



(21) 申请号 202010506908.5

(22) 申请日 2020.06.05

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111678629 A

(43) 申请公布日 2020.09.18

(73) 专利权人 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 栗双怡 卢钰仁 尹鹏
李德志 宋文渊

(74) 专利代理机构 北京华夏正合知识产权代理
事务所(普通合伙) 11017

代理人 韩登营

(51) Int. Cl.

G01L 1/25 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105910742 A, 2016.08.31

CN 105823582 A, 2016.08.03

CN 103018325 A, 2013.04.03

CN 103017952 A, 2013.04.03

CN 204301923 U, 2015.04.29

CN 108271409 A, 2018.07.10

JP 2010236892 A, 2010.10.21

WO 8605272 A1, 1986.09.12

徐春广, 宋文涛, 潘勤学等. 残余应力的超声检测方法.《无损检测》.2014,第36卷(第7期),第25-31页.

Quan-wen Li, Chun-guang Xu, Zhi-xiang Li. A Research on Stress Gradient for HIP in Ultrasonic Nondestructive Testing Technology.《Proceedings of FENDT 2018》.2019,第175-179页.

审查员 于陶然

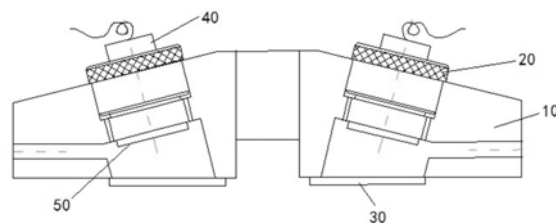
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头

(57) 摘要

本发明公开了一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头,包括:检测楔块,其顶部具有对称设置的两个倾斜面;两个连接通道,分别垂直于两个倾斜面并贯穿检测楔块,其具有靠近倾斜面的螺纹孔和远离倾斜面的储水腔;两个超声换能器,分别安装在两个连接通道的螺纹孔中;两个底部圆环,位于检测楔块的底部并分别相对于储水腔设置,用于贴紧被检测构件的表面;监测设备,用以得到监测被检测构件的服役应力的数值。本发明用于水下检测构件内部服役应力,能够适应水下的检测环境,解决水下压力对检测造成的影响,以水作为耦合剂,能够解决常用胶状固体耦合剂,无法长期应用于水下环境的问题,能够满足对水下环境结构内部服役应力的长期监测需求。



1. 一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头, 位于水下环境, 其特征在于, 包括:
检测楔块 (10), 其顶部具有对称设置的两个倾斜面 (11);
两个连接通道 (12), 分别垂直于两个倾斜面 (11) 并贯穿检测楔块 (10), 其具有靠近倾斜面 (11) 的螺纹孔 (13) 和远离倾斜面 (11) 的储水腔 (14);
两个超声换能器 (20), 分别安装在所述两个连接通道 (12) 的螺纹孔 (13) 中, 用于产生和接收超声波;
两个底部圆环 (30), 位于所述检测楔块 (10) 的底部并分别相对于所述储水腔 (14) 设置, 用于贴紧被检测构件的表面;
磁铁, 放置在位于两个连接通道 (12) 之间的中心位置的磁铁放置孔 (16) 中, 用于吸附被检测构件的表面; 以及
监测设备, 与所述两个超声换能器 (20) 电连接, 用以得到监测被检测构件的服役应力的数值;
所述检测楔块 (10) 的两个侧面形成有与所述储水腔 (14) 连通的连通孔 (15);
所述底部圆环 (30) 上具有沿其周上间隔设置的间隙 (31), 所述间隙 (31) 使底部圆环 (30) 形成不封闭圆环;
所述连通孔 (15) 以及不封闭圆环共同连通储水腔 (14) 和外部环境, 使所述储水腔 (14) 内的水压和检测楔块 (10) 外的水压一致。
2. 如权利要求1所述的海洋结构件内部服役应力超声监测探头, 其特征在于, 所述超声换能器 (20) 与储水腔 (14) 的接触面上设置有晶片保护膜 (50), 用于使超声换能器 (20) 的压电晶片在检测过程中不受水压及海水腐蚀的影响。
3. 如权利要求1所述的海洋结构件内部服役应力超声监测探头, 其特征在于, 所述超声换能器 (20) 和监测设备之间通过防水处理过的换能器连接线 (40) 连接。
4. 如权利要求1所述的海洋结构件内部服役应力超声监测探头, 其特征在于, 所述检测楔块 (10) 为有机玻璃楔块。

一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头

技术领域

[0001] 本发明属于水下检测构件内部服役应力研究的技术领域,尤其涉及一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头,主要针对水下环境中检测结构件内部服役应力。

背景技术

[0002] 常见的海洋结构件如海洋平台、海底管道等,常采用钢管、钢板焊接而成。由于焊接热影响导致钢材产生不均匀的温度变化、相变和塑性变形,从而形成结构的服役应力,特别是焊接拉伸服役应力将造成结构局部的应力集中、材料晶格错位和微裂纹、构件的变形开裂以及材料断裂强度的降低,因此给海洋结构物的生产运营埋下安全隐患。此外,海洋结构物在投产使用过程中要承受风力、波浪力、冰雪、海水腐蚀、地震、微生物、工作时变动力等外部载荷,这些载荷的联合作用将可能导致结构物产生局部变形及疲劳损伤,严重的塑性变形和疲劳损伤将引发结构裂纹甚至突发性的结构失效等灾难性的人员伤亡及财产损失。因此有必要对海洋结构件内部服役应力进行长期监测。

[0003] 超声检测相较于其他无损检测具有穿透性强、适用范围广泛、灵敏度高等特点,其耦合方式分为接触法和液浸法。接触法常用甘油、机油等作为耦合剂,考虑到海洋结构件的水下检测环境,更适合采用液浸法进行耦合。

[0004] 公开号为CN209927332U的专利公开了一种服役应力测量用宽频带可变角一发一收超声探头,其楔块采用塑料制成,楔块两侧加工了两个弧面,使用固定杆,将接收探头和发射探头分别固定在两个弧面上,实现了角度可变的设计。这种检测探头的设计,无法应用于水下检测环境,目前针对水下环境设计的检测探头较少,因此有必要针对水下环境的应力检测设计相关探头。

发明内容

[0005] 基于以上现有技术的不足,本发明所解决的技术问题在于提供一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头,实现对水下环境的结构内部服役应力的长期监测的目的。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明通过以下技术方案来实现:本发明提供一种海洋结构件内部服役应力超声监测探头,位于水下环境,包括:检测楔块,其顶部具有对称设置的两个倾斜面;两个连接通道,分别垂直于两个倾斜面并贯穿检测楔块,其具有靠近倾斜面的螺纹孔和远离倾斜面的储水腔;两个超声换能器,分别安装在所述两个连接通道的螺纹孔中,用于产生和接收超声波;两个底部圆环,位于所述检测楔块的底部并分别相对于所述储水腔设置,用于贴紧被检测构件的表面;磁铁,放置在位于两个连接通道之间的中心位置的磁铁放置孔中,用于吸附被检测构件的表面;以及监测设备,与所述两个超声换能器电连接,用以得到监测被检测构件的服役应力的数值。

[0007] 由上,通过水作为耦合剂耦合被检测结构表面和换能器,保证超声检测和监测的长期稳定进行,可水下检测构件内部服役应力,实现对水下环境结构内部服役应力的长期监测。

- [0008] 进一步的,所述检测楔块的两个侧面形成有与所述储水腔连通的连通孔。
- [0009] 由上,使检测楔块的内部水压与外部环境的压力相同,减少对检测结果的影响。
- [0010] 可选的,所述底部圆环上具有沿其周上间隔设置的间隙,所述间隙使底部圆环形成不封闭圆环;所述连通孔以及不封闭圆环共同连通储水腔和外部环境,使所述储水腔内的水压和检测楔块外的水压一致。
- [0011] 由上,通过连通孔以及底部圆环通孔共同连通了检测楔块内的储水腔和外部环境,保证检测楔块内部与外界没有水压差,提高监测的准确度。
- [0012] 可选的,所述超声换能器与储水腔的接触面上设置有晶片保护膜,用于使超声换能器的压电晶片在检测过程中不受水压及海水腐蚀的影响。
- [0013] 进一步的,所述超声换能器和监测设备之间通过防水处理过的换能器连接线连接。
- [0014] 由上,保证各个部件稳定使用,适于水下环境中检测结构件内部服役应力,保证超声检测和监测的长期稳定进行。
- [0015] 进一步的,所述检测楔块为有机玻璃楔块。
- [0016] 由上,有机玻璃楔块符合透过超声纵波波速大小要求,检测效果好,成本低。
- [0017] 本发明的海洋结构件内部服役应力超声监测探头主要用于水下检测构件内部服役应力,能够适应水下的检测环境,解决水下压力对检测造成的影响,以水作为耦合剂,能够解决常用胶状固体耦合剂,无法长期应用于水下环境的问题,能够满足对水下环境结构内部服役应力的长期监测需求。
- [0018] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其他目的、特征和优点能够更明显易懂,以下结合优选实施例,并配合附图,详细说明如下。

附图说明

- [0019] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例的附图作简单地介绍。
- [0020] 图1为本发明的海洋结构件内部服役应力超声监测探头的结构示意图;
- [0021] 图2为本发明的海洋结构件内部服役应力超声监测探头的有机玻璃楔块的结构示意图;
- [0022] 图3为本发明的底部圆环的结构示意图;
- [0023] 图4为图1的侧视图;
- [0024] 图5为图1的俯视图。

具体实施方式

- [0025] 下面结合附图详细说明本发明的具体实施方式,其作为本说明书的一部分,通过实施例来说明本发明的原理,本发明的其他方面、特征及其优点通过该详细说明将会变得一目了然。在所参照的附图中,不同的图中相同或相似的部件使用相同的附图标号来表示。
- [0026] 本发明提出一种针对水下环境、监测被检测构件内部服役应力的超声监测探头,对海洋结构件内部服役应力进行超声检测,主要用于水下检测构件内部服役应力,以实现

对水下环境结构内部服役应力的长期监测的目的。如图1至图5所示,本发明的海洋结构件内部服役应力超声监测探头主要包括检测楔块10、具有防水功能的超声换能器20及换能器连接线40,本发明的检测楔块10、超声换能器20以及换能器连接线40做防腐蚀处理,以应对水下长期监测的环境。

[0027] 本发明的被检测构件为海洋水下结构件,其服役应力来自工作中的变动力、腐蚀、波浪力等,服役应力超过负荷可能引起被检测构件的结构被破坏。

[0028] 本发明的监测用超声波由超声换能器20产生,换能器连接线40的作用是连接超声换能器20和监测设备,用以得到监测被检测构件的服役应力的数值。本发明的海洋结构件内部服役应力超声监测探头压紧在被监测区域,保证超声波能够按照检测楔块10固定的角度入射到监测区域。其中,检测楔块10的顶部具有对称设置的两个倾斜面11,检测楔块10的内部贯穿有两个连接通道12,两个连接通道12分别垂直于两个倾斜面11,每个连接通道12包括靠近倾斜面11的螺纹孔13和远离倾斜面11的储水腔14。两个超声换能器20分别安装在两个连接通道12的螺纹孔中。超声换能器20和连接通道12之间的相连,还可以采用粘接、螺栓连接、铆接等多种紧固连接方式中的任意一种,只要能够将超声换能器20固定在连接通道12中即可。

[0029] 检测过程中,检测楔块内部用于耦合的水可能存在的压力,影响最终检测结果,检测楔块10设计了侧面的连通孔15和底部的不封闭圆环,用于保持检测楔块10内部水压与外部环境不存在压差。底部圆环30设置在检测楔块10的底部并分别相对于储水腔14,底部圆环30上具有沿其周上间隔设置的间隙31,间隙31使底部圆环30形成不封闭圆环。

[0030] 超声监测探头作为产生和接收超声波的器件,是超声检测系统中重要的组成部分,本发明提出的超声监测探头主要由检测楔块10和超声换能器20共同组成,检测楔块10上留有放置磁铁的位置(磁铁放置孔16),方便在检测过程中将探头长期固定在被检测位置,以保证有效检测及检测数据的准确性。

[0031] 超声换能器20的原理是将其他形式的能量转换为超音频振动能量,以超声检测中最常见的压电换能器为例,即将电能转换为声能,再将声能转换为电能。超声换能器是将输入的电功率转换为机械功率(即超声波)再传递出去,而自身消耗很少一部分功率的设备,本发明的其中一个超声换能器20为可以发射超声纵波的超声换能器,另外一个超声换能器20为能够接收超声临界折射纵波的超声换能器。两个超声换能器20通过换能器连接线40与监测设备电连接,接收声波信号,从而来计算服役应力的大小。

[0032] 其中超声换能器20的压电晶片是以压电效应发射和接收超声波的元件,作为探头中最重要的部分,晶片保护膜50需要保证压电晶片检测过程中不受水压及海水腐蚀的影响,因此不同于普通的表面接触式超声换能器,本发明的晶片保护膜50设置在超声换能器与储水腔的接触面上,晶片保护膜50需要使用耐海水、耐水压的液体耦合薄膜。针对水下环境,以水作为耦合剂,超声换能器需要使用水耦换能器,换能器及换能器连接线需要采用防水处理,保证探头在水下长期正常、稳定工作,能够防止海水腐蚀。

[0033] 根据Snell定律,本申请实施例所提供的监测探头由其中一个超声换能器发射超声纵波以倾斜角度 θ (即第一临界角 θ)穿过检测楔块10及其中一个储水腔斜入射到被检测构件表面及内部中产生超声临界折射纵波,并穿过另外一个储水腔及检测楔块10被另外一个超声换能器接收到。再根据声弹性原理,即被检测构件中的服役应力会影响超声纵波传

播速度,当服役应力方向与超声纵波方向一致时,拉伸应力会使超声纵波传播速度 v 变慢或者传播时间 t 延长,压缩应力会使超声纵波传播速度 v 加快或者传播时间 t 缩短。那么,当两个超声换能器20之间的距离不变的情况下,先测得零应力构件的超声传播时间 t_0 ,再测得被检测构件的超声传播时间 t ,然后根据二者的时间差就可以计算出被检测构件的服役应力值 σ ,对应计算公式为

$$[0034] \quad \sigma - \sigma_0 = K(t - t_0)$$

[0035] 其中, σ 为被检测构件的服役应力值; σ_0 为零应力构件的应力值,即为0; t 为被检测构件的超声传播时间; t_0 为零应力构件的超声传播时间, K 为应力系数,与被检测构件的材料及两个超声换能器20之间的距离有关,可通过拉伸试验标定获得。

[0036] 前述零应力构件需要采用与被检测构件的金相组织状态和表面粗糙度相同的材料,该零应力构件的超声传播时间 t_0 可以通过超声波记录检测仪获得。前述实施例所提到的监测设备就是通过上述原理设计的,将零应力构件的超声传播时间 t_0 输入到该监测设备中,就可以得出被检测构件的各位置的服役应力值了。

[0037] 由于检测楔块10要采用透过超声纵波波速小于海洋水下结构件的材料透过超声纵波波速的材料制成,由于需要进行被检测构件服役应力的无损检测的海洋水下结构件多为钢结构杆件或合金材料杆件,该检测楔块10可采用符合上述透过超声纵波波速大小要求的有机玻璃材料制成,有机玻璃材料还具有易加工、不易变形、坚韧性较强以及价格便宜的优点,可以节省成本。本发明的检测楔块10采用有机玻璃楔块,基于临界折射纵波法的应力检测过程,需要保证探头按照合适的角度固定,同时需要保证水作为耦合剂能够耦合被检测结构表面和换能器,保证超声检测和监测的长期稳定进行。

[0038] 在监测前将本发明的探头固定在被检测位置,检测楔块10的中心位置留有放置吸附磁铁的磁铁放置孔16,用于将检测楔块10吸附在被检测构件表面。超声换能器20通过连接通道12的螺纹孔固定在检测楔块10上,基于临界折射纵波检测方法,保证检测过程中超声波能够按照Sne11定理计算的固定角度入射。检测楔块10底部的底部圆环型区域为超声波入射和出射区域,采用不封闭的圆环设计,保证了监测过程中,作为耦合剂的水可以稳定的流动,同时在安装过程中,储水腔14侧面的连通孔15和底部不封闭圆环设计,保证检测楔块10的储水腔14内的水压和检测楔块10外的水压一致,否则会对检测结果的准确性产生影响。

[0039] 本发明通过固定超声换能器20上的螺纹,将超声换能器固定在有机玻璃楔块10上,将装好超声换能器20的有机玻璃楔块10置于水下检测环境。底部圆环30贴紧被检测构件表面,磁铁放置孔16中放置的磁铁吸附在被检测构件表面,连通孔15以及底部圆环通孔共同连通了储水腔14和外部环境,保证了储水腔与外界没有水压差。超声监测探头通过换能器连接线40同检测仪器相连,得到监测数据。晶片保护膜50位于超声换能器与耦合剂水的接触面,采用耐海水、耐水压材料制作,保证换能器稳定使用。

[0040] 本发明给出的检测楔块10适用于监测平面构件,同时也适用于有曲率的被检测构件,只需令底部圆环30加工成与被检测构件表面相适应的曲率,保证能够和表面贴合。

[0041] 以上所述是本发明的优选实施方式而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和变动,这些改进和变动也视为本发明的保护范围。

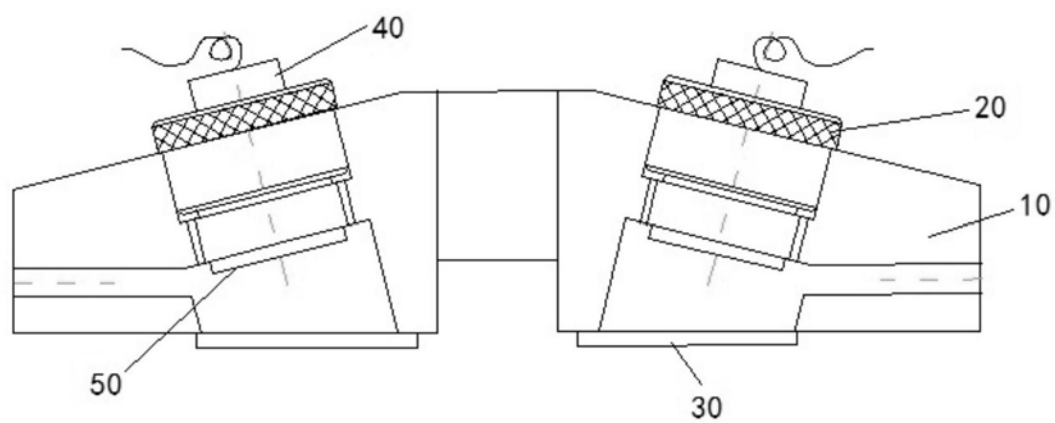


图1

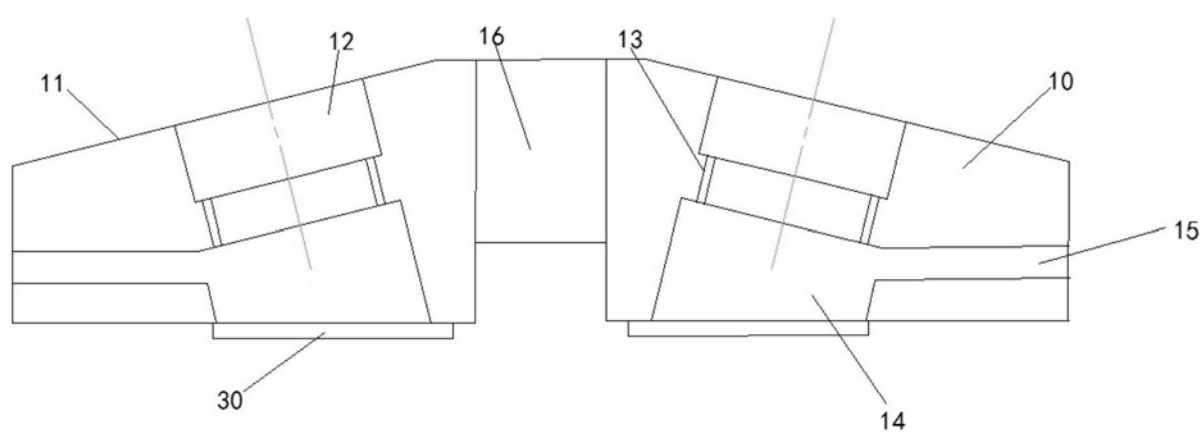


图2

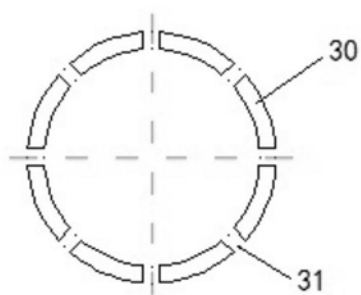


图3

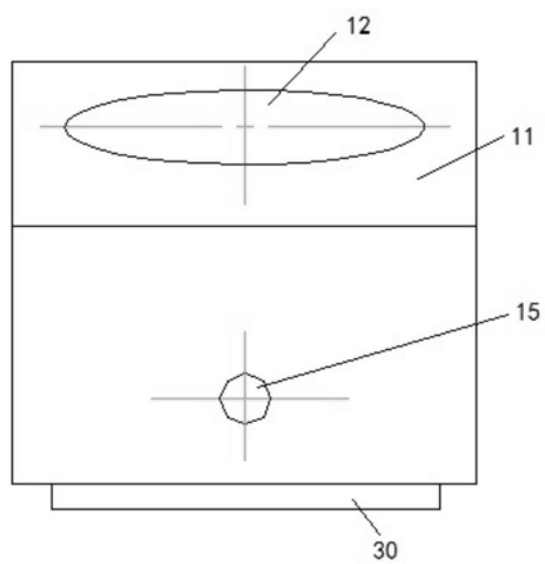


图4

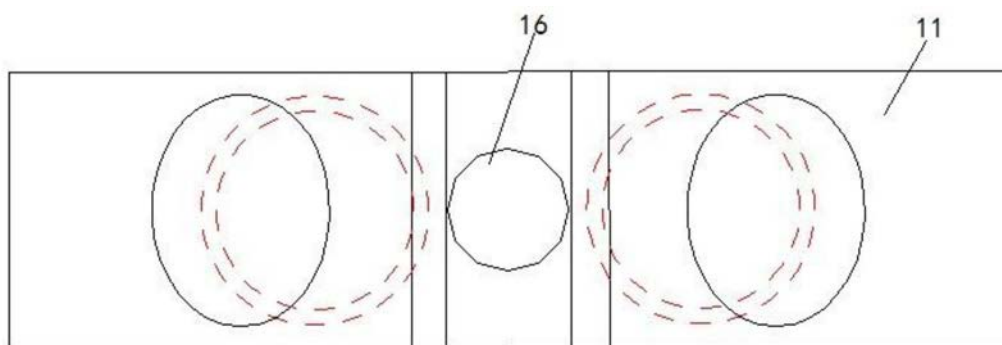


图5