



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111299727 B

(45) 授权公告日 2021.05.18

(21) 申请号 202010159835.7

(22) 申请日 2020.03.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111299727 A

(43) 申请公布日 2020.06.19

(73) 专利权人 中国工程物理研究院机械制造工艺研究所

地址 621999 四川省绵阳市919信箱698分箱

(72) 发明人 张勇斌 荆奇 李飘庭 李建  
刘广民 李建原 张林 严广和  
袁伟然 胡波

(74) 专利代理机构 中国工程物理研究院专利中心 51210

代理人 张保朝 翟长明

(51) Int.Cl.

B23H 3/00 (2006.01)

B23H 3/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109482991 A, 2019.03.19

CN 101011765 A, 2007.08.08

JP H1158144 A, 1999.03.02

JP H05277837 A, 1993.10.26

CN 201168886 Y, 2008.12.24

CN 105195842 A, 2015.12.30

李飘庭等. 电极丝前置式射流电解加工仿真及初步实验研究.《哈尔滨大学学报》.2020,

审查员 郭新宇

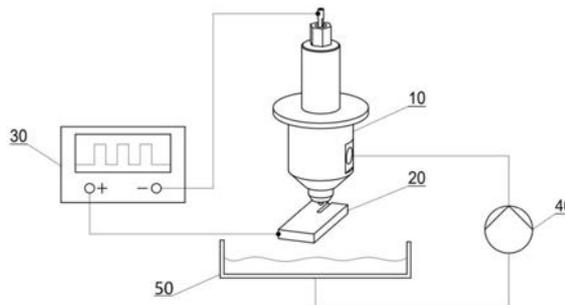
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种轴向冲液微细电解加工装置及加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种轴向冲液微细电解加工装置及加工方法。将引电杆的上端接脉冲电源的负极，工件阳极接脉冲电源的正极，使机床带动轴向冲液工具头靠近工件阳极，工具电极的作用端与工件阳极加工表面留有加工间隙，调整增压泵的压力使电解液沿工具电极的轴向冲液到工件阳极加工表面，使工具电极与工件阳极加工表面之间产生电解作用，直至在工件阳极加工表面上获得微细特征。该加工方法及加工装置可以有效促进加工间隙内电解产物和热量的排出，加快电解液的更新，同时避免了非轴向冲液造成的微细工具电极变形和振动。本发明的轴向冲液微细电解加工装置及加工方法能够实现小尺寸、大深宽比微结构特征的高效加工。



1. 一种轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的加工装置包括轴向冲液工具头(10)、工件阳极(20)、脉冲电源(30)、增压泵(40)和电解液槽(50);

所述的轴向冲液工具头(10)包括上腔体(13)、下腔体(14)、组合电极(15)、喷嘴(16)、压紧件II(18);

所述的上腔体(13)的底部敞开,上腔体(13)的顶部开有通孔;

所述的轴向冲液工具头(10)还包括止水塞(12),所述的通孔内部设有内螺纹段,内螺纹段底部设有止水塞环形台阶,止水塞(12)安装于通孔内部的止水塞环形台阶上,止水塞(12)顶端放置有压紧件I(11);

所述的下腔体(14)的顶部敞开,下腔体(14)的侧壁开有电解液入口(141);下腔体(14)底部设有凸台,凸台中心开有电解液出口(142),喷嘴(16)安装在电解液出口(142)的下端。

2. 根据权利要求1所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的喷嘴(16)与电解液出口(142)之间采用间隙配合,且通过O型圈(17)密封。

3. 根据权利要求1所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的压紧件II(18)与下腔体(14)螺纹连接,并将喷嘴(16)固定在下腔体(14)的底部。

4. 根据权利要求1所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的组合电极(15)包括引电杆(151)、固定盘(152)和工具电极(153)。

5. 根据权利要求4所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的固定盘(152)的顶部中心开有与引电杆(151)螺纹连接的螺纹孔,固定盘(152)的底部中心开有与工具电极(153)螺纹连接的螺纹孔,固定盘(152)的中部为盘面,盘面上开有过水孔。

6. 根据权利要求4所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:工具电极(153)包括作用端(1532),作用端(1532)的上部设有轴套(1531),轴套(1531)支撑在喷嘴(16)的尾部中心;所述的轴套(1531)上开有过水槽。

7. 根据权利要求4所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的上腔体(13)的底部外侧壁开有外螺纹,下腔体(14)顶部内侧壁开有内螺纹,下腔体(14)的顶部内部设有固定盘环形台阶,固定盘(152)的盘面置于固定盘环形台阶上,上腔体(13)通过螺纹与下腔体(14)进行连接并将固定盘(152)的盘面压紧在固定盘环形台阶上。

8. 根据权利要求6所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:压紧件I(11)、止水塞(12)、引电杆(151)、固定盘(152)、工具电极(153)、电解液出口、轴套(1531)、喷嘴(16)、压紧件II(18)和作用端(1532)均同轴布置。

9. 根据权利要求6所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的作用端(1532)的直径小于等于 $100\mu\text{m}$ 。

10. 根据权利要求1所述的轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的增压泵(40)的压力为 $0.6\text{MPa}\sim 1\text{MPa}$ 。

11. 一种轴向冲液微细电解加工方法,其特征在于:所述的方法包括以下步骤:

a. 将喷嘴(16)安装在下腔体(14)的电解液出口内,使用压紧件II(18)将喷嘴(16)固定;

b. 将引电杆(151)安装在固定盘(152)的上方,工具电极(153)安装在固定盘(152)的下方,组装为组合电极(15);

c. 将组合电极(15)的引电杆(151)的上端穿过上腔体(13)、止水塞(12)和压紧件I

(11)；

d. 将组合电极(15)的工具电极(153)的作用端穿过下腔体的电解液出口和喷嘴(16)，并使工具电极(153)的作用端伸出喷嘴；

e. 连接下腔体(14)与上腔体(13)，形成封闭空腔；

f. 将引电杆(151)的上端接脉冲电源(30)的负极，工件阳极(20)接脉冲电源(30)的正极，引电杆(151)、固定盘(152)和工具电极(153)依次电连接；

g. 增压泵(40)的输出端与下腔体(14)的电解液入口(141)通过供液管连接，增压泵(40)的输入端与电解液槽(50)通过供液管连接；

h. 使轴向冲液工具头(10)靠近工件阳极(20)，工具电极(153)的作用端与工件阳极(20)加工表面留有加工间隙，调整增压泵(40)的压力使电解液沿工具电极(153)的轴向冲液到工件阳极(20)加工表面，使工具电极(153)与工件阳极(20)加工表面之间产生电解作用，直至在工件阳极加工表面上获得微细特征。

12. 根据权利要求11所述的轴向冲液微细电解加工方法，其特征在于：步骤(a)中，压紧件II(18)与下腔体(14)通过螺纹连接。

13. 根据权利要求11所述的轴向冲液微细电解加工方法，其特征在于：步骤(b)中，引电杆(151)与固定盘(152)通过螺纹连接，工具电极(153)与固定盘(152)通过螺纹连接。

14. 根据权利要求11所述的轴向冲液微细电解加工方法，其特征在于：步骤(c)中，压紧件I(11)与上腔体(13)通过螺纹连接。

15. 根据权利要求11所述的轴向冲液微细电解加工方法，其特征在于：步骤(e)中，下腔体(14)与上腔体(13)通过螺纹连接。

## 一种轴向冲液微细电解加工装置及加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于微细电解加工技术领域,具体涉及一种轴向冲液微细电解加工装置及加工方法。

### 背景技术

[0002] 随着工业制造业的迅速发展,微结构特征在航空航天、医疗、武器装备、微型器件等领域的需求越来越多,大量带有微结构特征的零件被设计出来,对微细加工领域提出了更高的要求。电解加工方法因具有无刀具损耗、无毛刺、无热影响区、效率高和不受材料强度和硬度影响等优点,且理论上能够实现阳极材料的原子级溶解去除,被认为是一种极具潜力的加工方法。

[0003] 微细电解加工技术是一种针对微结构特征加工的电解加工方法,其一般采用窄脉宽,低电压和较小的加工间隙(一般为几微米到几十微米),通过微细工具电极对工件进行电解铣削或钻孔加工,具有加工精度高,加工表面质量好等优势。但是由于加工间隙小,电解产物排出困难,特别是随着加工深度的增大,电解液的更新更加缓慢,加工无法继续进行,因此难以实现高深宽比微小特征的加工,同时也严重影响了加工效率。为了促进电解产物的排出和电解液的更新,研究人员提出了使用具有微结构排屑槽的电极进行加工的方法、侧向冲液的方法、电极间歇回退的方法、电极偏心轨迹运动的方法和中空电极高压冲液等方法。这些方法能够在一定程度上促进加工间隙电解产物的排出和电解液的更新,提升加工效率和增大加工深度。但是,具有微结构排屑槽的电极的制造难度较大;侧向冲液的方法的容易造成电极抖动,因此冲液速度有限,加工深度仍然受限;电极回退造成的重复进给会降低加工精度;电极偏心轨迹运动方法不适用于加工直径较小的微细孔;中空电极高压冲液的方法受限于中空电极的外径,也不适用于加工直径较小的微细孔。

[0004] 当前,还需要解决微细电解加工中电解产物排出困难和电解液更新缓慢的问题。进一步提升微细电解加工尺寸更小和深宽比更高的微小特征的能力和加工效率。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供一种电解产物容易排出和电解液更新迅速的轴向冲液微细电解加工方法。

[0006] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种轴向冲液微细电解加工装置,其特征在于:所述的加工装置包括轴向冲液工具头、工件阳极、脉冲电源、增压泵和电解液槽。

[0008] 优选的,所述的轴向冲液工具头包括上腔体、下腔体、组合电极、喷嘴、压紧件II。

[0009] 优选的,所述的上腔体的底部敞开,上腔体的顶部开有通孔。

[0010] 优选的,所述的轴向冲液工具头还包括止水塞,所述的通孔内部设有内螺纹段,内螺纹段底部设有止水塞环形台阶,止水塞安装于通孔内部的止水塞环形台阶上,止水塞顶端放置有压紧件I。

- [0011] 优选的,所述的下腔体的顶部敞开,下腔体的侧壁开有电解液入口;下腔体底部设有凸台,凸台中心开有电解液出口,喷嘴安装在电解液出口的下端。
- [0012] 优选的,所述的喷嘴与电解液出口之间采用间隙配合,且通过O型圈密封。
- [0013] 优选的,所述的压紧件II与下腔体螺纹连接,并将喷嘴固定在下腔体的底部。
- [0014] 优选的,所述的组合电极包括引电杆、固定盘和工具电极。
- [0015] 优选的,所述的固定盘的顶部中心开有与引电杆螺纹连接的螺纹孔,固定盘的底部中心开有与工具电极螺纹连接的螺纹孔,固定盘的中部为盘面,盘面上开有过水孔。
- [0016] 优选的,工具电极包括作用端,作用端的上部设有轴套,轴套支撑在喷嘴的尾部中心;所述的轴套上开有过水槽。
- [0017] 优选的,所述的上腔体的底部外侧壁开有外螺纹,下腔体顶部内侧壁开有内螺纹,下腔体的顶部内部设有固定盘环形台阶,固定盘的盘面置于固定盘环形台阶上,上腔体通过螺纹与下腔体进行连接并将固定盘的盘面压紧在固定盘环形台阶上。
- [0018] 优选的,所述的压紧件I、止水塞、引电杆、固定盘、工具电极、电解液出口、轴套、喷嘴、压紧件II和作用端均同轴布置。
- [0019] 优选的,所述的作用端的直径小于等于 $100\mu\text{m}$ 。
- [0020] 优选的,所述的增压泵的压力为 $0.6\text{MPa}\sim 1\text{MPa}$ 。
- [0021] 本发明还提供如下技术方案:
- [0022] 一种轴向冲液微细电解加工方法,所述的方法包括以下步骤:
- [0023] a.将喷嘴安装在下腔体的电解液出口内,使用压紧件II将喷嘴固定;
- [0024] b.将引电杆安装在固定盘的上方,工具电极安装在固定盘的下方,组装为组合电极;
- [0025] c.将组合电极的引电杆的上端穿过上腔体、止水塞和压紧件I;
- [0026] d.将组合电极的工具电极的作用端穿过下腔体的电解液出口和喷嘴,并使工具电极的作用端伸出喷嘴;
- [0027] e.连接下腔体与上腔体,形成封闭空腔;
- [0028] f.将引电杆的上端接脉冲电源的负极,工件阳极接脉冲电源的正极,引电杆、固定盘和工具电极依次电连接;
- [0029] g.所述的增压泵的输出端与下腔体的电解液入口通过供液管连接,增压泵的输入端与电解液槽通过供液管连接;
- [0030] h.使轴向冲液工具头靠近工件阳极,工具电极的作用端与工件阳极加工表面留有加工间隙,调整增压泵的压力使电解液沿工具电极的轴向冲液到工件阳极加工表面,使工具电极与工件阳极加工表面之间产生电解作用,直至在工件阳极加工表面上获得微细特征。
- [0031] 优选的,步骤(a)中,压紧件II与下腔体通过螺纹连接。
- [0032] 优选的,步骤(b)中,引电杆与固定盘通过螺纹连接,工具电极与固定盘通过螺纹连接。
- [0033] 优选的,步骤(c)中,压紧件I与上腔体通过螺纹连接。
- [0034] 优选的,步骤(e)中,下腔体与上腔体通过螺纹连接。
- [0035] 与现有技术相比,本发明的轴向冲液微细电解加工装置采用沿微细工具电极轴向

的冲液方式,有利于迅速带走微细电解加工区域产生的电解产物和热量,及时更新加工间隙内的电解液。能够有效避免非轴向冲液造成的微细工具电极变形和振动对加工精度的不利影响,同时电解液包裹在工具电极的外部,对工具电极的直径没有限制,工具电极的直径可以达到较小的水平,有利于加工尺寸更小的微结构特征。本发明的轴向冲液微细电解加工方法实现了小尺寸、大深宽比微结构特征的加工,具有高效率 and 成本低的优点。

### 附图说明

[0036] 通过以下参照附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优点将更为清楚,在附图中:

[0037] 图1为本发明的轴向冲液微细电解加工装置结构示意图;

[0038] 图2为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的轴向冲液工具头的纵向剖面示意图;

[0039] 图3为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的轴向冲液工具头的局部剖视图;

[0040] 图4为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的下腔体示意图;

[0041] 图5为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的下腔体纵向剖面示意图;

[0042] 图6为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的组合电极结构示意图;

[0043] 图7为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的工具电极结构示意图

[0044] 图8为本发明的轴向冲液微细电解加工装置中的工具电极的轴套的结构示意图。

[0045] 图中,10.轴向冲液工具头 20.工件阳极 30.脉冲电源 40.增压泵;50.电解液槽;11.压紧件I 12.止水塞 13.上腔体 14.下腔体 15.组合电极 16.喷嘴 17.0型圈 18.压紧件II;

[0046] 141.电解液入口 142.电解液出口;

[0047] 151.引电杆 152.固定盘 153.工具电极;

[0048] 1531.轴套 1532.作用端。

### 具体实施方式

[0049] 下面结合附图和实施例详细说明本发明。

[0050] 一种轴向冲液微细电解加工装置,所述的加工装置包括轴向冲液工具头10、工件阳极20、脉冲电源30、增压泵40和电解液槽50。

[0051] 在一个优选的实施例中,所述的轴向冲液工具头10包括上腔体13、下腔体14、组合电极15、喷嘴16、压紧件II18。

[0052] 所述的上腔体13的底部敞开,上腔体13的顶部开有通孔。

[0053] 所述的轴向冲液工具头10还包括止水塞12,所述上腔体13的通孔内部设有内螺纹段,内螺纹段底部设有止水塞环形台阶,止水塞12安装于通孔内部的止水塞环形台阶上,止水塞12顶端放置有压紧件I11,压紧件I通过螺纹将止水塞12压紧在止水塞环形台阶上,螺纹还可以为其他机械连接方式。

[0054] 所述的下腔体14的顶部敞开,下腔体14的侧壁开有电解液入口141;下腔体14底部设有凸台,凸台中心开有电解液出口142,喷嘴16安装在电解液出口142的下端。

[0055] 所述的喷嘴16与电解液出口142之间采用间隙配合,且通过0型圈17密封,0型圈可

采用橡胶材质。

[0056] 所述的压紧件II18与下腔体14螺纹连接,并将喷嘴16固定在下腔体14的底部。

[0057] 所述的组合电极15包括引电杆151、固定盘152和工具电极153。

[0058] 所述的固定盘152的顶部中心开有与引电杆151螺纹连接的螺纹孔,固定盘152的底部中心开有与工具电极153螺纹连接的螺纹孔,固定盘152的中部为盘面,盘面上开有过水孔,电解液自由穿越过水孔,引电杆151从上腔体13的底部插入上腔体13,穿过止水塞12和压紧件I11,从上腔体13的顶部穿出,引电杆151被止水塞12抱紧固定,工具电极153从下腔体14的顶部插入下腔体14,穿过下腔体14的电解液出口142和喷嘴16,工具电极153的作用端1532穿出喷嘴16。

[0059] 所述的工具电极153包括作用端1532,作用端1532的上部设有轴套1531,轴套1531支撑在喷嘴16的尾部中心;所述的轴套1531上开有过水槽,过水槽使电解液能够轴向从工具电极153周围流出喷嘴16。

[0060] 所述的上腔体13的底部外侧壁开有外螺纹,下腔体14顶部内侧壁开有内螺纹,下腔体14的顶部内部设有固定盘环形台阶,固定盘152的盘面置于固定盘环形台阶上,上腔体13通过螺纹与下腔体14进行连接并将固定盘152的盘面压紧在固定盘环形台阶上。

[0061] 所述的压紧件I11、止水塞12、引电杆151、固定盘152、工具电极153、电解液出口141、轴套1531、喷嘴16、压紧件II18和作用端1532均同轴布置。

[0062] 所述的作用端1532的直径小于等于100 $\mu\text{m}$ 。

[0063] 本发明还提供如下技术方案:

[0064] 一种轴向冲液微细电解加工方法,该方法包括以下步骤:

[0065] i.将喷嘴16安装在下腔体14的电解液出口内,使用压紧件II18将喷嘴16固定;

[0066] j.将引电杆151安装在固定盘152的上方,工具电极153安装在固定盘152的下方,组装为组合电极15;

[0067] k.将组合电极15的引电杆151的上端穿过上腔体13、止水塞12和压紧件I11;

[0068] l.将组合电极15的工具电极153的作用端穿过下腔体的电解液出口和喷嘴16,并使工具电极153的作用端伸出喷嘴;

[0069] m.连接下腔体14与上腔体13,形成封闭空腔;

[0070] n.将引电杆151的上端接脉冲电源30的负极,工件阳极20接脉冲电源30的正极,引电杆151、固定盘152和工具电极153依次电连接;

[0071] o.所述的增压泵40的输出端与下腔体14的电解液入口141通过供液管连接,增压泵40的输入端与电解液槽50通过供液管连接;

[0072] p.使轴向冲液工具头10靠近工件阳极20,工具电极153的作用端与工件阳极20加工表面留有加工间隙,调整增压泵40的压力使电解液沿工具电极153的轴向冲液到工件阳极20加工表面,使工具电极153与工件阳极20加工表面之间产生电解作用,直至在工件阳极加工表面上获得微细特征。

[0073] 步骤a中,压紧件II与下腔体通过螺纹连接。

[0074] 步骤b中,引电杆与固定盘通过螺纹连接,工具电极与固定盘通过螺纹连接。

[0075] 步骤c中,压紧件I与上腔体通过螺纹连接。

[0076] 步骤e中,下腔体14与上腔体13通过螺纹连接。

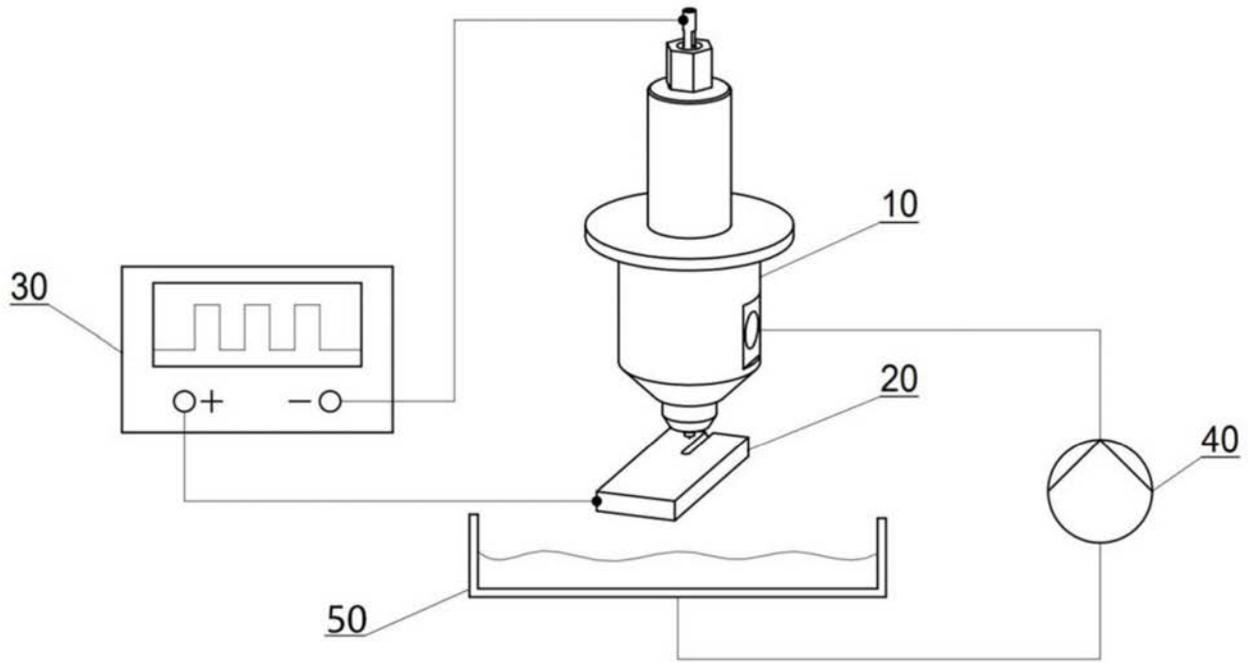


图1

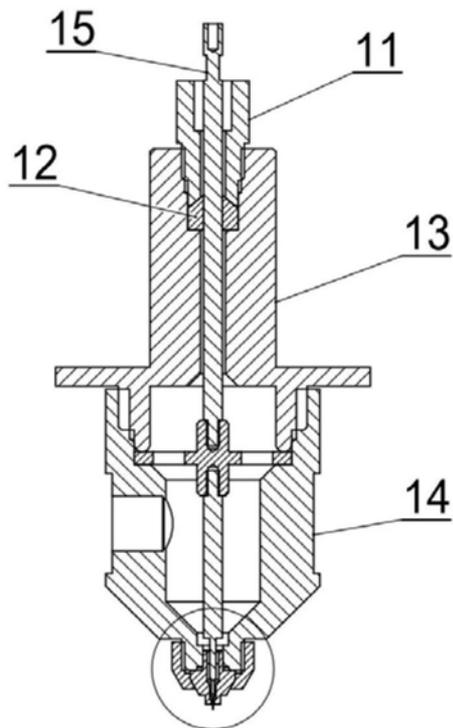


图2

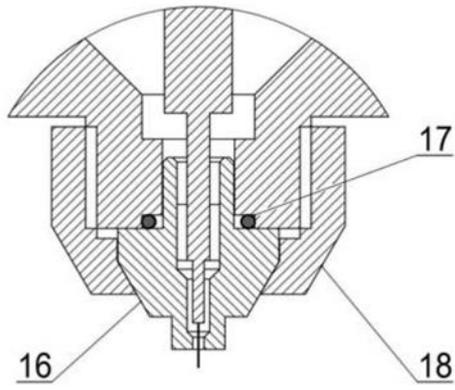


图3

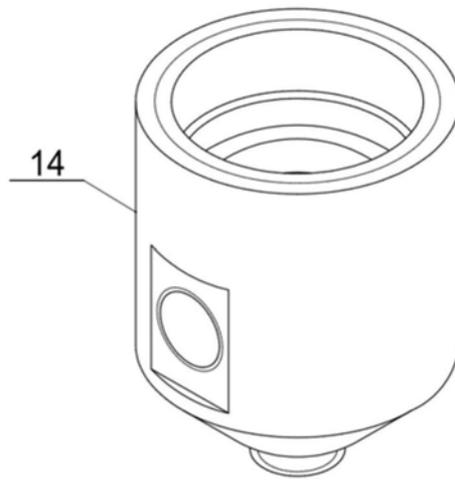


图4

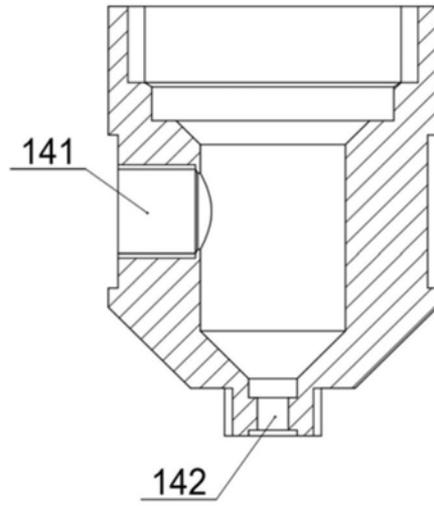


图5

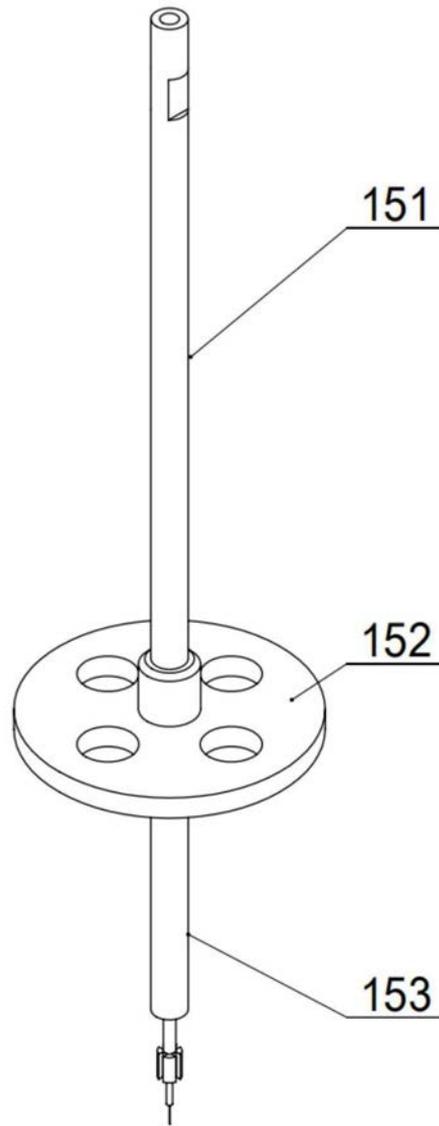


图6

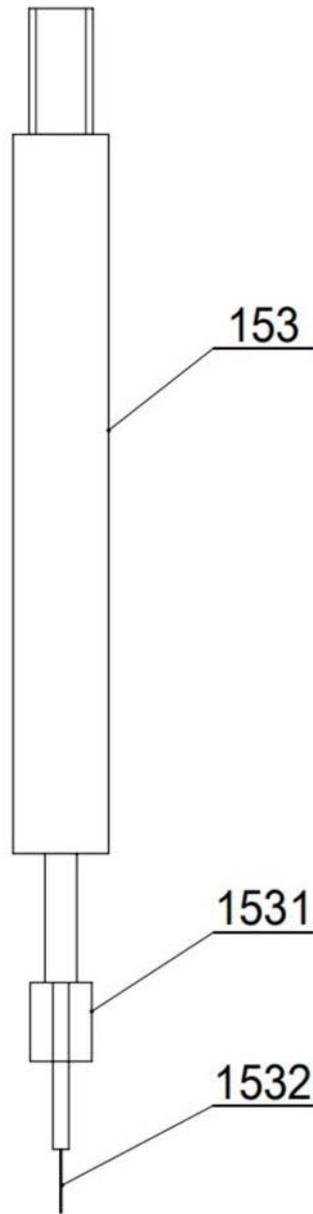


图7

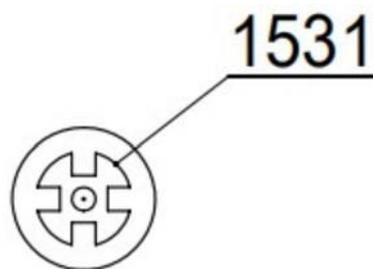


图8