

钢管超声波检测时缺陷波形的识别

汪 超,熊 伟,李雅可

(南京巨龙钢管有限公司,南京 210061)

摘要:双面埋弧焊钢管焊缝超声检测时经常出现回波超标问题,其中的伪缺陷严重干扰了检测人员对缺陷的判定。实例介绍了夹杂物、焊趾裂纹和成分偏析的回波特征,并提出了多种伪缺陷波形的判别方法。

关键词:超声波检测;曲率半径;伪缺陷识别

中图分类号: TG115.28

文献标志码:B

文章编号:1000-6656(2011)04-0075-04

Waveform Identification of Defects in Ultrasonic Testing of Steel Tubes

WANG Chao, XIONG Wei, LI Ya-Ke

(Nanjing Ju Long Steel Pipe Limited Company, Nanjing 210061, China)

Abstract: The echo height exceeding prescribed level often appears in the double-submerged arc-welded steel pipe weld ultrasonic detection, which is to seriously affect defects judgements for inspection personnel. The characteristic wave echo of some defects such as inclusion, crack and chemical composition segregation was introduced by examples, and the judge methods for false defect wave were putforward also.

Keywords: Ultrasonic testing; Curvature radius; False defect identification

1 缺陷回波信号

焊接接头由焊缝及热影响区两部分组成。焊接熔池从高温冷却到常温,期间经历两次组织变化过程:第一次是液态金属转变为固体金属的结晶过程,称为一次结晶;第二次是温度降低到相变温度时,发生组织转变,称为二次结晶。二次结晶不仅发生在焊缝,也发生在靠近焊缝的基体金属区域。该区域在焊接过程中受到不同程度加热,在不同温度下停留一段时间后又以不同速度冷却下来,最终获得各不相同的组织和机械性能,称为热影响区。根据组织特征可将热影响区划分为熔合区、过热区、相变重结晶区和不完全重结晶区四个小区。其中熔合区和过热区组织晶粒粗大,塑性很低,是产生裂纹等局部脆性破坏的源头,也是焊接接头的薄弱环节。所以热影响区的缺陷问题不同于焊缝中的缺陷,处理起

来较为复杂,对钢管实物质量影响较大^[1]。

1.1 热影响区母材夹杂物回波

采用 API 5L(44 版)标准(下简称标准)^[2],在用 2.5P8X12K2 探头检测 $\phi 1016 \text{ mm} \times 21 \text{ mm}$ 规格的钢管时,发现深度在 14~18 mm 左右,水平距离定位在焊趾边靠母材约 2~5 mm 处有强烈断续反射波出现,信号强度超过基准波幅($\phi 1.6 \text{ mm}$ 竖通孔,100% 波高)10 dB;探头移到焊缝对侧时缺陷波反射很低或较难探测到^[3-4]。同时缺陷波根较宽,波峰毛粗,主峰边上有小峰,根部带有小波,探头移动时,波形变化明显,从各个方向探测,反射波幅不相同,呈现出夹杂物反射波特征。该信号出现在热影响区的母材区域,按照标准,PSL2 的钢管母材不许补焊^[2]。为慎重起见,抽取超过基准波幅 10 dB 以上且连续长度超过 10 mm 的多处反射波位置进行 X 射线拍片,发现部分反射波位置在内焊趾轮廓线处有点状夹杂物,夹杂物按标准评定合格。根据超声波和 X 射线探伤结果,确定缺陷的横断面部位,截取试样进行热酸腐蚀,发现熔合线靠母材侧有空洞和夹杂物。根据 ASTM E45 标准,夹杂物符合

收稿日期:2010-04-20

作者简介:汪 超(1982—),男,助理工程师,本科,从事超声检测技术工作。

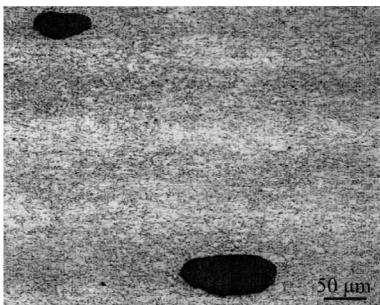


图1 试样中发现的腐蚀孔洞

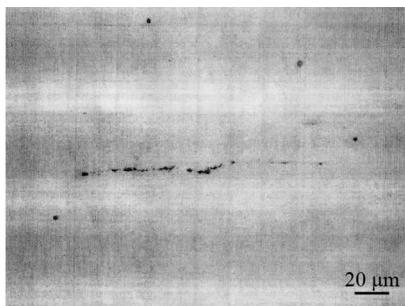


图2 试样中发现的B类夹杂物

标准要求^[3-4]。腐蚀试样见图1和2。

1.2 焊趾裂纹

用于油气输送的直缝埋弧焊管一般均需冷扩径。在冷扩径后,焊管在焊趾或热影响区部位可能会出现裂纹,产生的原因可能是多方面的。标准规定,冷扩径管焊缝要求在冷扩径后进行无损检验^[2]。超声检测裂纹反射波信号特征:反射率高,当探测方向有利时,反射波高度较大(与裂纹面的方向有关),波形较宽;探头平行移动时,反射波连续出现,波幅有变动;探头摆动时,波峰有上下错动现象,多峰波交替出现最大值,摆动角度较大。部分超声反射波形判定为裂纹缺陷信号的,经过取样金相试验证实裂纹的存在,如图3和4所示。

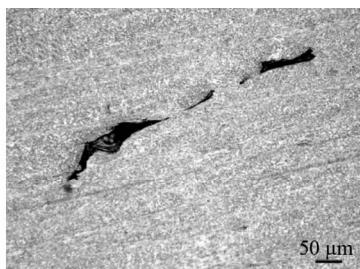


图3 焊趾裂纹图

1.3 成分偏析

在对材质为X70,厚度为21 mm的钢管焊缝探伤中,发现一条焊缝在板厚一半深处左右有一反射

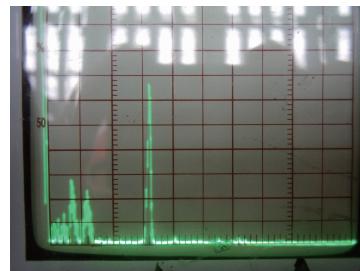


图4 焊趾裂纹波形图

信号出现,波形特征似微小裂纹波形,反射位置偏向焊缝坡口边沿母材侧,沿焊缝长度方向间断出现。为弄清信号产生的原因,在其反射波的位置上切取试样进行分析。磨制金相观察面后经抛光盐酸煮沸后观察,未发现裂纹等缺陷。在超声波探伤一侧的母材区域发现有一个弧形亮白区,经测定,弧形亮白区超声衰减系数大于其它部位,说明弧形亮白区的晶粒结构粗大,对超声传播产生很大影响。显微组织观察发现,弧形亮白区呈严重带状分布的组织,这是因为成分偏析所造成的一种粗晶组织。晶粒粗对传播的影响很大,所以横波探伤时,在弧形亮白区位置会产生回波信号。根据探伤中遇到的情况,初步判断为金属元素偏析的超声回波信号。根据波形特征方面看,偏析的回波信号波幅低而稳定,波峰尖锐陡峭,波根狭窄。从波形特征方面分析,探头移动到回波信号位置,反射波幅不高,缺陷深度出现在板材厚度的中间,偏向焊缝边沿,当探头垂直于焊缝前后移动时,反射波很快消失,类似于板材分层对焊缝边沿的影响,探头平行于焊缝移动时,反射波稳定,可以移动一定距离,后慢慢消失。此类很容易误判为裂纹缺陷波。波形特征方面分析,探头移动到回波信号位置,反射波幅不高,缺陷深度出现在板材厚度的中间,偏向焊缝边沿,当探头垂直于焊缝前后移动时,反射波很快消失。部分超声基准波幅,按标准验收则不合格。因回波在母材区域,按标准PSL2要求母材不许返修,重新对该母材区域进行直探头检测,和钢板探伤时的反射信号一样(图5),另对反射信

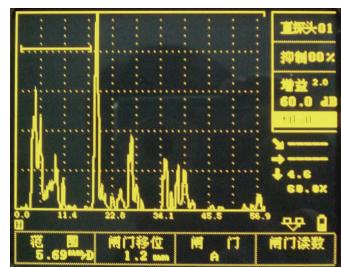


图5 母材分层的超声直探头A扫描信号

号最高的部位取样作金相试验,看到母材有断续的分层(图 6)。

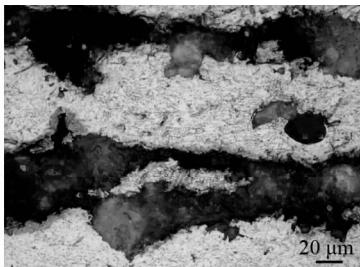


图 6 母材的分层(金相试样)

2 判别伪缺陷波的方法^[5-7]

在钢管焊缝超声探伤中,因为钢管焊接的工艺特点,示波屏上常常除始波和缺陷波外,还会出现一些由其它原因引起的伪缺陷回波,这些伪缺陷波干扰了对缺陷波的正确判别。以下就是生产中出现的四种伪缺陷波的成因和鉴别方法。

2.1 耦合剂反射波

理论上要求耦合层厚度为半径长的整数倍。耦合剂稠度太大,流动性不好;耦合层厚度太厚,容易堆积在探头前部,从压电晶片反射的纵波有一部分转换成表面波,造成反射信号,用手轻轻抹掉探头前部的耦合剂,该波即会消失。

2.2 焊缝表面焊痕反射波

这种反射波在钢管现场对接焊缝中出现较多,由于钢管长度偏差,加上多层结构的累积误差,使部分钢管柱对接时的焊缝宽度过大,多道施焊使焊缝表面形成一道道焊痕(图 7)。当超声波扫查到焊痕时,会引起焊痕反射。该反射波信号不强烈,迟钝,一般出现在一、二次底波稍偏后位置。识别方法是将探头固定不动,用手指沾耦合剂轻轻拍打焊痕处,该波则出现轻轻跳动。

2.3 焊缝上下错位引起的反射波

这种反射波主要出现在钢管现场对接焊缝检测中,是由于钢管上下对接时轴线偏差引起的。图 8 所示焊缝上下焊偏,在 A 侧探伤时,焊角反射波箱焊缝里的缺陷,如果将探头移动另一侧(B 侧)同位置处探伤,在一次波前没有反射波,或测得的反射波

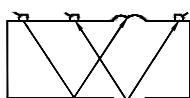


图 7 多道施焊焊缝

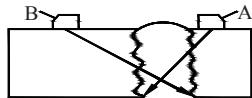


图 8 上下偏焊焊缝

的水平距离在母材上,说明该波是由于焊缝上下错位引起。

2.4 焊缝余高或咬边形成的非缺陷波

当焊缝过高或咬边,很容易形成边角反射,影响判别。判别方法是① 精确计算声程距离,根据显示屏显示的数据,确定缺陷的深度,或水平位置来判别是否为缺陷波。② 用手沾耦合剂轻轻拍打焊缝两侧,如反射波信号出现跳动,则说明该反射波是因为焊缝余高而造成的边角反射,并非缺陷波。③ 利用手动电磨对焊缝余高或疤痕进行打磨后再进行检测,若此时反射波消失,则该反射波是非缺陷波。

2.5 焊角回波及变形波

少部分的反射信号是由于焊缝与母材交界处的焊角回波及变形波产生。如图 9 所示,当横波束入射到探头对侧焊缝下表面的某些部位时,其反射横波 S' 和反射纵波 L' 垂直入射至上表面的某些特殊部位时,再垂直反射沿原路返回,形成变形横波和变形纵波,与第一次底波(焊角反射波)一起,在荧光屏上显示,形状象“山”字形(图 10)。内坡口变形波的传播和波形,在示波屏上有些变形波正好在二次波探测的范围内,往往可能被误判为二次波发现的缺陷。识别方法是:变形波在很大范围内,甚至在整个焊道的周围上都有。因此可将探头平行于焊缝移动以审视鉴别。焊角反射波可作如下判别:探头在 c 位置时有焊角反射波,在 d 位置时无焊角反射波(图 11)。探头在 a 位置若没有缺陷就没有焊角反射波,探头在 b 位置有焊角反射波(图 12)。

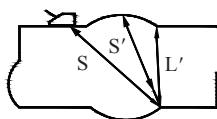


图 9 横波探伤时产生的变形波

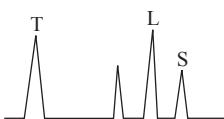


图 10 自动焊中的山字波

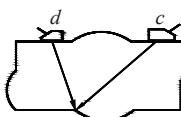


图 11 探头在 c,d 位置

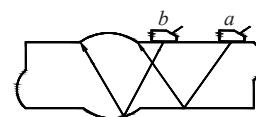


图 12 探头在 a,b 位置

3 结论

实践表明,超声探伤是钢管焊缝无损检测的有效手段之一。为保证钢管质量和理顺生产过程,对回波超标的钢管一般按下列方式处理:

(1) 超声反射信号超标,根据回波波形等判断

为缺陷且符合补焊要求的严格按补焊规程补焊,补焊后按原超声标准进行复探。

(2) 综合运用各种无损检测方法并和破坏性方法相结合。对焊管的超声波检验,超出验收极限的任何缺欠应归为缺陷。

(3) 判断为可能由于焊趾或变形波而引起的反射信号,需准确调整好超声仪器,进行精确定位。或用砂轮机对反射信号区域进行仔细打磨,打磨后再进行超声波复验,可发现反射信号消失,则可判断为焊趾反射或变形波。

(4) 判断为表面或近表面缺陷,需先标识,然后用砂轮机进行仔细修磨,修磨后再进行超声波复验,并进行磁粉检验和测厚,确保缺陷彻底消除。

(5) 缺陷位于管端或靠近管端,不符合补焊要求或切除含有缺陷管段后仍满足交货长度要求的钢管,可进行切除处理。

(6) 钢管的曲率半径对缺陷定位判别有一定影响,当对钢管纵向焊缝进行检测时,应进行曲率修

正,以提高缺陷定位判别的准确性。探伤前应充分了解工件焊接工艺和焊接方式,根据具体的焊缝工件结构表面状况,焊接现场等情况对检测结果进行认真分析,确定是缺陷还是伪缺陷,减少误判。

参考文献:

- [1] 张文锐.金属熔焊原理及工艺[M].北京:机械工业出版社,1981.
- [2] API SPEC 5L: 2007 管线钢管规范第44版[S].
- [3] ASTM E273 焊接钢管焊接区超声波检验标准作法[S].
- [4] ASTME114 接触式超声波纵波脉冲回波检验标准作法[S].
- [5] 胡天明.超声探伤[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1994.
- [6] 超声探伤编写组.超声波探伤[M].北京:劳动人事出版社,1989.
- [7] 尚庆祥,唐宏伟.高层钢结构现场安装焊缝的超声波探伤[J].施工技术,1999,6(6):23—24.

(上接第48页)

7 结论

以上方法在探头和试块研制的基础上,解决了1 mm厚度合金层界面无法有效检测的难点;对厚度>5 mm的合金层则将探头聚交范围控制在界面,排除了衬背材料对检测的干扰。该方法除适用于发电行业设备安装和检修时合金轴瓦的检测外,

(上接第71页)

节都要精心组织,精心施工,严格达到规范设计要求,施工过程中的每一细节都显得重要,必须严格把关,并选用有经验的、责任心强的人员进行施工。声波透射法检测大直径桩、深嵌岩桩、长桩(冲、旋挖)钻孔灌注桩,检测结果准确可靠,数据稳定,无检测“盲区”,操作方便。但必须严格按规范要求预埋质量合格的声测管。对于缺陷桩,应认真分析缺陷性质、缺陷程度及造成的原因,同时采取不同的处理办法;对存在较严重缺陷的桩,要判断能否进行补强处理,在保证质量的前提下,做到既不盲目放弃,同时

也适用于其他行业轴瓦的超声波检测。目前,该超声波检测工艺方法已完成中华人民共和国电力行业标准《汽轮发电机合金轴瓦超声波检测》报批稿。

参考文献:

- [1] ISO 4386-1 1992 滑动轴承 多层金属滑动轴承 第1部分:结合强度超声波无损检验[S].

也不能毫无根据的滥用。参建各方除了必须掌握基本的理论知识,还应不断积累经验,提高施工管理和检测水平,并以高度的责任心,做好施工管理和检测验收各个环节的工作,确保工程质量达到规范要求。

参考文献:

- [1] 罗骐先.桩基工程检测手册[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [2] 杨春林,虢曙安.桩基超声波无损检测质量判断浅析[J].湖南交通科技,1999,25(3):57.
- [3] JGJ 106—2003 建筑基桩检测技术规范[S].