



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103353479 B

(45)授权公告日 2016.10.19

(21)申请号 201310268843.5

(22)申请日 2013.06.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103353479 A

(43)申请公布日 2013.10.16

(73)专利权人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明南路422号

(72)发明人 吴德会 李超 游德海 陈俊

(74)专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所

有限公司 35204

代理人 张松亭

(51)Int.Cl.

G01N 27/83(2006.01)

审查员 向薇

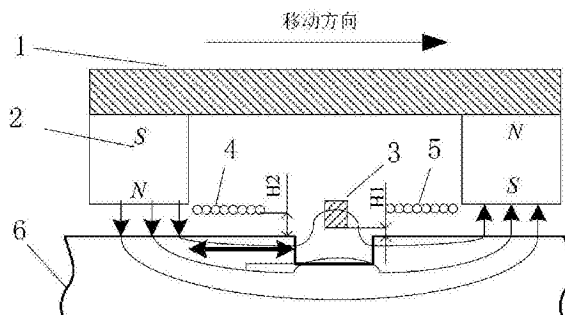
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种电磁超声纵向导波和漏磁场复合的无损检测方法,在漏磁检测的基本原理上,增加了电磁超声(EMAT)激发线圈与电磁超声(EMAT)接收线圈。检测过程正常进行时仅使用漏磁检测。当漏磁检测发现缺陷时,电磁超声(EMAT)激发线圈将在待测钢板内表面激发出超声纵向导波。通过对电磁超声(EMAT)接收线圈拾取到的超声纵向导波信号进行分析,就可获知待测钢板内表面缺陷的存在与否,从而实现对待测钢板内、外表面缺陷的分辨。本方法有效克服了现有技术对缺陷的判定效果准确率不高、检测速度较慢的缺点,还具有结构简单、信息处理量小、非接触式测量等优点。



1. 一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:包括如下步骤

1)对待测钢板施加永磁励磁磁场,将被测区域磁化至饱和状态,检测是否产生漏磁信号,若否,进入步骤2);若是,则进入步骤3);

2)移动永磁励磁磁场,改变被测区域,重复步骤1);

3)接收漏磁信号并进行处理,根据漏磁信号判断该被测区域是否有缺陷,若否,则进入步骤2),若是,则进入步骤4);

4)对被测区域再施加由交变激励信号产生的交变磁场,接收被测区域内表面产生的超声纵向导波并处理,将得到的超声纵向导波信号幅值A与设定的阈值A0进行比较,若 $A < A_0$,则判定缺陷位于该待测钢板被测区域的内表面;若 $A \geq A_0$,则判定缺陷位于该待测钢板被测区域的外表面;

5)重复步骤2),直至待测钢板表面全部检测完毕;

在步骤1)中,通过漏磁检测单元对待测钢板施加永磁励磁磁场及检测是否产生漏磁信号,该漏磁检测单元包括两永磁体、U型磁芯和霍尔元件,两永磁体分别位于U型磁芯的两端,霍尔元件以设定的提离值H1对待测钢板中产生的漏磁场进行测量;

在步骤4)中,通过电磁超声检测单元对待测钢板的被测区域施加交变磁场及检测产生的超声纵向导波信号,电磁超声检测单元包括两永磁体、U型磁芯、电磁超声激发线圈和电磁超声接收线圈,两永磁体分别位于U型磁芯的两端,电磁超声激发线圈与电磁超声接收线圈分别置于两永磁体的内侧,电磁超声激发线圈以设定的提离值H2置于待测钢板被测区域上方。

2. 如权利要求1所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:在步骤3)中,通过信号处理单元对漏磁信号进行处理,该信号处理单元与霍尔元件相连且包括漏磁信号通道、漏磁调理模块、A/D转换器及微机系统,将接收到的漏磁信号送至漏磁信号通道,经放大、滤波和采样后交给微机系统进行处理,当微机系统检测到漏磁信号突然增大,则说明待测钢板上该被测区域存在缺陷。

3. 根据权利要求2所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:所述信号处理单元的微机系统,采用单片机、DSP、ARM系统或PC机。

4. 如权利要求3所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:所述电磁超声激发线圈与电磁超声接收线圈为折线线圈,折线间距 l 相等且由表面波在待测钢板中传播的速度 C 与激励信号电流的频率 f 决定,其关系满足: $l = C/2f$ 。

5. 如权利要求3所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:所述信号处理单元与电磁超声接收线圈相连且还包括超声回波信号通道和超声调理模块,超声纵向导波信号经由超声回波信号通道被送至超声调理模块进行放大、滤波,然后经过A/D转换器进行采样量化,采样数值被送入微机系统,微机系统对超声纵向导波信号幅值进行分析,将得到的信号幅值A与设定阈值A0进行比较。

6. 如权利要求1所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:所述的提离值H1为0.3-2.5mm,H2为0.5-3mm。

7. 如权利要求1所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:在步骤4)中,所述的交变激励信号采用频率 f 为50kHz-2MHz的正弦波脉冲。

8. 如权利要求1所述的一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在

于:在步骤4)中,所述A0为对没有缺陷的待测钢板的被测区域进行检测并处理所获得的超声纵向导波信号幅值。

一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无损检测领域,特别是一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法。

背景技术

[0002] 由于近年来油气长输管道作为一种能源运输的方式得以广泛应用,油气管道及储罐的铺设规模已经极为庞大。而现有设备的逐步老化,以及原油质量的不断劣化,对其安全性与可靠性检测已经变得十分重要。长输管道以及储罐所用的钢板缺陷主要可分为两类,即“外腐蚀”与“内腐蚀”。“外腐蚀”一般是由钢板周边地下水或雨水冲刷引起;“内腐蚀”一般是由原油中以及钢板中所含腐蚀性杂质引起。二者腐蚀机理不同,因此在相应的处理手段上也有较明显的差异。但目前国内外现有的无损检测设备多以漏磁检测为主,而漏磁检测技术在钢板内、外表面可激发出相似的漏磁信号,导致传统漏磁检测手段无法有效区分钢板上的内、外表面缺陷。

[0003] 中国专利号CN101354380A公开了一种涡流与电磁超声复合的无损检测方法,该方法利用涡流检测的趋肤效应,对被测钢板内表面缺陷进行探测,同时将探测结果与电磁超声激发出的板表面波检测结果进行复合,从而实现对被测钢板内表面与近表面的缺陷区分,但该方法的电磁超声部分由于采用板表面波进行检测,故对被测钢板外表面缺陷的检测灵敏度较低。

[0004] 申请公布号CN102661995A公开了一种电磁超声与漏磁复合的无损检测方法,该方法利用电磁超声测厚与漏磁检测复合的原理,可实现对被检测钢板内、外表面缺陷的定位与区分,同时可以提取到缺陷的实际形态信息。但该方法在进行电磁超声测厚时需要结合超声回波的时差信息与幅值信息综合判断,逻辑较为复杂,耗时较长,不利于应用到需进行在线检测的场合。

发明内容

[0005] 本发明的主要目的在于克服现有技术中的上述不足,提出一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法。

[0006] 本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法,其特征在于:包括如下步骤

[0008] 1)对待测钢板施加永磁励磁磁场,将被测区域磁化至饱和状态,检测是否产生漏磁信号,若否,进入步骤2);若是,则进入步骤3);

[0009] 2)移动永磁励磁磁场,改变被测区域,重复步骤1);

[0010] 3)接收漏磁信号并进行处理,根据漏磁信号判断该被测区域是否有缺陷,若否,则进入步骤2),若是,则进入步骤4);

[0011] 4)对被测区域再施加由交变激励信号产生的交变磁场,接收被测区域内表面产生的超声纵向导波并处理,将得到的超声纵向导波信号幅值A与设定的阈值A0进行比较,若A

$<A_0$, 则判定缺陷位于该待测钢板被测区域的内表面; 若 $A \geq A_0$, 则判定缺陷位于该待测钢板被测区域的外表面;

[0012] 5) 重复步骤2), 直至待测钢板表面全部检测完毕。

[0013] 进一步的, 在步骤1) 中, 通过漏磁检测单元对待测钢板施加永磁励磁磁场及检测是否产生漏磁信号, 该漏磁检测单元包括两永磁体、U型磁芯和霍尔元件, 两永磁体分别位于U型磁芯的两端, 霍尔元件以设定的提离值 H_1 对待测钢板中产生的漏磁场进行测量。

[0014] 进一步的, 在步骤3) 中, 通过信号处理单元对漏磁信号进行处理, 该信号处理单元与霍尔元件相连且包括漏磁信号通道、漏磁调理模块、A/D转换器及微机系统, 将接收到的漏磁信号送至漏磁信号通道, 经放大、滤波和采样后交给微机系统进行处理, 当微机系统检测到漏磁信号突然增大, 则说明待测钢板上该被测区域存在缺陷。

[0015] 进一步的, 所述信号处理单元的微机系统, 可采用单片机、DSP、ARM系统或PC机。

[0016] 进一步的, 在步骤4) 中, 通过电磁超声检测单元对待测钢板的被测区域施加交变磁场及检测产生的超声纵向导波信号, 电磁超声检测单元包括两永磁体、U型磁芯、电磁超声激发线圈和电磁超声接收线圈, 两永磁体分别位于U型磁芯的两端, 电磁超声激发线圈与电磁超声接收线圈分别置于两永磁体的内侧, 电磁超声激发线圈以设定的提离值 H_2 置于待测钢板被测区域上方。

[0017] 进一步的, 所述电磁超声激发线圈与电磁超声接收线圈为折线线圈, 折线间距 l 相等且由表面波在待测钢板中传播的速度 C 与激励信号电流的频率 f 决定, 其关系满足: $l = C / 2f$ 。

[0018] 进一步的, 所述信号处理单元与电磁超声接收线圈相连且还包括超声回波信号通道和超声调理模块, 超声纵向导波信号经由超声回波信号通道被送至超声调理模块进行放大、滤波, 然后经过A/D转换器进行采样量化, 采样数值被送入微机系统, 微机系统对超声纵向导波信号幅值进行分析, 将得到的信号幅值 A 与设定阈值 A_0 进行比较。

[0019] 进一步的, 所述的提离值 H_1 为0.3-2.5mm, H_2 为0.5-3mm。

[0020] 进一步的, 在步骤4) 中, 所述的交变激励信号采用频率 f 为50kHz-2MHz的正弦波脉冲。

[0021] 进一步的, 在步骤4) 中, 所述 A_0 为对没有缺陷的待测钢板的被测区域进行检测并处理所获得的超声纵向导波信号幅值。

[0022] 由上述对本发明的描述可知, 与现有技术相比, 本发明具有如下有益效果:

[0023] 一、相比涡流与电磁超声相复合的检测方法, 本方法将电磁超声纵向导波检测与漏磁检测方法进行复合, 从而实现了对待测钢板内外表面缺陷的区分检测;

[0024] 二、相比电磁超声测厚与漏磁检测复合的检测方法, 本方法所采用的电磁超声纵向导波检测手段对待测钢板内表面缺陷更敏感, 由于电磁超声(EMAT)检测单元仅在漏磁检测单元发现漏磁信号后工作, 因此整个检测过程的检测速度主要取决于漏磁检测, 检测速度更快;

[0025] 三、由于电磁超声(EMAT)检测单元仅需要对接收到的超声纵向导波信号的幅度进行判别, 检测方法更简单, 结合其更快的检测速度, 可适应在线检测的需要。

附图说明

- [0026] 图1为图为本发明方法所涉及探头装置结构图；
- [0027] 图2为本方法利用漏磁场检测钢板缺陷的原理示意图；
- [0028] 图3为待测钢板缺陷存在于外表面时电磁超声接收线圈获得的回波信号波形；
- [0029] 图4为待测钢板缺陷存在于内表面时电磁超声接收线圈获得的回波信号波形；
- [0030] 图中：1、U型磁芯；2、永磁体；3、霍尔元件；4、电磁超声(EMAT)激发线圈；5、电磁超声(EMAT)接收线圈；6、待测钢板。

具体实施方式

[0031] 以下通过具体实施方式对本发明作进一步的描述。

[0032] 参照图1、图2，为本发明所涉及探头装置原理图，该探头装置包括漏磁检测单元、电磁超声(EMAT)检测单元。其中，漏磁检测单元由永磁体2、U型磁芯1、霍尔元件3组成；电磁超声(EMAT)检测单元由永磁体2、U型磁芯1、电磁超声(EMAT)激发线圈4、电磁超声(EMAT)接收线圈5组成。漏磁检测单元与电磁超声检测单元的永磁体2和U型磁芯1共用。电磁超声激发线圈4与电磁超声接收线圈5分别置于两块永磁体2的内侧，且以设定的提离值H2置于待测钢板6被测区域上方。被测区域即为待测钢板6上的两块永磁体2之间的下方区域。霍尔元件3置于电磁超声激发线圈4与电磁超声接收线圈5之间，以设定的提离值H1对待测钢板6中产生的漏磁场进行测量。另外，还包括与霍尔元件3和电磁超声接收线圈5相连的信号处理单元，该信号处理单元包括超声回波信号通道、漏磁信号通道、超声调理模块、漏磁调理模块、超声功放模块、A/D转换器及微机系统等，微机系统可采用单片机、DSP、ARM系统或PC机。

[0033] 本发明的基本原理是在传统漏磁检测原理的基础上，加入由电磁超声激发线圈4和电磁超声接收线圈5构成的激发-提取装置。当漏磁检测单元发现缺陷时，电磁超声接收线圈5负责接收由电磁超声激发线圈4激发出的，沿待测钢板6内表面传播的超声纵向导波。通过信号处理单元对该超声纵向导波信号进行分析，可实现对待测钢板6缺陷内外表面的定位。

[0034] 本发明的电磁超声纵向导波与漏磁检测复合的检测方法，步骤如下：

[0035] 1)漏磁检测单元工作，如图1和图2所示，两块永磁体2对待测钢板6被测区域施加永磁励磁磁场，使得待测钢板6的被测区域被磁化至饱和状态，此时若待测钢板6的被测区域上存在缺陷，则一部分磁场会泄漏至空气当中，因此检测是否产生漏磁信号，若否，进入步骤2)；若是，则进入步骤3)。

[0036] 2)移动探头装置，改变被测区域，重复步骤1)。

[0037] 3)霍尔元件3接收漏磁信号，并将其送至信号处理单元的漏磁信号通道，经放大、滤波、采样后交给微机系统进行处理，微机系统根据漏磁信号判断该被测区域是否有缺陷，当微机系统检测到漏磁信号突然增大，说明待测钢板6上存在缺陷，则进入步骤4)；若否，则进入步骤2)。

[0038] 4)微机系统控制电磁超声检测单元开始工作，对被测区域同时施加永磁励磁磁场和由交变激励信号产生的交变磁场，待测钢板6被测区域的内表面在永磁励磁磁场与电磁超声激发线圈4激励信号的共同作用下，同时受到磁致伸缩力与洛伦兹力，形成超声纵向导波，超声纵向导波沿待测钢板6内表面向周围传播，如图1所示，当遇到内表面缺陷时，产生的超声纵向导波将衰减，最终被提离值设定为H2的电磁超声接收线圈5拾取。

[0039] 拾取到的超声纵向导波信号经由超声回波信号通道送至超声调理模块进行放大滤波,然后经过A/D转换器进行采样量化,最后采样数值被送入微机系统。微机系统对超声纵向导波信号幅值进行分析。将得到的信号幅值A与设定阈值A0进行比较,若超声纵向导波信号波形类似图3所示,信号幅值A超过了设定阈值A0,说明电磁超声激发线圈4激发出的电磁超声信号未发生明显衰减,说明内表面没有缺陷,则验证缺陷存在于待测钢板6外表面;若超声纵向导波信号波形类似图4所示,信号幅值A未超过设定阈值A0,则说明电磁超声激发线圈5发出的电磁超声信号被明显衰减,说明缺陷存在于待测钢板6内表面。重复步骤2),直至待测钢板6表面全部检测完毕。

[0040] 进一步的,电磁超声激发线圈4与电磁超声接收线圈5均为折线线圈,折线线圈的折线间距与电磁超声信号激励过程与接收过程的能量转换效率密切相关。由于当激励信号频率f与待测钢板6共振频率一致时超声纵向导波信号的能量转换效率最高,故根据声波速度公式可得到,电磁超声激发线圈4与电磁超声接收线圈5折线间距均为l,且l与激励信号频率f需满足关系 $l=C/2f$,其中C为声波在待测钢板6中传递的速度。

[0041] 进一步的,大量实验与理论研究证明,空气中的漏磁信号强度与超声纵向导波信号强度随着传感器提离值的增加,会以指数形式衰减。故为得到足够强的漏磁信号与超声纵向导波信号以提高探头装置灵敏度,需尽可能减小探头中霍尔元件3和电磁超声激发线圈4与电磁超声接收线圈5的提离值。为满足检测需要与实际条件,可根据检测现场环境将霍尔元件3的提离值H1与电磁超声激发线圈4和电磁超声接收线圈5的提离值H2分别设置为0.3-2.5mm与0.5-3mm。

[0042] 进一步的,针对电磁超声激发线圈4施加的激励信号频率f的取值,与待测钢板6的厚度有关。由于待测钢板6的趋肤效应深度近似满足公式 $d_s = \sqrt{\frac{2}{\mu\sigma\omega}}$,其中 μ 为待测钢板6的磁导率, σ 为待测钢板6的电导率, $\omega = 2\pi f$ 为激励信号的角频率。为有效利用电磁超声激发线圈4激发出沿待测钢板6内表面传播的表面导波,根据常见待测钢板6参数进行代入,故采用激励信号频率f在50kHz-2MHz之间进行取值,以满足检测需求。

[0043] 进一步的,所述的A0可由电磁超声检测单元对完好的钢板部位进行检测获得。其具体方式既可以是通过对内表面未存在缺陷的钢板试件进行检测获得。也可以在正常检测开始后,由电磁超声检测单元对漏磁检测中未发现缺陷的钢板部位进行电磁超声检测获得。

[0044] 上述仅为本发明的一个具体实施方式,但本发明的设计构思并不局限于此,凡利用此构思对本发明进行非实质性的改动,均应属于侵犯本发明保护范围的行为。

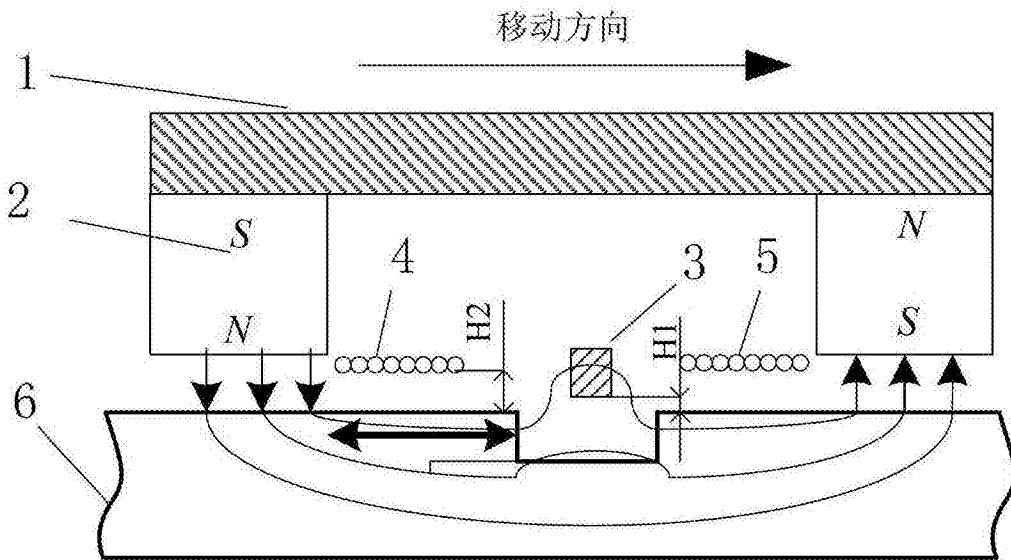


图1

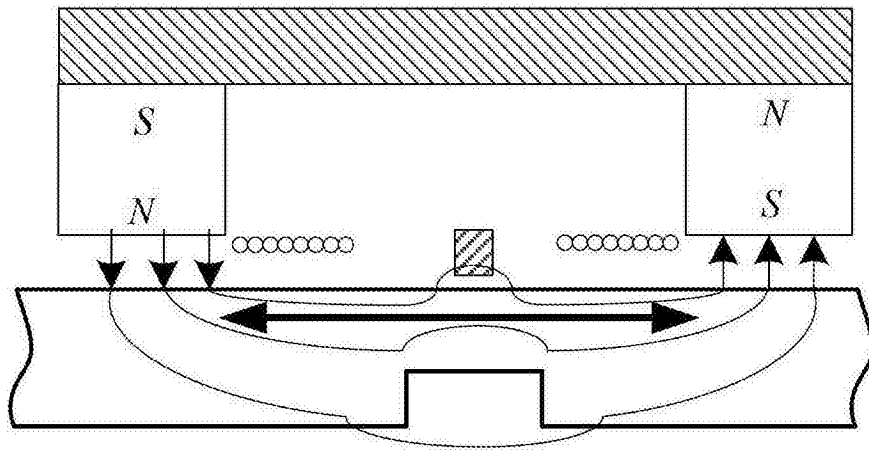


图2

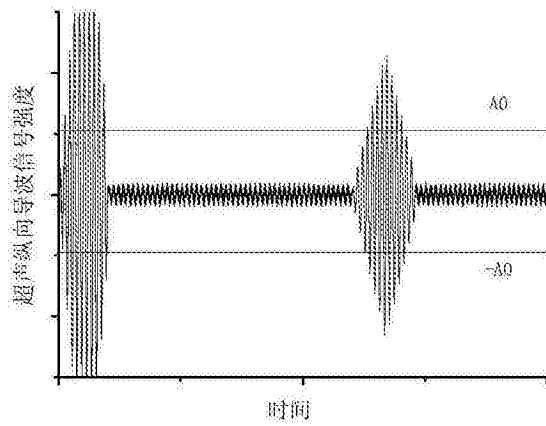


图3

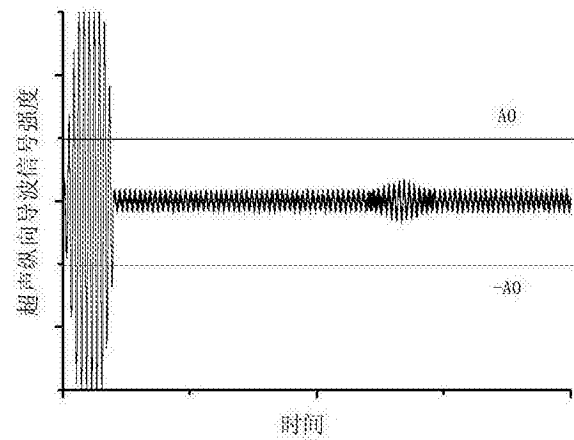


图4