



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103969341 B

(45)授权公告日 2017.03.29

(21)申请号 201410147200.X

(22)申请日 2014.04.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103969341 A

(43)申请公布日 2014.08.06

(73)专利权人 化学工业设备质量监督检验中心

地址 210036 江苏省南京市鼓楼区清江南

路19号南大苏富特软件城1号楼3层

专利权人 上海市特种设备监督检验技术研

究院

庄浩春

(72)发明人 庄浩春 马小强 罗晓明 杨惠谷

李东胜 张建华 孙涛 杨海军

(74)专利代理机构 兰州振华专利代理有限责任
公司 62102

代理人 皆知晋

(51)Int.Cl.

G01N 29/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 202066838 U, 2011.12.07,

CN 101598705 A, 2009.12.09,

CN 203758968 U, 2014.08.06,

CN 203443933 U, 2014.02.19,

审查员 周宏卉

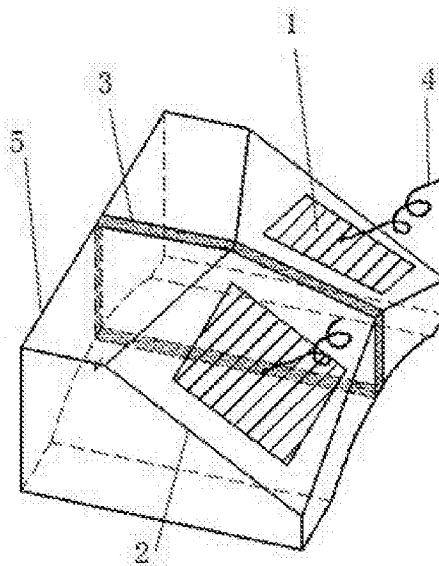
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特
种探头

(57)摘要

本发明公开了一种奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,采用一发一收双晶聚焦结构,减少了由钢管内壁的几何散射和楔块造成的杂乱干扰回波;在延迟斜楔的底部有内凹的曲面,使至少在内凹曲面顶部与待测钢管有接触。该特种探头在奥氏体不锈钢中形成水平偏振剪切波,跟其他波形相比,当从平行于偏振方向的表面反射时,水平偏振剪切波不会转化为其他类型的波,且杂乱回波较少;水平偏振剪切波几乎全波透射入焊缝金属中,与其他波形相比,其声束指向偏转最小。本发明可解决外径为 $\Phi 34\sim\Phi 168\text{mm}$ 、壁厚为 $3.5\sim 20\text{mm}$ 的小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测在灵敏度、信噪比和分辨率方面不足的技术问题。



1. 一种奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:采用一发一收双晶聚焦结构,包括一发一收2个压电晶片(1)、延迟斜楔(2)、隔声层(3)、电缆线(4)、外壳(5)和阻尼块(6);延迟斜楔(2)由两个矩形块组成,两个矩形块之间夹有隔声层(3);在延迟斜楔(2)的底部有内凹的曲面,使至少在内凹曲面顶部与待测钢管有接触;两个矩形块上部的外角有对称的切面,切面呈菱形,切面上各置有压电晶片(1),功能分别发射、接收;压电晶片(1)与外壳(5)间置有阻尼块(6);测试探头以水平偏振剪切波为检测波,以柱面波波源纵向斜入射轴向制导的方式进入钢管焊缝。

2. 根据权利要求1所述的奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:延迟斜楔(2)的底部有内凹的曲面弧度分为 $\Phi 34$ 、 $\Phi 42$ 、 $\Phi 48$ 、 $\Phi 89$ 、 $\Phi 114$ 、 $\Phi 140$ 或 $\Phi 168$ 。

3. 根据权利要求1所述的奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:测试探头入射角 α 为 $27.1^{\circ}\sim 27.6^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求1所述的奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:测试探头入射角 α 取第一临界角 $\alpha_1=\arcsin C_{L1}/C_{L2}$,其中 C_{L1} 指延迟斜楔中的超声波声速, C_{L2} 指奥氏体不锈钢管材中的超声波纵波声速。

5. 根据权利要求1、2或4中任一项所述的奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:压电晶片形状选用矩形,且晶片纵向长度 b 大于晶片横向宽度 a 。

6. 根据权利要求1、2或4中任一项所述的奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:阻尼块的材料为环氧树脂系组合物。

7. 根据权利要求1、2或4中任一项所述的奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在於:延迟斜楔的材料为有机玻璃。

奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头

技术领域

[0001] 本发明属于钢焊缝超声波检测技术领域,特别涉及奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测技术。

背景技术

[0002] 奥氏体不锈钢焊缝的超声波检测与碳钢相比有很大不同,由于奥氏体不锈钢焊缝金属晶粒呈柱状粗晶结构,使得超声波在传播的过程中,产生强烈的晶粒散射和衰减,引起较高的噪声信号(林状波),使得接收到的有用的缺陷回波信号强度降低并且淹没在噪声信号当中,同时焊缝组织的各向异性会造成超声波声束扭曲偏转,从而使得信噪比大幅下降,缺陷的定位误差也大大增加。因此采用常规超声波探头已无法对奥氏体不锈钢焊缝进行有效地检测,在实际应用上存在相当大的难度。针对这一技术难题,国内外主要通过对仪器探头性能和信号处理来得以改善,但目前仍不成熟,尤其国内在该方面的研究工作不多,特别是在小口径奥氏体不锈钢管对接焊缝超声波检测技术方面的研究工作更少。有检测方法的应用报道归纳起来主要有:小角度低频纵波探头检测、爬波探头检测、双晶窄脉冲纵波斜入射探头检测。

[0003] CN101694484A提供一种奥氏体不锈钢焊缝中缺陷的超声波定位方法,通过制作对比试块,对对比试块的焊缝(2)进行探伤,进行常规检测:如果可探性试验可以检测出对比试块焊缝(2)中小于某个极限尺寸的缺陷的位置,则可以使用常规超声波检测的方法对奥氏体不锈钢焊缝(2)中的缺陷进行定位;否则,就证明常规超声波检测方法对这种奥氏体不锈钢焊缝根本不适用,主要是为是否可以采用常规超声波探伤检测提供依据。

[0004] CN102207490A提供一种奥氏体不锈钢焊缝超声检测缺陷信号的识别方法,具体步骤:在奥氏体不锈钢焊缝的待测点处获取一系列A扫描信号a,在相邻检测点处获取另一列A扫描信号b;分别对信号a和b进行小波包分解,获得信号a和b的小波包树及各级细节;将信号a和信号b的各级细节做累乘运算,获得累乘的各级细节及相应的小波包树;对累乘的小波包树进行降噪处理,获取噪声抑制后的A扫描信号,利用该A扫描信号进行缺陷信号的识别。

[0005] CN102384941A公开了一种奥氏体不锈钢焊缝超声波检测方法,其步骤如下:1)、制作与实际被检测焊缝一致的三个焊缝试块;2)、测量全部人工反射体,然后用插值法,获得焊缝整个横截面被划分区域的反射强度,即二维距离波幅表;3)、确定二维距离波幅表中划分区域的尺寸,先按同一水平位置进行插值;然后在同列中进行插值,这样就得到了焊缝所有区域的反射基准反射当量;4)、检测中发现缺陷回波后,先通过声程和探头K值确定反射体在焊缝中的区域,在二维距离波幅表中找出相应的基准当量,确定标准人工反射体的反射当量,用此当量与测得缺陷反射强度相比较,于是就得到了缺陷的当量。

[0006] CN31-1335/TG《无损检测》期刊2013年第35卷第6期《宽频带窄脉冲TRL探头在奥氏体不锈钢焊缝超声检测中的优越性》中通过对JB/T4730《承压设备无损检测》所述的 $\Phi 273 \times 30$ mm奥氏体不锈钢管对接焊缝的测试,描述了现有的不同纵波探头在奥氏体不锈钢焊缝检测中应用中的不同,验证了宽频带窄脉冲TRL探头在奥氏体不锈钢焊缝超声检测中的优

越性。

[0007] 采用上述方法进行检测,不同操作人员的检测结果一致性和重复性差,实用性不强。特别是外径为 $\Phi 34\sim\Phi 168\text{mm}$ 、壁厚为 $3.5\sim 20\text{mm}$ 的小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝的超声检测,应用起来困难很大,JB/T4730《承压设备无损检测》也没有相应的检测标准,主要原因是没有有效检测小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝的探头(超声波换能器)造成的。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,解决奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测在灵敏度、信噪比和分辨率方面不足的技术问题。

[0009] 本发明的一种奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头,其特征在于:采用一发一收双晶聚焦结构,包括一发一收2个压电晶片(1)、延迟斜楔(2)、隔声层(3)、电缆线(4)、外壳(5)和阻尼块(6);延迟斜楔(2)由两个矩形块组成,两个矩形块之间夹有隔声层(3);在延迟斜楔(2)的底部有内凹的曲面,使至少在内凹曲面顶部与待测钢管有接触;两个矩形块上部的外角有对称的切面,切面呈菱形,切面上各置有压电晶片(1),功能分别为发射、接收;压电晶片(1)与外壳(5)间置有阻尼块(6)。

[0010] 为了实现良好的耦合,将延迟斜楔(2)的底部与待测钢管的接触面修磨成与钢管曲率半径相符或接近的曲面,延迟斜楔(2)的底部内凹的曲面弧度最好分为 $\Phi 34$ 、 $\Phi 42$ 、 $\Phi 48$ 、 $\Phi 89$ 、 $\Phi 114$ 、 $\Phi 140$ 或 $\Phi 168$ 。

[0011] “美国无损检测手册”超声卷指出:各向异性材料中(奥氏体不锈钢焊缝金属呈各向异性),通常情况下有三种不同的线弹性波可沿给定的方向向前传播。这三种波通常不是单一模式,因为每种波通常既有平行于波法线,也有垂直于波法线的质点位移分量。一种分量常比另一种分量大得多。含有较大平行分量的波叫“水平偏振剪切波”,这种线弹性波既不是单纯的纵波,也不是单纯的横波,而是三种不同性质的线弹性波的混合物。对单个缺陷的反射回波呈现到超声波探伤仪显示屏上时将是三个粘滞在一起的三个波,而且通常情况下三个波中必定有一个波的波幅比另外两个波的波幅高得多。该波形不会转化为其他类型的波,且杂乱回波较少,当超声波从平行于偏振方向的表面通过界面时,其传输系数常高于其他波型。业已证实,在 $18^\circ\sim 90^\circ$ 很宽的入射角范围内“水平偏振剪切波”几乎全部透射入焊缝金属中;在奥氏体不锈钢焊缝以及其他不同金属的焊缝中,使用射线示踪模型发现“水平偏振剪切波”声束指向偏转最小。本发明奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头就是以此为突破,激励产生的超声波以柱面波波源纵向斜入射的方式进入钢管焊缝,形成不同于以往其他的常规探头(纯横波、纯纵波或爬波)的“水平偏振剪切波”。采用一发一收双晶聚焦结构,超声波声束能量相对集中,减少了超声波声束在小口径钢管管壁内表面的严重几何散射。

[0012] 本超声波特种探头为使超声波纵波声束尽可能平行于钢管管壁向前传播,利用“水平偏振剪切波”对分布于焊缝中,沿焊缝厚度方向分布的各种不同性质的缺陷进行有效检测,入射角 α 取第一临界角 $\alpha_1 = \arcsin \frac{c_{L1}}{c_{L2}}$ 附近。

[0013] 本发明的超声波特种探头通过聚焦倾角 θ 的变化来设计焦距,以纵波为首要,兼顾横波,纵波声束和横波声束相交是焦点的原则,聚焦后的声束细,产生散射的概率小,信噪

比高,有利于缺陷的检出。

[0014] 所用压电晶片频率的选择原则是用适当的方法去除或控制超声波向前传播的几何效应,就可把超声衰减的大小作为被检材料微观组织及其变化引起的内在损耗机理的一种非常灵敏的指示值,也就是与各种不连续性相互作用的能力,这些不连续性包括裂纹、夹杂脱溶物、晶界,中间相边界空洞和错位。

[0015] 所用一发一收2个压电晶片中的发射晶片采用发射灵敏度较高的压电材料制成,接收晶片采用接收灵敏度高的压电材料制成,使得特种探头的发射和接收灵敏度都高,这是单晶探头无法比拟的。另外,发射和接收分开,始脉冲和延迟斜楔上的反射杂波不会像单晶探头一样直接进入接收电路,使盲区大大减小,为薄壁小口径管焊缝提供了有利条件。压电晶片的面积根据奥氏体不锈钢管对接环焊缝的厚度确定,厚度增加,晶片面积需相应增大。压电晶片形状最好选用矩形,最好晶片纵向长度 b 大于晶片横向宽度 a 。设计的声束半扩

散角 $\theta = \arcsin \frac{0.61\lambda}{r}$, λ :波长(m), r :换能器工作区半径(m)。

[0016] 阻尼块置于压电晶片(1)与外壳(5)之间,紧贴在压电晶片背面,对压电晶片起阻尼和支撑的作用,使得压电晶片起振后尽快停止振动,减小了脉冲宽度,提高了分辨率,同时还吸收了压电晶片背面产生的超声波,减小对超声波信号接收的干扰。阻尼块的材料是最好为环氧树脂系组合物。

[0017] 本发明的测试探头入射角 α 最好为 $27.1^\circ \sim 27.6^\circ$;延迟斜楔的材料是最好为有机玻璃。

[0018] 本发明小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头的优点为:产生的“水平偏振剪切波”在奥氏体不锈钢对接环焊缝中衰减较横波和爬波小,穿透能力强;声束指向偏转最小,更加有利于缺陷定量和定位;聚焦后声束细,声束聚焦区内得到更高的检测灵敏度和分辨率;同时具备了短前沿、大K值、宽频带、窄脉冲等多种性质,能够有效提高外径 $\Phi 34 \sim \Phi 168\text{mm}$ 、壁厚为 $3.5 \sim 20\text{mm}$ 的小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声检测的灵敏度、信噪比和分辨率;针对不同规格的钢管选用具有针对性的探头,增强了检测的可靠性。

[0019] 本发明采用一发一收双晶聚焦结构,减少了由钢管内壁的几何散射和楔块造成的杂乱干扰回波。特种探头在奥氏体不锈钢中形成水平偏振剪切波,跟其他波形相比,当从平行于偏振方向的表面反射时,水平偏振剪切波不会转化为其他类型的波,且杂乱回波较少;在入射角范围内水平偏振剪切波几乎全波透射入焊缝金属中,与其他波形相比,其声束指向偏转最小。本发明可解决外径为 $\Phi 34 \sim \Phi 168\text{mm}$ 、壁厚为 $3.5 \sim 20\text{mm}$ 的小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测在灵敏度、信噪比和分辨率方面不足的技术问题。

附图说明

[0020] 图1为应用本发明的一种小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头实施例的测试结构示意图;

[0021] 图2为图1所示奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头外部结构;

[0022] 图中:1压电晶片、2延迟斜楔、3隔声层、4电缆线、5外壳、6阻尼块;

[0023] 图3A、图3B、图3C分别为具体实施方式中所述的用于本发明特种探头校准用对比试块结构示意图;其中图3A为对比试块正视图;图3B为对比试块侧视图;图3C为对比试块俯

视图；

[0024] 图4为实施例1中所述的 $\Phi 34$ 弧顶对比试块横通孔基准线和回波信号图；

[0025] 图5为具体实施方式中所述的人工缺陷模拟管状试块测试部位示意图；

[0026] 图6为实施例2中所述的 $\Phi 108 \times 16\text{mm}$ 人工缺陷模拟管状试块测试回波信号图；其中图6A为深度2mm内表面中心线刻槽回波信号图；图6B为深度2mm外表面中心线刻槽回波信号图；图6C为深度1mm内表面中心线刻槽回波信号图；图6D为深度1mm外表面中心线刻槽回波信号图；

[0027] 图7为现有技术中常规探头测试奥氏体不锈钢管对接环焊缝人工缺陷回波信号图；其中图7A、图7B分别为常规双晶爬波探头和宽频带窄脉冲TRL小角度双晶纵波探头检测 $\Phi 273 \times 16\text{mm}$ 奥氏体不锈钢管的回波信号图。

具体实施方式

[0028] 本发明所用的特种探头在声波焦距 F 等于近场区 N 的范围内进行检测,可使用检测体积内不同的波形实现焊缝的全覆盖检测,其中对于不同规格的探头实测得到声压6dB衰减线性区,在此范围内制作距离波幅曲线的RL、SL、EL三线,规定了确保基准线制作正确的必需测量点,如表2(按AMSE标准规定:厚度 $\leq 19\text{mm}$,取三点作基准线即可)。在更远的制导波区,RL、SL、EL三线归一,形成与时基线几乎平行,高80%(与SL80%比时)的一条直线,在检测的过程中采用多重分贝法判定超标缺陷量值。

[0029] 表1声压6dB衰减线性区测试范围

[0030]

探头规格	测量孔距耦合面弧顶高度 (mm)						备注	
02#	-	-	4	6*	9*	12*	测量孔 $\Phi 1 \times 20$	标有“*”的是对应不同规格探头理论上的6dB线性衰减区； 无“*”的是探头近场区(N)内高斯曲线验证区，应尽可能增加测量点。
01#		4	6	9*	12*	18*		
1#	4	6	9	12*	18*	24*		
2#	-	-	8	15*	20*	25*	测量孔 $\Phi 2 \times 30$	
3#	-	8	15*	20*	25*	30*		
4#	8	15	20*	25*	30*	35*		

[0031] 本发明所用的特种探头具体实施例为对比试块和人工缺陷模拟管状试块的实际验证。所述的对比试块采用与被检模拟试块材质相同的奥氏体不锈钢(304)制成,该材料在直探头检测时不得有 $\geq \Phi 1\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷。对比试块为10个布有不同深度的 $\Phi 1 \times 20\text{mm}$ 横通孔、6个布有不同深度的 $\Phi 2 \times 30\text{mm}$ 横通孔的双圆弧试块,弧顶弧度参考了GB/T17395系列1、SH3405及JB/T4730,如图3;所述具体实施例所采用的试块为 $\Phi 34$ 和 $\Phi 114$ 两个不同弧顶的对比试块,试验选用汕头超声仪器研究所数字式超声波探伤仪CTS-9009和双层屏蔽同轴电缆线,耦合剂均为机油。

[0032] 实施例中小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声波检测特种探头采用的是所图1、图2所示的特种探头,采用一发一收双晶聚焦结构,包括一发一收2个压电晶片(1)、延迟

斜楔(2)、隔声层(3)、电缆线(4)、外壳(5)和阻尼块(6);延迟斜楔(2)由两个矩形块组成,两个矩形块之间夹有隔声层(3);在延迟斜楔(2)的底部有内凹的曲面,使至少在内凹曲面顶部与待测钢管相贴合;两个矩形块上部的外角有对称的切面,切面呈菱形,切面上各置有压电晶片(1),功能分别为发射、接收;压电晶片(1)与外壳(5)间置有阻尼块(6)。

[0033] 实施例1

[0034] 对其中最小弧度的 $\Phi 34$ 探头试块组合进行了距离波幅曲线的制作和系统测试,选用02#探头,规格为2.5MPz(6×11)×2/ $\Phi 34$,利用对比试块R25与R50圆弧面测试探头前沿为6.5mm,测试探头零点为5.53 μ S,校准声速为5698m/s,对声压6dB线性衰减区孔深进行探测,测试结果如表2。制作的距离波幅曲线基准线如图4,H6mm横通孔80%波高测试信噪比达19dB。

[0035] 表2 $\Phi 34$ 弧顶对比试块横通孔测试

人工缺陷量值		人工缺陷实测值	
横通孔规格 mm	深度 mm	dB 值 80%	深度 mm
$\Phi 1 \times 20$	4	67.0	3.9
$\Phi 1 \times 20$	6	69.5	6.0
$\Phi 1 \times 20$	9	73.0	8.9
$\Phi 1 \times 20$	12	75.5	11.8

[0037] 实施例2

[0038] 选用01# $\Phi 114$ 弧度特种探头(探头规格为2.5MPz(20×30)×2/ $\Phi 114$)对 $\Phi 108 \times 16$ mm人工缺陷模拟管状试块进行了测试。模拟试块上的人工缺陷为:两个距管壁外表面深1mm/宽0.4mm/长10mm、深2mm/宽0.4mm/长10mm的焊缝外表面中心线刻槽,两个距管壁内表面深1mm/宽0.4mm/长10mm、深2mm/宽0.4mm/长10mm的焊缝内表面中心线刻槽,如图5。选用3#特种探头(探头规格为2.5MPz(9×16)×2/ $\Phi 114$)测试 $\Phi 114$ 弧顶对比试块,利用对比试块R25与R50圆弧面测试探头前沿为12mm,测试探头零点为14.71 μ S,校准声速为5685m/s,对接近于声压6dB线性衰减区的横通孔进行探测,测试结果如表3。

[0039] 表3 $\Phi 114$ 弧顶对比试块横通孔测试

人工缺陷量值		人工缺陷实测值	
横通孔规格 mm	深度 mm	dB 值 80%	深度 mm
$\Phi 1 \times 20$	12	69.5	11.8
$\Phi 1 \times 20$	18	73.0	18.1
$\Phi 1 \times 20$	24	77.5	24.2

[0041] 制作距离波幅曲线,并增益6dB作为扫查灵敏度。特种探头在模拟管状试块外表面做轴向扫查,对环焊缝内外表面中心线刻槽进行探测,测试结果如表4。

[0042] 表4 $\Phi 108 \times 16\text{mm}$ 人工缺陷模拟管状试块测试

[0043]	人工缺陷量值		人工缺陷实测值		信噪比/波形图
	刻槽部位	深度 mm	dB 值 80%	深度 mm	
	内表面中心线刻槽	2	71.5	15.7	20dB /图 6A
	外表面中心线刻槽	2	75.0	30.4	18dB /图 6B
[0044]	内表面中心线刻槽	1	75.0	15.3	17dB /图 6C
	外表面中心线刻槽	1	73.0	31.6	18dB /图 6D

[0045] 试验数据表明,本发明所述的特种探头对于奥氏体不锈钢对接环焊缝表面裂纹类缺陷的检测有足够的灵敏度和信噪比,外表面刻槽深度1mm的波高比外表面刻槽深度2mm的波高低2dB左右;对根部裂纹或未焊透类缺陷也有足够的灵敏度和信噪比,能够清晰地发现内表面人工刻槽反射波,内表面刻槽深度1mm的波高比内表面刻槽深度2mm的波高低3dB左右。对单个缺陷的反射回波呈现到超声波探伤仪显示屏上时将是三个粘滞在一起的三个波,而且通常情况下三个波中必定有一个波的波幅比另外两个波的波幅高得多,且杂乱回波很少。对于坡口未熔合,利用焊缝中心法线夹角 $25 \sim 28^\circ$ 斜刻槽模拟进行对比检测,得到同样的效果。

[0046] 本发明所述的特种探头,能够有效地解决常规探头在外径为 $\Phi 34 \sim \Phi 168\text{mm}$ 、壁厚为 $3.5 \sim 20\text{mm}$ 的小口径奥氏体不锈钢管对接环焊缝超声检测灵敏度、信噪比、分辨率不足的技术问题,图7A、B分别为常规双晶爬波探头和宽频带窄脉冲TRL小角度双晶纵波探头检测 $\Phi 273 \times 16\text{mm}$ 奥氏体不锈钢管的回波信号图,后者信噪比也仅11dB(信噪比可根据图中波幅计算 $20\lg H_{\text{信}}/H_{\text{噪}}$)。

[0047] 本发明所述的特种探头应用于实际检测的操作方法简单明了,不同的操作人员检测结果的一致性和重复性较好,本实施方式跟有利于缺陷的检出、识别和定量。

[0048] 上述实施例,仅为对本发明的目的、技术方案和有益效果进一步详细说明书的具体个例,本发明应用范围并非限定于此。

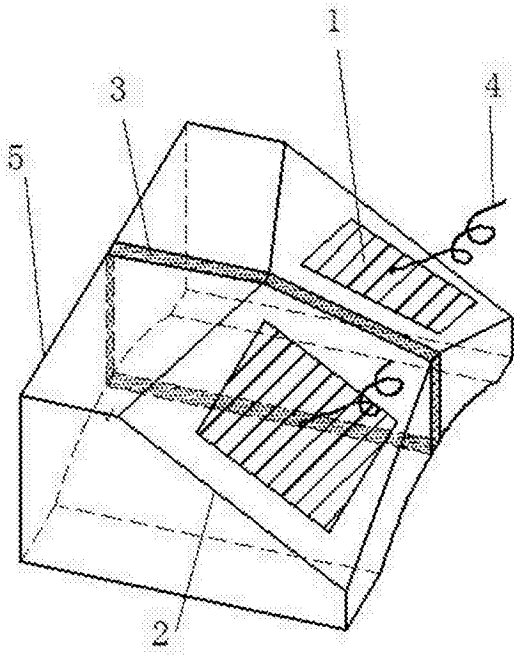


图1

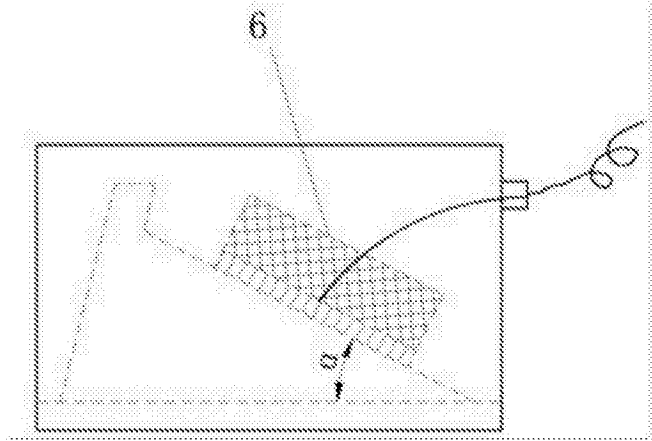


图2

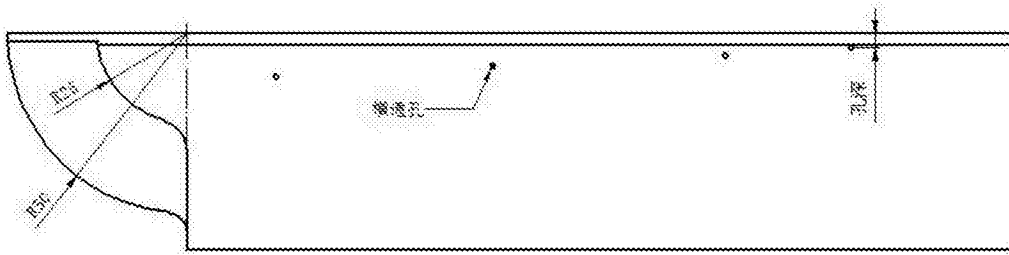


图3A



图3B

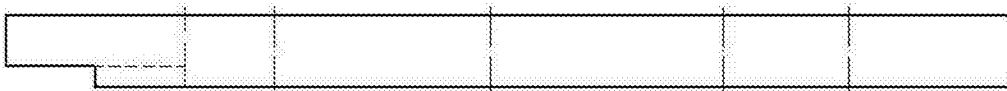


图3C

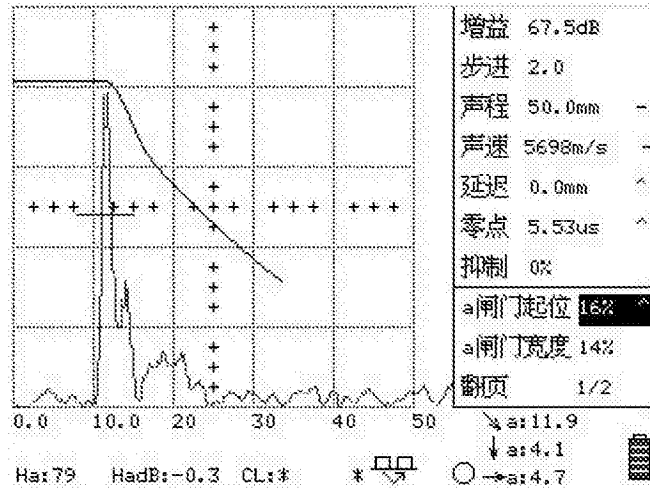


图4

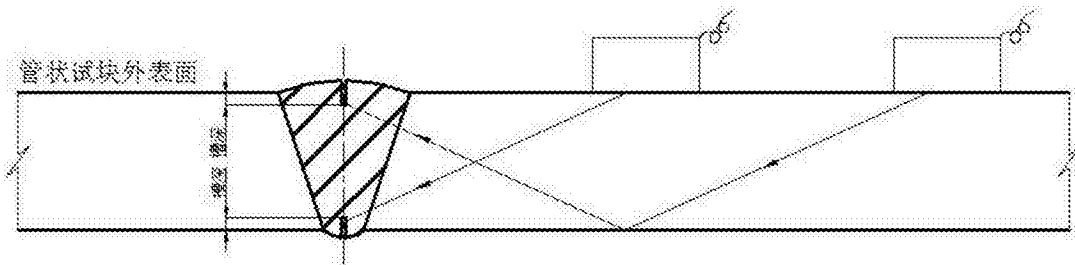


图5

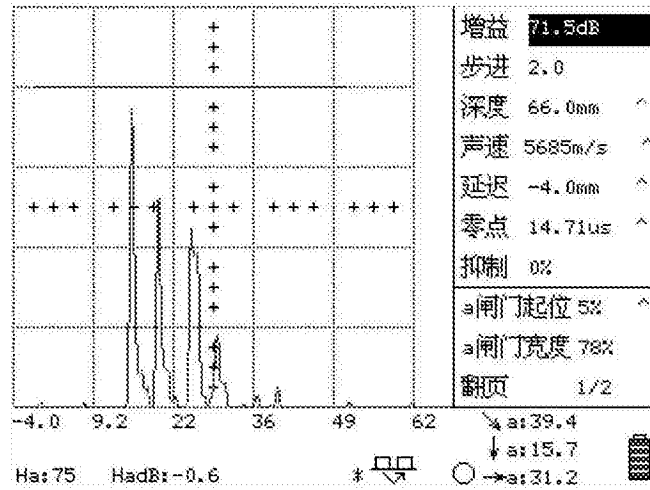


图6A

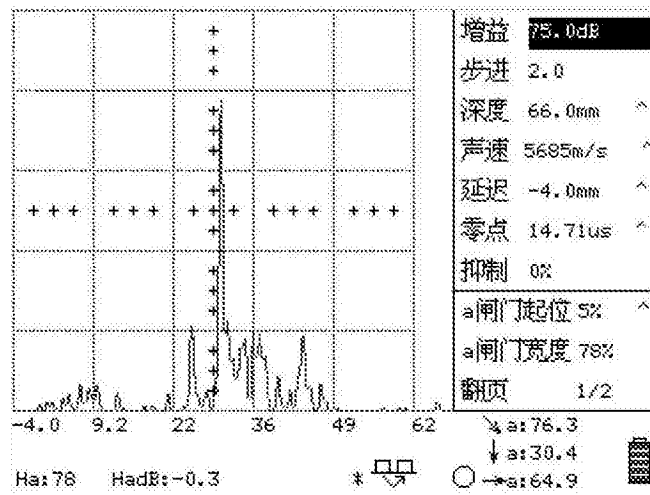


图6B

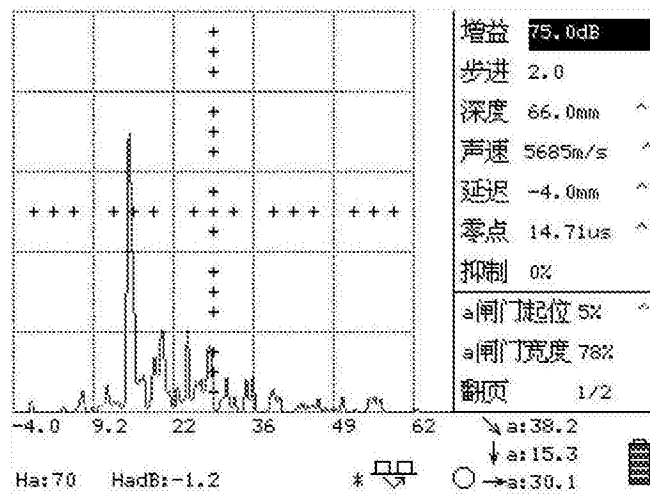


图6C

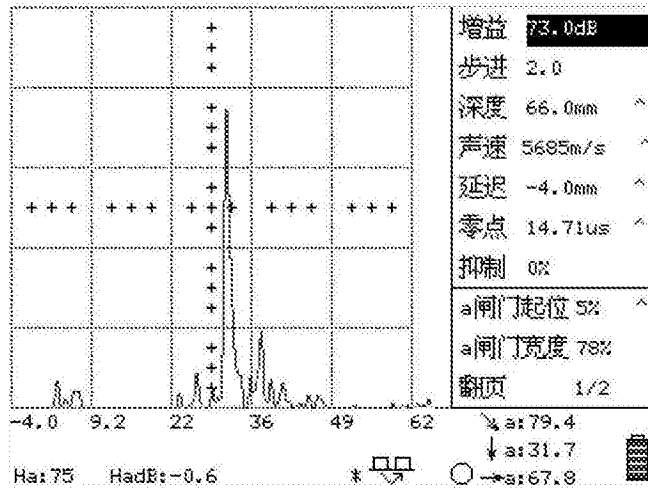


图6D

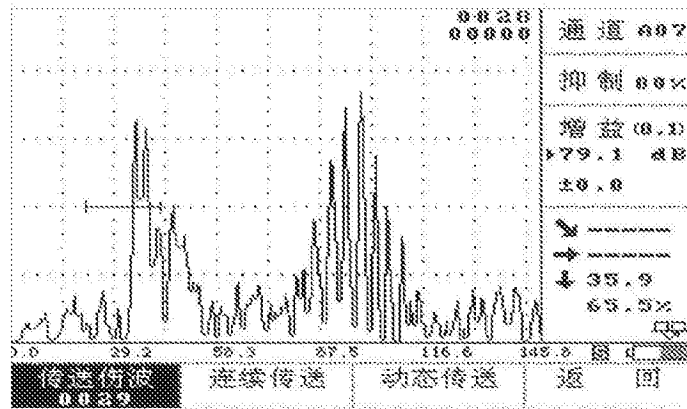


图7A

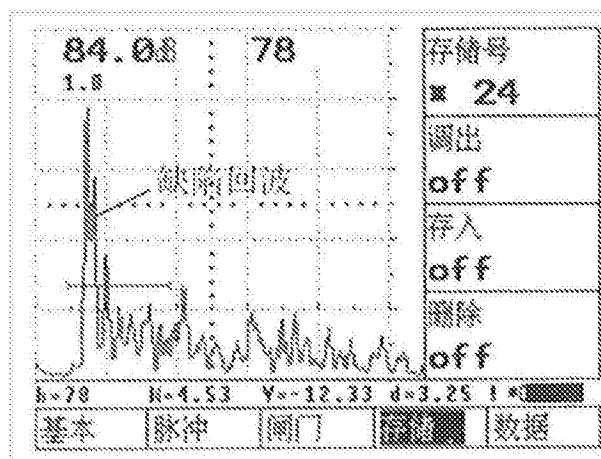


图7B