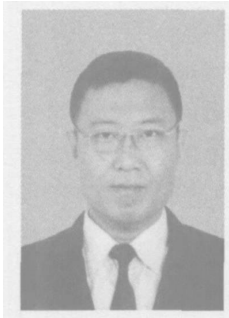


金属磁记忆法检测焊接裂纹的时间空间有效性

梁志芳¹, 李午申¹, 王迎娜², 白世武², 薛振奎²

(1. 天津大学 材料科学与工程学院, 天津 300072;
2. 中国石油天然气管道科学研究院, 河北 廊坊 065000)



梁志芳

摘 要: 预制了焊接裂纹试板, 在试板的不同空间区域, 以及焊接之后的不同时刻进行了金属磁记忆检测。采用快速傅里叶变换对检测信号进行了特征分析, 研究了焊接裂纹周围不同区域在不同时刻的金属磁记忆信号以及其傅里叶变换相位突变特征。结果表明, 在焊接裂纹存在的 70 mm 范围内是金属磁记忆检测的空间有效区域。在焊接完成后, 接头温度低于 100 ℃以后的任何时间进行金属磁记忆检测, 取得的结果都是有效的。

关键词: 焊接裂纹; 金属磁记忆; 时间有效性; 空间有效性

中图分类号: TG402 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2006)08-009-03

0 序 言

金属磁记忆 (metal magnetic memory 简称为 MMM)检测法是 1997 年由以杜波夫教授为代表的俄罗斯专家提出的一种新型 NDT 方法^[1~3]。该方法一经提出立即得到国际社会的重视, 国内外的学者就开始研究 MMM 法的理论及其在焊接质量检验中的应用。目前在焊接裂纹的 MMM 检测研究中, 主要集中在焊接裂纹的 MMM 信号特征方面^[4,5]。对于 MMM 方法用于检测焊接裂纹的时间空间有效性方面, 国内外的研究却没有涉及。而这个问题又是影响 MMM 法用于焊接裂纹检验的关键。

预制焊接裂纹试板, 在试板的不同空间区域、以及焊接之后的不同时刻进行了 MMM 检测。采用快速傅里叶变换对检测信号进行了特征分析, 研究了焊接裂纹周围出现 MMM 信号特征的区域范围, 以及焊接完成后 MMM 检测信号随着时间的变化规律。

1 试 验

制备相同的 2 块包含裂纹的对接焊试板, 称为 A 板和 B 板, 以观察其检测信号规律的重复性, 并对其在不同的时间段和空间位置进行 MMM 检测。

收稿日期: 2005-07-11
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50475113); 博士点基金资助项目 (20030056002)

1.1 试样制备

试验材料: 4 块 X70 管线钢板, 规格为 21 mm×200mm×400 mm。

为了能够增加焊接残余应力, 对 4 个试件分别加工成 U 形坡口。按照图 1 所示用铣床加工方法开坡口。

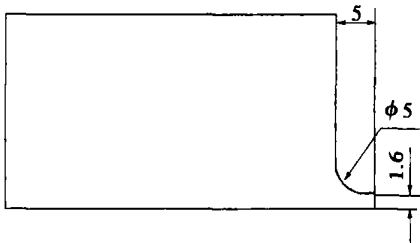


图 1 坡口加工尺寸 (mm)

Fig. 1 Size of groove

用线切割方法预制裂纹, 具体的加工位置和尺寸如图 2 所示。线切割预制的裂纹与焊缝平行并且处在焊接热影响区的位置, 但是线切割加工工艺的要求必须有入刀贯穿裂纹。这个工艺裂纹是不需要的, 所以采用钨极氩弧焊焊补去除。

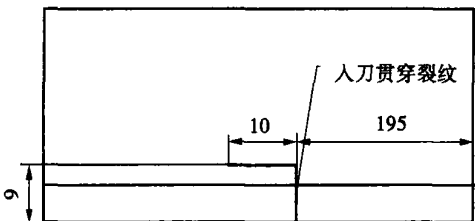


图 2 预制裂纹位置和尺寸 (mm)

Fig. 2 Position and size of precut crack

为了更一般地模拟真实的焊接热影响区裂纹,需要将预制的裂纹埋藏在热影响区内部,而不是表面。这要求将线切割以后的贯穿裂纹进行埋焊加工,在某一定深度的位置制备出裂纹。采用手工钨极氩弧焊进行埋焊。

为了得到要求的埋藏深度尺寸的裂纹,须严格控制焊接工艺,由高级焊接技师施焊,多次焊接试验之后解剖焊缝测量焊接熔深,确定特定的施焊技师,采用规定的焊接工艺才能达到要求的焊接熔深。这样就可以达到试验预定的埋藏深度。

经过焊补去除线切割入刀贯穿裂纹和埋焊两个工艺之后,在预制的裂纹处存在着大量的焊接残余应力,这个应力的分布是未知的,与对接焊残余应力相互交杂。因此需要退火消除这些应力。具体的工艺为加热温度 $600\sim 630\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间 16 h ,降温方式随炉冷却 24 h 到 $290\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后出炉空冷到室温。

对退火后的试件与另外两块试件进行对接焊,以在预制裂纹处模拟出焊接残余应力。焊接方法是封根焊采用手工钨极氩弧焊,填充和盖面焊采用手工电弧焊。

1.2 磁记忆信号检测

用TSC-1M-4磁记忆检测仪对焊后的钢板进行磁记忆信号的检测,检测过程如图3所示。

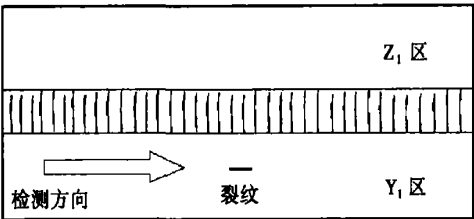


图 3 信号检测示意图

Fig. 3 Schematic map of detection

为了研究金属磁记忆信号随检测时间和空间的变化规律,对对接焊后的 $400\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ 平板试件进行检测区域划分,对每个区域进行定期检测。

检测时间:以对接焊完成时间为起点,分别在 1 h , 2 h , 3 h , 5 h , 8 h , 18 h , 24 h , 48 h , 72 h 进行9次检测。第9次测量后每隔 5 d 检测一次,至 23 d 后止。

图4是A试件网格划分示意图,区域以焊缝中心线左右对称划分出5个检测区域,每个区域宽度为 35 mm 。B试件的划分方法与A相同。

2 分 析

由信号处理学可知,表征信号的特征量一般包

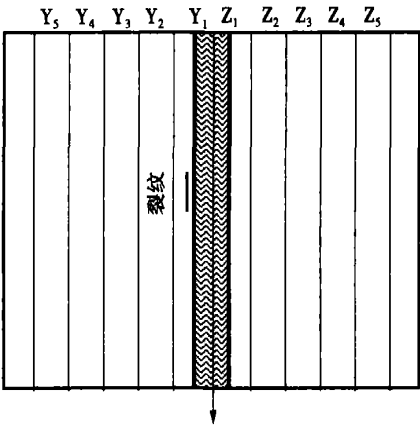


图 4 网格划分示意图

Fig. 4 Schematic map of detection zone

括频率、幅值和相位等。将去噪后的磁记忆信号做傅里叶分解,并求出信号的幅值和相位。采用MATLAB的信号处理工具箱(signal processing toolbox)和小波处理工具箱(wavelet toolbox)直接进行信号的分析处理。图5是对A板Y1区域MMM检测信号相位分析结果。

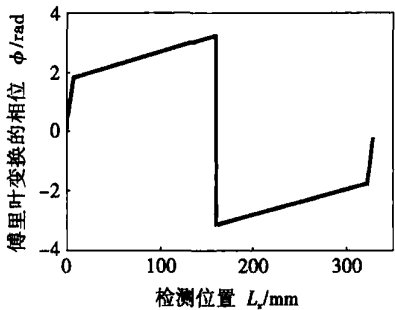


图 5 傅里叶变换后磁记忆信号的相位

Fig. 5 Phase of MMM signal after Fourier transform

由图5可见,磁记忆曲线的相位有奇异性突变。这种相位的突变在对另外一块试板的MMM检测的傅里叶分析中也出现了。进一步的分析表明,这个突变位置正好处在预制裂纹的位置。这种现象的重复性和与裂纹位置的对应性说明:傅里叶分析相位突变是焊接裂纹的MMM信号特征。

2.1 MMM检测时间有效性

焊接裂纹的MMM检测时间有效性本质就是,研究MMM检测信号的特征是否随着时间的延长而改变。

试验通过对预埋裂纹的检测,分别研究了焊接后不同时间的检测结果。检测的时间是从焊接后冷却到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (在高于该温度时检测无法进行)开始计时的。为了更加精确地考察时间对MMM检测结果的影响,对A板Y1区域焊接后第二通道的所有共9次

MMM 检测信号的傅里叶变换相位突变点位置特征进行分析, 画出该位置随着时间的变化规律, 如图 6 所示。由图中可见, 相位突变点位置是不变的。

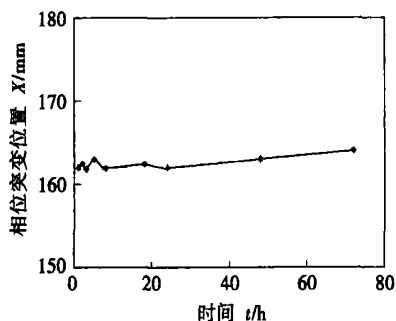


图 6 傅里叶分析相位突变点随时间的变化

Fig. 6 Relation between time and phase mutation position

对 B 板 Y_1 区域焊接后的 MMM 检测结果的直观观察和相位突变点特征的分析, 同样有检测结果不随时间变化的特征。同时对 A 板和 B 板的其它区域随时间的变化进行比较后, 可以得出同样的结论。

试件经过焊接热循环, 从高温状态向低温状态转变的过程中, 伴随着组织和相的转变。由于预制裂纹处于热影响区, 裂纹尖端的组织发生转变的同时, 必然受到残余应力的作用, 在地磁场中经过居里点时(约 $764\text{ }^{\circ}\text{C}$)^[6], 预制裂纹尖端形成磁畴的固定节点, 漏磁场开始形成。由于试件经过焊接过程冷却下来后, 试件的空间磁场已经形成并不再发生变化。所以金属磁记忆检测在焊接冷却下来后的任何时间进行都是有效的。

2.2 MMM 检测空间有效性

用傅里叶分析相位差作为焊接裂纹的 MMM 信号特征, 对 MMM 检测的空间有效性进行研究。考察远离焊缝的不同检测区域, 如图 4 中的 Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 。对这些区域上的 MMM 检测信号用傅里叶变换进行相位分析。如图 7 所示, 可见, 随着测量通道远离裂纹存在的位置, 奇异点在图 4 中 Y_3 区域测量的磁记忆曲线中消失, 且随距裂纹位置距离的增加, 突变点不再出现。考察另一试件, 也有同样的情况存在。

结合图 4 中划分检测区域的宽度, 每格宽度为 35 mm, 则 MMM 检测焊接裂纹的有效区域是在 70 mm, 即当用傅里叶变换分析 MMM 检测信号中出现了相位突变点的情况下, 在该突变点所对应的检测位置附近半径为 70 mm 的区域内, 是需要特别关注的高危险区。

综合以上对 MMM 检测空间有效区域的分析, 在试验条件下, 焊接裂纹的 MMM 检测空间有效区

域应该是 70 mm。

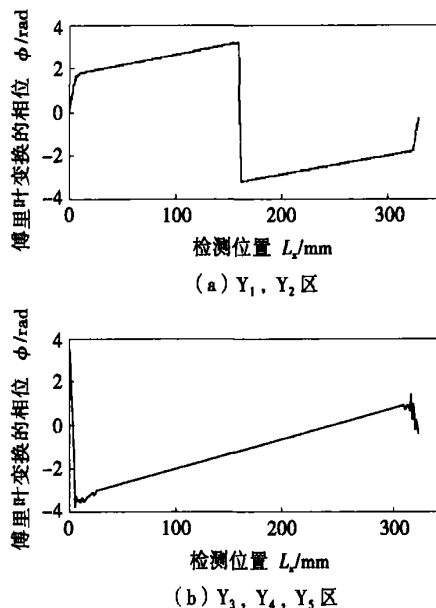


图 7 磁记忆信号相位图的对比

Fig. 7 Phase change comparison between different detection zone

3 结 论

(1) 在焊接过程结束后, X70 管线钢构件冷却到低于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后的任何时间内进行 MMM 检测都是有效的。

(2) 在 MMM 检测信号出现傅里叶分析相位突变特征的位置, 以该位置为中心, 以 70 mm 为半径的范围内是有效的焊接裂纹检测区。

参考文献:

- [1] Doubov A A. Diagnostics of metal items and equipment by means of metal magnetic memory [A]. Proceedings of CHSNDT the Seventh Conference on NDT and International Research Symposium[C]. Guangzhou, China, 1999. 181—187.
- [2] 任吉林, 邬冠华, 宋 凯, 等. 金属磁记忆检测机理的探讨[J]. 无损检测, 2001, 24(1): 29—31.
- [3] Doubov A A. The express technique of welded joints examination with use of metal magnetic memory [J]. NDT & E International, 2000, 33(6): 351—362.
- [4] 张亚梅. 油气管道的磁记忆检测技术应用及其对比性定量的初探[D]. 天津: 天津大学, 2004.
- [5] 邱新杰. 焊接裂纹的金属磁记忆漏磁场特性的初步研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
- [6] 史 焱, 黄俐研, 金熹高. 居里点裂解色谱及应用[J]. 现代仪器使用与维修, 1998(3): 1—4.

作者简介: 梁志芳, 男, 1970 年 5 月出生, 博士后。主要从事焊接材料以及焊接检验研究工作, 发表论文 10 余篇。

Email: brainliang@tju.edu.cn

MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

Binocular stereo vision with laser to reconstruct welding seam
WANG Kehong, CAO Hui, LIU Yong, ZHANG Deku(Department of Materials Science and Engineering, Nanjing University Science and Technology, Nanjing, 210094, China). p1—4

Abstract: A binocular stereo vision with laser system was developed. Clear image of the welding seam was obtained. The difficult problem of the Feature Point Matching algorithm in stereo vision was solved with the structure laser. A programme to acquire and process image was developed by Visual C++. The 2D image coordinates of the seam feature and the character of the seam was obtained. An algorithm of 3D coordinates calculation method was proposed. It can reconstruct the 3D coordinates of the seam with the 2D image coordinates of the seam feature point and obtain precise information of the seam. The experiments of the reconstruction of typical seams were done. The results show that the accuracy of the seam reconstruction is very high.

Key words: reconstruction of seam; binocular stereo vision; 3D reconstruction; image processing; structure laser vision

Optimization of welding sequences of box-like structure based on a genetic algorithm method CUI Xiaofang^{1,2}, MA Jun², ZHAO Haiyan¹, ZHAO Wenzhong³, MENG Kai²(1. Department of Mechanical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. CNR Datong Electric Locomotive Co. LTD, Datong 037038, China; 3. College of Mechanical Engineering, Dalian JiaoTong University, Dalian 116028, China). p5—8

Abstract: The genetic algorithm method was proposed. The box structure's nonlinear three-dimension optimization simulation model was established based on thermo-mechanical coupling algorithm, and the objective function of welding distortion has been utilized to determine an optimal welding sequence by optimization of simulation. This genetic algorithm method combining with thermo-mechanical nonlinear finite element model was verified by comparison with available experimental data. By choosing the appropriate objective function for the considered case, an optimum welding sequence was determined by the genetic algorithm. This study indicates that presented new method has important practical application for designing the welding technical parameters.

Key words: box-like structure; welding distortion; thermo-mechanical coupling; welding sequence optimization; genetic algorithm

Available time and dubious zone size of welding crack by metal magnetic memory method LIANG Zhifang¹, LI Wushen¹, WANG Yingna², BAI Shiwu², XUE Zhenkui²(1. School of Material

Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Pipeline research institute of CNPC, Langfang 065000, China). p9—11

Abstract: Test plates with prepared welding cracks were made by designed experiment, the different areas of the test plates were detected by Metal Magnetic Memory (abbreviation MMM) method in different times. The MMM detection signal characteristics was analyzed by Fourier transformation. And then the detected signal and its characteristics analyzed by Fourier transformation were studied at different zones of the crack in different times. It is concluded that the dubious welding crack zone is 70 mm from the MMM signal character position, and the available time when the welding crack is detected by MMM after the weld joint is cooled below 100 °C.

Key words: welding crack; metal magnetic memory; available time; dubious zone

3D image sensing technology of welding seam FENG Yinqi, HUANG Minshuang, HUANG Junfen, JIANG Lipai(Opto-Mechatronic Equipment Technology Beijing Area Major Laboratory Beijing Institute of Petrochemical technology, Beijing 102617, China). p12—14

Abstract: Using Moiré Pattern technology, a three-dimensional welding seam image sensing system was introduced. A pair of gratings with a small angle, a CCD camera and other optical parts made this system. Three-dimensional information of a welding seam was obtained by the relationship between its shape and the offsets of deformed Moiré lines to the top surface of the welding seam, which were decided by the optical structure in the system. The realization method and its image processing were explained. Three-dimensional welding seam images were obtained with experiments. Initial experimental results shows that the Moiré Pattern three-dimensional measurement technology is simple and successful for the three-dimensional image of the edge and shape of a welding seam. It can be used to accurately identify and pick-up characteristics of welding seam more.

Key words: Moiré pattern; three-dimensional image; welding seam

Strengthening process of chromium-plating's grooved surface with plasma arc Zhang Deku, Wang Kehong, Gu Mingle(Department of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China). p15—18

Abstract: The influence of the parameters on structure and properties of chromium-plating's grooved surface strengthened by plasma arc had been studied, and the interface strengthening mecha-