



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118024121 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 28

(21) 申请号 202410435098.7

(22) 申请日 2024.04.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118024121 A

(43) 申请公布日 2024.05.14

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310013 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

(72) 发明人 朱吴乐 薛曹阳 韩放 孙奇

高威 张伟建 赵翔 吴思东

贾炳春 王靖远 居冰峰

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所

(特殊普通合伙) 33240

专利代理师 徐超

(51) Int.Cl.

B24B 29/04 (2006.01)

B24B 41/06 (2012.01)

B24B 41/00 (2006.01)

B24B 47/12 (2006.01)

B24B 47/00 (2006.01)

B24B 49/04 (2006.01)

B24B 57/02 (2006.01)

B24B 1/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 116652794 A, 2023.08.29

CN 110202418 A, 2019.09.06

CN 103128645 A, 2013.06.05

审查员 胡可

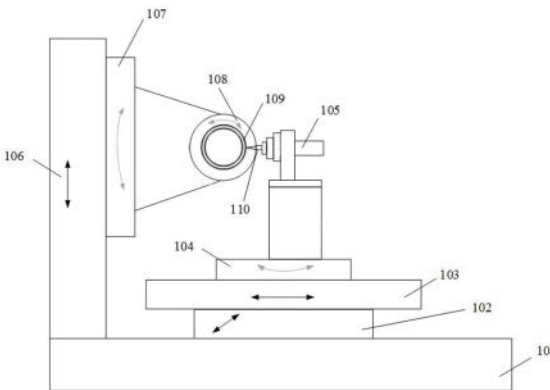
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置及方法,属于轴承抛光领域,该装置包括:轴承夹持驱动机构,用于夹持轴承、驱动轴承上下移动、调整轴承角度及带动轴承旋转;柔性抛光磨头驱动机构,用于安装柔性抛光磨头、水平移动柔性抛光磨头,以及来回摆动柔性抛光磨头;柔性抛光磨头,用于与轴承待加工面接触进而实现待加工面的抛光;喷头,用于向轴承的待加工面喷射水或抛光液;所述柔性抛光磨头包括基体、橡胶套和抛光布,橡胶套固定在基体的前端,抛光布包裹橡胶套的前半部分。加工时,使得柔性抛光工具头接触区域服从赫兹接触理论,能很好地去掉轴承周向误差与轴向误差,在满足表面粗糙度与圆度精度要求的同时,能较好的去除中频误差。



1. 一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其特征在于:其包括:
轴承夹持驱动机构,用于夹持轴承、驱动轴承上下移动、调整轴承角度及带动轴承旋转;

柔性抛光磨头驱动机构,用于安装柔性抛光磨头、水平移动柔性抛光磨头,以及来回摆动柔性抛光磨头;

柔性抛光磨头,用于与轴承待加工面接触进而实现待加工面的抛光;

喷头,用于向轴承的待加工面喷射水或抛光液;

所述的柔性抛光磨头包括基体、橡胶套和抛光布,橡胶套固定在基体的前端,抛光布包裹橡胶套的前半部分;

所述的柔性抛光磨头的轴线与轴承滚道的法线方向平行或形成倾斜角度,柔性抛光磨头驱动机构带动柔性抛光磨头沿着轴承轴线方向且始终跟随轴承滚道的母线轮廓运动,形成进给联动;

对轴承的待加工面进行抛光包括校正轴承待加工面的周向误差,具体步骤为:利用圆度仪对轴承周向误差进行测量分析,结合最小二乘法评定圆度误差,并通过去除函数与反卷积算法计算加工过程中驻留时间变化,转化为轴承的变转速运动,控制轴承转速变化校正周向误差;

对轴承的待加工面进行抛光还包括校正轴承待加工面的轴向误差,具体步骤为:利用三维轮廓仪测量加工后的轴承表面特征,轴承表面特征包括轴承表面缺陷、波纹度、粗糙度,根据驻留时间变化,转化为柔性抛光磨头的进给运动速度变化,控制柔性抛光磨头的进给运动速度变化校正轴向误差。

2. 根据权利要求1所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其特征在于:所述的喷头用于向轴承的待加工面喷射水;所述的抛光布的外表面固着有磨粒。

3. 根据权利要求1所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其特征在于:所述的喷头用于向轴承的待加工面喷射抛光液,抛光液中混有磨粒。

4. 根据权利要求2或3所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其特征在于:所述的磨粒的尺寸在 $0.1\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 之间。

5. 根据权利要求1所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其特征在于:所述的柔性抛光磨头驱动机构包括Y轴、X轴、A轴和主轴;所述的Y轴用于带动柔性抛光磨头沿Y轴方向移动;所述的X轴安装于Y轴的上表面,用于带动柔性抛光磨头沿X轴方向移动;所述的A轴安装于X轴的上表面,用于来回摇摆柔性抛光磨头;所述的主轴安装于A轴上,用于驱动柔性抛光磨头旋转。

6. 根据权利要求1所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其特征在于:所述的轴承夹持驱动机构包括Z轴、B轴和C轴,所述的Z轴用于上下移动轴承;所述的B轴安装于Z轴上,用于调整轴承的角度;所述的C轴安装于B轴的端部,用于夹持、转动轴承。

7. 一种基于权利要求1所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工方法,其特征在于:其包括以下步骤:

S1. 将轴承安装于轴承夹持驱动机构上,将柔性抛光磨头安装于柔性抛光磨头驱动机构上,通过轴承夹持驱动机构和柔性抛光磨头驱动机构的配合使得柔性抛光磨头与轴承的待加工面接触;

S2. 轴承夹持驱动机构始终保持轴承转动, 柔性抛光磨头驱动机构始终保持柔性抛光磨头旋转, 喷头配合向轴承的待加工面喷射水或抛光液, 柔性抛光磨头驱动机构带动柔性抛光磨头来回摆动, 进而对轴承的待加工面进行抛光。

8. 根据权利要求7所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工方法, 其特征在于: 所述的步骤S2中, 柔性抛光磨头的轴线与轴承滚道的法线方向平行或形成倾斜角度, 柔性抛光磨头以0.1mm~1mm的下压量进行抛光, 柔性抛光磨头驱动机构中的X轴和Y轴联动, 带动柔性抛光磨头沿着轴承轴线方向且始终跟随轴承滚道的母线轮廓运动, 形成0.1mm/r~0.8mm/r的进给联动。

9. 根据权利要求7所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工方法, 其特征在于: 所述步骤S2中对轴承的待加工面进行抛光包括校正轴承待加工面的周向误差, 具体步骤为: 利用圆度仪对轴承周向误差进行测量分析, 结合最小二乘法评定圆度误差, 并通过去除函数与反卷积算法计算加工过程中驻留时间变化, 转化为轴承的变转速运动, 控制轴承转速在100r/min~1000r/min之间变化, 从而校正周向误差。

10. 根据权利要求9所述的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工方法, 其特征在于: 所述步骤S2中对轴承的待加工面进行抛光包括校正轴承待加工面的轴向误差, 具体步骤为: 利用三维轮廓仪测量加工后的轴承表面特征, 轴承表面特征包括轴承表面缺陷、波纹度、粗糙度, 根据驻留时间变化, 转化为柔性抛光磨头的进给运动速度变化, 控制进给速度在10mm/min~150mm/min之间变化, 从而校正轴向误差。

一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于轴承精密抛光领域,尤其涉及一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置及方法。

背景技术

[0002] 轴承是工业行业中必不可少的零件,主要功能是支撑机械旋转体,降低机械组件运动过程中的摩擦力,确保机械组件旋转精度。轴承一般由轴承外圈、轴承内圈以及滚珠组成,轴承内、外圈表面精度直接影响轴承的使用寿命,进而影响相应的机械结构的运转情况。对轴承内外圈表面的精密抛光加工一直以来是各国科研工作者的热门研究方向。

[0003] 传统的轴承加工方式多采用油石珩磨对轴承内外圈进行表面抛光,该方法选取形状、大小合适的油石与轴承待加工区域相接触,施加相应的轴向力,将待加工轴承沿着安装轴线进行旋转,同时油石沿着垂直于轴承安装轴线的方向来回摆动对轴承内、外圈表面进行抛光;比如,申请公布号CN101733700A的发明专利申请就公布了一种滚动轴承超精研方法,该方法令油石在工件的转动平面内摆动且令油石的摆动中心与工件的回转中心相重合。该抛光方法在一定程度上能提升轴承表面粗糙度。然而,油石的硬度较大,且油石磨抛过程中需要使用大量的超精油,当油石摆动幅度过快时可能会对轴承表面造成破坏,影响加工精度;并且,该抛光方法不能很好地去掉中频误差。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置及方法,以解决现有轴承加工方式可能会对轴承表面造成破坏,影响加工精度,不能很好地去掉中频误差等问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供的技术方案为:

[0006] 本发明涉及一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置,其包括:

[0007] 轴承夹持驱动机构,用于夹持轴承、驱动轴承上下移动、调整轴承角度及带动轴承旋转;

[0008] 柔性抛光磨头驱动机构,用于安装柔性抛光磨头、水平移动柔性抛光磨头,以及来回摆动柔性抛光磨头;

[0009] 柔性抛光磨头,用于与轴承待加工面接触进而实现待加工面的抛光;

[0010] 喷头,用于向轴承的待加工面喷射水或抛光液;

[0011] 所述的柔性抛光磨头包括基体、橡胶套和抛光布,橡胶套固定在基体的前端,抛光布包裹橡胶套的前半部分。

[0012] 优选地,所述的喷头用于向轴承的待加工面喷射水;所述的抛光布的外表面固着有磨粒。

[0013] 优选地,所述的喷头用于向轴承的待加工面喷射抛光液,抛光液中混有磨粒。

[0014] 优选地,所述的磨粒的尺寸在 $0.1\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 之间。

[0015] 优选地,所述的柔性抛光磨头驱动机构包括Y轴、X轴、A轴和主轴;所述的Y轴用于带动柔性抛光磨头沿Y轴方向移动;所述的X轴安装于Y轴的上表面,用于带动柔性抛光磨头沿X轴方向移动;所述的A轴安装于X轴的上表面,用于来回摇摆柔性抛光磨头;所述的主轴安装于A轴上,用于驱动柔性抛光磨头旋转。

[0016] 优选地,所述的轴承夹持驱动机构包括Z轴、B轴和C轴,所述的Z轴用于上下移动轴承;所述的B轴安装于Z轴上,用于调整轴承的角度;所述的C轴安装于B轴的端部,用于夹持、转动轴承。

[0017] 本发明还涉及一种轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工方法,其包括以下步骤:

[0018] S1.将轴承安装于轴承夹持驱动机构上,将柔性抛光磨头安装于柔性抛光磨头驱动机构上,通过轴承夹持驱动机构和柔性抛光磨头驱动机构的配合使得柔性抛光磨头与轴承的待加工面接触;

[0019] S2.轴承夹持驱动机构始终保持轴承转动,柔性抛光磨头驱动机构始终保持柔性抛光磨头旋转,喷头配合向轴承的待加工面喷射水或抛光液,柔性抛光磨头驱动机构带动柔性抛光磨头来回摆动,进而对轴承的待加工面进行抛光。

[0020] 优选地,所述的步骤S2中,柔性抛光磨头的轴线与轴承滚道的法线方向平行或形成倾斜角度,柔性抛光磨头以0.1mm~1mm的下压量进行抛光,柔性抛光磨头驱动机构中的X轴和Y轴联动,带动柔性抛光磨头沿着轴承轴线方向且始终跟随轴承滚道的母线轮廓运动,形成0.1mm/r~0.8mm/r的进给联动。

[0021] 优选地,所述步骤S2中对轴承的待加工面进行抛光包括校正轴承待加工面的周向误差,具体步骤为:用圆度仪对轴承周向误差进行测量分析,结合最小二乘法评定圆度误差,并通过去除函数与反卷积算法计算加工过程中驻留时间变化,转化为轴承的变转速运动,控制轴承转速在100r/min~1000r/min之间变化,从而校正周向误差。

[0022] 优选地,所述步骤S2中对轴承的待加工面进行抛光包括校正轴承待加工面的轴向误差,具体步骤为:利用三维轮廓仪测量加工后的轴承表面特征,轴承表面特征包括轴承表面缺陷、波纹度、粗糙,根据驻留时间变化,转化为柔性抛光磨头的进给运动速度变化,控制进给速度在10mm/min~150mm/min之间变化,从而校正轴向误差。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益技术效果如下:

[0024] 1、本发明涉及的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置采用柔性抛光磨头对轴承的内外圈进行抛光,不会对轴承表面造成磨损,抛光过程中,测量滚道实际面形与理论面形误差,得到的周向误差和轴向误差,通过去除函数与反卷积算法计算加工过程中驻留时间变化,再转化为轴承的变速转动和沿着轴向的柔性抛光磨头的进给运动速度,使得柔性抛光工具头接触区域服从赫兹接触理论,能很好地去掉轴承周向误差与轴向误差,在满足表面粗糙度与圆度精度要求的同时,能较好的去除中频误差,具有较大的实用价值。

[0025] 2、本发明涉及的轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工方法在抛光过程中,柔性抛光磨头驱动机构带动柔性抛光磨头来回摆动,摆动抛光加工方式较为简单,加工姿态合理,抛光区域均匀,能满足表面粗糙度与圆度精度要求。

附图说明

[0026] 图1是轴承内外圈非圆滚道柔性控形加工装置的结构示意图;

- [0027] 图2是实施例1涉及的柔性抛光磨头的结构示意图；
- [0028] 图3是实施例2涉及的柔性抛光磨头的结构示意图；
- [0029] 图4为加工轴承外圈的示意图；
- [0030] 图5为加工轴承内圈的示意图；
- [0031] 图6是柔性抛光磨头加工轴承滚道不同加工方式的示意图；
- [0032] 图7是柔性抛光工具去除轴承滚道周向误差与轴向误差示意图。
- [0033] 其中,101-机床机架,102-Y轴,103-X轴,104-A轴,105-主轴,106-Z轴,107-B轴,108-C轴,109-轴承,110-柔性抛光磨头,111-喷头,201-基体,202-橡胶套,203-抛光布,204-磨粒。

具体实施方式

[0034] 下面通过具体实施例,对本发明的技术方案作进一步具体的说明,实施例是对本发明的说明而作,不是对本发明的限制。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

实施例

[0035] 参照附图1所示,本发明涉及一种轴承内外圈滚道柔性抛光调形装置包括:轴承夹持驱动机构、柔性抛光磨头驱动机构、柔性抛光磨头110和喷头111。

[0036] 所述的轴承夹持驱动机构包括Z轴106、B轴107和C轴108,所述的Z轴106固定在机床机架101上,用于上下移动轴承109,所述的B轴107安装于Z轴106上,用于调整轴承109的角度,所述的C轴108安装于B轴107的端部,用于夹持、转动轴承109;因此,所述的轴承夹持驱动机构的作用在于夹持轴承109、驱动轴承109上下移动、调整轴承109角度及带动轴承109旋转。

[0037] 所述的柔性抛光磨头驱动机构包括Y轴102、X轴103、A轴104和主轴105;所述的Y轴102固定在机床机架101上,用于带动柔性抛光磨头110沿Y轴方向移动,所述的X轴103安装于Y轴102的上表面,用于带动柔性抛光磨头110沿X轴方向移动,所述的A轴104安装于X轴103的上表面,用于来回摇摆柔性抛光磨头110,所述的主轴105安装于A轴104上,用于驱动柔性抛光磨头110旋转。因此,所述的柔性抛光磨头驱动机构的作用在于安装柔性抛光磨头110、水平移动柔性抛光磨头110,以及来回摆动柔性抛光磨头110。

[0038] 所述的喷头111用于向轴承109的待加工面喷射水;所述的柔性抛光磨头110用于与轴承109待加工面接触进而实现待加工面的抛光,柔性抛光磨头110包括不锈钢制成的基体201、橡胶套202和抛光布203,橡胶套202固定在基体201的前端,抛光布203包裹橡胶套202的前半部分,抛光布203的外表面固着有磨粒204,磨粒204的尺寸在 $0.1\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 之间,如图2所示。

实施例

[0039] 参照附图1所示,本发明涉及一种轴承内外圈滚道柔性抛光调形装置包括:轴承夹持驱动机构、柔性抛光磨头驱动机构、柔性抛光磨头110和喷头111。

[0040] 所述的轴承夹持驱动机构包括Z轴106、B轴107和C轴108,所述的Z轴106固定在机

床机架101上,用于上下移动轴承109,所述的B轴107安装于Z轴106上,用于调整轴承109的角度,所述的C轴108安装于B轴107的端部,用于夹持、转动轴承109;因此,所述的轴承夹持驱动机构的作用在于夹持轴承109、驱动轴承109上下移动、调整轴承109角度及带动轴承109旋转。

[0041] 所述的柔性抛光磨头驱动机构包括Y轴102、X轴103、A轴104和主轴105;所述的Y轴102固定在机床机架101上,用于带动柔性抛光磨头110沿Y轴方向移动,所述的X轴103安装于Y轴102的上表面,用于带动柔性抛光磨头110沿X轴方向移动,所述的A轴104安装于X轴103的上表面,用于来回摇摆柔性抛光磨头110,所述的主轴105安装于A轴104上,用于驱动柔性抛光磨头110旋转。因此,所述的柔性抛光磨头驱动机构的作用在于安装柔性抛光磨头110、水平移动柔性抛光磨头110,以及来回摆动柔性抛光磨头110。

[0042] 所述的喷头111用于向轴承109的待加工面喷射抛光液,抛光液中混有磨粒,磨粒的尺寸在 $0.1\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 之间;所述的柔性抛光磨头110用于与轴承109待加工面接触进而实现待加工面的抛光,柔性抛光磨头110包括不锈钢制成的基体201、橡胶套202和抛光布203,橡胶套202固定在基体201的前端,抛光布203包裹橡胶套202的前半部分,抛光布203的外表面固着有磨粒204,如图3所示。

实施例

[0043] 本实施例涉及一种基于实施例1或实施例2所述的轴承内外圈滚道柔性抛光调形装置的抛光调形方法,其包括以下步骤:

[0044] S1.将轴承109安装于轴承夹持驱动机构上,将柔性抛光磨头110安装于柔性抛光磨头驱动机构上,柔性抛光磨头110的尺寸可根据需要加工的轴承109进行调整,通过轴承夹持驱动机构和柔性抛光磨头驱动机构的配合使得柔性抛光磨头110与轴承109的待加工面接触,具体是:通过Z轴106上下移动轴承109,通过B轴107调整轴承109的角度,通过Y轴102带动柔性抛光磨头110沿Y轴方向移动,通过X轴103带动柔性抛光磨头110沿X轴方向移动,使得柔性抛光磨头110与轴承109的待加工面接触,柔性抛光磨头110的轴线与轴承109滚道母线的法线方向平行或形成 α 的倾斜角度,柔性抛光磨头110的下压量为 $0.1\text{mm}\sim 1\text{mm}$,如图6所示。

[0045] S2.测量轴承109待加工面的周向误差和轴向误差,通过去除函数与反卷积算法计算加工过程中驻留时间变化,转化为轴承109的变速转动和沿着轴向的柔性抛光磨头110的进给运动;启动C轴108进而保持轴承109始终转动,启动主轴105进而始终保持柔性抛光磨头110旋转,喷头111配合向轴承109的待加工面喷射水或抛光液,此时,A轴104带动柔性抛光磨头110来回摆动,整个过程中,柔性抛光磨头110以 $0.1\text{mm}\sim 1\text{mm}$ 的下压量进行抛光,如图6所示,柔性抛光磨头驱动机构中的X轴103和Y轴102联动,带动柔性抛光磨头110沿轴承109轴线方向且始终跟随轴承109的滚道的母线方向进给,形成 $0.1\text{mm/r}\sim 0.8\text{mm/r}$ 的进给联动,如图4和图5所示。轴承周向误差反映轴承截面圆与理论圆之间的差异大小,具有径向性与周期性,针对滚道周向误差,利用圆度仪对轴承周向误差进行测量分析,结合最小二乘法评定圆度误差,并通过去除函数与反卷积算法计算加工过程中驻留时间变化,转化为轴承的变速运动,控制轴承转速在 $100\text{r/min}\sim 1000\text{r/min}$ 之间变化,从而校正周向误差;轴承轴向误差包括轴承表面缺陷、波纹度、粗糙度等轴承表面特征,针对滚道轴向误差,利用三维轮

廓仪测量加工后的轴承表面特征,根据驻留时间变化,转化为柔性抛光磨头的进给运动速度变化,控制进给速度在10mm/min~150mm/min之间变化,从而校正轴向误差。抛光前后,轴承109滚道的轴向误差和轴向误差的比对如图7所示。

[0046] 需要注意的是:该方法不仅适用与轴承滚道截面形状为圆形的轴承,例如常用的深沟球轴承、调心球轴承、圆柱滚子轴承等,同样适用于滚道截面为正态曲线、抛物线等形状的非圆滚道轴承。

[0047] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

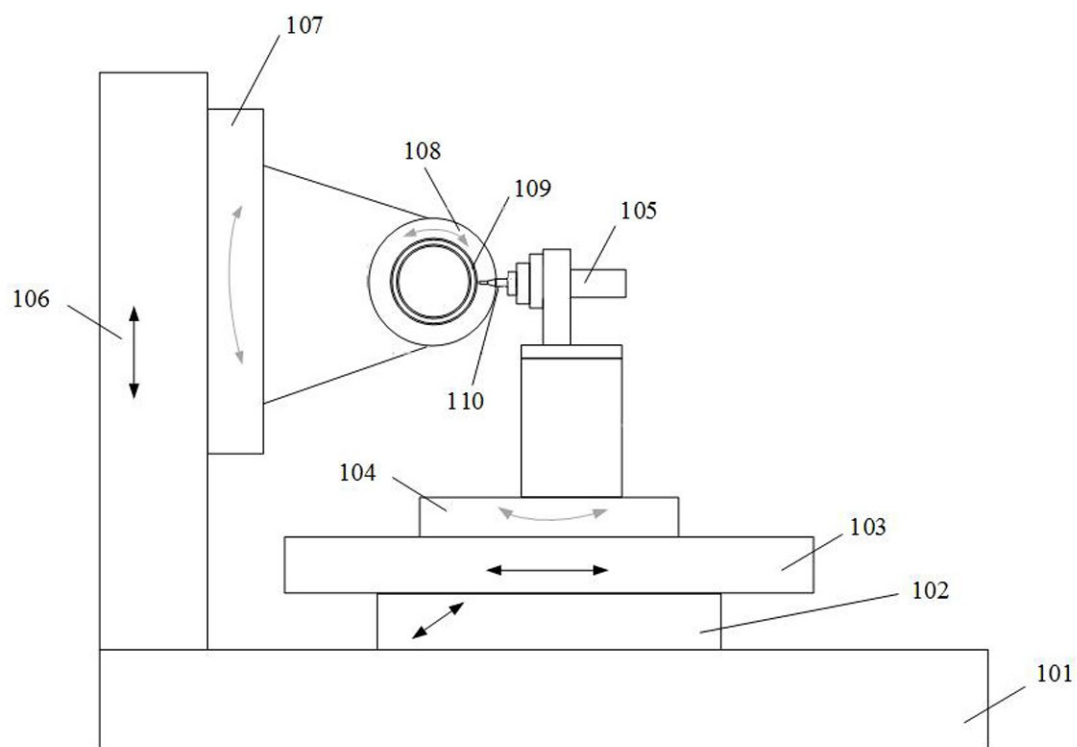


图 1

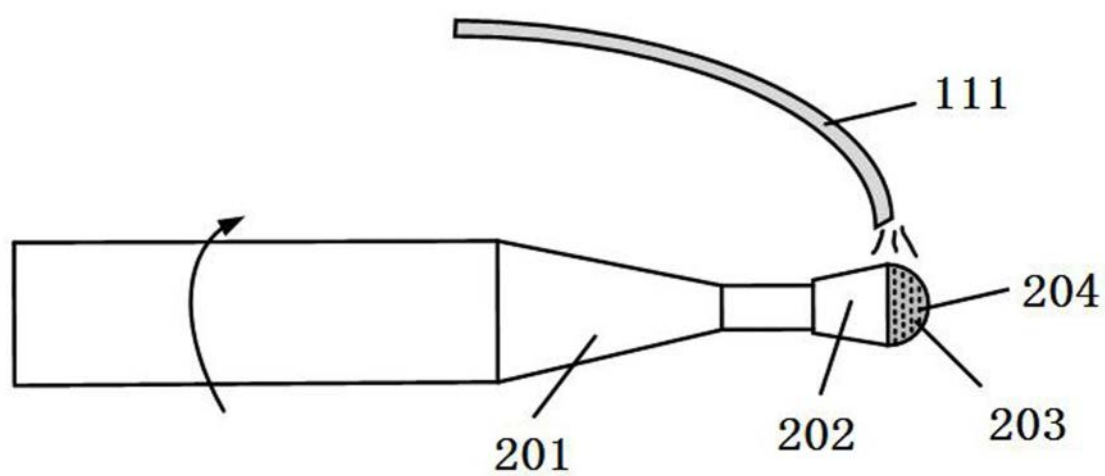


图 2

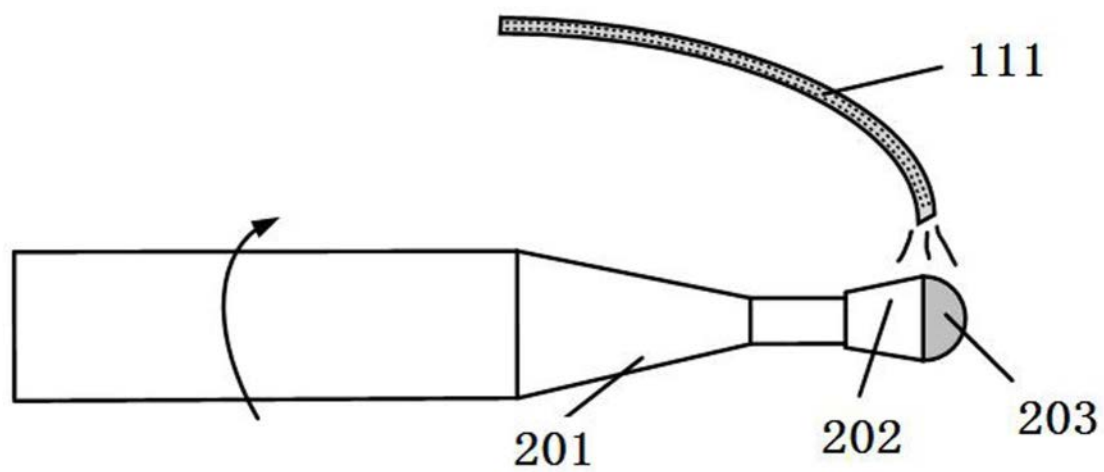


图 3

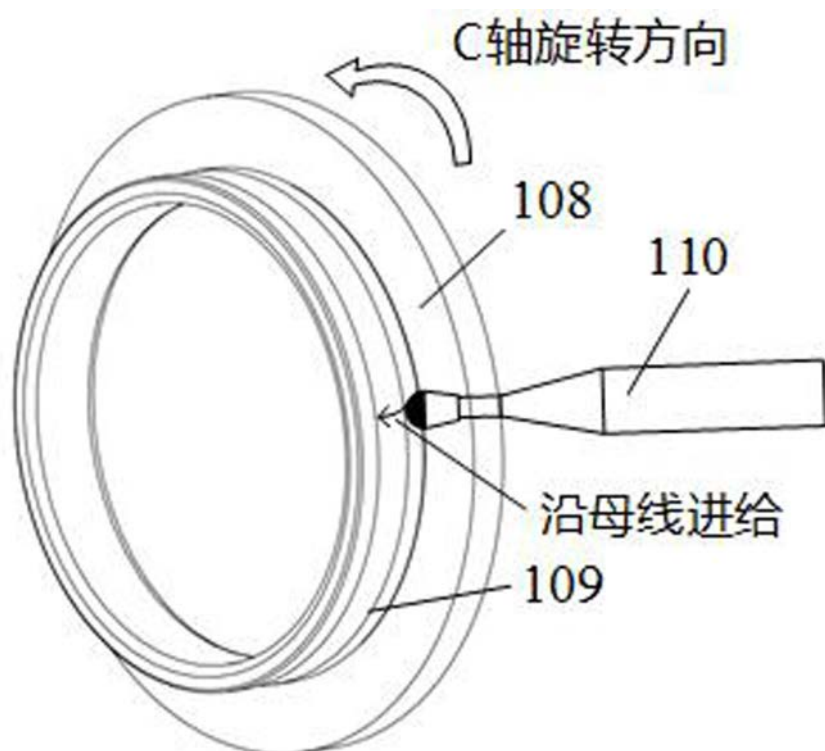


图 4

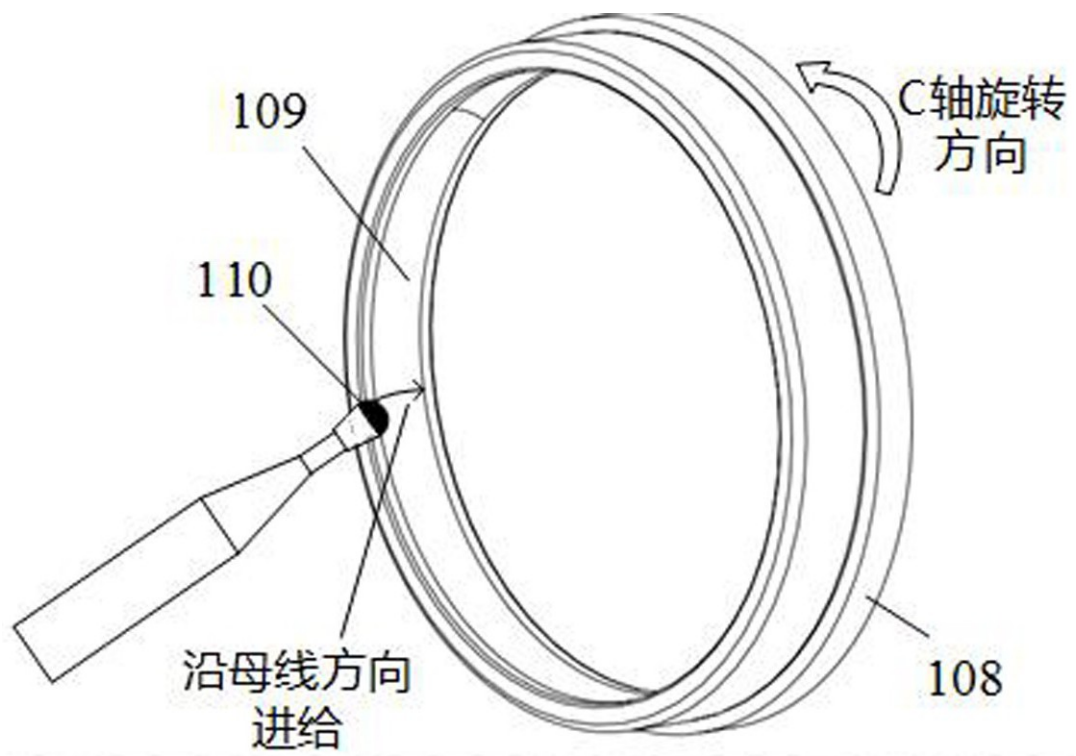


图 5

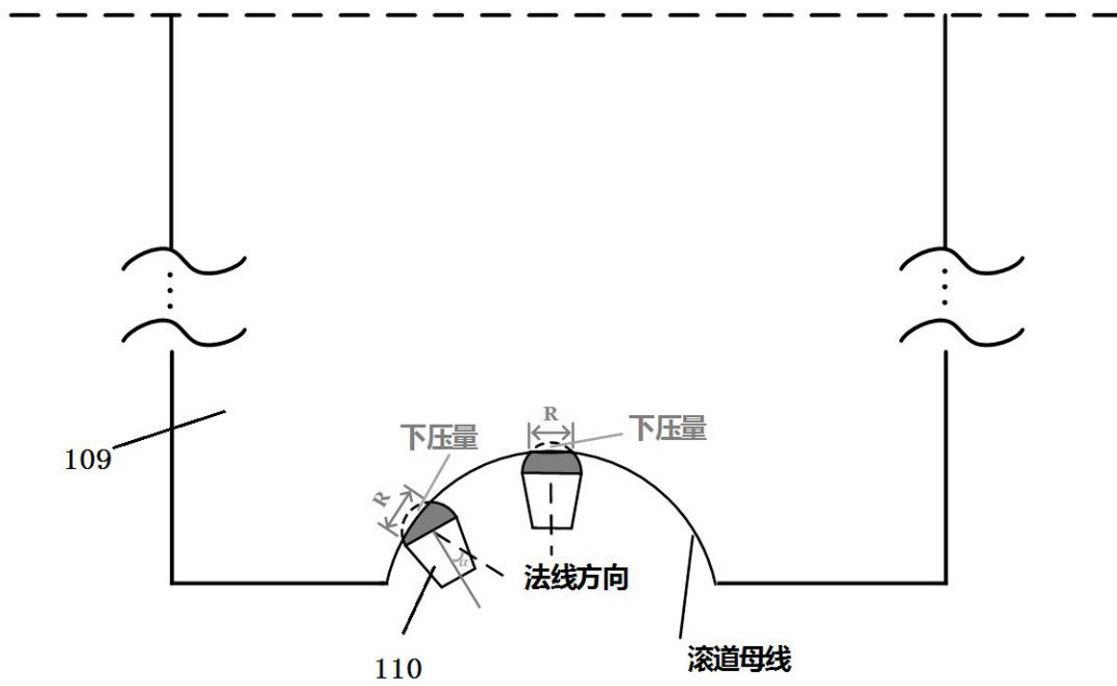


图 6

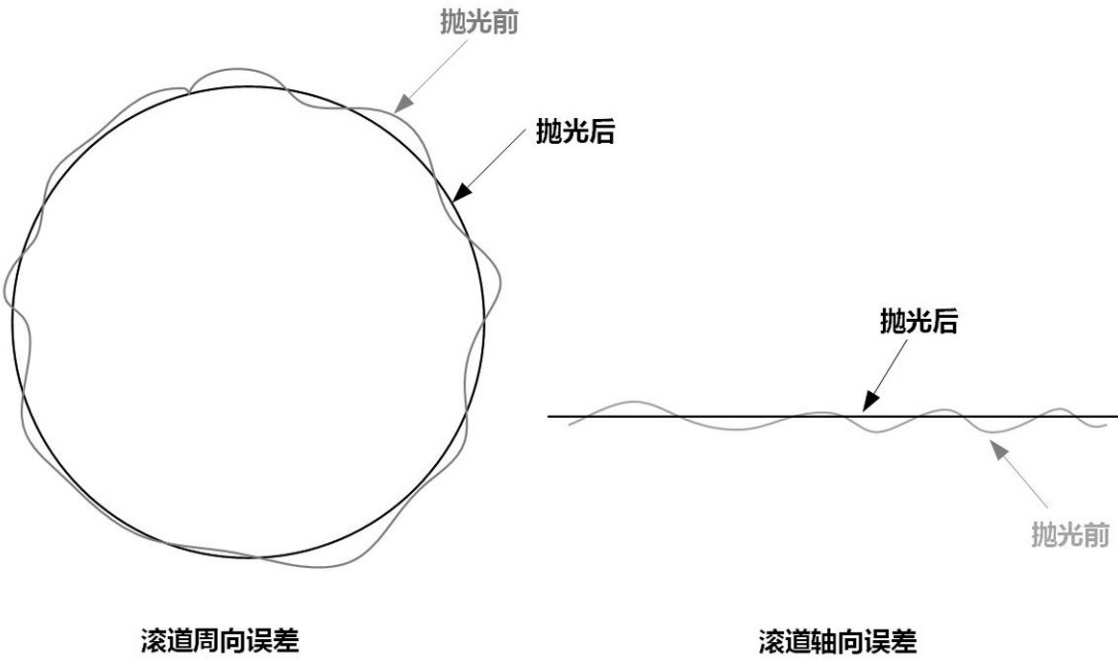


图 7