

P92 钢焊缝的无损检测方法

张 斌

(宁夏电力建设工程公司, 银川 750001)

摘 要:新型马氏体耐热钢 P92 是国内新引进的锅炉用钢,其具有较强的裂纹倾向,因此对 P92 钢焊缝的检测尤为重要。通过对钢焊缝常用的无损检测方法进行对比,认为超声波与磁粉检测相结合较为理想,但超声波在 P92 钢中的声速与普通碳钢中不同,造成实际探伤中会产生误差。为确保检验准确性,专门定制了 P92 材质对比试块,将普通碳钢试块上调好的距离-波幅曲线在 P92 对比试块上校准,从而解决了声速不同对缺陷定位、定量的影响。实践验证了超声波与磁粉相结合的检测方法对 P92 钢的有效性。

关键词:新型马氏体耐热钢 P92;超声波检测;磁粉检测;缺陷判定

中图分类号: TG115.28

文献标志码: B

文章编号: 1000-6656(2011)07-0069-03

Nondestructive Testing Method of P92 Steel Weld

ZHANG Bin

(Ningxia Electric Power Construction Engineering Company, Yinchuan 750001, China)

Abstract: The P92 martensite steel is a new type of steel exclusive for boilers and characteristic of high heat resistance capability. The steel is however liable to crack. It is crucial to find applicable nondestructive methods to evaluate the steel weld. Through a thorough comparison between various available NDT means, the author found that the combination of ultrasonic and magnetic particle testing was a good choice. Considering that the sound wave velocity in P92 steel is different from ordinary carbon steel and the difference shall generate errors in result evaluation, specially made reference blocks of P92 steel are used to test the material, and calibrations are made by using the ordinary carbon steel with pre-adjusted distance-wave amplitude curves. Experimental results proved the effectiveness of ultrasonic testing combined with magnetic powder detection for the P92 steel.

Keywords: New martensite heat-resisting steel P92; Ultrasonic testing; Magnetic particle testing; Defect judgment

某电厂 1 000 MW 超超临界机组工程中,屏式过热器集箱、高温过热器出口集箱、高温再热器出口集箱、主蒸汽及再热蒸汽管道设计材质均为 SA335P92 钢。管道壁厚 >75 mm,其中主蒸汽主管道规格为 $\phi 563.2$ mm $\times 96.8$ mm,焊接时采用小线能量、薄焊层、多层多道、内壁充氩,氩弧焊(GTAW)打底,电弧焊(SMAW)盖面的焊接方法。P92 钢焊口的无损检测对检验人员来讲是一个新的课题。

收稿日期: 2011-03-29

作者简介:张 斌(1977—),男,助理工程师,本科,主要从事无损检测技术工作。

1 无损检测方法的选择

(1) 射线检测 P92 钢焊接时要求一次性连续焊接完毕且中间不做射线探伤。

(2) 超声波检测 对检测厚度无限制,检测不受现场环境的影响,在厚壁管的检测中对面积状缺陷检出率高。

(3) 磁粉检测 主要用于铁磁性材料的原材料、零部件和焊接接头表面、近表面缺陷的检测。

(4) 渗透检测 主要用于非多孔性金属材料和非金属材料的表面开口缺陷的检测。

综合上述因素,P92 钢焊缝的无损检测方案为在热处理完 24 h 后采用超声波与磁粉检测相结合

的检测方式。

2 超声波检测

2.1 超声波探伤仪的调试

声波在 P92 钢中的声速与普通碳钢中差别较大,P92 钢对声波的衰减系数也不同,声速的不同造成实际探伤中探头 K 值的变化较大,从而对缺陷定位、定量产生较大影响。在 P92 焊缝超声波检测中,为了确保检测的准确性,根据 DL/T 820—2002《管道焊接接头超声波检验技术规程》标准规定,校准应在标准试块和对比试块上进行,对比试块应选用与被检验管材相同或声学性能相近的钢材制作,为此专门定制了 P92 对比试块。在对 P92 钢焊缝的超声波检测前,先在普通碳钢 CSK-ⅠB 试块上校验探头 K 值,然后在 RB-3 试块上调节距离-波幅曲线,最后用 P92 对比试块校准距离-波幅曲线,校准时使超声主声束垂直对准反射体的轴线,对扫描线、灵敏度进行校验,经多次校验调节 HS611e 超声波探伤仪,解决了声速的不同对缺陷定位、定量的影响。

2.2 P92 钢的超声波检测

根据 DL/T 820 标准要求,笔者在规格为 $\phi 563.2 \text{ mm} \times 96.8 \text{ mm}$ 的 P92 材质的主蒸汽管道检验时,选用 $K1$ 和 $K2.5$ 两种探头。现场用调校好的超声波探伤仪检测 27 号焊接接头时发现在 3 点(9 点)至 12 点位置处存在三处缺陷反射波,且分布在焊缝的不同厚度上。由于是第一次在 SA335P92 钢上发现超标缺陷反射波,且缺陷深度接近于焊缝根部位置,一旦判定为不合格,返修工作量比较大,且返修后的二次热处理对 P92 钢内部组织有一定的影响,因此对缺陷反射波的定性及定量必须谨慎。

2.3 超声波检测缺陷的判定

图 1(a)中荧光屏上显示的反射波幅达到了 SL

+14.3 dB,深度 38.6 mm,指示长度为 260 mm。在探头移动过程中,其幅度平滑地上升到一个最大值,然后又平滑地下降到零,脉冲波的波根较窄。对缺陷作环绕扫查时,声程距离和回波幅度均变化不大。从不同方向用 $K1$ 和 $K2.5$ 的探头扫查时回波也基本相同,经分析判断为断续夹渣缺陷。

图 1(b)中反射波幅达到了 $SL+12.4 \text{ dB}$,深度 39.5 mm,指示长度为 46 mm。探头在左右扫查中,发现回波有起伏。将探头前后移动,缺陷波在探头移动过程中扫描线上的位置有变化,将探头左右移动,发现缺陷波的位置不变化。从两个方向在较短的声程范围内进行扫查,发现回波包络形状没有明显断开。分析判断为点状夹渣缺陷。

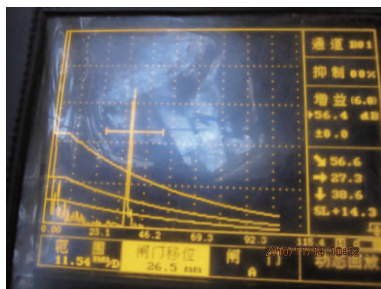
图 1(c)中反射波幅为 $SL+6.0 \text{ dB}$,深度 42.0 mm,指示长度为 120 mm。探头前后左右扫查,回波动态波形比较尖锐;探头作转动和环绕扫查时,回波迅速下降,在转动探头时反射波幅波动较为明显,且最高波位置显示缺陷有明显的角度,缺陷反射波的波趾较宽,且波动明显,无明显的最高波位置,存在多个高点,经分析判断为裂纹缺陷。

3 磁粉检测

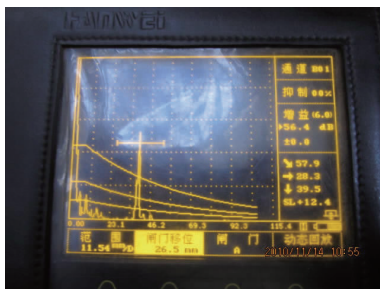
超声波检测 24 h 后,再次使用电动钢丝刷将焊缝及焊缝两侧 50 mm 内的表面打磨清除干净,表面喷涂反差增强剂,用 DAT 磁探仪进行磁粉探伤,未发现延迟裂纹缺陷。

4 缺陷的验证

为了找到缺陷产生的原因,笔者与焊接技术人员共同查看了焊接跟踪记录,通过与施工人员的交流发现:① 在焊接到 24~56 mm 时,层间温度、焊接线能量均有超标现象,次层焊接时操作不当形成夹渣。② 两名施焊人员违反操作规程,同时由 6 点位置向 12 点位置施焊,这种焊接顺序造成焊缝受



(a) 缺陷 1



(b) 缺陷 2



(c) 缺陷 3

图 1 检出缺陷波形

热、受力的不均匀,层间温度在 12 点位置时最高且不易控制。

为明确缺陷性质及类型,决定采用机械打磨、专人观察、逐层渗透检测的方式对缺陷进行验证。

制定挖补措施后,在超标缺陷处采用砂轮角磨机进行清除,接近缺陷深度时,放慢打磨速度,打磨到位后用渗透检测确认缺陷。缺陷 1 显示为断续夹渣,实际长度为 253 mm;缺陷 2 显示为点状气孔,实际长度为 5 mm;缺陷 3 显示为裂纹,实际长度为 113 mm,与超声波检测数据基本吻合。根据挖补措施进行补焊,热处理完毕后经超声检测未发现超标缺陷。

5 小结

在 P92 钢超声波检测过程中,由于缺陷波的高低、位置都是以缺陷反射波的最高点为基础的,因为



(上接第 68 页)

(2) 行走机构 行走机构由四条支臂及在其外端面焊接的四个万向轱辘组成。支臂焊接位置分别在第 1,2 及第 3,4 两台机头中间框架角钢平面上,这样既保证整个拍照架的平衡又不影响射线有效透照场。从机头焦点到轱辘边缘的距离为 600 mm。

(3) 辅助部件 辅助部件由吊耳和对焦尺组成。图 1 所示是拍环缝的吊法,拍立缝时只要吊拍照架右端的两个吊点就可以。对焦尺由焊在最末端机头固定框架上且与机头镜头中心垂直的一根长 200 mm,粗 5 mm 的钢筋组成。

3 四机联合拍照架的效果及使用事项

按照图 1 所示的方法把机头和拍片架用手拉葫芦连接到挂壁小车上,调整手拉葫芦使镜头中心与焊缝中心垂直,先拍单号位置后拍双号位置,这样就可连续拍照。笔者所在公司两组吊架全用,12 h 共拍 1 000 张底片。实践证明,采用此方法拍摄的底片完全符合 JB/T 4730—2005《承压设备无损检测》标准要求,受到监理及业主的好评。以下是几点使用事项:

(1) 每次检测前,要检查挂壁小车及拍照架是否有不安全因素,以防止设备坠落。

(2) 如遇大风使小车晃动,可用斜楔块填塞小车轱辘解决。

(3) 要保证所有机头镜头都垂直罐壁,防止底

超声波探头发出的声束是扩散的,只有主声束入射到缺陷时才可能使缺陷的反射波最高。所以波幅在定量线以下评定线以上、指示长度为 5 mm 以下的点状缺陷,按照 DL/T 820 标准不作评判,可作为可记录缺陷,同时由于缺陷本身性质的不同(缺陷的形态、表面的光滑程度、自身深度与声束的夹角等),造成了反射波幅与缺陷的大小不完全呈线性变化,所以对 P92 钢焊缝做超声波检测时,对低于评定线的缺陷也要进行必要分析,以判定其是否为危害缺陷。通过主蒸汽管道 P92 钢焊接接头的超声波检测及缺陷返修的经验总结,以及目前笔者所检验的 1 000 MW 机组的运行情况来讲,在 P92 钢焊缝的检验过程中严格执行 DL/T 820 规程要求,并采用超声波与磁粉相结合的检测方法对 P92 钢焊缝的检验是有效的。

片出现白头。

(4) 拍照架吊起后,要保证四个支臂与罐壁完全接触,这样才能保证检测几何条件。

更正启事

由于编辑部工作的失误,2011 年第 33 卷第 6 期《无损检测》杂志的纸质版本出现了正文下角处的年号和卷号印刷错误,将“2011 年第 33 卷”错误地印刷成了“2008 年第 30 卷”。对此,编辑部特向长期信任和支持《无损检测》发展的读者、作者及广告商深表歉意,并刊发本更正启事,以及采取如下补救措施:

(1) 及时更改《无损检测》2011 年第 33 卷第 6 期杂志的电子版本信息,确保在本刊唯一合作全文刊载网络平台“中国知网”的显示状态正常,即读者后续通过“中国知网”查阅或下载的该期论文将显示正常的年号和卷号。

(2) 向该期论文作者致歉并给每位作者发送已更改论文的电子版本,承诺协助作者做好解释工作。

编辑部将吸取此次教训,以更加严谨的态度从事《无损检测》杂志的出版工作,杜绝此类失误的再次发生。

《无损检测》编辑部