胡汝舜,吴根华. 串联式超声波探伤的缺陷定位[J]. 无损检测,1995,17(1):5-9,19.
- [3] 孙立巍,解应龙,邹晶,等. 大厚度窄间隙焊缝超声波自动串联扫查[J]. 焊接,1998(2):19-22.

的工艺研究、结构制造和产品服役检测等领域具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 郑义珠,顾轶卓,孙志杰,等. Nomex 蜂窝夹层结构真空袋固化过程蜂窝变形[J]. 复合材料学报,2009,26(4):29-35.
- [2] ZENG S, SEFENS JC, AHN KJ, et al. Node test panel for processing and characterization studies of honeycomb composite structures[J]. Journal of Advanced Materials, 1994,25(2):9-21.
- [3] 王柄方,韩赞东,原可义,等. 复合材料喷水超声检测工艺[J]. 无损检测,2010,32(8):616-619.
- [4] 刘颖韬,郭广平,温磊,等. 红外热像检测技术应用于蜂窝结构复合材料的检测能力评价[J]. 无损检测,2011,33(12):81-85.
- [5] 原崇新,李敏,顾轶卓. 蜂窝夹层结构真空袋共固化工艺过程实质研究[J]. 复合材料学报,2008,25(2): 57-62.