

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102507748 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 20

(21) 申请号 201110360385. 9

(22) 申请日 2011. 11. 15

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街 5 号

(72) 发明人 徐春广 李喜朋 刘钊 肖定国
潘勤学 赵新玉 郝娟 孟凡武
周世圆 宋文涛 曹现东

(51) Int. Cl.

G01N 29/22 (2006. 01)

G01N 29/26 (2006. 01)

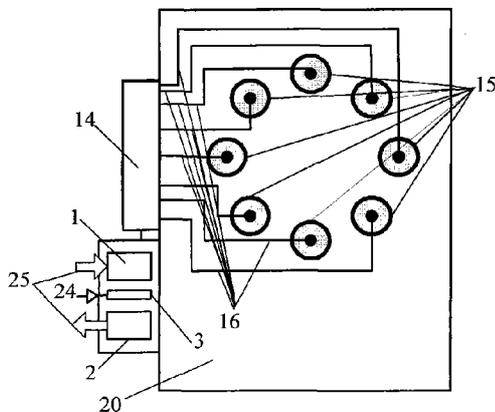
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置

(57) 摘要

本发明涉及一种平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,包括用于产生和接收超声波的压电超声换能器组、用于固定压电换能器的固定支架、压电换能器工作的激励和接收信号调理模块、对压电换能器产生和接收超声波进行控制的多路开关,其中,压电换能器组件按照一定的几何位置关系固定在支架上形成特定的阵列装置,压电换能器通过滑动套与预紧弹簧与固定支架柔性连接,实现各换能器与待测件之间紧密接触。本发明的优点在于换能器固定即可实现对缺陷的几何形态的检测,检测效率高;声场能够覆盖阵列内部的所有区域,检测精度高;采用性能和型号统一的换能器配置,便于实现模块化;能够应用于常规超声工业无损检测以及有特殊检测需求的场合,应用广泛。



1. 一种平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,包括用于产生和接收超声波的压电超声换能器组、用于固定压电换能器的固定支架、压电换能器工作的激励和接收信号调理模块、对压电换能器产生和接收超声波进行控制的多路开关,其特征在于,压电换能器工作的激励和接收信号调理模块安装和多路开关安装在固定压电换能器的固定支架一侧,压电换能器组件按照一定的几何位置关系固定在支架上形成特定的阵列装置。

2. 根据权利要求1所述的用于产生和接收的压电超声换能器,其特征在于:压电换能器本体通过预紧弹簧的连接安放在滑动套内部,压电换能器与滑动套之间具有一定预紧力,确保所有换能器都能与待测件紧密连接。

3. 根据权利要求1所述的固定支架,其特征在于:该固定支架采用耐腐蚀性强、具有高强度的复合材料加工而成,其上具有与阵列换能器数量相一致的阶梯孔。

4. 根据权利要求1所述的平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,其特征在于:多路开关与压电换能器工作的激励和接收信号调理模块固定在固定支架的一侧,它们通过螺钉连接在一起。

5. 根据权利要求1所述的平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,其特征在于:该装置的换能器阵列的几何位置关系为圆形,也可根据待检测表面的几何形态改变为矩形或非规则几何形式。

6. 根据权利要求1所述的对压电换能器产生和接收超声波进行控制的多路开关,其特征在于:该开关通过外部控制系统给定的信号进行相关开关的接通与切断。

7. 根据权利要求2所述的压电换能器,其特征在于:压电晶体片为平面圆形晶片。

8. 根据权利要求1所述的平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,其特征在于:该装置能够对任何腐蚀性缺陷的几何形态等特征进行检测。

9. 根据权利要求1所述的平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,其特征在于:该装置的换能器数量根据检测构件的几何外形和检测精度要求确定。

10. 根据权利要求1所述平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,其特征在于:该装置可以用于腐蚀性缺陷的远程实时健康监测。

平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置

一、技术领域

[0001] 本发明属于超声无损检测技术领域。具体地说,本发明涉及一种超声波换能器装置,这里的换能器装置是指与超声检测方法相匹配的换能器阵列装置。

二、背景技术

[0002] 石油、天然气、石化行业中运输和存储腐蚀性物质的容器以及船舶和飞行器等平面外壳因使用环境的影响,在其内外表面极易出现腐蚀性缺陷,从而导致壁厚变薄,另外,在外界条件作用下,存在的缺陷可能会进一步导致应力集中和自身扩展,导致更大的安全隐患,因此,及时准确地检测到腐蚀性缺陷的几何形态,实现对部件可靠性和使用寿命的有效无损评估和预测具有重要的意义。

[0003] 对腐蚀性缺陷几何形态参数掌握的越多越详细,对构件的结构完整性、可靠性和寿命评估或预测得就越准确;但是,如何客观真实和精确量化地得到平面腐蚀性缺陷的几何形态参数,仍然是目前检测技术难点之一。

[0004] 目前,能够获取构件内部缺陷几何形态信息的无损检测方法主要有射线和超声两大类方法;射线(含工业CT)检测方法可以得到构件内部缺陷的尺寸、位置、形状和方位等详细信息,但是,这类方法的设备通常体积较大、适用于实验室环境、使用成本高、对人身体和环境有害,在工业现场使用受到很大限制,不易检测大型工件。

[0005] 超声检测作为一个具有使用方便、对人、生物和环境无害、使用成本低的检测技术手段,它是以超声波作为信息载体,在不损坏被检测对象的前提下,检测其内部的缺陷或者目标,实现对被检对象的物理性能测量、组织结构分析的无损检测方法。其检测过程是一个信号传输的过程,先由输入的电信号激励换能器超声信号,声波在介质中传播,在与介质内部缺陷相互作用,最后携带着含有介质信息和缺陷信息的超声波信号被换能器接收并被转换为电信号输出,通过进一步的分析处理,实现检测目的,目前,以非聚焦、聚焦、阵列等多种形式的超声波已经广泛用于构件缺陷的无损检测。

[0006] 通用的超声检测方法是通过超声波在固体中传播时发生的透射、反射、折射和衍射等现象的分析来判断固体中缺陷的位置和大小,这种判断的理论基础是当量类比法,而缺陷的真实形状和尺寸无法得知,更无法知道缺陷的几何形态参数和尖锐程度。

[0007] 目前,国际上利用超声方法获得缺陷几何尺寸信息的方法有四类:散射传播时间方法、声强度分布方法、脉冲回波图象法、声全息图方法,上述四种方法基本上都是采用单晶传感器及其组合,信息量有限,在检测条件良好情况下,可以较精确地给出缺陷的具体位置,但是给出缺陷的尺寸误差很大,不能给出缺陷的形状,国内主要开展了对TOFD方法和超声能量穿透和衰减方法的研究,这两种方法只能给出缺陷大致的当量尺寸,无法给出缺陷的形状和方向信息;当前在工业生产检测领域得以广泛应用的超声C扫查技术是通过控制换能器的运动,在构件不同位置激励和接收超声波来获取各个点位信息,根据时间序列获取缺陷图像,这种方法尽管精度达到微米级,但是由于其检测效率低、需要运动控制机构等,不能适应大构件缺陷状况监测的需求。

[0008] 换能器阵列技术,是一种新的超声波换能器配置方式,它不但能够继承传统超声检测技术的优点,而且能对腐蚀性缺陷的几何形态、方向、深度等信息给予全面的检测。

[0009] 相关研究和专利情况

[0010] 目前,大多数的超声阵列研究,都是基于相控阵换能器的基础上开展的;利用非相控阵换能器开阵阵列的研究,目前的研究成果不多,美国宾夕法尼亚大学的 Rose 教授提出了基于超声导波 SDC 参数的腐蚀性缺陷成像算法,利用 16 个换能器构成的圆环阵列,对腐蚀性缺陷引起的构件厚度变化进行检测,获得了较好的检测效果,但是该检测方法对腐蚀性缺陷的几何形态的检测效果并不理想,仅实现了对均匀缺陷的检测;北京理工大学许寒晖对非规则换能器阵列的超声导波成像技术进行了研究,提出基于椭圆定位法的缺陷成像原理,对缺陷的定位误差达到了 0.4mm,但是对于缺陷几何形态的检测,其很难实现;中北大学的王巴召教授开展了对管状构件的阵列超声检测技术研究,其采用 6 个换能器围绕圆管均布,探头直射的方式进行圆管内部人工缺陷的检测,重构出了缺陷的位置和类型,但对位于圆管表面的缺陷,由于圆环阵列的声场盲区的存在,其在几何形态方面不能给予很好的解决。

[0011] 本实验室许寒晖申请的用于复合材料层合板缺陷定位的超声导波检测技术(专利号:CN 101571514A),采用 4 个传感器布置的正方形,对层合板内的缺陷位置信息进行检测,通过聚类分析的方法对多组超声信息处理之后获取缺陷的位置信息,该技术采用旋转换能器阵列的方法获得多组位置信息,在对缺陷进行检测过程中,仅能获取缺陷的位置信息,检测效率较低,不能适应远程操作。中国专利 CN 101152646 提供了一种针对医疗方面应用的柔性超声换能器阵列及其应用装置,该装置能够适应不同的表面形状,但是该柔性换能器由于其换能器的位置不固定,因而其对缺陷的检测性能不稳定,同时,由于采用小直径的探头,其激发能量较低,不适于检测较大范围,再者,该阵列换能器只能与曲面实现点接触或者面接触,超声传播能量有限,不能适应平板腐蚀性缺陷几何形态的检测要求。

三、发明内容

[0012] 本发明的目的是解决以上所述的超声检测方法中,位置固定探头检测精度低、对缺陷几何形态无法检测,动态超声 C 扫换能器位置不固定,需要增加扫查运动机构,不能适应工业生产领域对缺陷的远程动态监测问题,而提供的一种平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,该装置从换能器阵列入手,基于换能器激励和接收技术,实现对换能器阵列范围内部件的超声波全覆盖,克服了常规探头配置精度低、动态扫查效率低的问题。

[0013] 本发明提供一种平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置,包括用于产生和接收超声波的压电超声换能器组、用于固定压电换能器的固定支架、压电换能器工作的激励和接收信号调理模块、对压电换能器产生和接收超声波进行控制的多路开关。其中,压电换能器工作的激励和接收信号调理模块安装和多路开关安装在固定压电换能器的固定支架一侧,压电换能器组件按照一定的几何位置关系在固定支架上形成特定的阵列装置。

[0014] 用于产生激励和接收超声波的压电超声换能器主要由压电晶片、匹配层、背衬层、连接芯线、滑动套和预紧弹簧等组成。压电晶片作用是在受到电信号激励后产生振动发射超声波(逆压电效应)或将接收到的超声波转换成相应的电信号(正压电效应)。匹配层作用是保护压电晶片并改善晶片与被测工件之间的耦合状况。背衬层的作用是使晶片的振

动易于停止以形成窄脉冲,并用来吸收晶片背面发射的声波。连接芯线的功用是实现检测控制系统与换能器之间信号的传输。预紧弹簧对换能器作用到一定的预压力,确保换能器匹配层能够与被测平面紧密接触。滑动套在起到固定预紧弹簧作用的同时,也能够保证换能器在预压过程中具有一定的滑动位移。

[0015] 固定压电换能器的固定支架采用具有强度高、耐腐蚀性强的复合材料构成,其上具有与阵列换能器数量相对应的阶梯孔,其中阶梯孔的小直径与换能器的直径之间为间隙配合;滑动套筒与阶梯孔的大直径之间为过渡配合,阶梯孔的几何位置关系可以是圆形,其主要是根据换能器阵列的几何位置相一致。

[0016] 压电换能器工作的激励和接收信号调理模块由激励信号调理电路和接收信号调理电路构成;其中,激励信号调理模块主要由 D/A 转换器、电感、电容和电阻等元器件构成的滤波及放大电路组成,接收信号调理模块由 A/D 转换器、电感、电容和电阻等元器件构成的滤波及放大电路组成。

[0017] 压电换能器多路开关具有高输出驱动能力、输出通道高电压隔离、隔离输出通道的 D 型接口,它具有一个多管脚的输出输入接口和多路收发控制接口。

[0018] 换能器阵列与多路开关之间由与换能器数量相对应的多根同轴芯线相连接。

[0019] 多路开关与外部终端采用电缆通过 DIP 插槽相连。

[0020] 压电换能器采用平面压电晶片。

[0021] 换能器阵列采用性能和型号统一的压电换能器,其具有良好的一致性和互换性。

[0022] 信号调理模块和多路开关通过螺钉连接。

[0023] 本发明所述的平面腐蚀性缺陷阵列超声换能器装置的优点在于:

[0024] 1. 采用压电换能器阵列技术,压电换能器具有不需要运动,即可实现对平面腐蚀性缺陷的几何形态、大小、方向及深度的完全检测,检测效率高;

[0025] 2. 采用换能器阵列技术,可以使超声波声场覆盖阵列内部的所有区域,检测精度高;

[0026] 3. 本发明将换能器采用性能和型号统一的配置,各部分相互独立又相互联系,便于实现模块化;

[0027] 4. 本发明的实际应用简单易行,因而在缺陷几何形态检测领域具有非常大的应用潜力;

[0028] 5. 本发明采用换能器固定的检测方式,可以适应恶劣环境下构件的动态、远程健康状况监测。

[0029] 6. 基于本发明,有利于发展新的超声检测方法和技术,解决原来不能实现的检测问题,可应用于常规超声工业无损检测以及有特殊检测需求的场合,实际应用价值高;

四、附图说明

[0030] 图 1 本发明平面腐蚀性缺陷几何形态阵列超声换能器装置示意图,显示了信号调理电路、多路开关、换能器阵列的连接关系;

[0031] 图 2 本发明压电换能器组件的剖面示意图,显示了压电换能器晶片、套筒、预紧弹簧之间的位置关系;

[0032] 图 3 本发明的阵列换能器装置的几何位置关系示意图;

[0033] 图 4 本发明的固定支架的剖面示意图,显示了固定支架、换能器、多路开关的连接结构关系。

[0034] 图中符号说明:

[0035] 1、激励信号调理模块,2、多路开关,3、接收信号调理模块,4、换能器阵列,5、连接芯线,6、滑动套,7、26、预紧弹簧、8、传感器盖,9、非金属套,10、金属外壳,11、21、背衬层,12、22、压电晶体片,13、23、匹配层,14、多路开关接线区,15、超声换能器与滑动套组合,16、17 同轴芯线,18、滑动套顶端接线触头,19、换能器正负极引线,20、固定支架,24,多路开关控制线,25、激励和接收信号线

五、具体实施方式

[0036] 本发明的具体实施方式如下:

[0037] 结合图 2、图 3、图 4 对本发明的一种实施方式进行说明。

[0038] 本发明包括激励信号调理模块 1、多路开关 2、接收信号调理模块 3、压电换能器组件(包括滑动套 6、预紧弹簧、换能器壳体(8、9、10)、连接芯线 5、压电晶片 12、匹配层 13、背衬层 11)、固定支架 20、外部连接线 16、多路开关控制线 24、激励和接收信号线 25。

[0039] 参照图 2 所示的位置关系,用胶将匹配层 13 和压电晶体片 12 粘贴在一起,压电晶体片 12 和匹配层的 13 组合安装在换能器的最下端,背衬层 11 安装在由换能器非金属套 9 和压电晶体片 12 组合所封闭的密闭空腔内,超声换能器传感器盖 8 部分深入到滑动套的里面,通过预紧弹簧 7 与滑动套的顶端连接在一起。

[0040] 单个滑动套与换能器组成的换能器组合与固定压电换能器的固定支架 20、压电换能器工作的激励和接收信号调理模块(1、3)、对压电换能器产生和接收超声波进行控制的多路开关 2 之间的连接关系如图 4 所示,滑动套 6 通过过渡配合的方式与固定之间的阶梯孔紧密结合在一起,其下端被阶梯孔凸台支撑,起到固定滑动套 6 上下位置的作用,超声换能器金属外壳 10 通过间隙配合的方式固定在阶梯孔的小直径部分,并且换能器本体可以在阶梯孔的小直径内上下自由运动,在滑动套内部预紧弹簧 7 的作用下,实现超声换能器本体与待检测构件的紧密接触。

[0041] 控制开关输出的同轴芯线 17 通过滑动套顶端的接线触头 18 和滑动套内部的引线 19 与超声压电换能器的正负两个电极相连;

[0042] 压电换能器工作的激励信号调理模块通过输入接口和与外来的控制信号和驱动电源相连,激励信号调理电路的输出接口与多路开关相连;接收信号的调理电路通过输出接口与外部的信号数据处理单元相连,其输入接口与多路开关相连。从多路开关输出的超声激励信号通过多路开关与换能器相连的同轴芯线与超声换能器阵列相连;经过换能器接收的超声电信号通过同轴芯线与多路开关接线区通过多路开关与接收信号调理电路的输入端相连。

[0043] 多路开关 2 和压电换能器工作的激励和接收信号调理模块(1、3)通过螺钉连接的方式连接在如图 3 所示的固定支架一侧。

[0044] 多个相同的超声换能器与滑动套的组合通过相同的连接方式形成特定阵列,构成如图 3 所示的检测腐蚀性缺陷几何形态的阵列超声换能器装置。

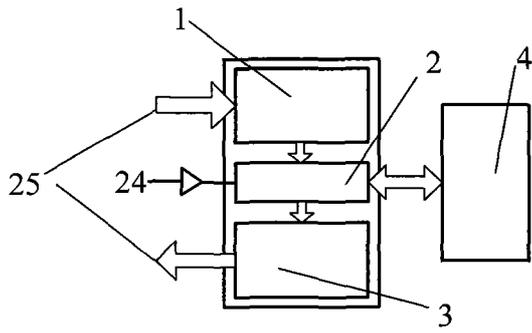


图 1

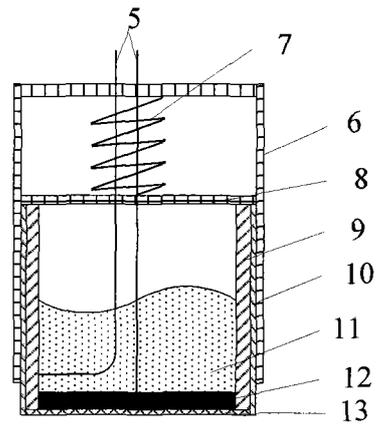


图 2

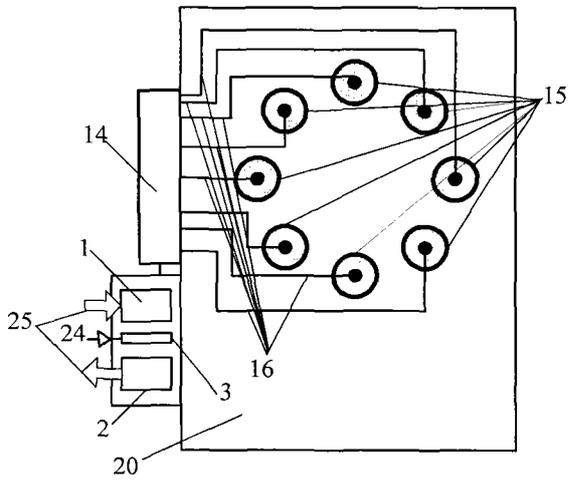


图 3

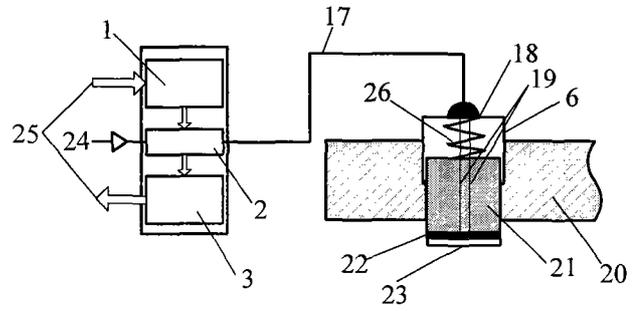


图 4