

# T/P92 钢焊接接头蠕变损伤的超声检测

黄桥生<sup>1</sup>, 王 学<sup>2</sup>, 王 啸<sup>2</sup>

(1. 国电科学技术研究院有限公司, 武汉 430066; 2. 武汉大学 动力与机械学院, 武汉 430071)

**摘 要:** 采用超声纵波声速法和衰减法等两种方法, 对 T/P92 钢焊接接头不同蠕变时间的蠕变损伤进行检测, 发现检测效果并不理想, 无法有效地发现蠕变损伤缺陷。

**关键词:** T/P92 钢; 焊接接头; 纵波声速法; 衰减法

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2018)10-0053-03

## Ultrasonic Detection of Creep Damage of Welding Joint of T/P92 Steel

HUANG Qiaosheng<sup>1</sup>, WANG Xue<sup>2</sup>, WANG Xiao<sup>2</sup>

(1. Guodian Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430066, China;

2. School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430071, China)

**Abstract:** In this paper, the creep damage of the welding joint of T / P92 steel at different creep times is detected by ultrasonic longitudinal wave speed method and attenuation method. It is found that the detection effect is not ideal and the creep damage defect cannot be found effectively.

**Key words:** T/P92 steel; welding joint; longitudinal wave speed method; decline method

随着我国电力工业领域的快速发展, 社会对电力行业安全运行的要求越来越高。为了确保主蒸汽管道以及再热蒸汽管道在高温高压下的安全运行, 电厂在运行前以及实际工作过程中, 需要采用无损检测手段对其进行相应的损伤检测。检测目的包括发现待检对象中是否存在缺陷, 以及缺陷的大小、性质、位置和形状等。

超声波是一种频率大于 20 000 Hz 的机械波, 其实质是以波动形式在弹性介质中传播的一种波。利用超声波的反射、透射和散射行为, 超声检测法可以对被检工件进行几何特性测量、组织结构和力学性能变化的评定、缺陷检测和表征等。

## 1 T/P92 钢焊接接头损伤的超声检测

### 1.1 超声检测系统的搭建

超声波在介质中传播时, 随着传播距离的增加, 超声波的能量会出现明显衰减。引发超声波衰减的

原因主要有以下几方面: ① 晶粒散射衰减; ② 声束的扩散衰减; ③ 介质吸收衰减。

笔者对 T/P92 钢焊接接头蠕变后的试样, 进行了纵波声速检测以及衰减系数测量, 蠕变时间为 312 (20% tf), 624 (40% tf), 936 (60% tf), 1 248 (80% tf), 1 560 h (1.0 tf) (tf 指蠕变寿命分数)。试验仪器采用汕头超声电子开发的 CTS-1002 数字式超声探伤仪。

### 1.2 焊接接头损伤的纵波声速检测

由于声波是在弹性媒介中传播的一种机械波, 其传播速度与介质的特性及状态有关。因此, 可以通过测量介质中的声速来研究被测媒介的特性或状态变化。

为了研究不同蠕变寿命分数下 T/P92 钢焊接接头各区域的常规超声检测时的纵波声速变化, 进行检测试验。焊接接头的超声检测位置如图 1 所示, 其一共包含 5 个点, 每个点测量 3 次。其中第 1 点和第 5 点为 T/P92 钢母材组织; 第 2 点和第 4 点为热影响区组织; 第 3 点为焊缝组织。

图 2 为不同蠕变寿命分数下, T/P92 钢焊接接头各区域的纵波声速变化 (图中 BM 指母材, HAZ 指

收稿日期: 2018-04-30

作者简介: 黄桥生 (1980—), 男, 高级工程师, 学士, 主要从事电站金属材料失效分析和检验检测工作

通信作者: 黄桥生, 63292537@qq.com

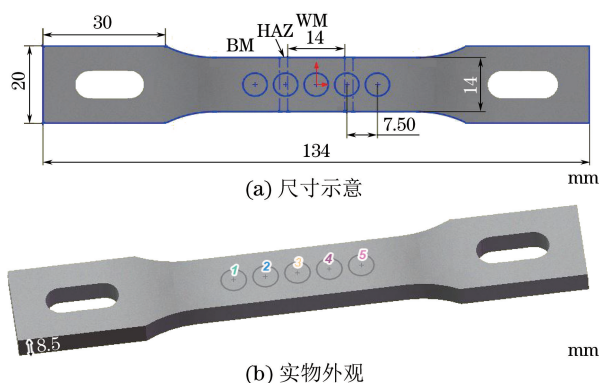


图1 T92 钢焊接接头超声检测位置示意

热影响区,WM 指焊缝)。

从图 2(a)和 2(e)可以看出,T/P92 钢母材组织的声速在蠕变寿命范围内并没有呈现出规律性的变化。当试样蠕变 1 560 h 后,与原始焊接接头相比,断裂试样母材区域的纵波声速并没有发生明显的改变。一方面这可能是由于母材区域的蠕变损伤相对较小,另一方面则可能是由于常规纵波声速法自身灵敏度的限制所致。

图 2(b)和 2(d)为 T/P92 钢焊接接头热影响区组织的纵波声速变化示意。由于蠕变 1 560 h 后,持久试样的断裂位置发生在测量点 2 处,因此在图 2(b)中缺失了相应的数据。从图 2(d)中可以看出,在蠕变寿命区间的 80%~100% 中,焊接接头热影响区的纵波声速表现出轻微的下陷趋势。

过去的研究表明:纵波声速与介质的弹性性质

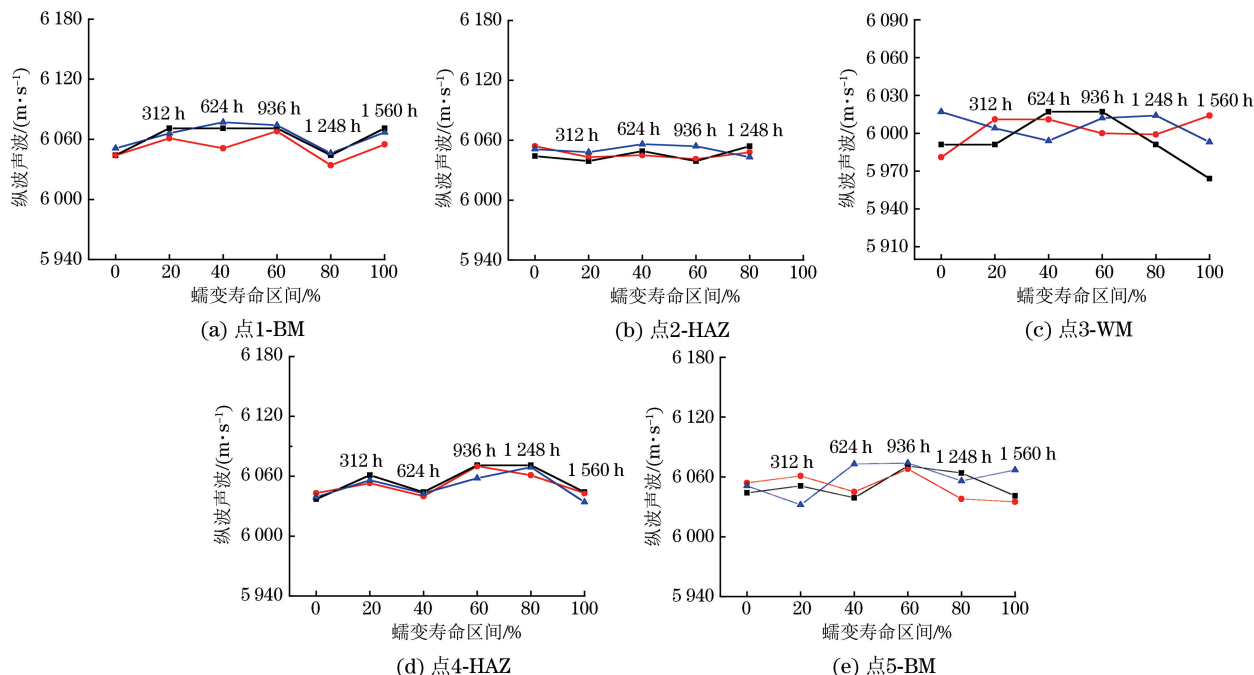


图2 T/P92 钢焊接接头常规超声检测纵波声速变化示意图

有关,介质的弹性模量越高,材料内部越是致密,其声速也越高。而当材料内部出现孔洞等缺陷时,其纵波声速则会相应地下降。T/P92 钢热影响区的纵波声速在蠕变寿命区间的 80%~100% 中下降幅度轻微,这可能是由于细晶区的区域很窄(即损伤程度较重的区域较窄)而引起的。

图 2(c)为焊缝组织的纵波声速变化图,可以看出:相比较焊接接头的母材与热影响区,焊缝区域的声速最小,这是由于焊缝组织的晶粒比较粗大,纵波声速易发生衰减所致。

### 1.3 焊接接头损伤的衰减法检测

由于热影响区是 T/P92 钢焊接接头中最脆弱的位置,因此除了测量纵波声速外,还对蠕变前后焊接接头热影响区的衰减系数进行了测量,测量位置统一选取为第 4 点。

图 3 为 T/P92 钢焊缝热影响区在不同蠕变寿命分数下的声衰减示意。基于多次脉冲反射法,可以看出:在试样的蠕变寿命范围内,四次反射底波(B4)的幅度变化不大,而五次反射底波 B5 则在蠕变寿命的 80%~100% 区间内呈下降趋势。此外,和 80% tf 的试样相比,六次反射底波 B6 以及后者(B7, B8)在 1.0 tf 的试样中降低明显,表明超声衰减法对 T/P92 钢热影响区的损伤评估只在蠕变寿命末期阶段才较为敏感。

图 4 为 T/P92 钢热影响区在不同蠕变寿命分数下的衰减系数变化示意。由图 4 可以看出,由于

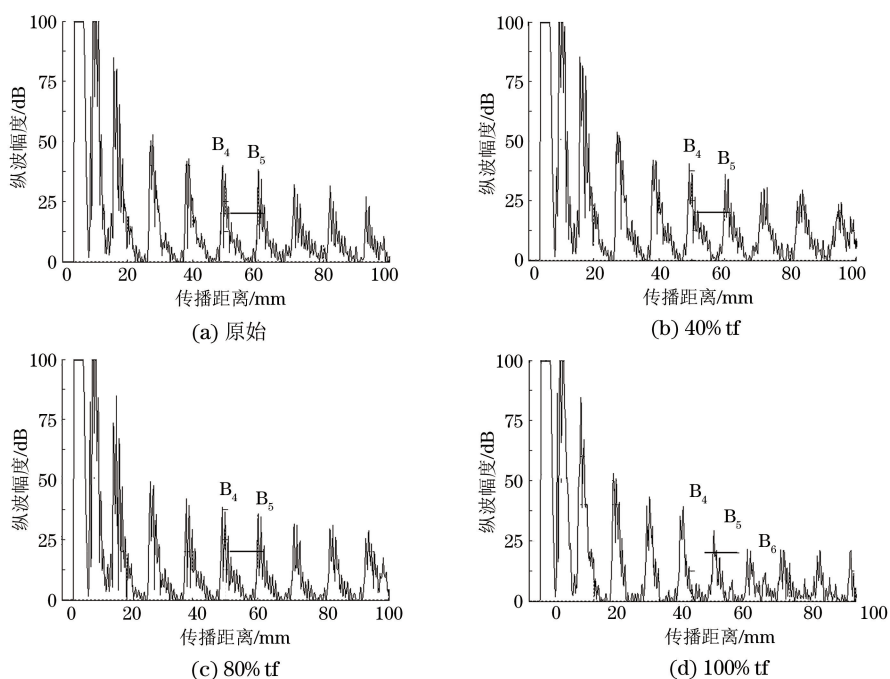


图3 T/P92 钢焊接接头常规超声检测声衰减示意

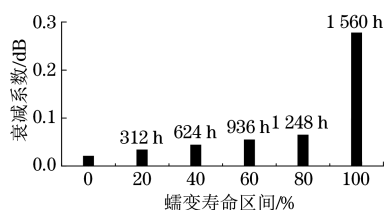


图4 T/P92 钢焊接接头常规超声检测衰减系数变化示意

衰减系数在热影响区蠕变寿命期的绝大部分时间内变化不大,因此常规的衰减系数测量法对评估 T/P92 钢焊接接头蠕变损伤的效果并不是很理想。

过去的研究表明<sup>[1-3]</sup>:介质中出现的孔洞等缺陷将会对超声波产生散射作用,从而导致超声波发生衰减。同时,随着介质损伤程度的加重(即孔洞等缺陷的尺寸增加、数量增多),超声波衰减的程度将增加。然而,从图 3(a)~3(c)中可以看出:T/P92 钢热影响区的底波幅度在 80% 的蠕变寿命范围内并没有发生明显变化,尽管蠕变孔洞在此范围内已经有了显著的萌生与长大。探究其原因可以发现,常规超声检测只对尺寸接近半波长的缺陷才较为敏感,而当缺陷的尺寸小于半波长时,在介质中超声的衍射现象占主导地位。T/P92 钢蠕变断裂后,热影响区大多数蠕变孔洞的尺寸仍然处于微米级水平,这就表明了超声衰减法很难检测出 T/P92 钢热影响区蠕变寿命前期中的孔洞损伤。

## 2 结论

(1) 采用超声纵波声速检测方法对 T/P92 钢焊接接头蠕变损伤进行检测,发现 T/P92 钢焊接接头母材、热影响区与焊缝区域的纵波声速并没有呈现明显的规律性变化,表明常规的超声方法对 T/P92 接头形成的蠕变孔洞并不敏感。

(2) 采用超声波衰减系数方法对焊接接头热影响区进行了评估,结果表明 T/P92 钢热影响区的衰减系数在 80% 蠕变寿命的范围内并没有发生明显的变化,而只是在之后的寿命区间内发生了较为显著的上升,超声衰减法很难检测出 T/P92 钢热影响区蠕变寿命前期的孔洞损伤。

## 参考文献:

- [1] HAMILTON M F, BLACKSTOCK D T. Frontiers of nonlinear acoustics [M]. Oxford: Elsevier Applied Science, 1990.
- [2] BREAZEALE M A, PHILIP J, ZAREMBOWITCH A, et al. Acoustical measurement of solid state non-linearity: Application to CsCdF<sub>3</sub> and KZnF<sub>3</sub> [J]. Journal of Sound & Vibration, 1983, 88(1):133-140.
- [3] MEEGAN G D, JOHNSON P A, GUYER R A, et al. Observations of nonlinear elastic wave behavior in sandstone [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1993, 94(6):3387-3391.