

# 单面焊对接环焊缝中由错边引起的根部超声回波特征

闫留青

(海洋石油工程股份有限公司,天津 300452)

**摘要:**海洋石油平台在建造过程中会使用大量杆弦拉筋和隔水套管等杆件。此种结构中所涉及的环焊缝往往要求进行100%的超声检测,以确定焊缝中有无缺陷。由于焊缝具有容许不圆度和容许错边较大的特点,焊缝根部的超声回波十分复杂。对单面焊卷管对接焊缝中由错边引起的根部超声回波类型进行了分析。

**关键词:**海洋石油平台;超声波根部回波;单面焊对接环焊缝;错边

中图分类号: TG115.28

文献标志码: B

文章编号:1000-6656(2021)04-0066-02

## Ultrasonic root echo characteristics for single side welding butt offset weld

YAN Liuqing

(Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

**Abstract:** During the construction of offshore oil platform, a great quantity of braces and risers will be used. The girth welds involved in this kind of structure often require 100% ultrasonic inspection to determine whether there are defects in the weld. Due to the large allowance of roundness and misalignment, the ultrasonic echo forming in the root of weld is very complex. In this paper, the root ultrasonic echo caused by misalignment of butt girth weld of single side welded pipe is analyzed.

**Key words:** offshore oil platform; ultrasonic root echo; single side welding butt weld; offset

海洋石油平台在建造过程中会使用大量杆弦拉筋和隔水套管等杆件,此种结构中所涉及的环焊缝往往要求使用规范API RP 2X进行100%的超声检测,以确定焊缝中有无缺陷。拉筋和隔水套管预制焊缝超声检测长度在整个平台结构的占比较大,约占平台超声检测长度的1/5。由于拉筋和隔水套管的管径较小(大部分管径不大于914 mm),杆件长度比较长(一般大于10 m)。这种类型的环焊缝焊接只能采用单面焊接的形式,先用气体保护焊或手工电弧焊进行根部打底,然后采用埋弧焊接的方法进行填充和盖面。

由于规范API SPEC 2B所允许的径向偏差(最

大9.5 mm)和不圆度(最大12.7 mm)较大的特点,因此由错边引起的根部超声反射回波十分复杂。笔者详细分析了由错边引起的根部超声反射回波的几种常见类型。

## 1 错边引起的根部超声反射回波的几种常见类型

错边主要由管径不圆或焊缝两侧母材壁厚不相等引起,对于厚壁管,规范允许的不圆度的值比较大,进而会影响焊接管道的质量。在这种情况下,管道焊接接头错边的现象就有可能发生。

由于环焊缝错边的严重程度是沿圆周变化的,因此错边引起的根部轮廓也是变化的。当横波声束入射到根部焊缝下表面时,有时会产生变型波,当变型波被仪器接收到时,有可能被误判为缺陷。笔者总结了几种常见的错边情形,并对其超声反射回波

收稿日期:2020-07-10

作者简介:闫留青(1987—),男,工程师,主要从事海洋石油平台质量控制和无损检测技术的应用工作

通信作者:闫留青,yanlq@mail.cooc.com.cn

进行了分析。

### 1.1 正常错边

正常错边检测方法如图 1 所示，在检测过程中，错边内表面低的一侧根部反射波幅比较高，另一侧反射波幅有明显的不同或没有反射波，水平距离  $x_1$  和  $x_2$  的定位点相互交叉，反射波在显示屏出现位置偏向焊缝中心线对侧。另外，反射波的波峰上有小峰，探头左右移动时波幅的高度变化不大。包络波形范围较宽，波形比较单一。

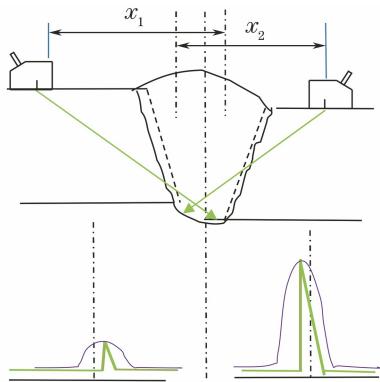


图 1 正常错边检测方法

### 1.2 错边轮廓变型波

变型波的产生原理如图 2 所示，当横波声束入射到根部焊缝下表面，且根部焊缝下表面的形状使  $\alpha_s$  小于钢的第三临界角  $33.2^\circ$  时<sup>[1]</sup>，焊缝中既会出现反射横波  $S'$ ，又会出现变型反射纵波  $L'$ 。

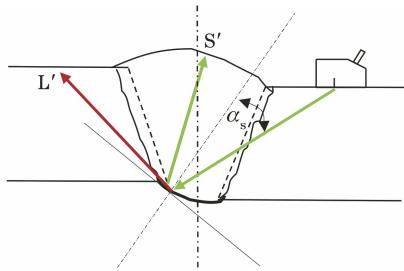


图 2 变型波的产生原理示意

在错边根部余高部位产生变型的纵波，大多数情况下并不能被仪器接收，只有当变型后的纵波能够原路返回根部余高部位，再经过一次波型转换后，变型的横波沿原路径返回，才能被仪器接收。变型纵波显示如图 3 所示。

### 1.3 直角顿边单边未熔合

直角顿边单边未熔合检测方法如图 4 所示，对于有直角端角的情形，应该避免用  $60^\circ$  探头去评判。用  $45^\circ$  的探头最好，灵敏度比较高。但有时焊缝盖面比较宽，影响了  $45^\circ$  探头的使用，这时可以用  $70^\circ$  探头替代。

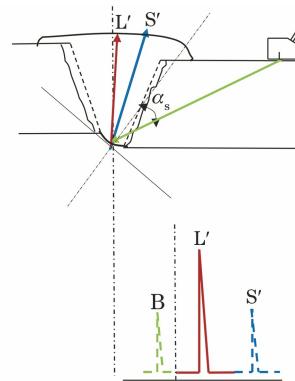


图 3 变型纵波显示

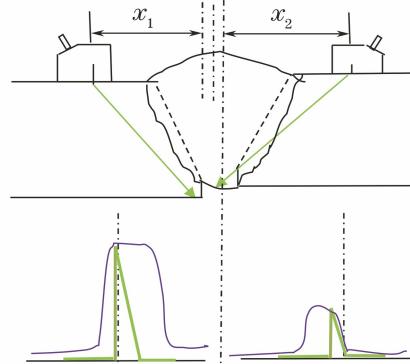


图 4 直角顿边单边未熔合检测方法示意

直角顿边单边未熔合的检测方法为：焊缝一侧的波形单一，反射波幅大，探头平移时，波形较稳定，反射波动态包络面大且比较规范，转动或摆动探头时，波形消失较快，深度定位等于母材厚度，具有端角反射的特征；在焊缝另一侧有反射波显示，其水平  $x_2$  定位位置过中心线偏对侧，深度定位略小于母材厚度，在根部一次波出现的位置偏左一些。

### 1.4 非直角顿边单边未熔合

当根部顿边不是按直角加工时，根部顿边未熔合产生的反射面就不会有端角反射，但顿边坡口面不和探头声束垂直，造成定位偏差。

非直角顿边单边未熔合引起的定位误判如图 5

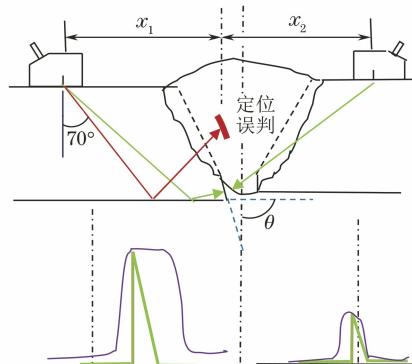


图 5 非直角顿边单边未熔合引起的定位误判示意

(下转第 70 页)

纹或发纹,对公司控制生产成本和生产效率都会产生不利影响。观察时可借助3~10倍放大镜,其形貌、成因经仔细判别后与裂纹、发纹有明显差异,裂纹一般呈不规则线性显示,中间部位粗,而两端头尖细,容易形成应力集中,危害性很大;而发纹则是由原材料中的金属夹杂物或气泡在轧制过程中被拉长而产生,显示痕迹一般如发丝状,磁痕显示较淡,两端头较圆,不易产生应力集中。

该批次Cr12MoV阀套是采用热轧料机加而成的,因此棒料靠近中心部位的碳化物容易沿轧制方向呈带状、网状、块状、堆集状分布,而棒料靠近表面的区域由于变形容易,则碳化物容易破碎,不易形成条带状,因此外表面不会因为碳化物而产生磁痕显示。

磁粉检测中零件表面的磁痕显示成因与漏磁场吸附磁粉密切相关,零件本身材料成分组织的不均匀、零件外形结构的变化、制造工艺等都会引起磁力线的畸变,在零件表面形成磁痕显示。在高碳合金钢的原始组织中,影响磁特性最大的就是碳及合金元素,一般随着碳及合金元素(如Cr,Mo)含量的增加,钢的磁导率便会发生变化,且极易产生合金碳化物<sup>[2-4]</sup>。由于此批次零件的碳化物组织呈条带状相互平行分布、聚集,所以碳化物的磁导率与周围基

体组织的磁导率相差变大,在磁化过程中磁力线发生畸变,从而吸附磁粉,在零件表面上形成线性磁痕显示<sup>[5]</sup>。

### 3 结语

(1) Cr12MoV材料的阀套内孔壁表面磁痕显示的成因及形貌与裂纹、发纹不同,其是碳化物呈条带状所致。

(2) 碳化物组织呈条带状聚集,与周围基体组织磁导率产生差异,磁化过程中引发磁力线畸变,组织吸附磁粉,在零件表面形成磁痕显示,此显示属于非相关性显示。

### 参考文献:

- [1] 侯彩云,宗铎,王志忠,等. Cr12MoV模具断裂原因分析[J]. 热加工工艺,2010,39(20):198-200.
- [2] 叶代平,苏李广. 磁粉检测[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [3] 叶代平. 磁粉检测[M]. 北京:机械工业出版社,2019.
- [4] 宋志哲. 磁粉检测[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2007.
- [5] 韩艳春. 440C材料零件表面特殊磁痕的原因分析[J]. 无损检测,2014,36(3):39-41.

(上接第67页)

所示,顿边与母材内表面的夹角 $\theta=77^\circ$ ,用标称角度为 $70^\circ$ 的探头进行根部扫查,此时既没有端角反射,也没有主声束为 $70^\circ$ 的反射波,这时 $70^\circ$ 探头产生的上扩散某角度声束反而与顿边坡口面垂直,显示波幅较高。当此时的缺陷定位仍用 $70^\circ$ 计算时,就会造成定位偏差,把原本根部的不连续给错误定位在焊缝非根部区域,从而造成不连续的定位误判。

## 2 错边焊缝的超声检测注意事项

通过上述分析,对于错边焊缝的超声检测应该做好以下几点。

(1) 在焊接前,应了解焊缝组对情况,在错边严重区域做好相关记录(如:错边大小,根部间隙,根部顿边角度等参数),为后续的波形分析提供参考依据。

(2) 对超声检测过程中的错边轮廓变形波进行分析,可以较好地了解焊缝的根部成型情况(比如根部轮廓的走向,根部余高的大小等),有助于根部缺

陷的辨别。

(3) 对于直角顿边坡口焊缝的根部检测,可以用 $45^\circ$ 或 $70^\circ$ 角度探头扫查焊缝根部,通过观察有无端角反射波进行缺陷的辨别。

(4) 对于非直角顿边坡口焊缝的根部检验,可能不会有端角反射现象,但要注意顿边坡口面和探头声束的不垂直造成的定位偏差。

### 3 结语

海洋石油平台单面焊卷管焊缝的根部超声波回波类型十分复杂,对错边引起的根部超声反射回波进行分析,有助于根部缺陷的辨别,对于保障海洋石油平台钢结构的焊接质量具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 郑晖,林树青. 超声检测[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2008.