



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102656451 B

(45) 授权公告日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201080057460. 8

(22) 申请日 2010. 11. 12

(30) 优先权数据

12/642, 478 2009. 12. 18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/056612 2010. 11. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/075253 EN 2011. 06. 23

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 D·P·萨尔 J·C·肯尼迪

H·T·布依

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

G01N 27/82(2006. 01)

G01N 29/22(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006162456 A1, 2006. 07. 27, 全文.

JP 特开平 9-229911 A, 1997. 09. 05, 全文.

JP 特开 2002-263968 A, 2002. 09. 17, 全文.

CN 1662347 A, 2005. 08. 31, 全文.

US 2006042391 A1, 2006. 03. 02, 全文.

US 2006055396 A1, 2006. 03. 16, 全文.

CN 1809749 A, 2006. 07. 26, 全文.

JP 特表 2009-506328 A, 2009. 02. 12, 全文.

审查员 唐仕军

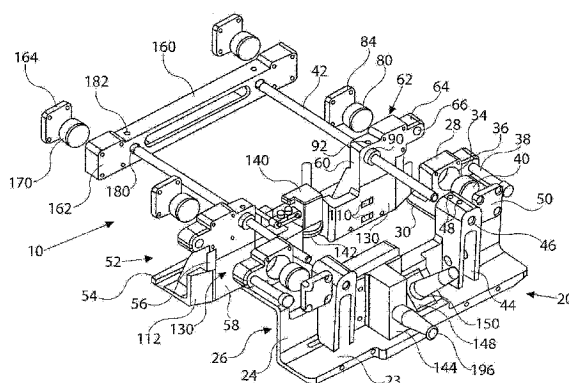
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

### (54) 发明名称

适于检测具有内部开口部分的结构无损检测装置和方法

### (57) 摘要

一种检测具有内部开口部分的结构无损检测装置和方法包括具有多个外部探头单元壁的检测装置外部探头单元, 每个外部探头单元壁具有对应于相应结构壁的多个外部表面中相应一个的表面, 外部探头单元包括第一外部探头元件和第二外部探头元件, 该第一和第二外部探头元件通过在第一外部探头单元元件上的磁体和第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁吸引力相互之间磁耦合; 以及磁平衡体, 其被定位为通过磁平衡体上的磁体与第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力沿着增强第二外部探头单元元件与第一外部探头单元元件的磁耦合的方向推动第二外部探头单元元件。还公开了磁吸引到外部单元的内部探头单元和用于结构无损测试的换能器。



1. 一种适于检测具有内部开口部分的结构无损检测装置,所述内部开口部分由具有外部和内部表面的多个壁限定,该无损检测装置包括:

具有多个外部探头单元壁的检测装置外部探头单元,每个外部探头单元壁具有对应于相应结构壁的多个外部表面中相应一个的表面,其特征在于,所述外部探头单元包括第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件,该第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件相互之间磁耦合,以便通过在所述第一外部探头单元元件上的磁体和所述第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁吸引力,迫使所述第一外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁和所述第二外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁紧密靠近所述结构的相应外部表面;以及

磁平衡体,其被定位为通过所述磁平衡体上的磁体与所述第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力沿着增强所述第二外部探头单元元件与所述第一外部探头单元元件的磁耦合的方向推动所述第二外部探头单元元件。

2. 根据权利要求1所述的无损检测装置,其进一步包括具有多个内部探头单元壁的检测装置内部探头单元,每个内部探头单元壁具有与所述结构的内部表面中的相应一个对应的表面;

通过所述内部探头单元上的磁体与所述外部探头单元上的磁体的磁吸引力,所述内部探头单元通过所述结构磁耦合于所述外部探头单元,以便通过所述结构的内部部分与所述外部探头单元一起运动。

3. 根据权利要求2所述的无损检测装置,其中所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件以及所述内部探头单元中的至少一个承载无损检测仪器。

4. 根据权利要求2所述的无损检测装置,其中所述内部探头单元包括第一内部探头单元元件和第二内部探头单元元件,通过所述第一内部探头单元元件及所述第二内部探头单元元件中相应一个上的磁体与所述第一外部探头单元元件及所述第二外部探头单元元件中相应一个上的磁体之间的磁吸引力,所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件中的至少一个磁耦合到所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件中的至少一个,以维持所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件中相应一个以及所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件中相应一个中的每一个都与所述结构的相应壁紧密靠近。

5. 根据权利要求4所述的无损检测装置,其中通过所述第一内部探头单元元件上的磁体和所述第二内部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力迫使所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件分开。

6. 根据权利要求4所述的无损检测装置,其中所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件以及所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件中的至少一个承载无损检测仪器换能器。

7. 根据权利要求1所述的无损检测装置,其中磁平衡体导杆从所述第一外部探头单元元件延伸穿过所述第二外部探头单元元件达到所述磁平衡体,引导所述第二外部探头单元元件在所述第一外部探头单元元件和所述磁平衡体之间的运动。

8. 根据权利要求1所述的无损检测装置,其中所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件中的至少一个承载无损检测仪器换能器。

9. 一种检测具有内部开口部分的结构的方法,该内部开口部分由具有外部和内部表面的多个壁限定,包括:

提供一种检测装置外部探头单元,其具有多个外部探头单元壁,每个外部探头单元壁具有对应于相应结构壁的多个外部表面中相应一个的表面,其特征在于,所述外部探头单元包括第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件,该第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件相互之间磁耦合,以便通过在所述第一外部探头单元元件上的磁体和所述第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁吸引力,迫使所述第一外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁和所述第二外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁紧密靠近所述结构的相应外部表面,以及磁平衡体,其被定位为通过所述磁平衡体上的磁体与所述第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力沿着增强所述第二外部探头单元元件与所述第一外部探头单元元件的磁耦合的方向推动所述第二外部探头单元元件;

提供具有多个内部探头单元壁的检测装置内部探头单元,每个内部探头单元壁具有与所述结构的内部表面中的相应一个对应的表面;

通过所述内部探头单元上的磁体和所述外部探头单元上的磁体的磁吸引力,所述内部探头单元通过所述结构磁耦合于所述外部探头单元,以便通过所述结构的内部部分与所述外部探头单元一起运动;以及

当探头沿着所述结构移动时,发送检测信号到所述结构内并从所述结构接收检测信号。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述内部探头单元包括第一内部探头单元元件和第二内部探头单元元件,通过所述第一内部探头单元元件及所述第二内部探头单元元件中相应一个上的磁体与所述第一外部探头单元元件及所述第二外部探头单元元件中相应一个上的磁体之间的磁吸引力,所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件中的至少一个磁耦合到所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件中的至少一个,以维持所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件中相应一个以及所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件中相应一个中的每一个都与所述结构的相应壁紧密靠近。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件以及所述内部探头单元中的至少一个承载无损检测仪器。

12. 根据权利要求 10 所述的方法,其中通过所述第一内部探头单元元件上的磁体和所述第二内部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力迫使所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件分开。

13. 根据权利要求 9 所述的方法,其中磁平衡体导杆从所述第一外部探头单元元件延伸穿过所述第二外部探头单元元件达到所述磁平衡体,引导所述第二外部探头单元元件在所述第一外部探头单元元件和所述磁平衡体之间的运动。

14. 根据权利要求 10 所述的方法,其中所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件以及所述第一内部探头单元元件和所述第二内部探头单元元件中的至少一个承载无损检测仪器换能器。

15. 根据权利要求 9 所述的方法,其中所述第一外部探头单元元件和所述第二外部探头单元元件中的至少一个承载无损检测仪器换能器。

## 适于检测具有内部开口部分的结构的无损检测装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明主要涉及用于检测结构的装置和方法,特别是涉及用于对结构例如桁条的接近受限特征的无损测试的装置和构造。

### 背景技术

[0002] 结构的无损检测 (NDI) 涉及在没有损坏结构或没有要求结构显著分解的情况下对结构的彻底检查。通常无损检测是优选的,以避免为了检测而拆除部件相关的计划、劳力、成本,并避免损坏结构的潜在风险。无损检测在需要对结构外部 / 或内部彻底检查的许多应用中是可取的。例如,无损检测通常用于飞行器工业以检测飞机结构任何类型内部或外部损坏或结构中的瑕疵。NDI 还用于飞机构造组件的初始制造。其用于确保在制造该部件时没有程序问题或可能的外来材料嵌入到该部件中。在结构制造期间和 / 或一旦结构投入使用后,可对其执行检测。例如,对于制造和将来进行的使用,可能需要检查从而验证结构的完整性和合适性。不过,在没有分解结构的情况下对其接触内表面常常是比较困难或不可能的,例如从飞机拆除部件以便检查。

[0003] 通常进行无损检测的结构包括复合结构,例如,复合夹层结构和其他粘合面板和组件,例如帽状桁条或由碳纤维和石墨环氧树脂 (Gr/Ep) 材料增强的帽状桁条或帽状加强件以及共同固化或共同粘结的帽状桁条。在这方面,由于工程质量、设计灵活性和低重量 (例如硬度重量比),复合结构通常用于所有飞行器工业。因此,检测复合结构以识别任何缺陷常常是可取的,例如裂纹、孔洞或孔隙,这些会严重影响复合结构的性能。

[0004] 可使用各种类型传感器来执行无损检测。一个或更多传感器可在要检查的结构部分上面移动,并接收关于该结构的数据。例如,脉冲回波 (PE)、透射传输 (TT) 或剪切波传感器可用于获得超声波数据,例如结构中的厚度测量、层缺陷和孔隙的探测、外来材料的探测和 / 或裂纹探测。共振、脉冲回波或机械阻抗传感器可用于提供孔洞或孔隙的指示,例如在结构粘合线中。飞机结构的高分辨率检测通常利用半自动超声波检验 (UT) 来执行,以提供被检测结构或被检测部件的平面图像。例如,可利用单面脉冲回波超声波 (PEU) 检验来检测实心层压板以及可利用双面透射超声波 (TTU) 检验来检测复合夹层结构。在脉冲回波超声波 (PEU) 检验中,超声波传感器,例如超声波换能器,被定位在毗邻或接近待检测结构的一个表面。例如,PEU 换能器发送超声波信号到被检测结构里并从该结构接收超声波信号的反射。在透射传输超声波检测中,配对的超声波传感器 (例如换能器或换能器和接收器的配对),被定位为彼此面向并接触在结构的相反侧。由换能器中的至少一个发送超声波信号,穿透该结构并由另一个换能器接收。由传感器 (例如 PEU 和 TTU 换能器) 采集的数据通常由处理元件处理,并且处理的数据可通过显示器展示给用户。数据采集板和数据管理软件可用于检测数据的收集和显示,例如在计算机监视器上显示该数据作为被检测结构 (例如帽状桁条) 的图像表示,补充以该检测的相应色彩和 / 或图形数据以允许合格的检查员进行检查。

[0005] 无损检测通常可由技术员在结构上移动适当的传感器来手动执行。手动扫描要求

训练有素的技术员在需要检测的结构部分上移动传感器。手动扫描通常涉及技术员沿一个方向重复地从一侧向另一侧移动传感器而同时沿另一个方向指引 (index) 传感器。另外, 因为传感器通常不使位置信息和采集的数据关联, 所以当扫描结构时, 正手动扫描结构的相同技术员还必须观察传感器显示器以确定是否有任何缺陷存在于结构中。因此检测质量很大程度取决于技术员的表现, 不仅与传感器运动有关, 而且与技术员解释显示数据的专注程度有关。因此, 结构的手动扫描是耗时、劳动强度大且容易出现人为错误。

[0006] 半自动检测系统也已经开发出来。例如, 移动式自动扫描系统 (MAUS®) 通常是采用固定框架且具有通常适用于超声波检测的一个或更多自动扫描头的移动式扫描系统。MAUS 系统可使用脉冲回波、剪切波以及透射传输传感器。该固定框架可通过真空吸盘, 磁体或类似固定方法附着在被检测结构的表面。小型化 MAUS (微型 MAUS) 系统可以是由技术员在结构表面手动移动的便携式装置。

[0007] 自动检测系统也已经开发出来。例如自动超声波扫描系统 (AUSS®) 是可采用透射传输超声波检测的综合机械扫描系统。AUSS 系统也能够执行脉冲回波检测以及同时进行的双频检测。该 AUSS 系统具有机器人控制的探头臂, 例如, 对于 TTU 检测, 结构可被定位为最接近经受检测的结构相反表面, 由一个探头臂沿着结构的一个表面移动超声波发射器, 而另一个探头臂沿着该结构相反表面相应地移动超声波接收器。为了保持超声波发射器和接收器相互之间适当的对齐和间距以及他们和被检测结构之间的适当对齐和间距, 传统的自动检测系统可具有在多个轴向上提供运动控制的复杂的定位系统, 例如 AUSS-X 系统具有沿十个轴线方向的运动控制。不过, 自动检测系统以及类似的机器人可能过于昂贵。进一步地, 对于 TTU 检测, 结合带有非平面形状的结构, 相对于结构定传感器的方位和间距, 以及相对于彼此定传感器的方位和间距, 将会非常困难, 例如检测弯曲结构和帽状桁条。而且, 传统自动扫描系统, 例如 AUSS-X 系统, 可能需要接近结构的两面, 这在一些情况下即使不是不可能也是非常困难的, 尤其是对于非常大的结构或非常小的结构。而且, 扫描系统检测达到几平方米的受限区域。需要检测结构和特定特征的可接近性也是重要的需要考虑的事项。接近是如此受限以致手动检测或自动检测都是不可能的。例如, 飞机机身帽状桁条的内部的检测接近是受限的, 尤其是远离末端的位置。

[0008] 上述背景讨论来自美国专利 No. 7249512 和 No. 7263889。也可参见美国专利 No. 7231826 和 No. 6722202, 这些专利描述了用于无损地检测形成有由例如帽状桁条环绕的一段内部空间的结构的多种装置和方法, 其中帽状桁条形成为例如飞机机翼和机身体体的支撑元件。这样的无损检测 (NDI) 探头有检测元件, 例如超声波换能器, 布置为最接近结构的一个或更多表面, 顶面和底面或侧壁。通常这样探头的换能器需要与在该结构壁反侧的换能器相互作用, 从而内部换能器保持探头磁耦合至该结构 (例如帽状桁条) 外部的外部探头装配件, 并和外部探头一起运动。针对帽状桁条的各种形状、尺寸和配置, 已知使用与一个或两个探头的铰接或挠性角的磁耦合来相对于帽状桁条中的变化的重新定一个或两个探头的位置、形状、配置和 / 或对齐。

[0009] 磁耦合对在内部保持件探头元件和外部换能器支架探头组件单元上的相对磁体之间的距离是非常敏感的。因此, 传统系统提供内部和外部探头组件的形状和 / 或内部探头宽度的可调节性以试图保持探头侧壁以尽可能近地接触结构的内部和外部的各自壁表面。尽管需要例如再耦合和再运行再磁耦合的内部探头和外部组件的检测, 但磁解耦会发

生。应当明白这种现象的主要造成因素是结构的表面粗糙和 / 或表面不规则。随着分离磁体的距离有相对小的增加,在内部探头上的耦合磁体和外部换能器支架组件之间的磁耦合力下降非常明显。

## 发明内容

[0010] 本发明公开了一种适于检测具有内部开口部分的结构无损检测装置和方法,内部开口部分由具有外部和内部表面的多个壁限定,该装置和方法可以包括具有多个外部探头单元壁的检测装置外部探头单元,每个外部探头单元壁具有对应于相应结构壁的多个外部表面中相应一个的表面,包括第一外部探头元件和第二外部探头元件,该第一外部探头元件和第二外部探头元件相互之间磁耦合,以便通过在第一外部探头单元元件上的磁体和第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁吸引力,迫使第一外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁和第二外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁紧密靠近结构的相应外部表面;以及磁平衡体,其被定位为通过磁平衡体上的磁体与第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力沿着增强第二外部探头单元元件与第一外部探头单元元件的磁耦合的方向推动第二外部探头单元元件。该装置可进一步包括具有多个内部探头单元壁的检测装置内部探头单元,每个内部探头单元壁具有与结构的内部表面中的相应一个对应的表面;通过内部探头单元上的磁体与外部探头单元上的磁体的磁吸引力,内部探头单元透过结构磁耦合于外部探头单元,以便透过结构的内部部分与外部探头单元一起运动。该内部探头单元可包括第一内部探头单元元件和第二内部探头单元元件,通过第一内部探头单元元件及第二内部探头单元元件中相应一个上的磁体与第一外部探头单元元件及第二外部探头单元元件中相应一个上的磁体之间的磁吸引力,第一内部探头单元元件和第二内部探头单元元件中的至少一个磁耦合到第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件中的至少一个,以维持第一内部探头单元元件和第二内部探头单元元件中相应一个以及第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件中相应一个中的每一个与结构的相应壁紧密靠近。通过第一内部探头单元元件上的磁体和第二内部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力可以迫使第一内部探头单元元件和第二内部探头单元元件分开。

[0011] 该装置可以包括磁平衡体导杆,其从第一外部探头单元元件延伸穿过第二外部探头单元元件达到磁平衡体,引导第二外部探头单元元件在第一外部探头单元元件和磁平衡体之间的运动。该装置还可包括第一外部探头单元元件和第二外部探头单元元件中的至少一个承载无损检测仪器换能器。

[0012] 本公开还提供一种检测具有内部开口部分的结构的方法,该内部开口部分由具有外部和内部表面的多个壁限定,该方法包括:提供一种检测装置外部探头单元,其具有多个外部探头单元壁,每个外部探头单元壁具有对应于相应结构壁的多个外部表面中相应一个的表面,外部探头单元包括第一外部探头元件和第二外部探头元件,该第一外部探头元件和第二外部探头元件相互之间磁耦合,以便通过在第一外部探头单元元件上的磁体和第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁吸引力,迫使第一外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁和第二外部探头单元元件上的至少一个外部探头单元壁紧密靠近结构的相应外部表面,以及磁平衡体,其被定位为通过磁平衡体上的磁体与第二外部探头单元元件上的磁体之间的磁排斥力沿着增强第二外部探头单元元件与第一外部探头单元元件的磁

耦合的方向推动第二外部探头单元元件；提供具有多个内部探头单元壁的检测装置内部探头单元，每个内部探头单元壁具有与结构的内部表面中的相应一个对应的表面；通过内部探头单元上的磁体和外部探头单元上的磁体的磁吸引力，内部探头单元透过结构磁耦合于外部探头单元，以便透过结构的内部部分与外部探头单元一起运动；以及当探头沿着结构移动时，发送检测信号到结构内并从结构接收检测信号。

### 附图说明

[0013] 图 1 示出根据本发明实施例多方面的无损检测装置的外部探头组件部分的分解透射图；

[0014] 图 2 示出根据本发明实施例多方面的无损检测装置的内部探头组件部分的分解透射图；

[0015] 图 3 示出图 1 的外部探头组件的俯视图；

[0016] 图 4 示出外部探头组件部分地接合待检测结构外部；以及

[0017] 图 5 示出内部探头组件部分地插入待检测结构的内部。

### 具体实施方式

[0018] 本公开提供当 NDI 装置沿着正被检测的结构（例如帽状桁条结构支撑件）移动时，排斥磁力对耦合内部和外部探头组件的吸引磁力的平衡和缓冲。

[0019] 参考图 1，其通过示例的方式示出无损检测（“NDI”）系统的外部探头组件部分 10，其可以用于和检测系统的内部探头组件 14（如图 2 所示）一起对具有限定一段长度的封闭空间的壁的结构（例如帽状桁条结构支撑件，为方便起见，下文统称为“帽状桁条”）执行无损检测。

[0020] 外部探头组件 10 可以具有第一侧元件 20，具有探头支架足部 23 和探头支架侧壁 24 的外部探头支架部分 22。侧壁 24 可具有内部接触表面 26，在其上面可安装轮轴轴承（未示出）以方便探头支架沿着帽状桁条外部侧壁表面移动。

[0021] 支架部分 20 可以具有安装在磁体外壳托架臂 30 和磁体外壳托架臂 32 之间的磁体外壳 28。磁体外壳可以具有的间隙控制延伸件 34，通过其形成有螺纹的间隙控制螺丝孔 36，间隙控制螺丝孔 36 与间隙控制螺丝 38 螺纹地啮合。该磁体外壳 28 可通过磁体外壳盖 50 将磁体 40 置于其中。

[0022] NDI 系统组件轴 42 可延伸通过在侧壁 24 的轴安装轴塔 44 部分中的轴通孔 46。在轴 42 上的探头支架部分 20 的位置可由一对轴设定螺丝 48 固定。

[0023] 外部 / 内部探头组件 10 还可包括编码器元件 52，其可具有编码器元件脚 54 和编码器元件侧壁 56，在编码器元件侧壁 56 的内部接触表面 58 上可安装轮轴轴承 110，可在图 1 中看到其中一些。

[0024] 编码器元件侧壁 56 可具有包含磁体外壳 62 的磁体外壳托架 60。该磁体外壳托架 60 还可包含在其中形成间隙控制螺丝邻接凹口 66 的间隙控制延伸件 64。磁体 80 可以封装在磁体外壳 62 内并通过磁体外壳盖 80 保持在位。磁体外壳托架 60 还可封装轴线性轴承 90，其可通过一对轴承设定螺丝 92 在磁体封装托架 60 内保持在位。编码器元件 52 还可以具有在侧壁内接触表面 108 的锥形开口 112。正如本领域技术人员所熟知的，在磁体外壳

中由引导线 130 指示的位置处,在外部探头组件第二元件侧壁 58 下部,编码器元件还可以具有磁耦合磁体(未示出),用于和内部探头 12 磁耦合。

[0025] 应当理解以上所述在探头支架 20 和编码器元件 52 各自的另一端实质上是相同的。

[0026] 编码器元件 52 承载包括编码器轮 142 的编码器组件 140,编码器轮 142 接合正检测结构的外侧壁并沿着结构长度测量位置。探头支架 20 承载一个或更多包含在例如换能器 146 的换能器外壳 144 和换能器 150 的换能器外壳 148 中的探头换能器。

[0027] 外部探头组件 10 还包括磁平衡装置,梭件(shuttle)12,其平衡/缓冲外部探头组件 10 和内部探头载体的磁耦合。缓冲机构可以包括轴杆 160,轴杆 160 在其各端分别带有一对磁体外壳 162,磁体外壳 162 包含由磁体外壳盖 164 保持在位的磁体。轴杆 160 具有一对轴开口 180 并通过各自的设定螺丝 182 在轴 30 上保持在位。

[0028] 现转到图 2,其通过示例的方式示出根据本发明实施例多方面的无损检测(“NDI”)系统的内部探头组件部分 12 的分解透射图。该内部探头组件 12 可具有探头单元组件第一元件,右侧 202 和探头组件单元第二元件,左侧 204。通过可滑动地接合在各自的分离调整滑动件受体 208 内的多个分离调整滑动件 206 中各自的一个,侧 202、204 是相互位置可调的,以适应正检测的侧壁分离变化的结构。

[0029] 以这种方式,右侧 202 和左侧 204 的各自接触侧壁 210 能够维持和各结构侧壁的紧密接触,具有轮轴轴承 212 从而便于沿着结构壁移动。通过包含在各自磁体外壳 220 内并通过外壳盖 222 保持在位的磁体 224 的相反磁力,可促使右侧 202 和左侧 204 相互远离。

[0030] 内部探头梭件 12 在每一侧上可承载换能器 236,换能器 236 保持在各自换能器隔舱 230、232 内,包括用于换能器 238、240 的换能器外壳 234 和换能器外壳 236。

[0031] 图 5 示出图 1 所示外部探头组件 10 的俯视图。

[0032] 应当理解,在操作中内部探头 12 插入到如图 5 所示的结构 250(例如帽状桁条)中的开口内。然后在图 3 的俯视图中示出的外部探头组件被放置到结构 250 外部的位,如图 4 所示。在内部探头梭件 12 的磁体 224 和包含在磁外壳 130 内的磁体之间的磁耦合如图所示在编码器元件侧壁 56 内。应当理解仅有磁体外壳 130 在编码器元件侧壁 56 上,外部组件 10 的一个可能实施例中,已经示出磁耦合磁体 224 在内部探头 12 的两面上,在同样可能的实施例的情况下,外部组件 10 还可被构造成包含用于磁耦合到如图 1 所示的内部探头梭件 12 一面上的磁耦合磁体,或外部组件 10 还可被构造成包含用于磁耦合到内部探头梭件 12 两面上的磁耦合磁体。可以调整间隙控制螺丝以设置探头支架 20 和外部探头组件 10 的编码器组件 52 之间的最小分离。

[0033] 在操作时,正如本领域技术人员所熟知的,由于磁性内部/外部探头磁耦合磁体的吸引力,当外部探头组件沿着结构 250 移动时,可随着外部探头组件 10 拖动内部探头 12。由于在内部探头 12 的侧 202、204 上的磁体 224 和外部组件的磁体外壳 130 中的磁体(未示出)之间的磁吸引力(本文通过示例的方式加以说明)仅在外部探头组件 10 的编码器组件 52 中,所以内部探头 12 的右侧 202 和左侧 204 能够相对彼此运动以维持在侧 202、204 上的轮轴轴承 212 接触结构 250 的对应内部侧壁。

[0034] 通过探头支架 20 和编码器组件 52 的侧壁 20、52 的磁外壳托架 30、32 和 60 上的磁外壳 28、62 内的磁体 40、80 的吸引力,维持探头支架 20 和外部探头组件 10 的编码器组



件 52 与结构 250 各自外侧壁的紧密接触。轴杆 162 上的磁体 170 被定位为对编码器组件 52 上的磁体 80 具有排斥力。因此,除了内部 / 外部吸引磁耦合,还有另外的磁力将编码器组件 52 推向结构 250 的相应侧壁。在探头支架磁体 40 和编码器组件磁体 80 之间的吸引磁耦合以及在编码器组件磁体 80 和轴杆磁体 170 之间的排斥磁力的综合影响下,编码器组件通过轮轴轴承 90 在轴 42 上移动以适应正被检测结构 250 在宽度上的变化,以及适应结构 250 侧壁的表面纹理或其他表面不规则的变化。这大大减少了丢失内部 / 外部磁耦合的机会。

[0035] 本发明的范围和内容不局限于上述的实施例,但是在范围和内容方面应当考虑到在不偏离本发明公开主题和权利要求的范围和精神前提下,可以对本发明公开的实施例做出各种修改和变化,其中某些变化和修改已在上文中提到。

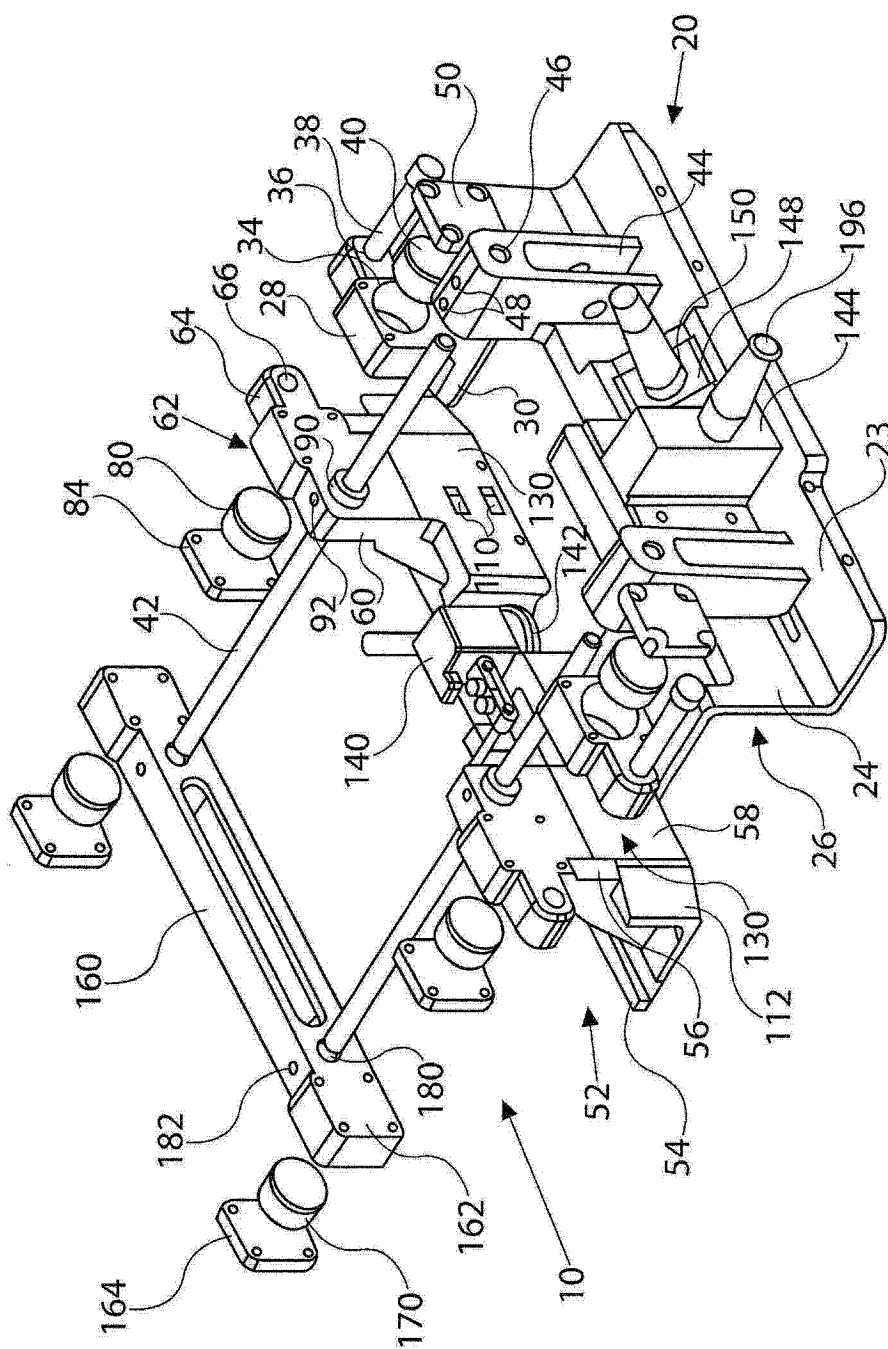


图 1

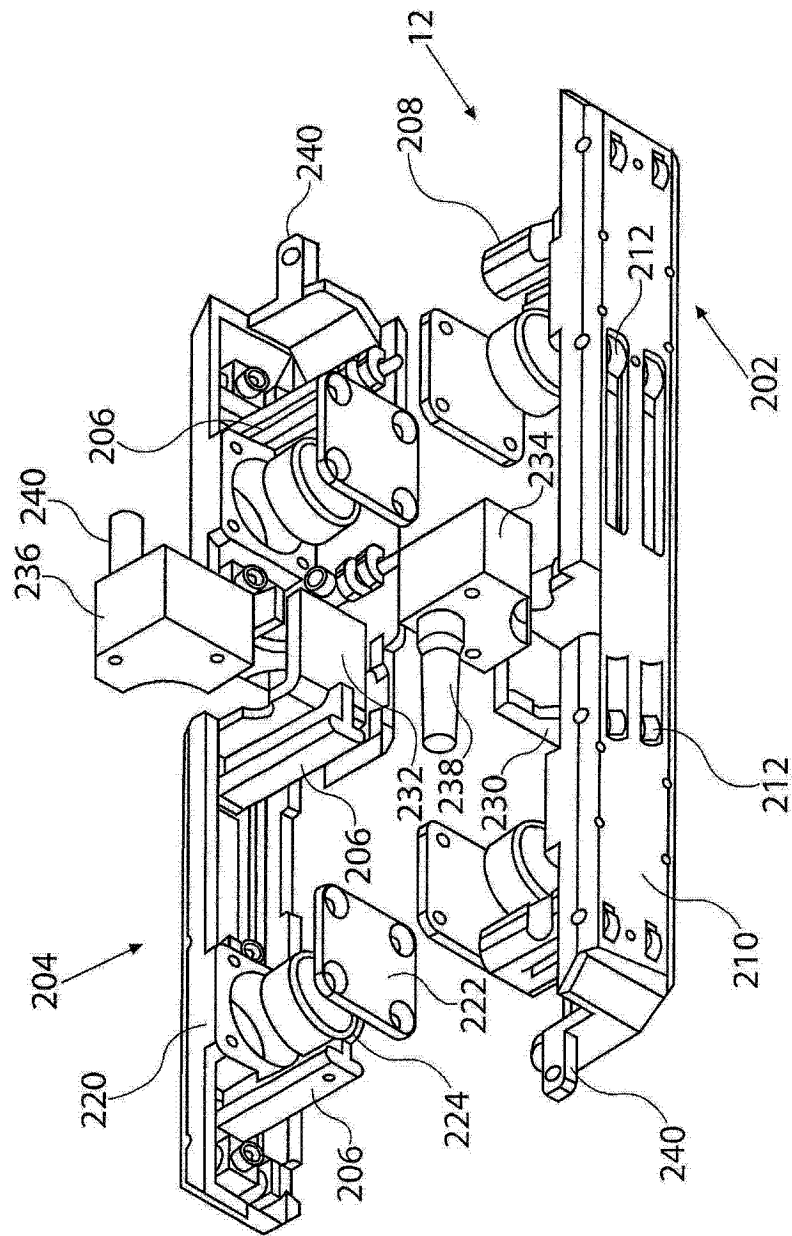


图 2

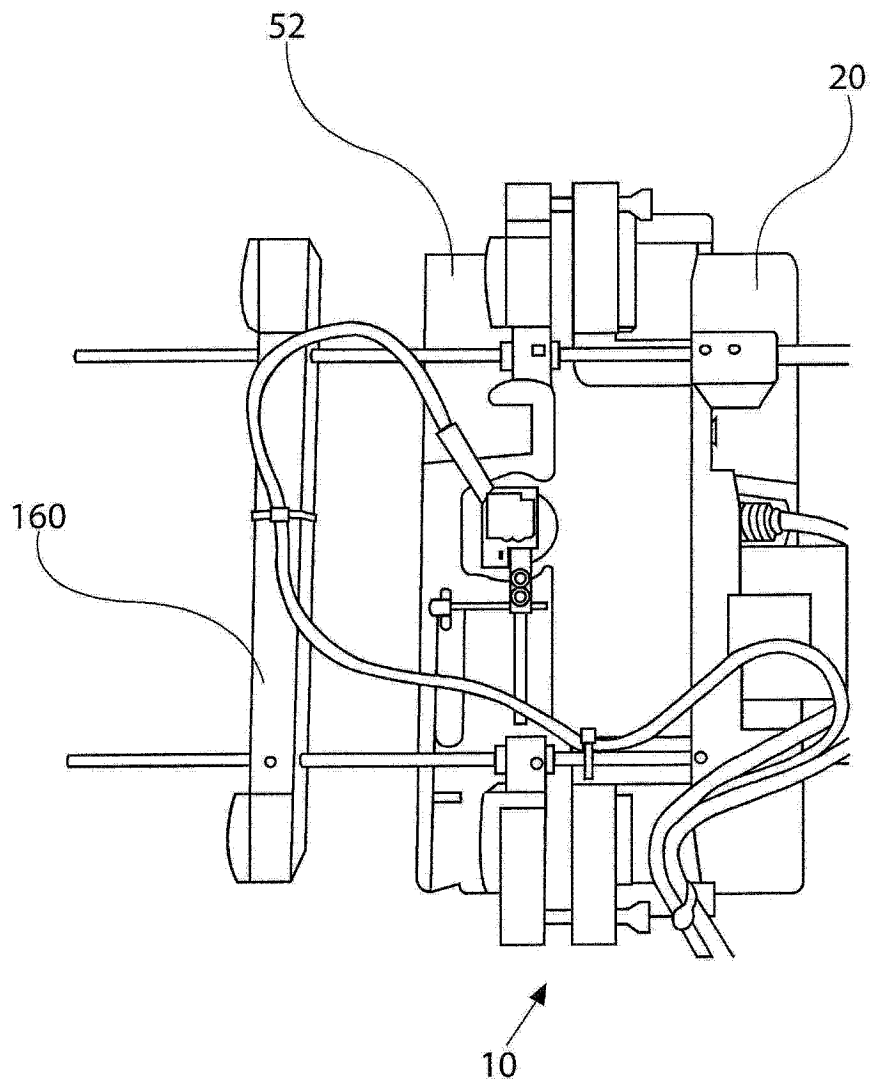


图 3

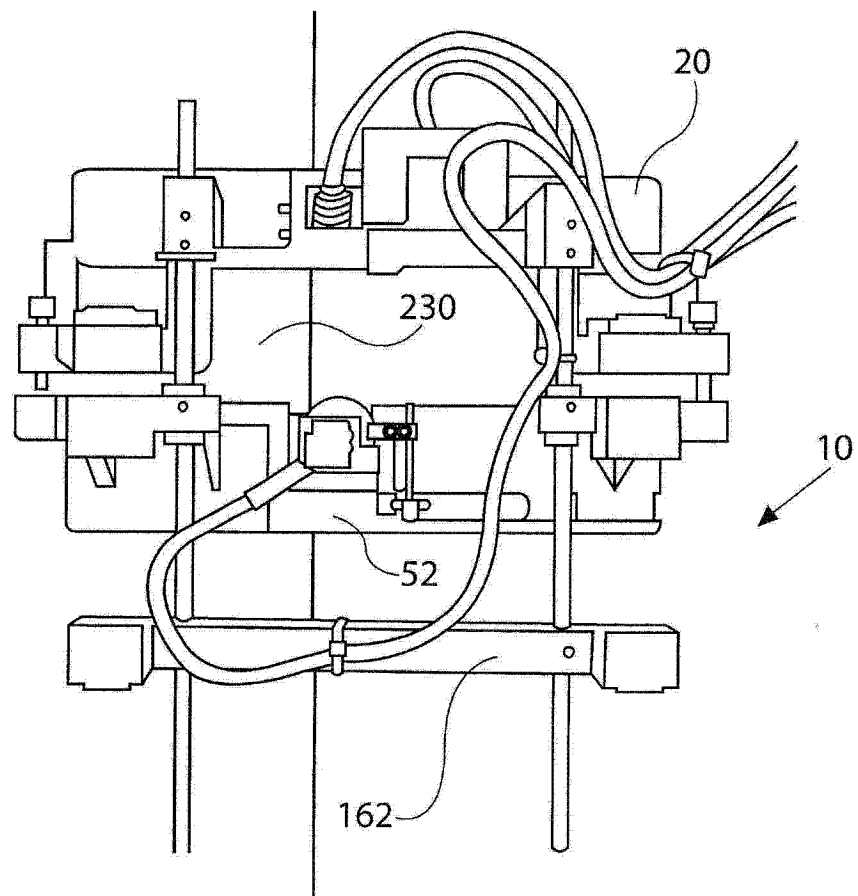


图 4

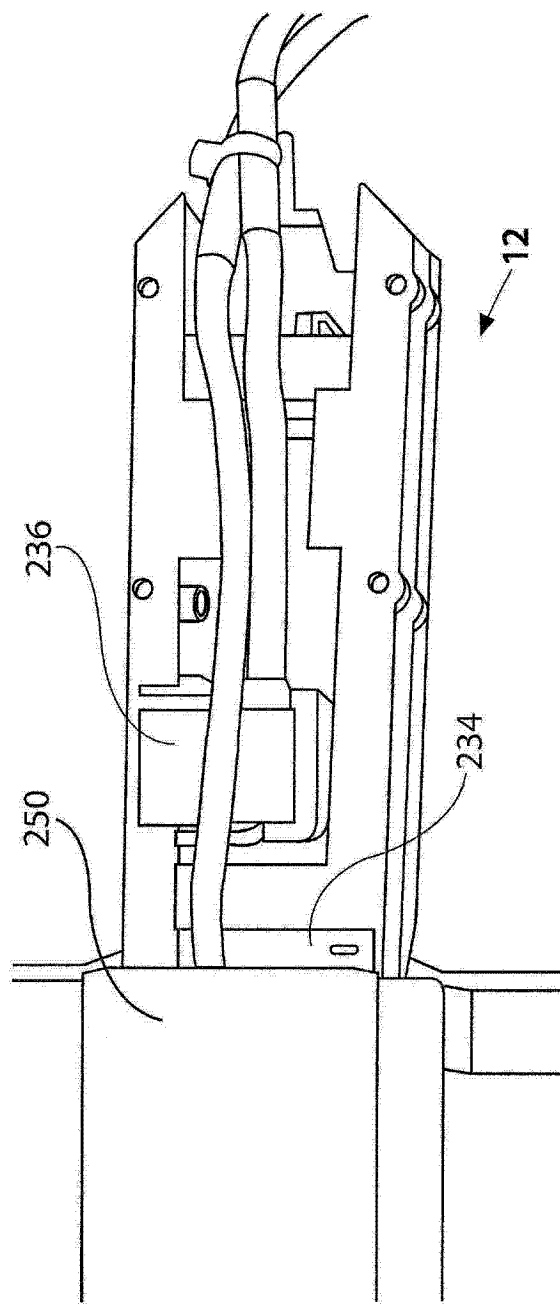


图 5