



(21) 申请号 202110368573.X

(22) 申请日 2021.04.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113059240 A

(43) 申请公布日 2021.07.02

(73) 专利权人 湖南大学
地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路1号

(72) 发明人 李伟 姜潮 马文乾 陈启迪
焦轶

(74) 专利代理机构 北京律谱知识产权代理有限公司 11457
代理人 黄云铎 孙红颖

(51) Int. Cl.
B23G 1/36 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 203459777 U, 2014.03.05

CN 102744666 A, 2012.10.24

CN 2897542 Y, 2007.05.09

CN 103464837 A, 2013.12.25

CN 101695819 A, 2010.04.21

CN 112453595 A, 2021.03.09

邓顺贤.精密螺纹磨削砂轮修整技术分析及应用.《精密螺纹磨削砂轮修整技术分析及应用》.2012,(第3期),第41-43段.

审查员 王莎莎

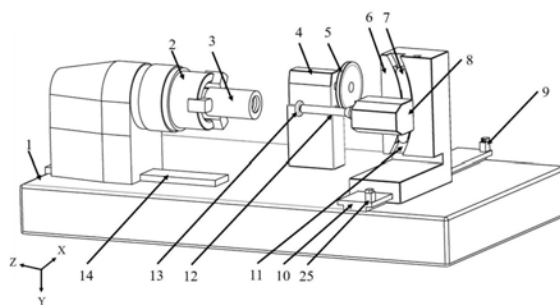
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种内螺纹精密磨削方法

(57) 摘要

本发明涉及一种内螺纹精密磨削方法,该磨削方法由内圆磨床、砂轮修整系统和数控系统结合实现;内圆磨床与砂轮修整系统相对静止;磨削砂轮对工件内螺纹完成一遍磨削行程后进行砂轮在线修整;磨削砂轮沿X轴向修整砂轮移动,移动位移为 $L=X-(R+r)+n \times (m+s)$,其中,X为修整砂轮与磨削砂轮两回转中心在水平面的距离,R为磨削砂轮半径,r为修整砂轮半径,m为磨削砂轮磨削工件时每次的进刀量,n为行程次数,s为磨削砂轮修整量;数控系统控制修整后的磨削砂轮沿X轴移至下一个磨削行程的工作位置,进行下一个磨削行程。本发明在磨削过程中对磨削砂轮在线精确修整,提高了生产效率和精度,延长了磨削砂轮的使用寿命。



1. 一种内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述磨削方法由内圆磨床(1)、砂轮修整系统和数控系统结合实现;所述内圆磨床(1)与所述砂轮修整系统相对静止;

所述内圆磨床(1)夹持并转动工件(3),所述工件(3)与磨削砂轮(13)回转中心同轴;所述磨削砂轮(13)对所述工件(3)内螺纹完成一遍磨削行程后,利用修整砂轮(5)对所述磨削砂轮(13)进行在线修整;

所述工件(3)、所述磨削砂轮(13)和所述砂轮修整系统的修整砂轮(5)轴心均等高;

所述数控系统控制所述磨削砂轮(13)沿X轴向所述修整砂轮(5)移动,移动位移为

$$L=X-(R+r)+n\times(m+s)$$

上式中,X为修整砂轮(5)与磨削砂轮(13)两回转中心在水平面的距离,R为磨削砂轮(13)的半径,r为修整砂轮(5)半径,m为磨削砂轮(13)磨削工件(3)时每次的进刀量,n为行程次数,s为磨削砂轮(13)修整量;

所述磨削砂轮(13)通过所述修整砂轮(5)进行修整后,所述数控系统控制所述磨削砂轮(13)沿X轴移至下一个磨削行程的工作位置,进行下一个磨削行程。

2. 根据权利要求1所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,在下一个磨削行程的工作位置处所述磨削砂轮(13)的轴心x坐标为:

$$x'=x-n\times(m+s)$$

上式中,x'为调整后的磨削砂轮(13)工作位置x坐标,x为进行初次磨削行程前磨削砂轮(13)初始工作位置x坐标。

3. 根据权利要求1所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述内圆磨床(1)包括工作台(6)、磨削电机(8)、X轴导轨(10);所述工作台(6)通过所述X轴导轨(10)安装在所述工件(3)对面所述内圆磨床(1)台面上,并能够沿所述X轴导轨(10)在X轴方向移动;所述磨削砂轮(13)通过所述磨削电机(8)安装在所述工作台(6)上,所述磨削电机(8)驱动所述磨削砂轮(13)旋转。

4. 根据权利要求3所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述内圆磨床(1)还包括半蜗轮(7)、圆弧导轨(11)、蜗杆及其驱动装置(21),所述圆弧导轨(11)设置在所述工作台(6)的竖面上,且所述圆弧导轨(11)的圆弧以所述磨削砂轮(13)中心为圆心;所述半蜗轮(7)安装在所述圆弧导轨(11)内,与所述蜗杆及其驱动装置(21)的蜗杆啮合传动,所述蜗杆安装在所述工作台(6)内,通过驱动装置驱动,所述蜗杆带动所述半蜗轮(7)沿所述圆弧导轨(11)移动;所述磨削电机(8)安装在所述半蜗轮(7)上。

5. 根据权利要求4所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述内圆磨床(1)还包括第一激光位移传感器(9)、力传感器(16)、第二激光位移传感器(25),所述第一激光位移传感器(9)和所述第二激光位移传感器(25)分别安装在所述X轴导轨(10)的X轴正方向端部和尾部;所述磨削电机(8)通过所述力传感器(16)沿X方向安装在所述半蜗轮(7)上;所述力传感器(16)检测到传感器坐标系中Z轴反方向力时,所述第二激光位移传感器(25)在线监控所述工作台(6)磨削所述工件(3)时的位移;所述力传感器(16)检测到传感器坐标系中Z轴正方向力时,所述第一激光位移传感器(9)在线监控所述工作台(6)修整所述磨削砂轮(13)时的位移。

6. 根据权利要求3所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述内圆磨床(1)还包括磨削砂轮驱动轴(22)、磨削液供给管;所述磨削电机(8)通过所述磨削砂轮驱动轴(22)与所

述磨削砂轮(13)相连;所述磨削液供给管套接在所述磨削砂轮驱动轴(22)上,所述磨削液供给管末端固定在所述磨削电机(8)的外壳上,用于在磨削时向磨削处灌入磨削液。

7.根据权利要求6所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述磨削液供给管由磨削液供给管外层(12)、磨削液供给管内层(19)组成,所述磨削液供给管通过所述磨削液供给管外层(12)末端固定在所述磨削电机(8)的所述外壳上,所述磨削液供给管外层(12)末端设有磨削液入口(18),所述磨削液供给管首端设有磨削液出口(23)。

8.根据权利要求1所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述内圆磨床(1)还包括主轴(2)、Z轴导轨(14);所述内圆磨床(1)上端部设置在所述Z轴导轨(14)上,并能够沿所述Z轴导轨(14)在Z轴方向上移动;设置在所述内圆磨床(1)上端部的所述主轴(2)端部安装所述工件(3),所述内圆磨床(1)通过所述主轴(2)带动所述工件(3)旋转。

9.根据权利要求1所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述砂轮修整系统还包括修整电机(4),所述修整电机(4)安装在所述内圆磨床(1)上,所述修整电机(4)驱动所述修整砂轮(5)转动。

10.根据权利要求1所述的内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述数控系统通过CNC代码实现对磨削所述工件(3)内螺纹、修整所述磨削砂轮(13)的控制。

一种内螺纹精密磨削方法

技术领域

[0001] 本发明涉及内螺纹加工技术领域,尤其涉及一种内螺纹精密磨削方法。

背景技术

[0002] 滚珠丝杠副,其螺母的内螺纹(即为滚道)通常需要进行磨削加工,螺纹的尺寸与轮廓精度取决于砂轮的成形面的尺寸轮廓形貌及精度,保证砂轮成形修整精度是实现内螺纹精密数控磨削的首要前提。在小螺母内滚道的磨削过程中,由于磨削所用的砂轮直径较小,在磨削过程中的自锐现象导致这类砂轮耐用度极差。磨削过程中不断变小的砂轮会导致磨制的螺母内滚道出现明显的锥度误差,造成生产过程中较高的残次品率。且磨削所用的砂轮为成形砂轮,对砂轮修整后的轮廓有较高的轮廓精度要求。在尺寸精度和轮廓精度的双重要求下,对滚珠丝杠副的内螺纹磨削砂轮的修整技术有极大的考验。高效、高精度的砂轮在线修整技术是高效率、高质量生产滚珠丝杠副内螺纹的必要条件。

[0003] 而目前对螺纹的磨削通过专门的螺纹磨床实现,但对于没有配备砂轮修整器的螺纹磨床,需要经常停机更换砂轮,砂轮可为新砂轮,或采用离线修整方式修整后的砂轮。这种螺纹磨床在多次取下、装夹砂轮时,为了保证安装后砂轮的磨削精度,还需要对刀,这对操作员的熟练操作技术有很高的要求。

[0004] 而目前配备砂轮修整器的螺纹磨床可以实现在线修整砂轮,提高生产效率,但是通常会对砂轮修整过度,使得砂轮被修整去除的体积太多,减少了砂轮使用寿命。

[0005] 同时,在对小内径的内螺纹进行磨削时,磨削液管无法伸入内螺纹深处供给磨削液。实际生产中常采用磨削液管对着内螺纹开口喷射磨削液的方式进行供给磨削液,这个过程中必然存在大量的磨削液浪费,且磨削液供给效率低下。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种内螺纹精密磨削方法,以解决上述背景技术中的问题,保证工件内螺纹磨削砂轮的尺寸精度和轮廓精度;精准地控制每次磨削砂轮实际修整量,以提高磨削砂轮使用寿命;同时,还能保证磨削液的供给。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种内螺纹精密磨削方法,其特征在于,所述磨削方法由内圆磨床、砂轮修整系统和数控系统结合实现;所述内圆磨床与所述砂轮修整系统相对静止;

[0008] 所述内圆磨床夹持并转动工件,所述工件与磨削砂轮回转中心同轴;所述磨削砂轮对所述工件内螺纹完成一遍磨削行程后,利用修整砂轮对所述磨削砂轮进行在线修整;

[0009] 所述工件、所述磨削砂轮和所述砂轮修整系统的修整砂轮轴心均等高;

[0010] 所述数控系统控制所述磨削砂轮沿X轴向所述修整砂轮移动,移动位移为

[0011]
$$L=X-(R+r)+n\times(m+s)$$

[0012] 上式中,X为修整砂轮与磨削砂轮两回转中心在水平面的距离,R为磨削砂轮的半径,r为修整砂轮半径,m为磨削砂轮磨削工件时每次的进刀量,n为行程次数,s为磨削砂轮

修整量；

[0013] 所述磨削砂轮通过所述修整砂轮进行修整后，所述数控系统控制所述磨削砂轮沿X轴移至下一个磨削行程的工作位置，进行下一个磨削行程。

[0014] 进一步地，在下一个磨削行程的工作位置处所述磨削砂轮的轴心x坐标为：

[0015] $x' = x - n \times (m + s)$

[0016] 上式中，x'为调整后的磨削砂轮工作位置x坐标，x为进行初次磨削行程前磨削砂轮初始工作位置x坐标。

[0017] 进一步地，所述内圆磨床包括工作台、磨削电机、X轴导轨；所述工作台通过所述X轴导轨安装在所述工件对面所述内圆磨床台面上，并能够沿所述X轴导轨在X轴方向移动；所述磨削砂轮通过所述磨削电机安装在所述工作台上，所述磨削电机驱动所述磨削砂轮旋转。

[0018] 进一步地，所述内圆磨床还包括半蜗轮、圆弧导轨、蜗杆及其驱动装置，所述圆弧导轨设置在所述工作台的竖面上，且所述圆弧导轨的圆弧以所述磨削砂轮中心为圆心；所述半蜗轮安装在所述圆弧导轨内，与所述蜗杆及其驱动装置的蜗杆啮合传动，所述蜗杆安装在所述工作台内，通过驱动装置驱动，所述蜗杆带动所述半蜗轮沿所述圆弧导轨移动；所述磨削电机安装在所述半蜗轮上。

[0019] 进一步地，所述内圆磨床还包括第一激光位移传感器、力传感器、第二激光位移传感器，所述第一激光位移传感器和所述第二激光位移传感器分别安装在所述X轴导轨的X轴正方向端部和尾部；所述磨削电机通过所述力传感器沿X方向安装在所述半蜗轮上；所述力传感器检测到传感器坐标系中Z轴反方向力时，所述第二激光位移传感器在线监控所述工作台磨削所述工件时的位移；所述力传感器检测到传感器坐标系中Z轴正方向力时，所述第一激光位移传感器在线监控所述工作台修整所述磨削砂轮时的位移。

[0020] 进一步地，所述内圆磨床还包括磨削砂轮驱动轴、磨削液供给管；所述磨削电机通过所述磨削砂轮驱动轴与所述磨削砂轮相连；所述磨削液供给管套接在所述磨削砂轮驱动轴上，所述磨削液供给管末端固定在所述磨削电机的外壳上，用于在磨削时向磨削处灌入磨削液。

[0021] 进一步地，所述磨削液供给管由磨削液供给管外层、磨削液供给管内层组成，所述磨削液供给管通过所述磨削液供给管外层末端固定在所述磨削电机的所述外壳上，所述磨削液供给管外层末端设有磨削液入口，所述磨削液供给管首端设有磨削液出口。

[0022] 进一步地，所述内圆磨床还包括主轴、Z轴导轨；所述内圆磨床上端部设置在所述Z轴导轨上，并能够沿所述Z轴导轨在Z轴方向上移动；设置在所述内圆磨床上端部的所述主轴端部安装所述工件，所述内圆磨床通过所述主轴带动所述工件旋转。

[0023] 进一步地，所述砂轮修整系统还包括修整电机，所述修整电机安装在所述内圆磨床上，所述修整电机驱动所述修整砂轮转动。

[0024] 进一步地，所述数控系统通过CNC代码实现对磨削所述工件内螺纹、修整所述磨削砂轮的控制。

[0025] 本发明的有益效果：

[0026] 本发明采用在线修整技术修整磨削砂轮，无需停机拆装磨削砂轮，每个磨削行程之间位移都依据磨削砂轮的进刀量和修整量进行动态调整，通过力传感器与激光位移传感

器组合,精确地控制内螺纹的实际加工磨削量与磨削砂轮的实际修整量,保证了加工精度,也避免了磨削砂轮被过度去除的情况,有效地提高了磨削砂轮的使用寿命,也节约了停机拆装磨削砂轮和对刀的时间,极大地提高了生产效率。

[0027] 本发明在在线修整的过程中采用动态调整方法,避免了离线修整过程中拆装磨削砂轮的装夹误差,在每次磨削行程前磨削砂轮的定位中考虑了砂轮磨损量的影响,也消除了砂轮磨损量在加工过程中引起的误差,提高了生产精度。

[0028] 本发明采用特殊设计的磨削液供给管,可以把磨削液输送至内螺纹深处的磨削加工处,与传统的磨削液供给方式比,增加了磨削液的供给效率,减少了磨削液的浪费。

[0029] 另外,本发明在线修整时通过数控系统控制,达到自动化生产,极大降低了对操作人员操作技术的要求。

附图说明

[0030] 图1为本发明中内螺纹磨削以及砂轮在线修整系统的结构示意图;

[0031] 图2为本发明中工作台的剖视示意图;

[0032] 图3为本发明对工件内螺纹磨削示意图;

[0033] 图4为本发明磨削砂轮处于工作位置时,磨削砂轮与修整砂轮位置示意图;

[0034] 图5为本发明中内螺纹磨削以及砂轮在线修整系统在磨削砂轮处于修整位置时的结构示意图;

[0035] 图6为电机、力传感器、半蜗轮的安装关系图;

[0036] 图7为磨削液供给管示意图;

[0037] 图8为磨削液供给管内层示意图;

[0038] 图9为磨削液供给管剖视图。

[0039] 其中:1-内圆磨床、2-主轴、3-工件、4-修整电机、5-修整砂轮、6-工作台、7-半蜗轮、8-磨削电机、9-第一激光位移传感器、10-X轴导轨、11-圆弧导轨、12-磨削液供给管外层、13-磨削砂轮、14-Z轴导轨、15-上连接件、16-力传感器、17-下连接件、18-磨削液入口、19-磨削液供给管内层、20-滚球、21-蜗杆及其驱动装置、22-磨削砂轮驱动轴、23-磨削液出口、24-凸起填充、25-第二激光位移传感器、R-磨削砂轮半径、r-修整砂轮半径、X-两砂轮轴的水平距离。

具体实施方式

[0040] 为了使本领域的技术人员更好地理解本申请的技术方案,以下将结合附图及实施例对本发明做进一步详细说明。

[0041] 本申请文件中的上、下、左、右、前和后等方位用语是基于附图所示的位置关系而建立的。附图不同,则相应的位置关系也有可能随之发生变化,故不能以此理解为对保护范围的限定。

[0042] 本发明中,术语“安装”、“相连”、“相接”、“连接”、“固定”等应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,也可以是一体地连接,也可以是机械连接,也可以是电连接或可以相互通信,也可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接连接,可以是两个元器件内部的联通,也可以是两个元器件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而

言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0043] 本实施例记载了一种内螺纹精密磨削方法,其将内圆磨床的磨削技术、砂轮修整技术、在线检测技术和数控技术结合起来实现工件内螺纹的精密磨削加工。

[0044] 如图1和图2所示,内圆磨床1采用数控卧式内圆磨床,内圆磨床1包括主轴2、工作台6、半蜗轮7、磨削电机8、X轴导轨10、磨削砂轮13、Z轴导轨14、蜗杆及其驱动装置21。

[0045] 在内圆磨床1的台面上,内圆磨床1上端部设置在Z轴导轨14上,并能够在驱动装置驱动下沿Z轴导轨14在Z轴方向上移动。设置在内圆磨床1上端部的主轴2通过卡盘夹持工件3外表面,并能够利用主轴2带动工件3旋转。

[0046] 工作台6通过X轴导轨10安装在工件3对面的内圆磨床1的台面上,且X轴导轨10与Z轴导轨14垂直,工作台6在驱动装置驱动下能够沿X轴导轨10在X轴方向上移动。如图2所示,在工作台6的竖面上设有圆弧导轨11,且圆弧以磨削砂轮13的中心为圆心。半蜗轮7安装在圆弧导轨11内,半蜗轮7与圆弧导轨11的半径一样大,半蜗轮7与圆弧导轨11之间有多个滚球20以减少摩擦力,半蜗轮7可沿圆弧导轨11移动。蜗杆及其驱动装置21安装在工作台6内,其中蜗杆竖直安装在工作台6内部,与半蜗轮7啮合传动,蜗杆通过驱动装置驱动转动,蜗杆带动半蜗轮7沿圆弧导轨11移动。

[0047] 如图6所示,力传感器16沿X方向安装在半蜗轮7上,力传感器16下端面通过下连接件17与半蜗轮7相连。力传感器16上端面通过上连接件15与磨削电机8相连,磨削电机8、力传感器16通过图6所示方式固定在半蜗轮7上。

[0048] 磨削电机8与磨削砂轮13相连,磨削电机8驱动磨削砂轮13旋转,磨削砂轮13用于磨削工件3的内螺纹,磨削砂轮13的截面轮廓形状与工件3内螺纹一致,本实施例中磨削砂轮13直径与工件3内螺纹小径相同。如图3所示,半蜗轮7移动时,磨削电机8与磨削砂轮13一起以磨削砂轮13中心为圆心沿圆弧导轨11转动。

[0049] 本实施例中,工件3的回转中心与磨削砂轮13的回转中心为同轴,在同一直线上,且圆弧导轨11的圆弧以磨削砂轮13的中心为圆心。

[0050] 砂轮修整系统包括修整电机4、修整砂轮5,在线检测装置包括第一激光位移传感器9、第二激光位移传感器25与力传感器16。在X轴导轨10和Z轴导轨14之间,修整电机4通过底座安装固定在内圆磨床1的上方后侧,或者在操作者对面,并与内圆磨床1保持相对静止。当磨削砂轮13开始对内螺纹进行磨削时,力传感器16感应到X轴正方向的力后(在示意图坐标轴中为X轴反方向的力,对于力传感器16而言,应是传感器坐标轴中Z轴反方向的力),第二激光位移传感器25在线监控工作台6位移。当开始修整磨削砂轮13时,力传感器16感应到X轴反方向的力后(在示意图坐标轴中为X轴反方向的力,对于力传感器16而言,应是传感器坐标轴中Z轴正方向的力),第一激光位移传感器9在线监控工作台6位移。修整电机4与修整砂轮5相连,驱动修整砂轮5转动。修整砂轮5用于修整磨削砂轮13。修整砂轮5轴心与工件3轴心及磨削砂轮13轴心同高。本实施例中,修整砂轮5的截面轮廓形状与工件3的内螺纹滚道轮廓一致,修整砂轮5可以根据加工要求更换。

[0051] 第一激光位移传感器9安装在X轴导轨10的X轴正方向端部,第二激光位移传感器25安装在X轴导轨10X正方向尾部,用于检测工作台6在X方向上的位移。工作台6的位移为磨削砂轮13的实际修整量或磨削砂轮13对内螺纹3的实际磨削量,当第一激光位移传感器9检测的磨削砂轮13修整量与预设值出现较大偏差时,内圆磨床1加工出现偏差,应停机检查。

[0052] 如图7、图8、图9所示,是本发明中为内螺纹磨削设计的磨削液供给管。磨削液供给管由内外两层组成,在磨削液供给管外层12末端的螺栓孔处连接螺栓以固定在磨削电机8外壳上,磨削液供给管内层19的半径比磨削砂轮驱动轴22的半径稍大,并且磨削液供给管内层19套在磨削砂轮驱动轴22的外面。在机床进行磨削工作时,磨削液灌入磨削液供给管外层12末端的磨削液入口18处,流入磨削液供给管内、外层19、12之间的空腔内,并从磨削液出口23处流出。磨削液出口23为磨削液供给管首端的一圈小孔,磨削液从小孔中流出,可以喷射到磨削砂轮13四周与内螺纹内部。如图8所示,为了能使磨削液在磨削液出口23处流出的流速更快,在磨削液供给管内层19、外层12之间设有按磨削液流向排布的多个凸起填充24,以减小磨削液供给管内、外层19、12的空间,多列凸起填充24均匀环绕在磨削液供给管内层19、外层12之间,形成多条磨削液流道,达到加快磨削液流速的效果。

[0053] 本实施例的内圆磨床1结合砂轮修整技术和数控加工技术磨削工件3内螺纹,磨削砂轮15的修整以及整个生产过程的运作均由数控系统通过CNC代码实现,CNC代码由自动编程软件完成。

[0054] 本实施例对工件3内螺纹进行精密磨削的方法如下:

[0055] 步骤1,在数控系统控制下,内圆磨床1上端部沿着Z轴导轨14,将工件3移到磨削砂轮13的初始工作位置处,使磨削砂轮13与工件3的内螺纹贴合;且保证磨削砂轮13直径与工件3内螺纹小径相同;初始时,磨削砂轮13与工件3的回转中心同轴。在内圆磨床1开始工作起,磨削液就经磨削液供给管供给。

[0056] 步骤2,数控系统控制工作台6沿X轴移动,带动磨削砂轮13微动,微动距离为工件3内螺纹大径和小径之差;内圆磨床1通过主轴2旋转工件3,磨削电机8带动磨削砂轮13旋转,且工件3与磨削砂轮13的旋转方向相反,磨削砂轮13磨削工件3的内螺纹;在磨削时,磨削砂轮13的转动角度与工件3内螺纹的导程角相同。

[0057] 为保证磨削砂轮13可以倾斜地对工件3内螺纹进行磨削加工,数控系统控制蜗杆与半蜗轮7的啮合传动,使得磨削电机8和磨削砂轮13一起以磨削砂轮13为中心沿圆弧导轨11移动,促使磨削砂轮13在工件3内部角度倾斜,以便磨削砂轮13与工件3的内螺纹更贴合,达到磨削砂轮13倾斜磨削工件3内螺纹的目的。

[0058] 为了能精准地控制磨削砂轮13对内螺纹3的磨削量,力传感器16、第二激光位移传感器25对磨削砂轮13的磨削量进行高精度监控。当磨削砂轮13开始磨削时,力传感器16会受到X正方向的力;当力传感器16捕捉到上述力的存在后,第二激光位移传感器25开始对工作台6的位移(即磨削砂轮13对内螺纹3的磨削量)进行测量。

[0059] 步骤3,当磨削砂轮13完成一遍磨削行程后,工件3沿着Z轴退出,回到初始位置。

[0060] 步骤4,对磨削砂轮13进行在线修整;

[0061] 磨削砂轮13由于经过一轮磨削行程,已经出现尺寸变小、轮廓变形的问题,无法达到下一个磨削行程的精度要求;在后续每个磨削行程之间,通过修整砂轮5对磨削砂轮13进行修整;

[0062] 数控系统控制工作台6沿X轴导轨10带动磨削砂轮13向修整砂轮5移动,如图4所示,移动的位移为

[0063]
$$L = X - (R + r) + n \times (m + s)$$

[0064] 上式中,X为修整砂轮5与磨削砂轮13两回转中心在水平面的距离,R为磨削砂轮13

的半径(也是加工工件3内螺纹小径), r 为修整砂轮5半径, m 为磨削砂轮13磨削工件3时每次的进刀量, n 为行程次数, s 为磨削砂轮13修整量。磨削砂轮13磨削工件3时每次的进刀量 m 、行程次数 n 根据孔径、长度和材料性质进行合理选择。

[0065] 通常来说,在相同的加工条件下,每次修整所需的磨削砂轮13修整量 s 是相同的,所以磨削砂轮13修整量 s 可以通过试加工的方法来确定。

[0066] 本实施例磨削砂轮13的移动位移随每个磨削行程动态变化,如图5所示,移动后的磨削砂轮13与修整砂轮5接触,修整砂轮5切入磨削砂轮13,以切入磨削法的方式对磨削砂轮13进行修整;

[0067] 为了能精准地控制磨削砂轮13的实际修整量,力传感器16、第一激光位移传感器9对磨削砂轮13的实际修整量进行高精度的监控;当磨削砂轮13开始修整时,修整砂轮5会受到X轴反方向的力;当力传感器13捕捉到所述力的存在后,第一激光位移传感器9开始对工作台6的位移(即磨削砂轮13的修整量)进行测量。

[0068] 步骤5,工作台6带动磨削砂轮13达到下一个磨削行程的工作位置,每个磨削行程的工作位置都依据磨削砂轮13进刀量和磨削砂轮15修整量动态调整。磨削砂轮13到达工作位置后,准备开始下一个磨削行程。

[0069] 由于经过修整后的磨削砂轮13尺寸会变小,为了保证经过修整后的磨削砂轮13在后续加工时依然能够紧贴工件3的内螺纹,数控系统中,本实施例将修整后的磨削砂轮13的轴心 x 坐标调整为:

$$[0070] \quad x' = x - n \times (m + s)$$

[0071] 上式中, x' 为调整后的磨削砂轮13工作位置 x 坐标, x 为进行初次磨削行程前磨削砂轮13初始工作位置 x 坐标。

[0072] 进一步地,在确定磨削砂轮13半径 R 、修整砂轮5半径 r 、磨削砂轮13每次进刀量 m 、行程次数 n 、砂轮修整量 s 等参数后,通过数控CNC代码自动生成软件生成完整的加工程序,导入机床PLC中便可进行自动化生产。

[0073] 虽然上面结合本发明的优选实施例对本发明的原理进行了详细的描述,本领域技术人员应该理解,上述实施例仅仅是对本发明的示意性实现方式的解释,并非对本发明包含范围的限定。实施例中的细节并不构成对本发明范围的限制,在不背离本发明的精神和范围的情况下,任何基于本发明技术方案的等效变换、简单替换等显而易见的改变,均落在本发明保护范围之内。

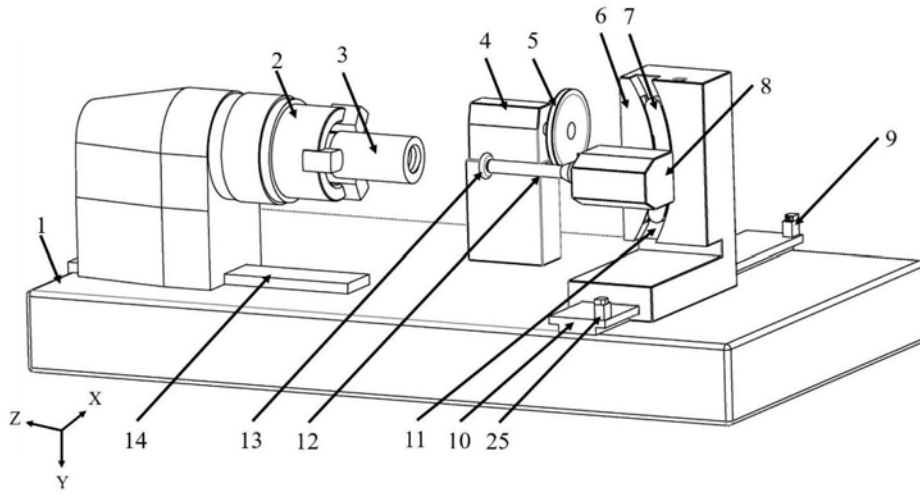


图1

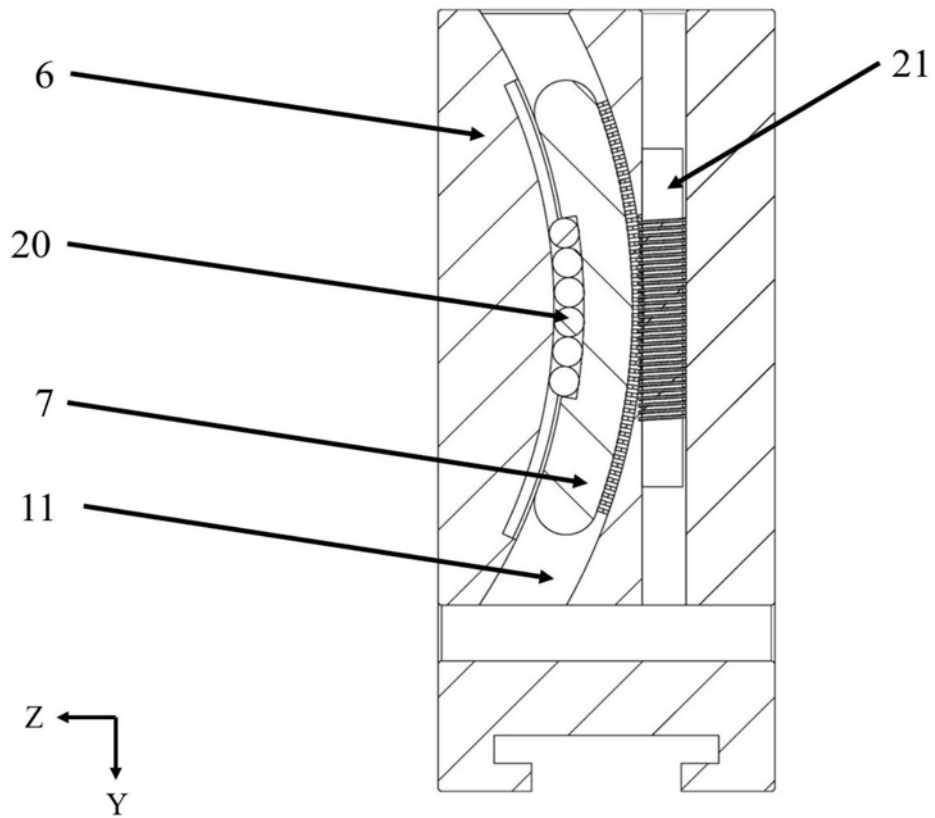


图2

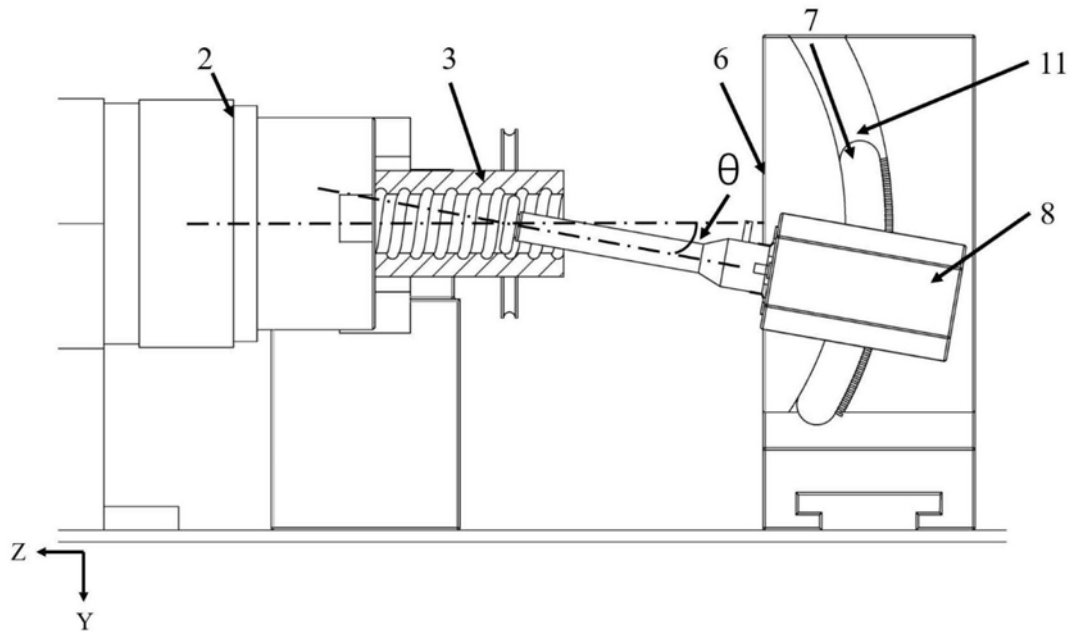


图3

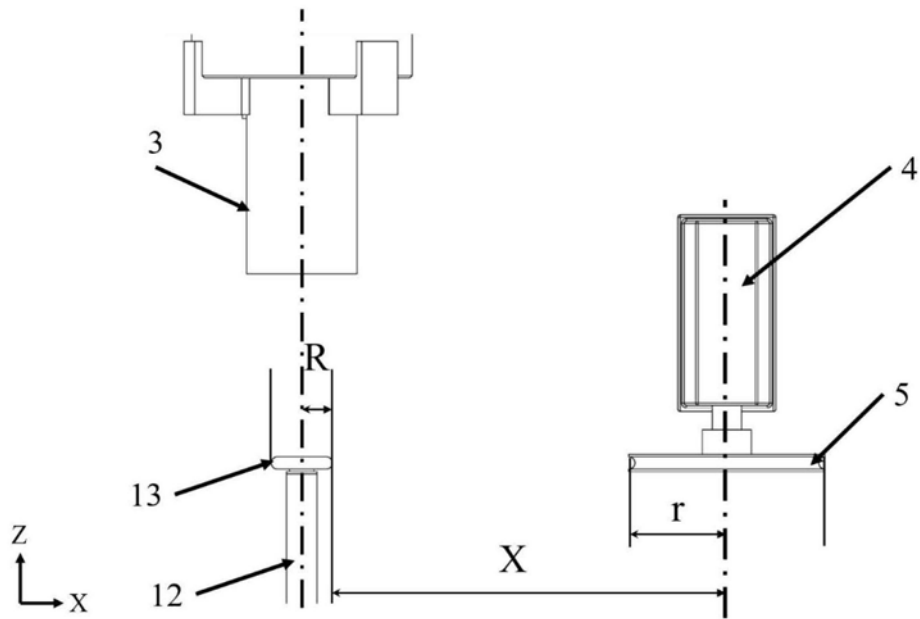


图4

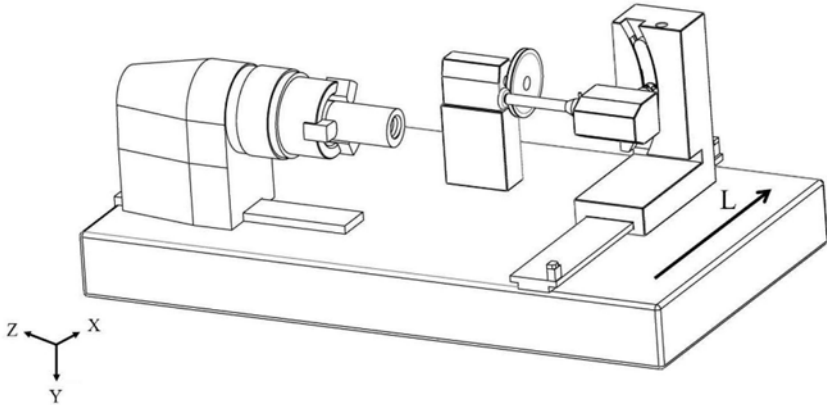


图5

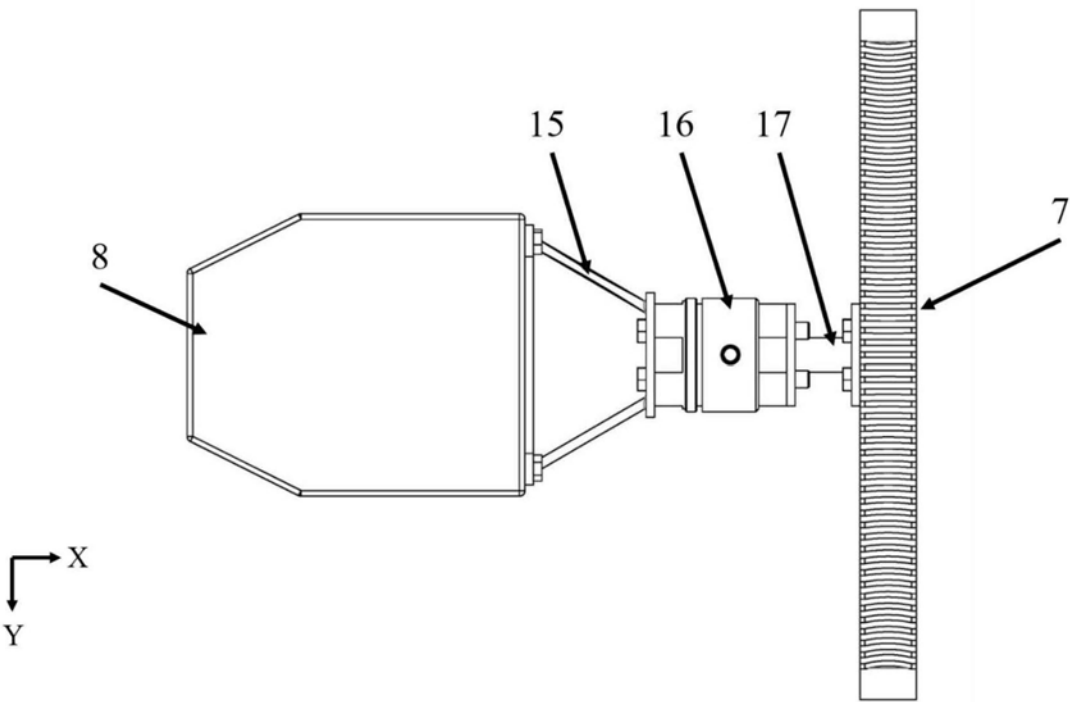


图6

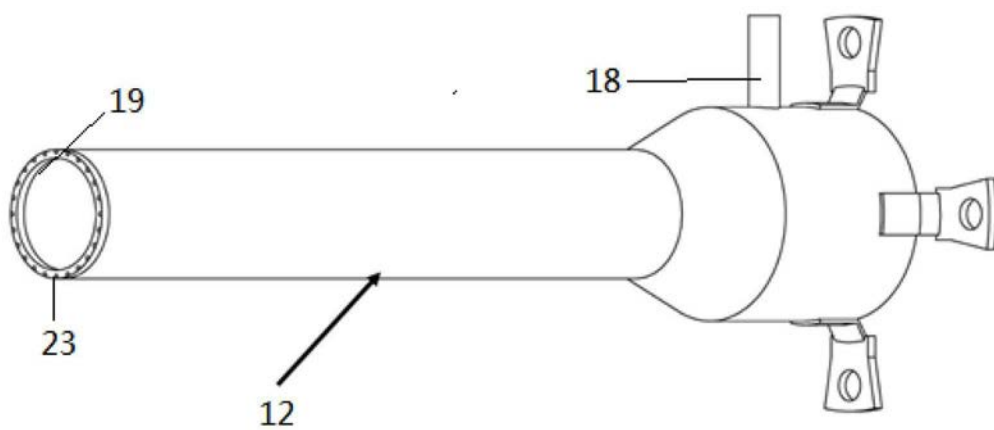


图7

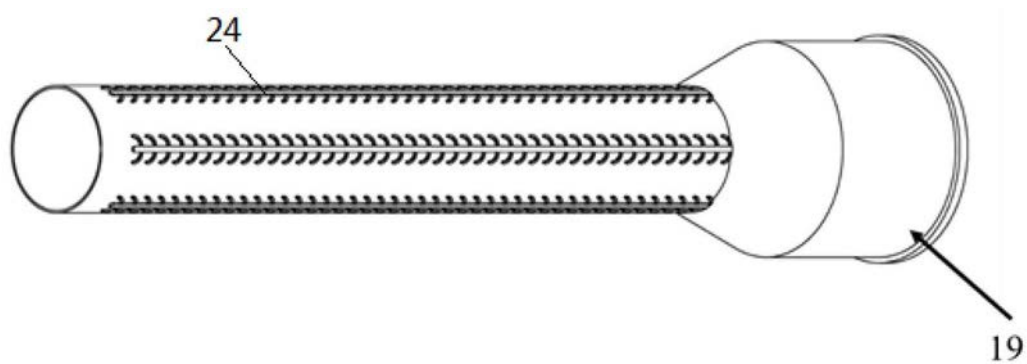


图8

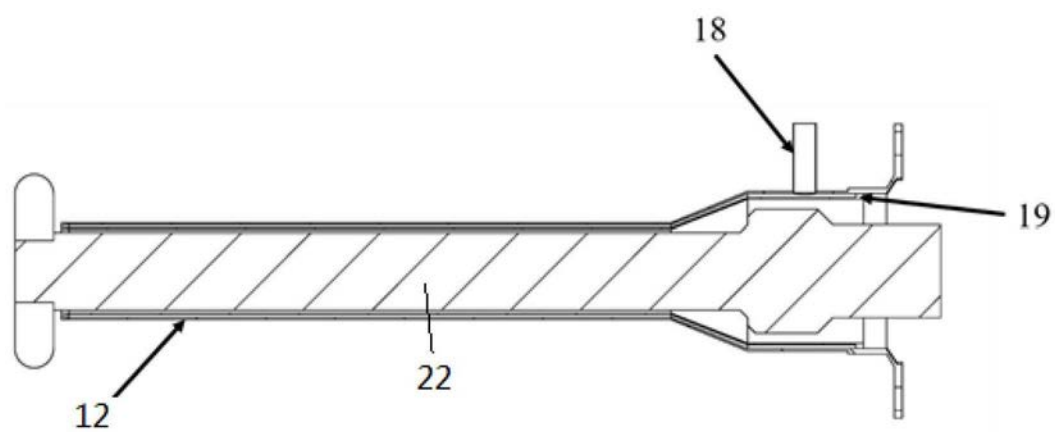


图9