



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103836070 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201410100961. X

(22) 申请日 2014. 03. 18

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 姜伟 陈学东 罗欣 曾理湛

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 梁鹏

(51) Int. Cl.

F16C 32/06 (2006. 01)

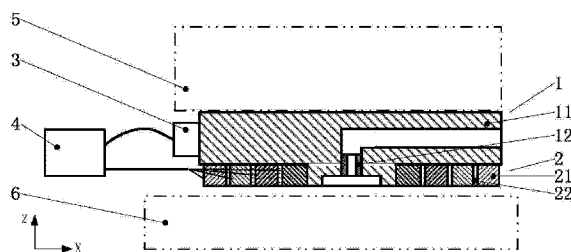
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种主动式气浮支承装置

(57) 摘要

本发明公开了一种主动式气浮支承装置,包括气浮支承本体、气膜主动调节单元、支承本体检测单元和驱动控制单元,其中支承本体检测装置测量气浮支承的状态,驱动控制系统根据检测信号生成控制信号,驱动控制气膜主动调节装置产生主动作用,动态调节气浮支承表面的气膜形态,由此动态调整气浮支承装置的气膜间隙压强分布,从而提高气浮支承的动刚度特性。通过本发明,能够显著提高气浮支承的动刚度特性,并达到稳定气浮支承的目的;此外,按照本发明的主动式气浮支承装置还具备结构紧凑、便于操控和高精度的特点,因而尤其适用于对支承动刚度要求高的超精密加工或高速主轴等场合。



1. 一种主动式气浮支承装置,其特征在于,该装置包括气浮支承本体(1)、气膜主动调节单元(2)、支承本体检测单元(3)和驱动控制单元(4),其中:

所述气浮支承本体(1)为内部开设有气体通道的轴承结构(11),并在气体通道面向气浮导轨(6)的出气口中安装有节流器(12);

所述气膜主动调节单元(2)呈现压电执行器的形式,其固定安装在气浮支承本体(1)的出气口一侧,并与该侧面加工形成连续平整的表面以其共同作为气浮支承的工作面;当压缩气体经由节流器(12)流入该工作面与气浮导轨(6)之间的间隙时,形成气浮气膜并使得气浮支承本体(1)及与之固定的运动部件悬浮于气浮导轨(6)上部;

所述支承本体检测单元(3)包括位置传感器、以及速度传感器和加速度传感器中的一种,它们固定设置在气浮支承本体(1)或者所述运动部件上,分别用于实时检测气浮支承本体(1)相对于气膜支承方向的位置变化值以及速度变化值或加速度变化值;

所述驱动控制单元(4)则根据支承本体检测单元(3)所测得的数值,相应驱动与之相连的气膜主动调节单元(2)产生变形;以此方式,使得气浮支承工作面的整体形状也即气浮气膜形状发生变化,同时改变气浮气膜的压强分布,从而实现对气浮支承动刚度的主动调控过程。

2. 如权利要求1所述的主动式气浮支承装置,其特征在于,所述位置传感器为激光位移传感器或电涡流传感器,且传感器的测量精度优选设定为0.2微米以上;所述速度传感器或加速度传感器为压电式振动速度传感器、磁电式振动速度传感器或者压电式振动加速度传感器,频率测量范围优选为50Hz以上。

3. 如权利要求1或2所述的主动式气浮支承装置,其特征在于,当气浮支承本体(1)为圆柱形轴承结构时,所述气膜主动调节单元(2)优选由多个压电执行器共同组成,并设计为同轴分布的环状体;而当气浮支承本体(1)为矩形轴承结构时,所述气膜主动调节单元(2)同样优选由多个压电执行器共同组成,并设计为阵列分布的矩形体。

4. 如权利要求1-3任意一项所述的主动式气浮支承装置,其特征在于,所述多个压电执行器通过粘结材料(22)完成彼此之间以及与气浮支承本体(1)之间的固定粘结。

5. 一种主动式气浮支承装置,其特征在于,该装置包括气浮支承本体、气膜主动调节单元、支承本体检测单元和驱动控制单元,其中:

所述气浮支承本体为整体呈工字型的轴承结构,其由上下两层盘状结构和联接于两者之间的中间部分共同组成,它的内部开设有气体通道,该气体通道面向气浮导轨的出气口设置在轴承结构的下表面由此形成气浮支承的工作面,并在该出气口中安装有节流器;

所述气膜主动调节单元呈现压电执行器的形式,其固定安装在气浮支承本体的两层盘状结构之间;当压缩气体经由节流器流入所述工作面与气浮导轨之间的间隙时,形成气浮气膜并使得气浮支承本体及与之固定的运动部件悬浮于气浮导轨上部;

所述支承本体检测单元包括位置传感器、以及速度传感器和加速度传感器中的一种,它们固定设置在气浮支承本体或者所述运动部件上,分别用于实时检测气浮支承本体相对于气膜支承方向的位置变化值以及速度变化值或加速度变化值;

所述驱动控制单元则根据支承本体检测单元所测得的数值,相应驱动与之相连的气膜主动调节单元产生变形;以此方式,使得气浮支承工作面的整体形状也即气浮气膜形状发生变化,同时改变气浮气膜的压强分布,从而实现对气浮支承动刚度的主动调控过程。

6. 如权利要求 5 所述的主动式气浮支承装置,其特征在于,所述气浮支承本体处于下端的盘状结构的厚度优选设定为 2mm ~ 6mm。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的主动式气浮支承装置,其特征在于,对于整体呈工字型的轴承结构而言,所述压电执行器设计为环状结构,并与轴承结构的中间部分相匹配地进行组装。

一种主动式气浮支承装置

技术领域

[0001] 本发明属于气浮支承装置技术领域,更具体地,涉及一种主动式气浮支承装置,其能够提高承载力和刚度,同时实现微米甚至亚微米级的调节精度。

背景技术

[0002] 气浮支承装置主要应用于超精密加工装备当中,起到支撑精密运动部件的作用。相对于传统的机械接触式导轨支承而言,气浮支承的运动部件与支承件之间无直接接触,避免了运动过程中的接触摩擦,运动精度可以大大提高,因此在超精密加工、电子制造、精密测量、零重力模拟等领域,气浮支撑装置均获得了广泛的应用。

[0003] 气浮支承装置的基本形式是压缩空气经过一小孔或狭缝节流装置后流入运动部件与支承部件之间的缝隙,形成高压气膜,对运动部件提供一定的支承力。当运动部件与支承部件之间的缝隙(即气膜厚度)减小时,气膜压力增大,气浮支承的承载力增大,并使得气浮支承具有一定的刚度。也就是说,气浮支承装置的承载力和刚度构成了其在各类应用中发挥性能的关键因素之一。

[0004] 现有技术中已经提出了各种提高气浮支承的承载力和刚度的方法,例如对气浮支承的节流孔和压力腔的结构形状、尺寸等方面进行改进,但这类被动式气浮支承装置在单位面积内的承载力和刚度提高有限,因此制约了其相对重负载在精密加工或高速主轴中的应用;此外,现有技术中也出了采用执行元件来调整节流孔的开口截面积或节流孔长度的主动式气浮支承,但此类方案仅对气浮支承的阻尼特性调节效果较好,对支撑力和刚度的调节作用仍然有限。

发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种主动式气浮支承装置,其中通过采用主动调节装置来直接改变气浮支承的气膜形状,同时针对气源压强波动执行自适应调节,测试表明能够显著提高气浮支承的动刚度特性,并达到稳定气浮支承的目的;此外,按照本发明的主动式气浮支承装置还具备结构紧凑、便于操控和高精度的特点,因而尤其适用于对支承动刚度要求高的超精密加工或高速主轴等场合。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种主动式气浮支承装置,其特征在于,该装置包括气浮支承本体、气膜主动调节单元、支承本体检测单元和驱动控制单元,其中:

[0007] 所述气浮支承本体为内部开设有气体通道的轴承结构,并在气体通道面向气浮导轨的出气口中安装有节流器;

[0008] 所述气膜主动调节单元呈现压电执行器的形式,其固定安装在气浮支承本体的出气口一侧,并与该侧面加工形成为连续平整的表面以其共同作为气浮支承的工作面;当压缩气体经由节流器流入该工作面与气浮导轨之间的间隙时,形成气浮气膜并使得气浮支承本体及与之固定的运动部件悬浮于气浮导轨上部;

[0009] 所述支承本体检测单元包括位置传感器、以及速度传感器和加速度传感器中的一种，它们固定设置在气浮支承本体或者所述运动部件上，分别用于实时检测气浮支承本体相对于气膜支承方向的位置变化值以及速度变化值或加速度变化值；

[0010] 所述驱动控制单元则根据支承本体检测单元所测得的数值，相应驱动与之相连的气膜主动调节单元产生变形；以此方式，使得气浮支承工作面的整体形状也即气浮气膜形状发生变化，同时改变气浮气膜的压强分布，从而实现对气浮支承动刚度的主动调控过程。

[0011] 作为进一步优选地，所述位置传感器为激光位移传感器或电涡流传感器，且传感器的测量精度最优选设定为 0.2 微米以上，所述速度传感器或加速度传感器为压电式振动速度传感器、磁电式振动速度传感器或者压电式振动加速度传感器，频率测量范围优选为 50Hz 以上。

[0012] 作为进一步优选地，当气浮支承本体为圆柱形轴承结构时，所述气膜主动调节单元优选由多个压电执行器共同组成，并设计为同轴分布的环状体；而当气浮支承本体为矩形轴承结构时，所述气膜主动调节单元同样优选由多个压电执行器共同组成，并设计为阵列分布的矩形体。

[0013] 作为进一步优选地，所述多个压电执行器通过粘结材料完成彼此之间以及与气浮支承本体之间的固定粘结。

[0014] 按照本发明的另一方面，提供了一种主动式气浮支承装置，其特征在于，该装置包括气浮支承本体、气膜主动调节单元、支承本体检测单元和驱动控制单元，其中：

[0015] 所述气浮支承本体为整体呈工字型的轴承结构，其由上下两层盘状结构和联接于两者之间的中间部分共同组成，它的内部开设有气体通道，该气体通道面向气浮导轨的出气口设置在轴承结构的下表面由此形成气浮支承的工作面，并在该出气口中安装有节流器；

[0016] 所述气膜主动调节单元呈现压电执行器的形式，其固定安装在气浮支承本体的两层盘状结构之间；当压缩气体经由节流器流入所述工作面与气浮导轨之间的间隙时，形成气浮气膜并使得气浮支承本体及与之固定的运动部件悬浮于气浮导轨上部；

[0017] 所述支承本体检测单元包括位置传感器、以及速度传感器和加速度传感器中的一种，它们固定设置在气浮支承本体或者所述运动部件上，分别用于实时检测气浮支承本体相对于气膜支承方向的位置变化值以及速度变化值或加速度变化值；

[0018] 所述驱动控制单元则根据支承本体检测单元所测得的数值，相应驱动与之相连的气膜主动调节单元产生变形；以此方式，使得气浮支承工作面的整体形状也即气浮气膜形状发生变化，同时改变气浮气膜的压强分布，从而实现对气浮支承动刚度的主动调控过程。

[0019] 作为进一步优选地，所述气浮支承本体处于下端的盘状结构的厚度优选设定为 2mm ~ 6mm。

[0020] 作为进一步优选地，对于整体呈工字型的轴承结构而言，所述压电执行器设计为环状结构，并与轴承结构的中间部分相匹配地进行组装。

[0021] 总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，由于采用主动调节装置来直接改变气浮支承的气膜形状并对相关部件的设置方式进行设计，与现有技术相比可以更显著地提高气浮支撑的动刚度，测试表明，动刚度的幅度和频率贷款均能获得大幅提高；此外，同时针对气源压强波动执行自适应调节，测试表明能够显著提高气浮支承的

动刚度特性,并达到稳定气浮支承的目的;此外,按照本发明的主动式气浮支承装置还可以有效抑制气浮支承的微占东,同时具备结构紧凑、便于操控和高精度的特点,因而尤其适用于对支承动刚度要求高的超精密加工或高速主轴等场合。

附图说明

[0022] 图 1 是按照本发明优选实施方式一所构建的主动式气浮支承装置的主体结构示意图;

[0023] 图 2 是按照本发明优选实施方式二所构建的主动式气浮支承装置的主体结构示意图;

[0024] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0025] 1-气浮支承本体 2-气膜主动调节单元 3-支承本体检测单元 4-驱动控制单元 5-运动部件 6-气浮导轨 11-轴承结构 12-节流器 21-压电执行器 22-粘结材料 13-轴承结构 23-压电执行器

具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0027] 图 1 是按照本发明优选实施方式一所构建的主动式气浮支承装置的主体结构示意图。如图 1 中所示,该主动式气浮支承装置主要包括气浮支承本体 1、气膜主动调节单元 2、支承本体检测单元 3 和驱动控制单元 4,其中通过采用主动调节装置来直接改变气浮支承的气膜形状,同时针对气源压强波动执行自适应调节,从而使得显著提高气浮支承的动刚度特性,并达到稳定气浮支承的目的。

[0028] 具体而言,气浮支承本体 1 譬如为内部开设有气体通道的轴承结构 11,并在气体通道面向气浮导轨 6 的出气口中安装有节流器 12;气膜主动调节单元 2 优选呈现至少一个压电执行器的形式,其固定安装在气浮支承本体 1 的出气口一侧,并与该侧面加工形成连续平整的表面以其共同作为气浮支承的工作面;其中优选可将压电执行器通过粘结材料 22 固定粘结到气浮支承本体 1 上,并一起经过精密加工后形成连续平整的气浮工作表面;当压缩气体经由节流器 12 流入该工作面与气浮导轨 6 之间的间隙时,则会形成气浮气膜并使得气浮支承本体 1 及与之固定的运动部件 5 譬如运动台悬浮于气浮导轨 6 上部。

[0029] 支承本体检测单元 3 包括位置传感器、以及速度传感器和加速度传感器中的一种,它们固定设置在气浮支承本体 1 或者所述运动部件上,分别用于实时检测气浮支承本体 1 相对于气膜支承方向也即图中所示 Z 轴方向的位置变化值以及速度变化值或加速度变化值;或而言之,用于检测气浮支承气膜厚度的变化量。按照本发明的优选实施例,上述传感器可以选用工作规格设定为测量精度能达到 0.2 微米以上的精密位置传感器,以及工作规格设定为频率测量范围在 50 赫兹以上的精密速度传感器或精密加速度传感器。

[0030] 驱动控制单元 4 分别与检测装置 3 和气膜主动调节单元 2 譬如用导线相连,将检测装置 3 所测得的信号进行滤波、放大及相应处理,生成相应的驱动信号来驱动与之相连

的气膜主动调节单元 2 产生变形,例如,对压电执行器 21 而言,即产生控制电压信号使其执行伸或缩的动作;以此方式,使得气浮支承工作面的整体形状也即气浮气膜形状发生变化,同时改变气浮气膜的压强分布,从而实现对气浮支承动刚度的主动调控过程。其中,基于位置环的主动调控目的是增加气浮支承方向的刚度,从而提高气浮支承的抗扰动能力;基于速度环的主动调控目的是增加气浮支承方向的阻尼,从而抑制或快速衰减气浮支承的微振动。

[0031] 对于图 1 中所示的主动式气浮支承装置,由于下表面即为气浮支承气膜的工作面,故气膜主动调节装置 2 中的组成部件设置为多组比单个的情形效果更好。具体组成部件的形状和数量与气浮支承的形状和尺寸有关。按照本发明的优选实施例,当气浮支承本体 1 为圆柱形轴承结构时,所述气膜主动调节单元优选由多个压电执行器共同组成,并设计为同轴分布的环状体;而当气浮支承本体 1 为矩形轴承结构时,所述气膜主动调节单元同样优选由多个压电执行器共同组成,并设计为阵列分布的矩形体。

[0032] 图 2 是按照本发明优选实施方式二所构建的主动式气浮支承装置的主体结构示意图。如图 2 中所示,该主动式气浮支承装置与图 1 中相比,其主要区别在于气浮支承本体 1 和气膜主动调节单元 2 的具体结构和设置方式有所区别。

[0033] 具体而言,在实施方式二中,气浮支承本体 1 为整体大致呈工字型的轴承结构 13,其由上下两层盘状结构和联接于两者之间的中间部分共同组成,它的内部开设有气体通道,该气体通道面向气浮导轨的出气口设置在轴承结构的下表面由此形成气浮支承的工作面,并在该出气口中安装有节流器。气膜主动调节单元 2 呈现压电执行器 23 的形式,其固定安装在上述气浮支承本体的两层盘状结构之间;当压缩气体经由节流器流入所述工作面与气浮导轨之间的间隙时,形成气浮气膜并使得气浮支承本体及与之固定的运动部件悬浮于气浮导轨上部。

[0034] 当工作时,气膜主动调节单元 2 的压电执行器 23 主动伸缩运动挤压轴承结构产生变形,从而动态调节气浮支承气膜形态,达到主动调控气浮支承动刚度的作用。为了达到较好的主动调控作用,气膜主动调节装置 2 中的压电执行器 23 和气浮支承本体 1 中轴承结构 13 的结构形状需要做合理地匹配设计。轴承结构 13 的下端盘状结构的厚度不宜过大或过小,厚度过大,则需要压电执行器 23 能够提供很大的作用力方可有效调控气膜形态,厚度过小则轴承结构固有振动频率偏低、气浮支承动刚度受限。因此,本发明中优选将下端盘状结构的厚度设定为 2mm ~ 6mm,测试表明可以取得更佳的调控效果。

[0035] 此外,按照本发明的一个优选实施例,可以将所述压电执行器设计为环状结构,并与所述轴承结构 13 的中间结构相匹配地进行组装。

[0036] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

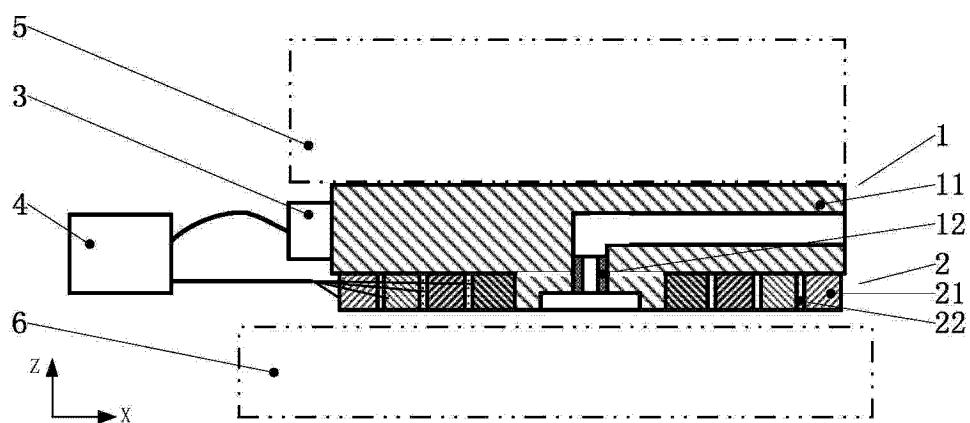


图 1

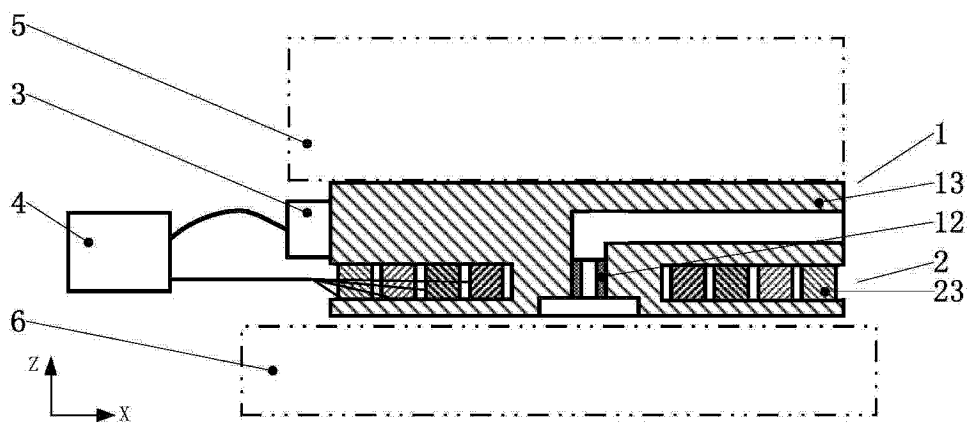


图 2