

金属薄板超声无损检测

吴时红 何双起 陈颖 赵建华

(航天材料及工艺研究所,北京 100076)

文摘 介绍了金属薄板的缺陷类型,建立了超声喷水穿透 C扫描系统和检测方法。检测试验结果表明:采用建立的系统和方法能够检测出厚度 6 mm 金属薄板中的分层性缺陷。

关键词 超声检测, C-扫描, 金属薄板, 分层

Ultrasonic Testing for Thin Metal Plate

Wu Shihong He Shuangqi Chen Ying Zhao Jianhua

(Aerospace Research Institute of Materials & Processing Technology, Beijing 100076)

Abstract The flaw type in thin metal plate is introduced, the method of ultrasonic C-scan testing by water jet and the testing system are developed, it is showed that the delamination in thin metal plate whose thickness is not more than 6 mm can be find by means of mentioned system and method

Key words Ultrasonic testing, C-scan, Thin metal plate, Delamination

1 前言

厚度 6 mm 的金属薄板是工业生产用的重要原材料。金属薄板的生产工艺决定了其内部最易存在的缺陷类型为平行于材料表面的分层性缺陷。虽然超声纵波脉冲反射无损检测方法对该类型缺陷具有很高的检测灵敏度,但由于采用超声纵波反射法检测时,在材料的上、下表面存在检测盲区。因此,超声纵波脉冲反射无损检测方法不适用于金属薄板的无损检测^[1]。

目前,国内外各工业部门对金属薄板内部质量的无损检测,均采用超声兰姆波方法或超声横波脉冲反射方法。超声兰姆波方法检测速度快,但存在严重的缺陷漏检。因此,欧美国家基本不使用该方法,只有日本的金属薄板生产厂家广泛采用了该方法^[2]。

国外宇航工业部门对金属薄板的无损检测主要采用超声横波脉冲反射方法,由于该方法是利用材料内部分层性缺陷前沿的超声散射信号对缺陷进行检测,而金属薄板内部缺陷的前沿非常窄,该方法检测时亦存在较严重的缺陷漏检。国内外至今仍未建立具有高可靠性的金属薄板无损检测方法。为此,本文开展了金属薄板的超声喷水穿透检测技术研究。

2 金属薄板的缺陷

金属薄板由板坯轧制而成,而板坯可用连续浇铸法或由钢锭轧制而成。

金属薄板的主要缺陷可分为表面缺陷和内部缺陷。表面缺陷主要有裂纹、重皮和折迭;内部缺陷主要有分层和白点,但白点出现在中厚板中。超声检测的对象主要是内部缺陷。板材中的分层主要由板坯中的缩孔残余、开口气泡和夹杂物等在轧制过程中被轧扁而形成的。这类缺陷大都是与板面平行或基本平行的扁平状缺陷。当板材受到垂直于表面的拉应力时,分层会严重影响板材的强度,如图 1 所示。若焊接坡口处有分层存在,它会促使焊缝产生缺陷。如果焊接应力与分层的平面垂直,即使分层并不在坡口处开口,也会在焊接过程中被撕裂。因此,分层性缺陷为金属薄板中最危险的缺陷^[3]。

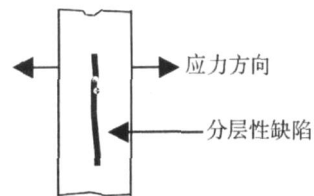


图 1 金属板材中的分层性缺陷

Fig 1 Delamination in metal plate

3 检测方法

国内外金属薄板检测常用方法有超声脉冲反射法、超声兰姆波、超声横波检测法(表 1)^[4]。

收稿日期:2007-09-30

作者简介:吴时红,1973年出生,高级工程师,主要从事超声无损检测工作

表 1 常用薄板超声检测方法比较

Tab 1 Methods of ultrasonic testing for thin metal plate

方法	板材厚度 / mm	优点	局限性
超声纵波反射法	6	检测灵敏度高	板材上下表面存在盲区 检测机理复杂,存在大面积分层性缺陷漏检
超声兰姆波法	<6	检测速度快	存在窄带状分层性缺陷漏检
超声横波检测法	<6	检测速度快	存在窄带状分层性缺陷漏检

金属薄板由板坯轧制而成,板材内部的缺陷由于受压延而变形,多为平行于板面的分层性缺陷。由表 1 可知上述三种超声检测方法均在金属薄板检测时存在一定的技术问题。国内外对中厚板材采用超声纵波穿透无损检测方法。但由于探头选用和水耦合等因素穿透法检测灵敏度低,无法对薄板进行检测。本文以金属薄板对比试块为对象,开展金属薄板超声纵波脉冲喷水穿透方法的研究工作。通过提高探头频率、改善水耦合条件和优化检测参数,提高了超声纵波脉冲喷水穿透检测方法的灵敏度,使其满足金属薄板检测的要求。

4 超声喷水检测系统

4.1 检测系统的建立

根据已有的研究结果,开展工程化应用的自动检测系统研制工作。编制自动检测系统控制软件,使其具有探头和产品运动控制、检测信号采集、存贮与显示的功能,实现对金属薄板的自动检测。

4.1.1 检测系统原理

检测系统原理框图见图 2。

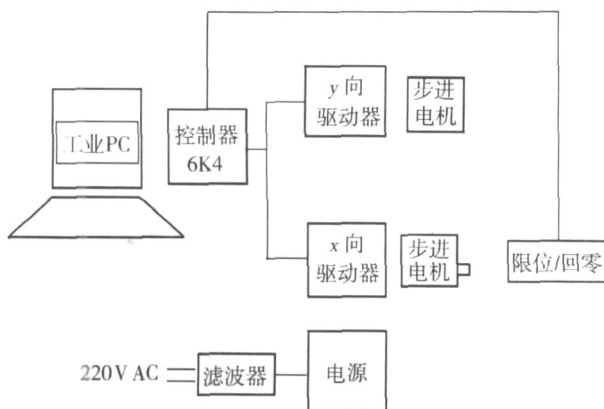


图 2 检测系统原理框图

Fig 2 Schematic of testing system

4.1.2 系统技术要求

(1)被测工件:金属薄板尺寸为 1 800 mm × 3 000 mm,厚度为 0.6 ~ 6 mm。

(2)探头扫查速度:最大速度 200 mm/s

薄板移动速度:探头扫查一次移动 1 mm,按照扫查 1 800 mm 计算,等于探头扫查速度的 1/1 800。

(3)电器部分:6K,步进电机,工业 PC,采样卡,机柜,外配急停按钮^[5]。

(4)结构要求

主测试体:WEC060,丝杠 1610,尺寸约 600 mm × 2 000 mm,脚轮,高度 750 mm,四排滚轮,上下刮水板,水箱,漏斗形水槽。

传送带:2套,800 mm × 3 000 mm,脚轮,高度 750 mm。

水箱要求:温控 25 °;30 L,500 mm × 500 mm × 600 mm,过滤,水泵,220VAC。

(5)环境:喷水对穿。

4.1.3 设计方案

(1)探头沿 y 方向运动行程为 1 900 mm, $V_y = 100 \text{ mm/s}$

(2)传动方式:国产铝型材,内部安装滚珠导轨,滚珠丝杠传动,步进电机驱动。

(3)薄板支撑:金属架+尼龙滚轮结构,见图 3。

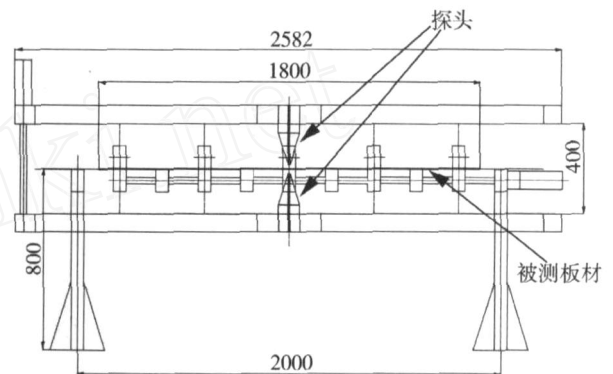


图 3 板材支撑结构图

Fig 3 Support mechanism for metal plate

所建立的金属薄板超声纵波脉冲喷水穿透自动无损检测系统,如图 4 所示。

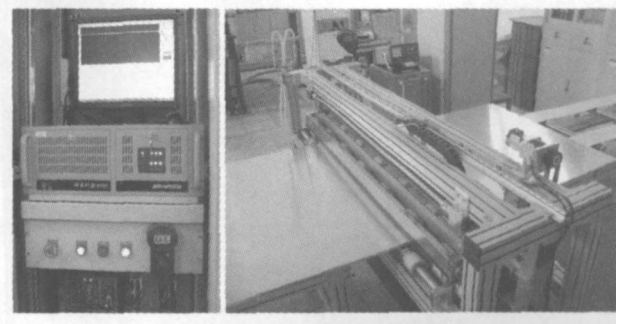


图 4 金属薄板超声自动检测系统

Fig 4 Automatic ultrasonic testing system for thin metal plate

4.2 检测参数的选择

在研究金属薄板自动检测技术的过程中,本文重点解决传统的超声穿透法检测灵敏度低的问题,通过开展检测频率、喷水嘴直径等检测技术参数的研究工作,提高薄板分层性缺陷的检测灵敏度。

在检测频率、水层距离、检测面选择原则与选择范围的研究工作中,以理论为基础,采用试验研究的技术方案。试验结果充分证明了这些检测技术条件是影响检测灵敏度的关键因素。

检测技术参数的选择原则如下。

(1) 超声波探头的选择

根据被检板材的材质和板厚,通过试验方式选择探头。在超声穿透信号幅度基本稳定的前提下,应尽可能选择频率较高的超声波探头。

(2) 探头喷水套喷水嘴直径的选择

探头喷水套的喷水嘴直径应通过试验方式选择。在超声穿透信号幅度基本稳定的前提下,应尽可能选择较小的喷水嘴。若穿透信号不稳定可加大喷水嘴直径。

(3) 主扫查方向的选择

主扫查方向必须选择与被检板材主轧制方向相垂直的方向。无法确定板材主轧制方向时,需分别以两个相互垂直的方向作为主扫查方向进行扫查。

(4) 扫查速度的选择

在自动扫查系统所允许的检测扫查速度范围内,在超声信号耦合状态基本稳定的前提下,应尽可能选择较高的扫查速度。

(5) 扫查间距的选择

扫查间距应不大于辅扫查方向上要求检测缺陷尺寸的 1/2。

5 实验与检测结果

对 1Cr21Ni5Ti 厚度 1 mm 的钢带采用超声纵波脉冲喷水穿透无损检测方法及自动检测系统进行检测,检测结果如图 5 所示。

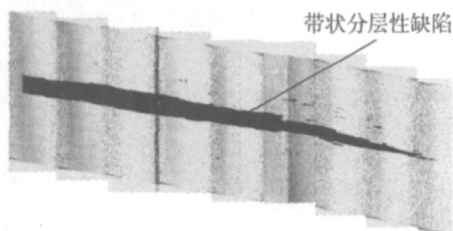


图 5 1Cr21Ni5Ti 厚度 1 mm 钢带超声检测结果

Fig 5 Ultrasonic testing image of 1Cr21Ni5Ti strip with 1 mm thickness

由图 5 可见,采用该方法可有效检测出钢带内存在的分层性缺陷,但采用手动超声兰姆波方法和超声纵波反射法均无法检测出该分层性缺陷。

对所发现的分层性缺陷部位解剖后进行了金相检验,金相照片如图 6 所示。

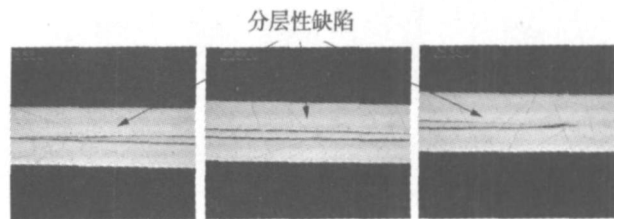


图 6 金相解剖图

Fig 6 Section of strip showed in Fig 5

由图 6 可知,该缺陷很薄,前沿非常窄,材料内部部分分层性缺陷前沿的超声散射信号较弱,采用超声兰姆波和超声横波均无法检测出此缺陷。检测的钢带厚度小,仅为 1 mm,采用超声纵波反射法存在盲区,也无法检测出此分层性缺陷。

利用该系统对 1Cr18Ni9Ti 厚 4 mm 的金属薄板进行检测,其检测结果见图 7,可以看出该系统能有效检测出分层性缺陷。

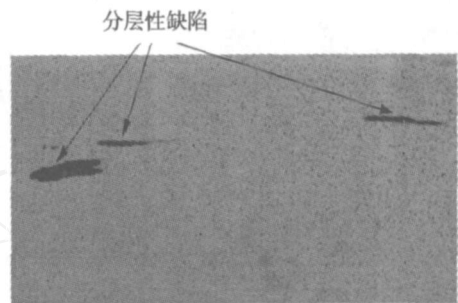


图 7 1Cr18Ni9Ti 厚 4 mm 金属板超声检测结果

Fig 7 Ultrasonic testing image of 1Cr18Ni9Ti strip with 4 mm thickness

6 结论

(1) 金属薄板超声纵波脉冲喷水穿透自动检测技术,可有效检测出金属薄板中的分层性缺陷,并可扩展实现对厚度 6 mm 的金属板材的无盲区检测。

(2) 制订了具有高可靠性的金属薄板超声纵波脉冲喷水穿透无损检测新方法,提高了产品可靠性。

参考文献

- 1 蒋危平,方京. 超声检测学. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1991: 184 ~ 185
- 2 缪体泉. 超声波探伤. 中国航空维修 NDT 级教材. 1989: 154 ~ 155
- 3 何秀堂,陆少鹏等. 超声波探伤法. 成都:四川科学技术出版社,1987: 130 ~ 131
- 4 克劳特克洛默 J,克劳特克洛默 H. 超声检测技术. 1984: 272 ~ 281
- 5 Compumotor Division Parker Hannifin Corporation. 6000 Series Programmer's Guide: 102 ~ 103

(编辑 李洪泉)