

# 电站锅炉 SA335-P91 钢焊接接头的超声检测

黄文大, 金南辉

(浙江省特种设备检验中心, 杭州 310020)

## Ultrasonic Testing of Welding Joints of SA335-P91 Steel in Power Plant Boiler

HUANG Wen-da, JIN Nan-hui

(Zhejiang Special Equipment Inspection Center, Hangzhou 310020, China)

中图分类号: TG115.28

文献标识码: B

文章编号: 1000-6656(2007)10-0615-02

SA335-P91 钢是美国于 20 世纪 70 年代末开发的一种改良的 9Cr-1Mo 钢, 在原 9Cr-1Mo 马氏体钢中加入 V, Nb 等合金元素得到的新型马氏体耐热钢, 以其热膨胀系数、弹性模量、蠕变性能以及抗氧化性等多方面的优点在许多国家的电站主蒸汽管道中得以广泛应用。P91 钢焊接接头中常见的缺陷有气孔、夹渣、未焊透、未熔合和裂纹等, 与普通钢焊接接头类似。但由于 SA335-P91 钢的组织声学特性与普通碳素钢存在差异, 因此进行超声检测时务必要考虑这种差异。

### 1 P91 钢中的横波声速和 K 值

在 20 °C 时, P91 钢的弹性模量  $E=218 \text{ GPa}$ , 密度  $\rho=7.78 \text{ t/m}^3$ , 泊松比取  $\delta=0.29$ , 可得 P91 钢中的横波声速为<sup>[1]</sup>:

$$C_s = \sqrt{\frac{E}{2(1+\delta)\rho}} \approx 3\,300 \text{ m/s}$$

而普通碳素钢的横波声速为 3 230 m/s。因此调整仪器输入参数时务必要注意到声速的变化。

横波斜探头的实际 K 值随介质声速的改变而改变。运用折射定律可推算出每只普通商用探头在普通碳素钢和 P91 钢中的 K 和 K' 值理论计算值, 两种 K 值的比较见表 1。

从表 1 中可以看出, 随着斜探头 K 值的增大, 材质不同引起的 K 值偏差也增大, 因此在检测中若不考虑这种 K 值差异, 缺陷定位定性乃至定量都将

表 1 P91 钢 K' 值与普通碳素结构钢中 K 值比较

| K 值 | K' 值 | K 值 | K' 值 | K 值 | K' 值 |
|-----|------|-----|------|-----|------|
| 1.0 | 1.04 | 1.8 | 2.00 | 2.5 | 3.00 |
| 1.4 | 1.50 | 2.0 | 2.25 | 2.7 | 3.34 |
| 1.5 | 1.61 | 2.2 | 2.53 |     |      |

受到影响。

### 2 试块要求

DL/T 820—2002《管道焊接接头超声波检验技术规程》、JB/T 4730—2005《承压设备无损检测》等标准都规定, 标准试块应采用与被检工件声学性能相同或相似的材料制成。如果在没有 P91 钢试块的场合, 仅仅采用普通碳素钢试块, 那么调节仪器时必须进行必要的修正。

#### 2.1 深度和水平距离的修正

较厚工件检测调节模拟超声探伤仪器时往往用深度调节法。在普通碳素钢试块上调节仪器后未修正, 检测 P91 钢焊接接头, 则实际深度应为示波屏显示深度的  $u$  倍, 实际水平距离应根据示波屏显示深度计算得到的水平距离的  $m$  倍。 $u$  的推导公式如下:

$$T_1 = \frac{2H}{C_{s1} \cos \beta_1} \quad T_2 = \frac{2H}{C_{s2} \cos \beta_2}$$

$$u = \frac{T_1}{T_2} = \frac{C_{s2} \cos \beta_2}{C_{s1} \cos \beta_1}$$

式中  $T_1$ ——普通碳素钢中横波传播时间;

$H$ ——反射体深度;

$C_{s1}$ ——普通碳素钢中横波声速;

$\beta_1$ ——普通碳素钢中横波折射角;

收稿日期: 2006-12-12

作者简介: 黄文大(1968—), 男, 无损检测高级工程师。

$T_2$ ——P91 钢中横波传播时间;

$C_{s2}$ ——P91 钢中横波声速;

$\beta_2$ ——P91 钢中横波折射角。

$m$  的推导公式如下:

$$m = \frac{H \tan \beta_2}{u \tan \beta_1} = \frac{u \tan \beta_2}{\tan \beta_1}$$

$$m = \left( \frac{C_{s2}}{C_{s1}} \right)^2 = \left( \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} \right)^2$$

通过不同的  $K$  值( $\beta_1$ )和  $K$ 值( $\beta_2$ )可计算  $u$  和  $m$  值。

## 2.2 DAC 曲线的修正

如果没有 P91 钢试块而仅仅采用普通碳素钢试块,目前此种 DAC 曲线的修正有一定的难度。因此笔者不赞同超声检测 P91 钢焊接接头时采用普通碳素钢试块来调节超声探伤灵敏度(入射点的测定可用普通碳素钢试块)。

## 3 检测实践

利用 USN60 型超声探伤仪测得的 P91 钢的声速大致为 3 290~3 310 m/s,与理论计算值吻合。2006 年笔者在某电厂锅炉安装监检中曾对一些 P91 钢焊接接头进行超声检测抽查,结果发现个别原先已经检测合格的 P91 钢焊接接头存在根部缺

陷(未焊透)漏检问题。查其报告和询问有关安装单位检测人员,方知原先对一些 P91 钢焊接接头进行超声检测时用普通碳素钢试块调探伤仪,并且未作任何修正,一些壁厚 32 mm 的 P91 钢管焊接接头用  $K=2.0$  探头检测时曾发现波高在 III 区的回波,显示屏上指示深度为 34 mm,安装单位检测人员误判其为根部焊波反射,认定为非缺陷波。而实际上如果进行深度修正, $K=2.0$  时, $u=0.93$ ,这时显示屏上指示深度 34 mm 应为 32 mm,该回波的实际深度刚好在根部缺陷(未焊透)产生的位置。后来用 P91 钢试块来调节 USN60 型超声探伤仪,检测指示实际上该回波就是根部未焊透。

## 4 结语

P91 钢焊接接头进行超声检测时,应采用 P91 钢试块来校准超声探伤仪,调整检测灵敏度,以保证检测结果的可靠性。如果采用普通碳素钢试块来调整探伤仪,DAC 曲线的修正有一定的难度,检测定量误差将不可避免。

## 参考文献:

- [1] 日本非破坏检查协会,编. 超声探伤 B[M]. 马羽宽,姜志明,李世荣,译. 长春:吉林科学技术出版社,1985.

## 欢迎订阅 2008 年 《中国特种设备安全》 原《中国锅炉压力容器安全》

《中国特种设备安全》(原《中国锅炉压力容器安全》)杂志创刊于 1985 年。由国家质量监督检验检疫总局主管,中国特种设备检测研究中心、中国特种设备检验协会和中国锅炉水处理协会联合主办,中国锅炉压力容器安全杂志社编辑出版发行。

《中国特种设备安全》是一份报道我国锅炉压力容器安全、压力管道、电梯、起重机械及其他特种设备政策、法规、标准以及最新进展的综合性的集技术、管理及广告为一体的专业性刊物。

**办刊宗旨:**宣传党和国家政策法规、报道安全动态、交流安全技术经验、普及安全知识,提高特种设备从业人员的素质,为发展特种设备安全事业服务。

**办刊特色:**坚持理论与应用兼顾,以应用技术为主,以解决安全监察与检验中实际问题;兼顾提高与普及,以普及为主。追求杂志的高质量,突出杂志内容的技术性、指导性;跟踪中国特种设备安全事业的发展,促进经验交流。

**栏目设置:**《政策导向》《监察与检验》《专论与综

述》《安全技术》《法规园地》《事故与缺陷分析》《国外资讯》《水处理》《无损检测》《企业之窗》《鉴戒篇》《信息与动态》《知识长廊》等。

**读者对象:**从事锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械及其它特种设备行业的科研、设计、制造、安装、管理人员,使用、维修、检验、产品销售人员、科技人员,工程院校的教学和管理的人员和中高级技术工人。

欲订阅者,请向中国锅炉压力容器安全杂志社发行部索取订单,或登录杂志网站(网址:www.csei.org.cn),或通过邮局订购。邮发代号:82—411 月刊,大 16 开,每册定价 8.00 元,全年 12 期,共 96.00 元。

开户银行:交通银行北京和平里支行;户名:中国锅炉压力容器安全杂志社;邮编:100013;帐号:110060224018000887646;地址:北京市朝阳区和平街西苑 2 号楼;联系人:袁龙妹;发行部电话:(010)84279798;传真:(010)84273124;电子信箱:zzhsh@csei.org.cn;网址:www.csei.org.cn。