

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2025 年 1 月 23 日 (23.01.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/016296 A1

(51) 国际专利分类号:

B24B 1/00 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2024/105108

(22) 国际申请日:

2024 年 7 月 12 日 (12.07.2024)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202310867341.8 2023年7月14日 (14.07.2023) CN

(71) 申请人:大连理工大学(**DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(72) 发明人:郭江(**GUO, Jiang**); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。康仁科(**KANG, Renke**); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。李启凯(**LI, Qikai**); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。郭东明(**GUO,**

Dongming); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(74) 代理人:大连东方专利代理有限责任公司(**DALIAN EAST PATENT AGENT LTD**); 中国辽宁省大连市西岗区黄河路263号608室, Liaoning 116011 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,

(54) **Title:** FLUID POLISHING DEVICE AND METHOD FOR INNER SURFACE OF ELONGATED TUBE

(54) 发明名称: 一种细长管内表面流体抛光装置与方法

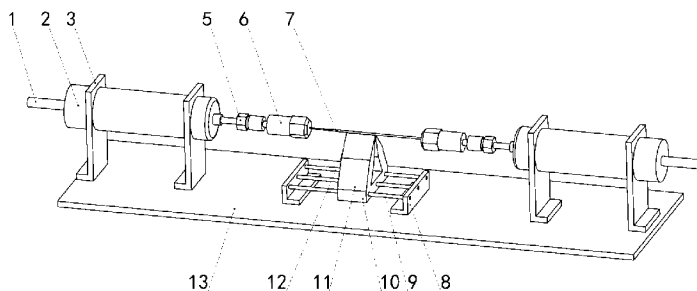


图 1

(57) **Abstract:** A fluid polishing device for the inner surface of an elongated tube, comprising a working platform (13), fluid processing units, and a magnetically controlled fluid unit. Two fluid processing units are provided, and are symmetrically mounted on the left side and the right side of the working platform (13); the left end and the right end of a workpiece (7) are respectively connected to the fluid processing units on the left side and the right side; the magnetically controlled fluid unit is located below the workpiece (7), and magnetic particles in a polishing solution in the fluid processing units are controlled by means of a magnetic field applied by a magnetic pole (11), so that the magnetic particles form, in a magnetic direction, a flux linkage having a certain yield strength, and are attracted on the inner surface of the workpiece (7) to form a local blocking block, thereby reducing the actual circulation diameter of the polishing solution in a blocked region, thus increasing the flow rate of the polishing solution, and improving the polishing strength. Also provided is a method using the polishing device. The polishing device and method can selectively polish regions of elongated tubes having an extremely fine diameter and an extremely large length-to-diameter ratio.



BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,
TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种细长管内表面流体抛光装置, 包括工作平台(13)、流体加工单元和磁控流体单元; 流体加工单元有两个, 对称安装在工作平台(13)的左右两侧; 工件(7)的左右两端分别与左右两侧的流体加工单元连接; 磁控流体单元位于工件(7)的下侧, 通过磁极(11)施加的磁场控制流体加工单元中抛光液内的磁性颗粒, 使其沿磁力方向形成具有一定屈服强度的磁链, 吸附在工件(7)内表面形成局部阻塞块, 减小抛光液在阻塞区域的实际流通口径, 进而增大抛光液流速, 提高抛光强度。还包括一种使用抛光装置的方法。抛光装置及其方法可以实现对极细口径、极大长径比的细长管的区域选择性抛光。

说明书

一种细长管内表面流体抛光装置与方法

技术领域

本发明属于流体精密加工领域，涉及一种利用磁场控制细长管内表面流体抛光装置与方法。

背景技术

随着现代高端精密设备趋于小型化，具有小口径、大长径比特征的细长管类零件被广泛用于航空航天、生物医药以及化学化工等领域，承担样品提取、流体输送、导热散热等作用。为了保证样品提取和流体输送的稳定性、精确性以及不残留，需求细长管内表面要求具有较高的光洁度。现阶段，制备细长管类零件的工艺主要为拉制成型与挤压成型，在制备小口径、变口径管时内表面不可避免的产生褶皱，导致内表面粗糙度不满足工业需求，必须进行进一步抛光处理。

目前，细长管内表面抛光的主要方法为机械抛光、磨粒流抛光、磁力研磨以及电解抛光。其中机械抛光采用工具头探入细长管内表面，但是对于口径在 1 mm 及以下的细长管，工具探入困难；磨粒流抛光利用高压高粘度非牛顿流体进行抛光，但细长管内压力沿程衰减严重，导致抛光严重不均；磁力研磨利用磁铁带动管内磁性颗粒抛光，但磁性颗粒由于流动困难无法有效的均匀覆盖内表面；电解抛光是将利用氧化还原反应将工件作为阳极溶解在电解液中，但阴极难以深入细长管内部，难以避免短路的情况发生。

现有针对细长管内表面抛光的相关专利如下：

中国专利 CN102211295A 提出了一种毛细管内表面的磁流变抛光装置，该装置利用活塞向毛细管内注入磁流变液，同时启动振动驱动系统使毛细管发生振动，提高磁流变液的流动性。毛细管内完全充满磁流变液后，启动电磁铁产生磁场在毛细管内形成柱状抛光模，使其围绕毛细管进行旋转、沿毛细管轴向进行移动，对毛细管内表面进行抛光。该装置虽然引入了磁场与磁流变液，但是

说明书

采用电磁铁驱动极小的磁性颗粒对管壁进行研磨，抛光效率极低。

中国专利 CN201455796U 提出了一种钢管内表面抛光装置，可以有效地对整个钢管内表面进行抛光。该装置由抛光绳对钢管内表面进行抛光。抛光绳穿过待抛光钢管，并且套在主动轮、从动轮上，主动轮由电机驱动。抛光绳内设有磁芯，待抛光钢管的下方设有能与磁芯产生相互吸引力的磁条，同时钢管在电机的驱动下旋转，进而达到对钢管内表面的抛光加工。该装置结构简单，效果明显，但其使用抛光绳进行抛光，对抛光绳要求较高，抛光效果有限，对于内表面质量要求较高的细长管无法满足抛光要求。同时该方法对细长管孔径要求较高，不适用更小孔径的细长管抛光加工。而且针对刚度较差的细长管其方法难以使用，无法保持抛光绳对细长管内表面的紧密贴合。

中国专利 CN202137643U 提出了一种细长管内表面磁力抛光机，能够对各种金属管和硬质塑料等非金属管的内表面进行快速去除毛刺、抛光洗净。该装置中非磁性细长管下方和侧面配置缠绕有线圈的铁芯，对铁芯通交流电产生往复式交变磁场，管腔内置入磁性研磨粒，通过铁芯产生的磁场驱动磁性研磨粒，同时电动机带动细长管旋转，从而对其内表面进行抛光。该装置能够完成传统技术无法进行或无法保证加工质量的内表面的抛光处理，但线圈通电后发热严重，缺少相应的散热措施；同时传动轮只能对大孔径管进行传动，该装置不适用于小孔径细长管加工。

中国专利 CN110815027A 提出了一种细长管内孔抛光装置，其结构简单，一人即可操作。该装置采用柔性杆将磨头与电机输出端连接，柔性杆具有弹性，当电机转动时，柔性杆连接磨头的一端相对于柔性杆的轴线周向摆动，从而对细长管件内表面进行抛光。该装置加工的抛光管件合格率高，人员耗费小、抛光效率高、抛光效果好。但该方式对于一些较小孔径的细长管，受限于磨头的尺寸，其磨头无法进入其细长管内部，导致该方法失效。

中国专利 CN206998477U 提出了一种细长管件内孔抛光机，该装置通过纱线对工件内孔进行轴向抛光加工，纱线依次通过导向轮、工件内孔、滚筒进行夹

说明书

紧固定，由纱线带动磨料相对工件内孔进行轴向和径向运动，从而对内孔进行抛光，纱线虽然可以进入小内孔，但通过纱线带动的磨料很少，不能对内孔表面进行有效抛光。

以上专利及其他细长管内表面抛光装置其抛光工具多为抛光绳、抛光杆，无法实现小孔径细长孔的抛光要求，因此亟需提供一种针对更小孔径的细长孔抛光装置和方法，确保抛光效率及抛光精度。

发明内容

针对目前已有的抛光方案存在的问题，本发明要提供一种磁力控制流场冲刷强度的细长管内表面流体抛光装置与方法，能实现直管、变口径管、变粗糙度管内表面的快速均匀化抛光，从而减小管内介质的沿程阻力、提高采样以及注射精度、增强管内流体的稳定性，解决现有细长管内表面抛光受限、不均匀以及效率不高的问题。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种细长管内表面流体抛光装置，包括工作平台、流体加工单元和磁控流体单元；所述的流体加工单元有两个，对称安装在工作平台的左右两侧；细长管即工件的左右两端分别与左右两侧的流体加工单元连接。

所述的磁控流体单元位于工件的下侧，通过磁极施加的磁场控制流体加工单元中抛光液内的磁性颗粒沿磁力方向形成具有一定屈服强度的磁链，吸附在工件内表面形成局部阻塞块，减小抛光液在阻塞区域的实际流通口径。

所述的流体加工单元包括活塞、活塞缸、活塞杆、旋转件、连接件和活塞缸支架，所述的活塞缸通过活塞缸支架与工作平台固定连接，所述的活塞杆的内端与活塞固定连接、活塞杆与活塞缸外端的开口滑动连接；所述活塞与活塞缸内表面滑动连接，且活塞内侧与活塞缸内表面之间的腔体内灌注抛光液；所述的活塞缸内端的出口与旋转件的一端连接，所述的旋转件另一端与连接件连接，连接件另一端通过内部卡扣卡紧工件的一端。

所述的磁控流体单元包括磁铁、导轨、导轨支架和磁轭。所述的导轨支架

说明书

位于工件下方，与工件平台固定连接；所述的导轨安装在导轨支架上，导轨的轴向方向与工件轴向方向相互平行；所述的磁轭与导轨滑动连接；所述的磁铁固定在磁轭上；所述的磁铁与工件之间的距离为 1-3 mm。

所述的旋转件包括固定段和旋转段，所述的固定段和旋转段通过内部轴承连接，所述的固定段与活塞缸连接、移动段通过连接件与工件连接。

进一步的，所述的导轨有三条，等间距安装于与工作平台平行的平面内。

进一步的，所述的磁铁有两块，两块磁铁结构相同、对称安装在工件的前后两侧的磁轭上，每块磁铁包括磁极和磁极尖，两块磁铁与磁轭构成上开口的等腰三角形结构，磁极尖与工件之间的距离为 1-3 mm。

进一步的，所述的工件的旋转速度为 6-20 转每分钟。

进一步的，所述磁铁沿导轨移动，对工件内表面轴线方向上各点进行磁控流场抛光。

进一步的，所述的抛光液内的抛光介质根据工件材料进行选择：工件材料为石英玻璃时选择氧化铈，工件材料为不锈钢时选择氧化铝，工件材料为铸铁时选择金刚石粉。

一种细长管内表面流体抛光方法，利用细长管内表面流体抛光装置进行抛光，包括如下步骤：

步骤一、根据工件材料选取合适的抛光介质配制抛光液，将配置好的抛光液搅拌均匀后吸入活塞缸内腔中。

步骤二、通过螺纹连接将活塞缸出口与旋转件以及连接件连通，连接件通过其内部卡扣与工件的两端连接，整体连接后检查密封性。

步骤三、将磁铁置于磁轭上，使磁极尖与工件外壁的距离为 1-3 mm。

步骤四、通过外部传动装置转动旋转件，控制工件转速在 6-20 转每分钟。

步骤五、通过外部推杆推动左右两端活塞杆同步运动，保证一侧活塞缸推出抛光液的同时另一侧活塞缸内吸入抛光液，抛光液在活塞杆的推动作用下来回冲刷工件内表面，从而对工件内表面进行抛光加工。

说明书

步骤六、沿导轨移动磁铁，吸附工件内不同区域磁粉贴附管壁产生阻塞效果。

步骤七、加工结束，停止转动，取下工件，放入超声波清洗机进行清洗。

步骤八、将加工后工件进行检测，其内表面质量达到预期目标，抛光加工结束。

与现有技术相比，本发明的有益效果如下：

1、本发明采用磁铁吸附管内流动的磁流变抛光液中的磁性颗粒，磁性颗粒贴附管壁形成区域性磁块阻塞，致使该区域流道的截面积减小，包含抛光磨粒的磁流体在通过该区域时流速迅速增加，可控地改变该区域的流场强度和抛光强度。

2、本发明利用旋转接头衔接了细长管与固定抛光液输送管路之间的相对转动，细长管的转动保证了选择性抛光管内表面区域的均匀性，同时提高了冲刷流体中磨粒与管内表面的相对运动距离，进而提高了去除效率。

3、本发明与传统流体抛光相比，采用磁场选区控制抛光的方式完全解决流体压力沿程衰减、抛光不均匀的问题，同时可以解决传统流体抛光无法抛光变口径细长管以及变粗糙度的问题。与传统的磁力研磨相比，采用磁流体的抛光液解决了磁性颗粒难以进入小口径细长管的问题的同时，由于本发明主要由流场裹挟的抛光磨粒进行抛光，整根细长管内表面均有不同程度材料去除，本发明的抛光效率也远高于传统的磁力研磨。

4、在本发明中，除磁性磨粒外，铁丝、磁针等导磁工具均可以作为流道阻塞。在外置磁铁的吸力作用，这些导磁工具紧密吸附在细长管内表面，不仅可以起到阻塞流场效果，还能增加沿细长管轴向的阻塞长度。

5、综上所述，本发明基于磁流变液体的流动性，可以实现对极细口径、极

说明书

大长径比的细长管进行加工，如长度 $>200\text{mm}$ 、内径 $\leq 1\text{mm}$ 的针管。

附图说明

图1为本发明装置的结构示意图。

图2为本发明的流体加工单元截面图（剖面线未示）。

图3为本发明的磁控流体单元示意图。

图4为图3的截面图。

图5为图4的局部放大图。

图中：1、活塞杆；2、活塞缸；3、活塞缸支架；4、活塞；5、旋转件；6、连接件；7、工件；8、导轨支架；9、导轨；10、磁轭；11、磁极；12、磁极尖；13、工作平台。

具体实施方式

为了使本领域技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图对本发明进行详细描述，本部分的描述仅是示范性和解释性，不应对本发明的保护范围有任何的限制作用。

如图1-5所示，一种细长管内表面流体抛光装置，包括工作平台13、流体加工单元和磁控流体单元；所述的流体加工单元有两个，对称安装在工作平台13的左右两侧；细长管即工件7的左右两端分别与左右两侧的流体加工单元连接；

所述的磁控流体单元位于工件7的下侧，通过磁极11施加的磁场控制流体加工单元中抛光液内的磁性颗粒沿磁力方向形成具有一定屈服强度的磁链，吸附在工件7内表面形成局部阻塞块，减小抛光液在阻塞区域的实际流通口径；

所述的流体加工单元包括活塞4、活塞缸2、活塞杆1、旋转件5、连接件6和活塞缸支架3，所述的活塞缸2通过活塞缸支架3与工作平台13固定连接，所述的活塞杆1的内端与活塞4固定连接、活塞杆1与活塞缸2外端的开口滑动连接；所述活塞4与活塞缸2内表面滑动连接，且活塞4内侧与活塞缸2内

说明书

表面之间的腔体内灌注抛光液；所述的活塞缸 2 内端的出口与旋转件 5 的一端连接，所述的旋转件 5 另一端与连接件 6 连接，连接件 6 另一端通过内部卡扣卡紧工件 7 的一端；

所述的磁控流体单元包括磁铁、导轨 9、导轨支架 8 和磁轭 10。所述的导轨支架 8 位于工件 7 下方，与工件 7 平台固定连接；所述的导轨 9 安装在导轨支架 8 上，导轨 9 的轴向方向与工件 7 轴向方向相互平行；所述的磁轭 10 与导轨 9 滑动连接；所述的磁铁固定在磁轭 10 上；所述的磁铁与工件 7 之间的距离为 1-3 mm。

所述的旋转件 5 包括固定段和旋转段，所述的固定段和旋转段通过内部轴承连接，所述的固定段与活塞缸 2 连接、移动段通过连接件 6 与工件 7 连接。

进一步的，所述的导轨 9 有三条，等间距安装于与工作平台 13 平行的平面内。

进一步的，所述的磁铁有两块，两块磁铁结构相同、对称安装在工件 7 的前后两侧的磁轭 10 上，每块磁铁包括磁极 11 和磁极尖 12，两块磁铁与磁轭 10 构成上开口的等腰三角形结构，磁极尖 12 与工件 7 之间的距离为 1-3 mm。

进一步的，所述的工件 7 的旋转速度为 6-20 转每分钟。

进一步的，所述磁铁沿导轨 9 移动，对工件 7 内表面轴线方向上各点进行磁控流场抛光。

进一步的，所述的抛光液内的抛光介质根据工件材料进行选择：工件材料为石英玻璃时选择氧化铈，工件材料为不锈钢时选择氧化铝，工件材料为铸铁时选择金刚石粉。

一种细长管内表面流体抛光方法，利用细长管内表面流体抛光装置进行抛光，包括如下步骤：

步骤一、根据工件 7 材料选取合适的抛光介质配制抛光液，将配置好的抛光液搅拌均匀后吸入活塞缸 2 内腔中。

步骤二、通过螺纹连接将活塞缸 2 出口与旋转件 5 以及连接件 6 连通，连

说明书

接件 6 通过其内部卡扣与工件 7 的两端连接，整体连接后检查密封性。

步骤三、将磁铁置于磁轭 10 上，使磁极尖 12 与工件 7 外壁的距离为 1-3 mm。

步骤四、通过外部传动装置转动旋转件 5，控制工件 7 转速在 6-20 转每分钟。

步骤五、通过外部推杆推动左右两端活塞杆 1 同步运动，保证一侧活塞缸 2 推出抛光液的同时另一侧活塞缸 2 内吸入抛光液，抛光液在活塞杆 1 的推动作用下来回冲刷工件 7 内表面，从而对工件 7 内表面进行抛光加工。

步骤六、沿导轨 9 移动磁铁，吸附工件 7 内不同区域磁粉贴附管壁产生阻塞效果。

步骤七、加工结束，停止转动，取下工件 7，放入超声波清洗机进行清洗。

步骤八、将加工后工件 7 进行检测，其内表面质量达到预期目标，抛光加工结束。

本发明的工作原理如下：

两个流体加工单元夹持工件 7 的两端，同时流体加工单元内含有抛光液，抛光液在一定的压力下以一定的速度流过工件 7，通过抛光液中的磨粒对工件 7 内表面材料产生划擦、耕犁以及磨损作用，实现对工件 7 内表面的抛光。

磁控流体单元位于工件 7 的一侧，通过磁极 11 施加的磁场控制抛光液中的磁性颗粒沿磁力方向形成具有一定屈服强度的磁链，紧贴工件 7 内表面形成阻塞块，改变抛光液在该区域的实际流通口径，大幅提高抛光液在该处的流通速度，进而提高该区域的材料去除效率。

活塞缸 2 通过活塞缸支架 3 与工作平台 13 固定连接，用于确定活塞缸 2 位置并且提供支撑；工件 7 位于两个活塞缸 2 之间，保证活塞缸 2 内腔中的抛光液工作过程中可以呈直通型式经过工件 7 内表面；活塞 4 与活塞缸 2 内表面接触，且活塞 4 能够在活塞缸 2 内灵活移动，同时活塞 4 与活塞缸 2 内表面密封，保证抛光液能够在活塞 4 的作用下加压工作；活塞缸 2 出口与旋转件 5 连接，保证工件 7 旋转的情况下活塞缸 2 保持固定，便于活塞 4 工作；所述的旋转件 5

说明书

另一端与连接件 6 相连，连接件 6 另一端夹紧工件 7；所述的工件 7 两端分别连接一个连接件 6，保证整个装置密封性以及对工件 7 进行夹持确定其位置。

导轨 9 通过导轨支架 8 悬空位于工件 7 下方，导轨 9 轴向方向与工件 7 轴向方向相互平行，用于确定磁铁移动方向以及移动范围；所述的磁轭 10 通过下方的孔槽与导轨 9 相接触，可以在导轨 9 上进行直线移动；所述的磁铁固定在磁轭 10 上，确保可以在工件 7 下方直线移动，进而控制磁场范围；磁铁需尽量靠近工件 7，确保工件 7 中抛光液能够受到足够大的磁场力。

所述的工件 7 旋转运动通过转动旋转件 5 完成。所述的旋转件 5 分为两个部分，中间通过轴承连接，能够使其一段做旋转运动的同时另一段固定不动；所述的旋转件 5 一端连接活塞缸 2 保持固定不动，另一端通过连接件 6 与工件 7 相通，保证工件 7 可以和旋转件 5 一同转动。

磁铁可沿导轨 9 匀速运动，通过对工件 7 内表面轴线方向上各点进行磁控流场抛光，保证整个工件 7 内表面抛光的可控性以及均匀性。

本发明的一个实施例如下：

一种细长管内表面抛光方法，包括如下步骤：

步骤一、将抛光装置按流程顺序安装连接并检查装置气密性。

步骤二、工件 7 材料为不锈钢，内径 $\Phi 0.3\text{ mm}$ ，外径 $\Phi 0.6\text{ mm}$ ，内表面原始粗糙度为 $650\text{ }\mu\text{m}$ 。选取氧化铝为抛光介质，与水按 3:7 的质量比配制 200 mL 抛光液，将配置好的抛光液用磁力搅拌器搅拌 10 分钟，将搅拌均匀的抛光液吸入两个流体加工单元中的活塞缸 2 内腔中。

步骤三、将工件 7 经两个流体加工单元夹持固定在两者中间，工件 7 两端均通过连接件 6、旋转件 5 与活塞缸 2 的内腔连通，使得抛光液畅通进入工件 7 内部进行加工。

步骤四、依次推拉左右两侧的活塞杆 1，让抛光液在左右活塞缸 2 内腔和工件 7 内部快速运动，使抛光液流速达到 35 mL/s ，连续冲刷 1000 次；同时转动旋转件 5 使得工件 7 以 10 转每分钟的速度缓慢转动。

说明书

步骤五、加工结束，停止推动活塞杆 1，取下不锈钢工件 7，放入超声波清洗机进行清洗，并用气枪对其内表面进行干燥，去除其内残留的抛光液。

步骤六、对加工后工件 7 进行斜切，对截面处内表面进行表面质量检测，总体粗糙度 Ra 46 nm 左右，局部粗糙度最优达到 Ra 32 nm。

本发明的前后左右仅相对于图 1，不构成对本发明的任何限制。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，由于文字表达的有限性，而客观上存在无限的具体结构，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、润饰或变化，也可以将上述技术特征以适当的方式进行组合；这些改进润饰、变化或组合，或未经改进将申请的构思和技术方案直接应用于其它场合的，均应视为本发明的保护范围。

权利要求书

1、一种细长管内表面流体抛光装置，其特征在于：包括工作平台（13）、流体加工单元和磁控流体单元；所述的流体加工单元有两个，对称安装在工作平台（13）的左右两侧；细长管即工件（7）的左右两端分别与左右两侧的流体加工单元连接；

所述的磁控流体单元位于工件（7）的下侧，通过磁极（11）施加的磁场控制流体加工单元中抛光液内的磁性颗粒沿磁力方向形成具有一定屈服强度的磁链，吸附在工件（7）内表面形成局部阻塞块，减小抛光液在阻塞区域的实际流通口径；

所述的流体加工单元包括活塞（4）、活塞缸（2）、活塞杆（1）、旋转件（5）、连接件（6）和活塞缸支架（3），所述的活塞缸（2）通过活塞缸支架（3）与工作平台（13）固定连接，所述的活塞杆（1）的内端与活塞（4）固定连接、活塞杆（1）与活塞缸（2）外端的开口滑动连接；所述活塞（4）与活塞缸（2）内表面滑动连接，且活塞（4）内侧与活塞缸（2）内表面之间的腔体内灌注抛光液；所述的活塞缸（2）内端的出口与旋转件（5）的一端连接，所述的旋转件（5）另一端与连接件（6）连接，连接件（6）另一端通过内部卡扣卡紧工件（7）的一端；

所述的磁控流体单元包括磁铁、导轨（9）、导轨支架（8）和磁轭（10）；所述的导轨支架（8）位于工件（7）下方，与工件（7）平台固定连接；所述的导轨（9）安装在导轨支架（8）上，导轨（9）的轴向方向与工件（7）轴向方向相互平行；所述的磁轭（10）与导轨（9）滑动连接；所述的磁铁固定在磁轭（10）上；所述的磁铁与工件（7）之间的距离为 1-3 mm；

所述的旋转件（5）包括固定段和旋转段，所述的固定段和旋转段通过内部轴承连接，所述的固定段与活塞缸（2）连接、移动段通过连接件（6）与工件（7）连接。

2、根据权利要求 1 所述的一种细长管内表面流体抛光装置，其特征在于：所述的导轨（9）有三条，等间距安装于与工作平台（13）平行的平面内。

权利要求书

3、根据权利要求 1 所述的一种细长管内表面流体抛光装置，其特征在于：所述的磁铁有两块，两块磁铁结构相同、对称安装在工件（7）的前后两侧的磁轭（10）上，每块磁铁包括磁极（11）和磁极尖（12），两块磁铁与磁轭（10）构成上开口的等腰三角形结构，磁极尖（12）与工件（7）之间的距离为 1-3 mm。

4、根据权利要求 1 所述的一种细长管内表面流体抛光装置，其特征在于：所述的工件（7）的旋转速度为 6-20 转每分钟。

5、根据权利要求 1 所述的一种细长管内表面流体抛光装置，其特征在于：所述磁铁沿导轨（9）移动，对工件（7）内表面轴线方向上各点进行磁控流场抛光。

6、根据权利要求 1 所述的一种细长管内表面流体抛光装置，其特征在于：所述的抛光液内的抛光介质根据工件材料进行选择：工件材料为石英玻璃时选择氧化铈，工件材料为不锈钢时选择氧化铝，工件材料为铸铁时选择金刚石粉。

7、一种细长管内表面流体抛光方法，利用如权利要求 1 所述的细长管内表面流体抛光装置进行抛光，其特征在于：包括如下步骤：

步骤一、根据工件（7）材料选取合适的抛光介质配制抛光液，将配置好的抛光液搅拌均匀后吸入活塞缸（2）内腔中；

步骤二、通过螺纹连接将活塞缸（2）出口与旋转件（5）以及连接件（6）连通，连接件（6）通过其内部卡扣与工件（7）的两端连接，整体连接后检查密封性；

步骤三、将磁铁置于磁轭（10）上，使磁极尖（12）与工件（7）外壁的距离为 1-3 mm；

步骤四、通过外部传动装置转动旋转件（5），控制工件（7）转速在 6-20 转每分钟；

步骤五、通过外部推杆推动左右两端活塞杆（1）同步运动，保证一侧活塞缸（2）推出抛光液的同时另一侧活塞缸（2）内吸入抛光液，抛光液在活塞杆（1）的推动作用下来回冲刷工件（7）内表面，从而对工件（7）内表面进行抛

权利要求书

光加工；

步骤六、沿导轨（9）移动磁铁，吸附工件（7）内不同区域磁粉贴附管壁产生阻塞效果；

步骤七、加工结束，停止转动，取下工件（7），放入超声波清洗机进行清洗；

步骤八、将加工后工件（7）进行检测，其内表面质量达到预期目标，抛光加工结束。

说明书附图

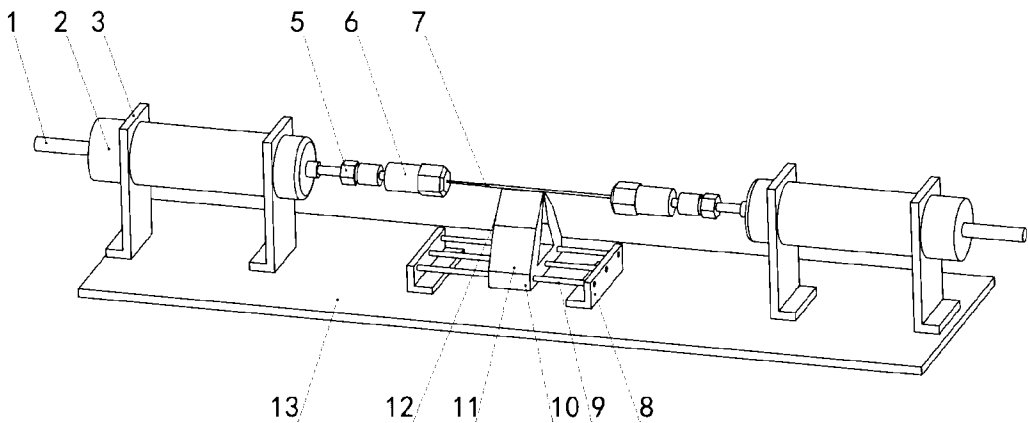


图 1

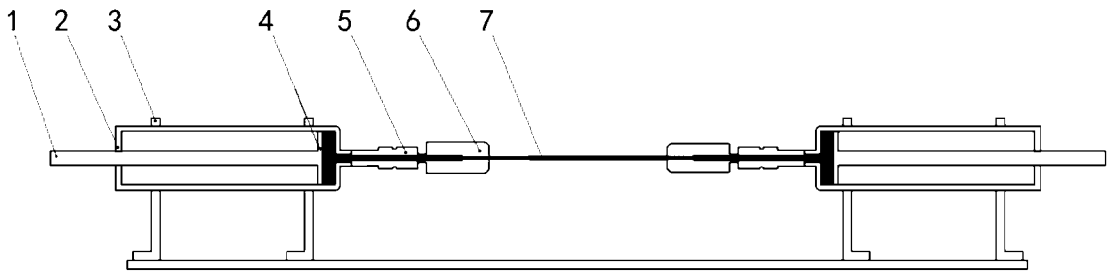


图 2

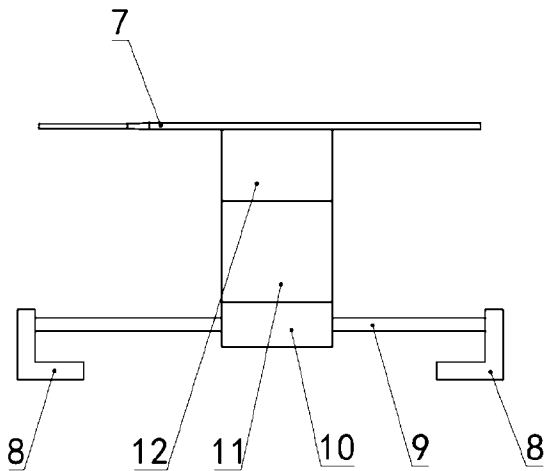


图 3

说明书附图

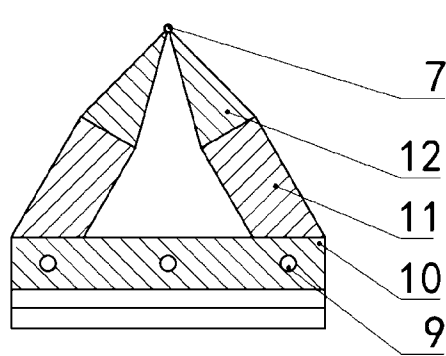


图 4

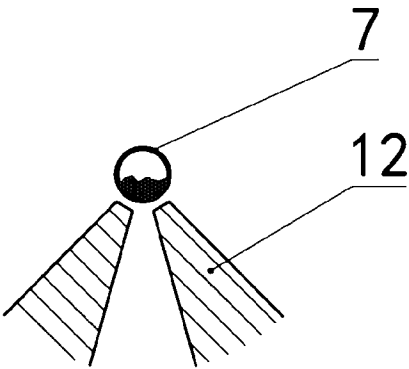


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/105108

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B24B1/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC: B24B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT, ENTXTC, WPABSC, VEN, CJFD: 磁控, 磁流变, 管, 活塞, 流体, 内壁, 细长管, 旋转, 液压, 增压, Magnetron, magnetorheological, tube, piston, fluid, inner w wall, elongated w tube, rotation, hydraulic, pressur+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116967850 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 31 October 2023 (2023-10-31) claims 1-7, description, paragraphs 44-80, and figures 1-5	1-7
A	CN 114888647 A (SHANDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 12 August 2022 (2022-08-12) description, paragraphs 12-17, and figures 1-5	1-7
A	CN 105881185 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 24 August 2016 (2016-08-24) see entire document	1-7
A	CN 205817470 U (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 December 2016 (2016-12-21) see entire document	1-7
A	CN 106938410 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY LIAONING) 11 July 2017 (2017-07-11) see entire document	1-7
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 01 November 2024		Date of mailing of the international search report 04 November 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/105108

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110202420 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 06 September 2019 (2019-09-06) see entire document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/105108

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	116967850	A	31 October 2023	None	
CN	114888647	A	12 August 2022	None	
CN	105881185	A	24 August 2016	None	
CN	205817470	U	21 December 2016	None	
CN	106938410	A	11 July 2017	None	
CN	110202420	A	06 September 2019	None	

A. 主题的分类

B24B1/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: B24B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTEXT, ENTXTC, WPABSC, VEN, CJFD: 磁控, 磁流变, 管, 活塞, 流体, 内壁, 细长管, 旋转, 液压, 增压, Magnetron, magnetorheological, tube, piston, fluid, inner w wall, elongated w tube, rotation, hydraulic, pressur+

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116967850 A (大连理工大学) 2023年10月31日 (2023 - 10 - 31) 权利要求1-7, 说明书第44-80段、图1-5	1-7
A	CN 114888647 A (山东理工大学) 2022年8月12日 (2022 - 08 - 12) 说明书第12-17段、图1-5	1-7
A	CN 105881185 A (广东工业大学) 2016年8月24日 (2016 - 08 - 24) 参见全文	1-7
A	CN 205817470 U (广东工业大学) 2016年12月21日 (2016 - 12 - 21) 参见全文	1-7
A	CN 106938410 A (辽宁科技大学) 2017年7月11日 (2017 - 07 - 11) 参见全文	1-7
A	CN 110202420 A (华中科技大学) 2019年9月6日 (2019 - 09 - 06) 参见全文	1-7

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“p” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年11月1日

国际检索报告邮寄日期

2024年11月4日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

李晋珩

电话号码 (+86) 010-62085462

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际申请号
PCT/CN2024/105108

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	116967850	A	2023年10月31日	无	
CN	114888647	A	2022年8月12日	无	
CN	105881185	A	2016年8月24日	无	
CN	205817470	U	2016年12月21日	无	
CN	106938410	A	2017年7月11日	无	
CN	110202420	A	2019年9月6日	无	