



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116512006 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 01

(21) 申请号 202310177137.3

(22) 申请日 2023.02.28

(71) 申请人 北方工业大学

地址 100044 北京市石景山区晋元庄5号

(72) 发明人 张翰明 王晶晶 徐宏海 李振坤

王虎军

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有

限公司 11260

专利代理师 赵镇勇 郑立明

(51) Int. Cl.

B24B 1/04 (2006.01)

B24B 1/00 (2006.01)

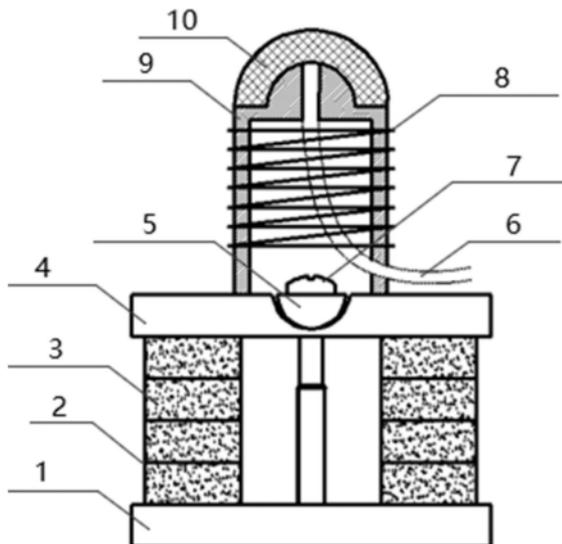
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法,包括夹心式超声换能器组件和运动打磨组件,夹心式超声换能器组件包括前驱动器、压电晶片、电极、后驱动器,运动打磨组件包括变幅杆、输送管、励磁线圈、打磨头。夹心式超声换能器组件与运动打磨组件通过半圆支点和预紧螺栓连接。左右两组压电晶片并联,在输入电流激励下,两组压电晶片交替伸缩振动使打磨头顶点形成椭圆运动。磁流变抛光液通过输送管泵入打磨头,在励磁线圈产生的梯度磁场作用下,磁流变抛光液中磁性颗粒组成链状结构,夹持磨粒在打磨头的椭圆运动下对结构件表面进行去材料加工。能够在一次装夹后同时完成修形和光整加工。既能够保证高精度表面处理要求,同时还适用于对变曲率曲面的加工。



1. 一种超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,其特征在于,包括夹心式超声换能器组件和运动打磨组件;

所述夹心式超声换能器组件包括前驱动器(4)和后驱动器(1),所述前驱动器(4)与后驱动器(1)之间设有压电晶片(3)和电极(2),所述后驱动器(1)的轴心部位上表面固定有连接杆,并在连接杆的上端设有螺孔,所述前驱动器(4)的轴心部位上表面设有半圆形凹槽,并在凹槽底部设有通孔,半圆支点(5)置于凹槽中并用预紧螺栓(7)与连接杆顶端连接;

所述运动打磨组件包括变幅杆(9),所述变幅杆(9)的前端设有打磨头(10),所述打磨头连接有磁流变液磨的输送管(6),所述变幅杆(9)外部缠绕有励磁线圈(8),所述变幅杆(9)的下端固定在所述前驱动器(4)上,且变幅杆(9)与夹心式超声换能器组件在初始状态下轴线重合。

2. 根据权利要求1所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,其特征在于,所述压电晶片(3)分左右两组,左右两组压电晶片并联。

3. 根据权利要求2所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,其特征在于,所述的磁流变液为磁流变抛光液,由直径纳米级的磁性颗粒、微米级的抛光颗粒以及混有分散剂、触变剂的基载液配比而成。

4. 根据权利要求2所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,其特征在于,所述的打磨头(10)采用泡沫金属材料制作,便于磁流变抛光液的流动以及磨粒吸附在打磨头的表面。

5. 根据权利要求2所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,其特征在于,所述的变幅杆(9)采用高导磁性材料制作。

6. 一种权利要求1至5任一项所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置的加工方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1、给励磁线圈单独通电,在励磁线圈与变幅杆构成的电磁铁下产生梯度磁场;

步骤S2、通过输送管将磁流变抛光液泵入打磨头,流进打磨头的孔隙中,在梯度磁场的作用下,磁性颗粒排列整齐并在打磨头的表面形成链状结构夹持着磨粒;

步骤S3、两路具有一定的相位差的激励信号经放大分别接入两组压电晶片,则压电晶片交替伸缩使变幅杆带动打磨头,在其顶点形成椭圆运动,实现对待加工表面的修形和光整加工;

步骤S4、加工过程中通过调整励磁线圈电压可以改变打磨头弹性模量,电压越高则材料去除率越高;

步骤S5、加工过程中调整压电晶片两组激励信号的频率、相位和幅值,则打磨头振动频率、轨迹和振幅将发生改变;

步骤S6、撤去超声换能器两组压电晶片和励磁线圈的输入电流,磁流变磨抛装置的加工停止。

7. 根据权利要求6所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工方法,其特征在于,所述步骤S2中通过控制输向励磁线圈(8)的电压,控制梯度磁场强度,形成弹性模量不同的柔性类固体。

8. 根据权利要求6所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工方法,其特征在于,所述步骤S3中两组压电晶片(3)交替伸缩使打磨头模拟砂轮运动。

9. 根据权利要求6所述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工方法,其特征在于,该方法应用于表面精加工领域,能够在一次装夹后同时完成修形和光整加工。

## 一种超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种表面精加工技术,尤其涉及一种超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法。

### 背景技术

[0002] 曲面构件在制造业领域应用广泛,曲面结构的形状和表面的质量直接影响产品整体性能,零件制造过程中的磨削和抛光是保证加工表面质量必不可少的工艺,在曲面精度要求较高的情况下,传统加工工艺精度难以满足要求,而磁流变抛光是一种新型的超精密加工技术,可以实现对磨削和抛光过程的精确控制。

[0003] 磁流变液是由可磁化颗粒均匀分散在特定载体基液和添加剂中所形成的特殊悬浮体系。无外加磁场作用时,磁性微粒无规则分布,磁流变液为可流动液体状态;有外加磁场作用时,磁性微粒呈链状分布,其流变特性急剧转变,表现为类似固体的性质;撤除磁场后,又会立刻恢复原液体性质。

[0004] 磁流变抛光技术正是利用磁流变抛光液在梯度磁场中发生流变而形成的具有粘塑行为的柔性打磨头与工件之间快速的相对运动,使工件表面受到很大的剪切力,从而使工件表面材料被去除。磁流变抛光技术是介于接触式与非接触式之间的一种抛光方法,与传统的抛光技术相比磁流变液抛光技术中的抛光力是通过可以精确控制的表面剪切应力提供的,具有抛光精度高,无刀具磨损、堵塞现象,去除率高且不引入亚表面损伤等优点。

[0005] 现有技术中,中国专利CN1613605A公开了一种超声波磁流变复合抛光方法及装置,其技术特征为:使打磨头表面的磁流变抛光液在磁场的作用下变为半固体状,形成柔性抛光头,随打磨头旋转并作高频振动。该发明的结构较为复杂,并且对于变曲率曲面的磨削和抛光具有局限性。

[0006] 有鉴于此,特提出本发明。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供了一种超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法,以解决现有技术中存在的上述技术问题。

[0008] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0009] 本发明的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,包括夹心式超声换能器组件和运动打磨组件;

[0010] 所述夹心式超声换能器组件包括前驱动器4和后驱动器1,所述前驱动器4与后驱动器1之间设有压电晶片3和电极2,所述后驱动器1的轴心部位上表面固定有连接杆,并在连接杆的上端设有螺孔,所述前驱动器4的轴心部位上表面设有半圆形凹槽,并在凹槽底部设有通孔,半圆支点5置于凹槽中并用预紧螺栓7与连接杆顶端连接;

[0011] 所述运动打磨组件包括变幅杆9,所述变幅杆9的前端设有打磨头10,所述打磨头连接有磁流变液磨的输送管6,所述变幅杆9外部缠绕有励磁线圈8,所述变幅杆9的下端固

定在所述前驱动器4上,且变幅杆9与夹心式超声换能器组件在初始状态下轴线重合。

[0012] 本发明的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置的加工方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤S1、给励磁线圈单独通电,在励磁线圈与变幅杆构成的电磁铁下产生梯度磁场;

[0014] 步骤S2、通过输送管将磁流变抛光液泵入打磨头,流进打磨头的孔隙中,在梯度磁场的作用下,磁性颗粒排列整齐并在打磨头的表面形成链状结构夹持着磨粒;

[0015] 步骤S3、两路具有一定的相位差的激励信号经放大分别接入两组压电晶片,则压电晶片交替伸缩使变幅杆带动打磨头,在其顶点形成椭圆运动,实现对待加工表面的修形和光整加工;

[0016] 步骤S4、加工过程中通过调整励磁线圈电压可以改变打磨头弹性模量,电压越高则材料去除率越高;

[0017] 步骤S5、加工过程中调整压电晶片两组激励信号的频率、相位和幅值,则打磨头振动频率、轨迹和振幅将发生改变;

[0018] 步骤S6、撤去超声换能器两组压电晶片和励磁线圈的输入电流,磁流变磨抛装置的加工停止。

[0019] 与现有技术相比,本发明所提供的,超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法,左右两组压电晶片并联,在输入电流激励下,两组压电晶片交替伸缩振动使打磨头顶点形成椭圆运动。磁流变抛光液通过输送管泵入打磨头,在励磁线圈产生的梯度磁场下作用磁流变抛光液中磁性颗粒组成链状结构,夹持磨粒在打磨头的椭圆运动下对结构件表面进行去材料加工。能够在一次装夹后同时完成修形和光整加工。

## 附图说明

[0020] 图1a、图1b分别为本发明实施例提供的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置的正面和侧面结构示意图。

[0021] 图2为本发明实施例超声换能器的左右两组压电晶片通电后,打磨头顶点在两组压电晶片交替伸缩中形成的椭圆运动示意图。

[0022] 图3为本发明实施例励磁线圈产生的梯度磁场后,磁性颗粒组成链状结构的示意图。

[0023] 图中:

[0024] 1-后驱动器,2-电极,3-压电晶片,4-前驱动器,5-半圆支点,6-输送管,7-预紧螺栓,8-励磁线圈,9-变幅杆,10-打磨头;

[0025] 11-运动轨迹,12-磁性颗粒,13-磨粒,14-被加工件。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述;显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例,这并不构成对本发明的限制。基于本发明的实施例,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,都属于本发明的保护范围。

[0027] 首先对本文中可能使用的术语进行如下说明:

[0028] 术语“和/或”是表示两者任一或两者同时均可实现,例如,X和/或Y表示既包括“X”或“Y”的情况也包括“X和Y”的三种情况。

[0029] 术语“包括”、“包含”、“含有”、“具有”或其它类似语义的描述,应被解释为非排它性的包括。例如:包括某技术特征要素(如原料、组分、成分、载体、剂型、材料、尺寸、零件、部件、机构、装置、步骤、工序、方法、反应条件、加工条件、参数、算法、信号、数据、产品或制品等),应被解释为不仅包括明确列出的某技术特征要素,还可以包括未明确列出的本领域公知的其它技术特征要素。

[0030] 术语“由……组成”表示排除任何未明确列出的技术特征要素。若将该术语用于权利要求中,则该术语将使权利要求成为封闭式,使其不包含除明确列出的技术特征要素以外的技术特征要素,但与其相关的常规杂质除外。如果该术语只是出现在权利要求的某子句中,那么其仅限定在该子句中明确列出的要素,其他子句中所记载的要素并不被排除在整体权利要求之外。

[0031] 除另有明确的规定或限定外,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如:可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。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文中的具体含义。

[0032] 术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述和简化描述,而不是明示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本文的限制。

[0033] 本发明实施例中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。本发明实施例中未注明具体条件者,按照本领域常规条件或制造商建议的条件进行。本发明实施例中所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0034] 本发明的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置,包括夹心式超声换能器组件和运动打磨组件;

[0035] 所述夹心式超声换能组件包括前驱动器4和后驱动器1,所述前驱动器4与后驱动器1之间设有压电晶片3和电极2,所述后驱动器1的轴心部位上表面固定有连接杆,并在连接杆的上端设有螺孔,所述前驱动器4的轴心部位上表面设有半圆形凹槽,并在凹槽底部设有通孔,半圆支点5置于凹槽中并用预紧螺栓7与连接杆顶端连接;

[0036] 所述运动打磨组件包括变幅杆9,所述变幅杆9的前端设有打磨头10,所述打磨头连接有磁流变液磨的输送管6,所述变幅杆9外部缠绕有励磁线圈8,所述变幅杆9的下端固定在所述前驱动器4上,且变幅杆9与夹心式超声换能器组件在初始状态下轴线重合。

[0037] 所述压电晶片3分左右两组,左右两组压电晶片并联。

[0038] 所述的磁流变液为磁流变抛光液,由直径纳米级的磁性颗粒、微米级的抛光颗粒以及混有分散剂、触变剂的基载液配比而成。

[0039] 所述的打磨头10采用泡沫金属材料制作,便于磁流变抛光液的流动以及磨粒吸附在打磨头的表面。

- [0040] 所述的变幅杆9采用高导磁性材料制作。
- [0041] 上述的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置的加工方法,包括以下步骤:
- [0042] 步骤S1、给励磁线圈单独通电,在励磁线圈与变幅杆构成的电磁铁下产生梯度磁场;
- [0043] 步骤S2、通过输送管将磁流变抛光液泵入打磨头,流进打磨头的孔隙中,在梯度磁场的作用下,磁性颗粒排列整齐并在打磨头的表面形成链状结构夹持着磨粒;
- [0044] 步骤S3、两路具有一定的相位差的激励信号经放大分别接入两组压电晶片,则压电晶片交替伸缩使变幅杆带动打磨头,在其顶点形成椭圆运动,实现对待加工表面的修形和光整加工;
- [0045] 步骤S4、加工过程中通过调整励磁线圈电压可以改变打磨头弹性模量,电压越高则材料去除率越高;
- [0046] 步骤S5、加工过程中调整压电晶片两组激励信号的频率、相位和幅值,则打磨头振动频率、轨迹和振幅将发生改变;
- [0047] 步骤S6、撤去超声换能器两组压电晶片和励磁线圈的输入电流,磁流变磨抛装置的加工停止。
- [0048] 所述步骤S2中通过控制通向励磁线圈8的电压,控制梯度磁场强度,形成弹性模量不同的柔性类固体。
- [0049] 所述步骤S3中两组压电晶片3交替伸缩使打磨头模拟砂轮运动。
- [0050] 该方法应用于表面精加工领域,能够在一次装夹后同时完成修形和光整加工。
- [0051] 综上所述,本发明实施例的超声辅助磁流变液磨抛一体化加工装置及方法,所述加工装置包括夹心式超声换能器组件和运动打磨组件,夹心式超声换能器组件包括前驱动器、压电晶片、电极、后驱动器,运动打磨组件包括变幅杆、输送管、励磁线圈、打磨头。夹心式超声换能器组件与运动打磨组件通过半圆支点和预紧螺栓连接。左右两组压电晶片并联,在输入电流激励下,两组压电晶片交替伸缩振动使打磨头顶点形成椭圆运动。磁流变抛光液通过输送管泵入打磨头,在励磁线圈产生的梯度磁场下作用磁流变抛光液中磁性颗粒组成链状结构,夹持磨粒在打磨头的椭圆运动下对结构件表面进行去材料加工。本发明创造性提出一种磨抛一体化加工装置及方法,能够在一次装夹后同时完成修形和光整加工。既能够保证高精度表面处理要求,同时还适用于对变曲率曲面的加工。
- [0052] 本发明中:
- [0053] 所述打磨头采用高磁导率的泡沫金属材料制作,如泡沫铁、泡沫镍,泡沫材料的平均孔隙大于磁性颗粒和抛光颗粒的平均直径,便于磁流变抛光液流动至打磨头表面。
- [0054] 所述磁流变抛光液由直径纳米级的磁性颗粒、微米级的抛光颗粒以及混有分散剂、触变剂等添加剂的基载液配比而成,通过输送管泵入打磨头,在未进入磁场区域前,磁性颗粒杂乱无章;进入磁场区域之后,磁性颗粒按照梯度磁场分布排列整齐,表现出非牛顿流体性质。
- [0055] 所述励磁线圈与变幅杆构成电磁铁,可以实现通电后产生梯度磁场,断电后梯度磁场消失,可为本装置提供磁场。励磁线圈通电时将磁流变抛光液吸附到打磨头的孔隙中,在变幅杆的带动下使磨粒对加工件进行磨削作用;可通过调节输入励磁线圈的电压大小来控制磁场强度,在不同的磁场强度作用下,可以形成剪切应力大小不同的柔性类固体,作用

于加工件表面,柔性类固体可以根据加工件表面不同的形状,对加工件每个角落进行相同强度的打磨抛光。

[0056] 所述夹心式超声换能器通过预紧螺栓将压电晶片和电极固定在两个由金属制作的前后驱动器之间,可以输出更高的功率。当左右两组压电晶片以一定的相位差通电时,两组压电晶片交替伸缩振动使变幅杆带动着打磨头顶点形成椭圆运动。

[0057] 本发明的优点:

[0058] 本发明公开一种磨抛一体的超声辅助磁流变加工装置,一是利用两组压电晶片的高频振动,使打磨头形成椭圆运动;二是利用多孔介质的渗透特性和导磁性增加磨粒把持力度,形成软固结磨粒群;三是此装置经一次定位装夹可同时完成工件的磨削和抛光,可以提高加工效率。

[0059] 为了更加清晰地展现出本发明所提供的技术方案及所产生的技术效果,下面以具体实施例对本发明实施例所提供的进行详细描述。

[0060] 实施例1

[0061] 如图1a、图1b所示,此装置包括夹心式超声换能器组件和运动打磨组件,夹心式超声换能器组件包括前驱动器4、压电晶片3、电极2、后驱动器1,运动打磨组件包括变幅杆9、输送管6、励磁线圈8、打磨头10,夹心式超声换能器组件和运动打磨组件通过半圆支点5和预紧螺栓7连接,变幅杆9和夹心式超声换能器组件在初始状态下轴线重合。

[0062] 在实施例1基础上,打磨头末端椭圆运动的实现方式如图2所示。电极2未通电时,两组压电晶片3保持相同高度,如图2(a)所示;两组压电晶片3的电极2同时通电时,则同时收缩且降低相同高度,如图2(c)所示;其中一组压电晶片3的电极2通电时,变幅杆9向一侧倾斜一定角度,如图2(b)、图2(d)所示。当两路具有一定相位差的周期性脉冲信号或正弦信号经放大输入至两组压电晶片3的电极2时,打磨头10的末端将形成一定频率的椭圆运动。

[0063] 在实施例1基础上,颗粒在打磨头中的分布如图3所示。励磁线圈8通电,通过输送管6泵入打磨头10孔隙的磁性颗粒,将在励磁线圈8与变幅杆9构成的梯度磁场下整齐排列,并在打磨头内部及表面加持磨粒形成链状结构。在变幅杆9的带动下,打磨头10夹持磨粒对加工件进行磨削和抛光。通过调节励磁线圈的电压幅值,可以控制磁场强度,打磨头10表面形成剪切应力大小可控的类柔性固体,可以实现对工件表面的修形和光整加工。

[0064] 在实施例1基础上,所述装置的具体使用步骤如下:S1:给励磁线圈单独通电,在励磁线圈与变幅杆构成的电磁铁下产生梯度磁场;S2:通过输送管将磁流变抛光液泵入打磨头,流进打磨头的孔隙中,在梯度磁场的作用下,磁性颗粒排列整齐并在打磨头的表面形成链状结构夹持着磨粒;S3:两路具有一定的相位差的激励信号经放大分别接入两组压电晶片,则压电晶片交替伸缩使变幅杆带动打磨头,在其顶点形成椭圆运动,实现对待加工表面的修形和光整加工;S4:加工过程中通过调整励磁线圈电压可以改变打磨头弹性模量,电压越高则材料去除率越高;S5:加工过程中调整压电晶片两组激励信号的频率、相位和幅值,则打磨头振动频率、轨迹和振幅将发生改变;S6:撤去超声换能器两组压电晶片和励磁线圈的输入电流,磁流变磨抛装置的加工停止。

[0065] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范

围为准。本文背景技术部分公开的信息仅仅旨在加深对本发明的总体背景技术的理解,而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域技术人员所公知的现有技术。

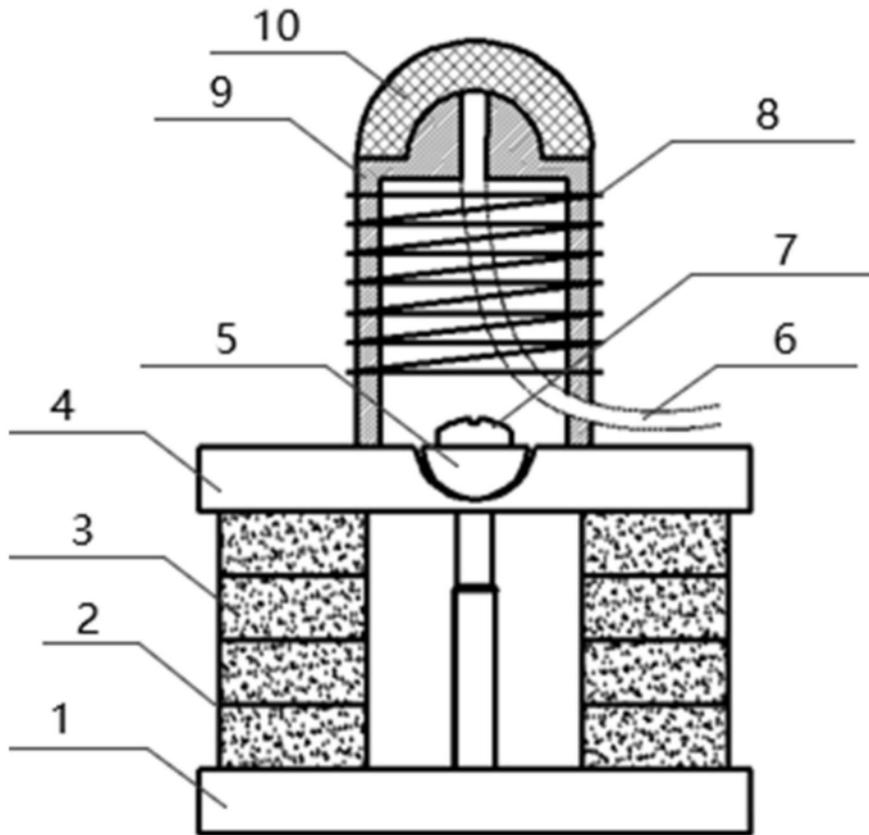


图1a



图1b

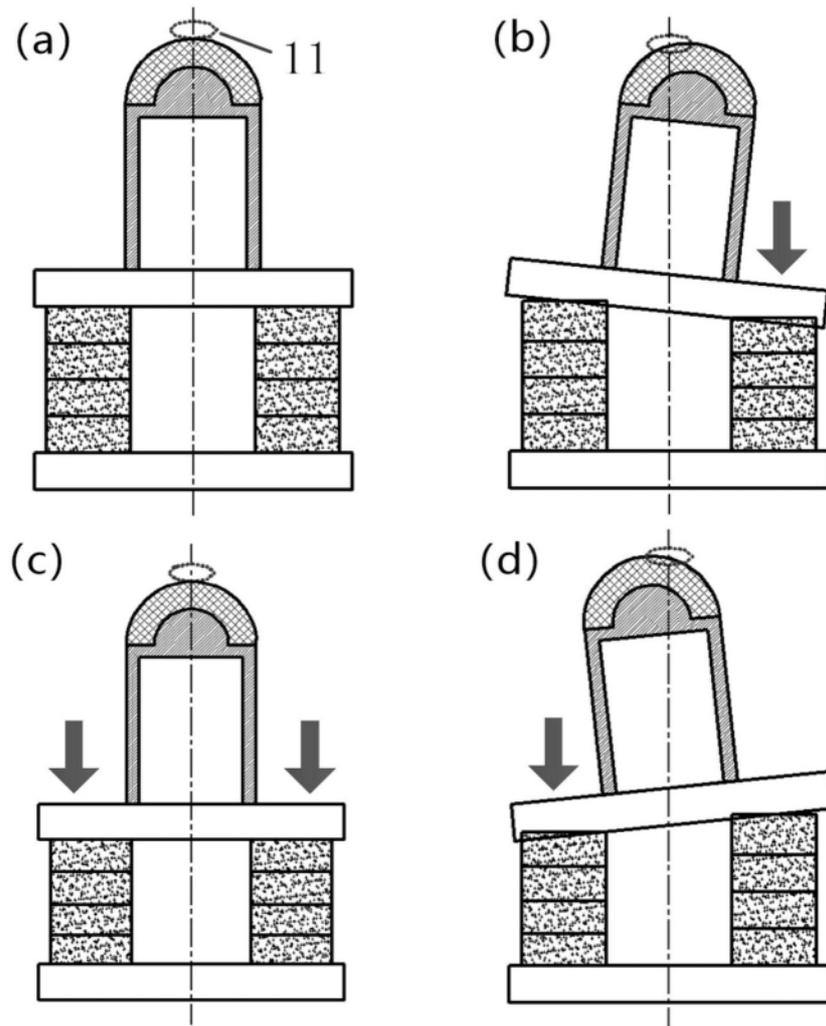


图2

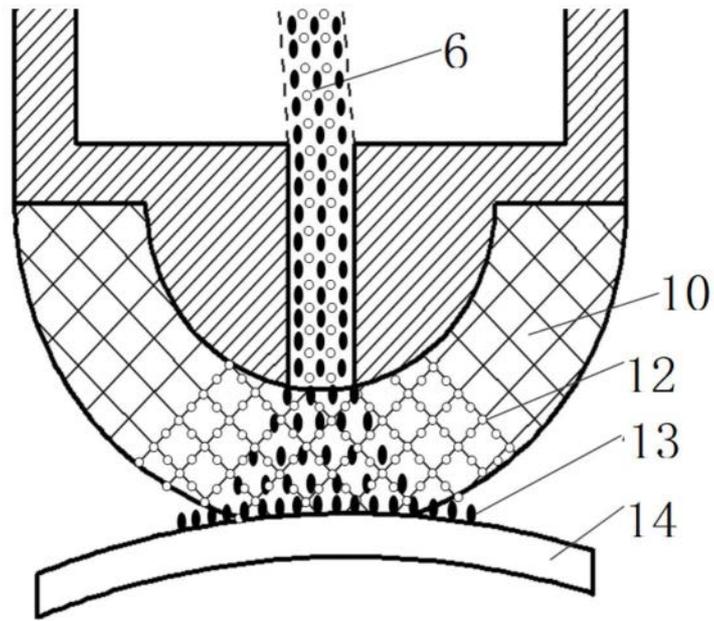


图3