



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103921176 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201410120264. 0

(22) 申请日 2014. 03. 27

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 罗霄 任楷 胡海飞 郑立功 张学军

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

B24B 1/00(2006. 01)

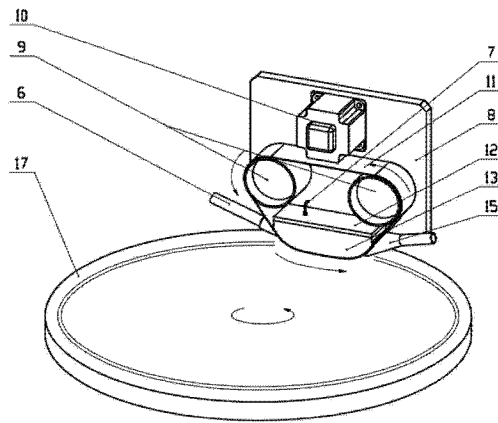
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置

(57) 摘要

本发明涉及一种适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置,包括:磁流变液抛光装置,其包括可提供磁场的磁铁装置;所述磁铁装置的下端设有一水平突起段;磁流变液循环装置,其可使磁流变液循环流经所述水平突起段时,在与流动方向垂直的磁场的作用下形成缎带突起。本发明提供一种适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置,其能够改造在抛光机床上,可以替换抛光机床的抛光头,如应力盘、小磨头等,无需改变机床原有机械结构。本发明的磁流变抛光装置既减小了系统体积,简化了机械结构,又增加了材料去除效率,从而解决了目前大口径非球面加工去除效率低、加工周期长的问题。



1. 一种适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置,其特征在于,包括:

磁流变液抛光装置,其包括可提供磁场的磁铁装置;所述磁铁装置的下端设有一水平突起段;

磁流变液循环装置,其可使磁流变液循环流经所述水平突起段时,在与流动方向垂直的磁场的作用下形成缎带突起。

2. 根据权利要求1所述的磁流变抛光装置,其特征在于,所述磁铁装置为一底部设有永磁铁的磁铁盒。

3. 根据权利要求1所述的磁流变抛光装置,其特征在于,所述磁铁装置为一装有两列多条条形永磁铁的磁铁盒;两列条形永磁铁的顶部以软铁连接,底部分别设有软铁。

4. 根据权利要求2或3所述的磁流变抛光装置,其特征在于,所述磁铁盒外部设有沿磁流变液循环流动方向传动的皮带。

5. 根据权利要求4所述的磁流变抛光装置,其特征在于,所述磁铁盒底部的水平突起段设有多个可以喷出气体的微孔。

6. 根据权利要求4所述的磁流变抛光装置,其特征在于,所述磁铁盒底部的水平突起段设有低摩擦系数塑料涂层。

适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置

技术领域

[0001] 本发明属于精密光学抛光加工技术领域,具体涉及一种适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置。

背景技术

[0002] 大口径光学系统能够有效地提高空间角分辨率和能量收集能力,被广泛用于太空望远镜及高精度对地成像等领域中。而大口径反射镜需要在研磨抛光过程中去除更多的材料,在不降低加工精度的前提下,提高加工效率,缩短加工周期。

[0003] 磁流变抛光技术始于上世纪 70 年代,1974 年前苏联传热传质研究所的 W. I. Kordonski 将磁流变液用于机械加工中。到上世纪 90 年代初, W. I. Kordonski 与美国罗彻斯特大学光学制造中心合作,提出并验证了确定性磁流变抛光技术用于非球面加工的概念。上世纪末我国也对磁流变抛光技术进行了研究。近年来,美国 QED 公司已经将磁流变抛光技术推向商业化。

[0004] 目前广泛使用的磁流变抛光装置,主要由主动轮机械系统和磁流变液循环系统组成。磁流变液由载液、铁磁微粒、研磨抛光剂和辅助添加剂组成。工作机理为利用磁流变液在磁场中的流变性对工件进行抛光,磁流变液由抛光轮带入抛光区域,在抛光区域高强度的梯度磁场中,磁流变液变硬,成为具有粘塑性的 Bingham 介质,并形成缎带突起。当这种介质流经工件与运动盘之间的狭缝时,对工件表面与之接触的区域产生较大剪切力,实现工件材料去除。抛光区“柔性抛光模”的大小和形状可由抛光参数(抛光轮转速、抛光轮与光学元件距离等)实时控制,又能确保在该抛光条件下抛光磨头的稳定性,从而实现对工件表面的确定性加工。目前磁流变抛光技术在小口径光学元件的加工中得到了广泛的运用,取得了较好的抛光效果。目前的磁流变抛光去除效率与抛光轮直径 d 和抛光轮线速度 v 呈正相关关系。从抛光轮直径 d 来看,提高其去除效率则需要更大的抛光轮,但对于大口径光学元件而言,由于光学元件材料去除量随口径的三次方增长, SiC 材料还有硬度高、耐磨性好的特点,抛光效率成为制约其应用的突出问题。当前使用的大抛光轮去除效率,不足以满足大口径加工的要求。

[0005] 此外, QED 公司和国防科大研制的磁流变抛光机床磁场由电磁铁提供,可通过控制电流来调节磁场强度,但是增加了系统复杂度;此外,在可以调节抛光轮与光学元件距离的情况下,控制磁场强度并不必要,尤其是对于大口径光学加工,磁场强度通常处于最大状态,无需控制。

[0006] 另外,目前使用的磁流变抛光机床,其抛光材料去除效率与抛光轮直径 d 正相关。为提高去除效率,需要使用直径更大的抛光轮。目前 QED 公司的 2m 口径抛光中心采用的抛光轮直径 330mm,国防科大最新研制的大口径磁流变抛光机床,其抛光轮直径达到了 370mm。在抛光过程中,磁流变液被吸附在抛光轮上,形成缎带突起,抛光轮的圆度、轴向跳动等直接影响抛光效果。现有的大口径高精度抛光轮对加工和装配的精度要求极高。

发明内容

[0007] 本发明的目的是为了解决现有的磁流变抛光装置材料去除效率过低的问题,提供一种能够应用于大口径光学元件的高效、高精度加工的,适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明的技术方案具体如下:

[0009] 一种适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置,包括:

[0010] 磁流变液抛光装置,其包括可提供磁场的磁铁装置;所述磁铁装置的下端设有一水平突起段;

[0011] 磁流变液循环装置,其可使磁流变液循环流经所述水平突起段时,在与流动方向垂直的磁场的作用下形成缎带突起。

[0012] 在上述技术方案中,所述磁铁装置为一底部设有永磁铁的磁铁盒。

[0013] 在上述技术方案中,所述磁铁装置为一装有两列多条条形永磁铁的磁铁盒;两列条形永磁铁的顶部以软铁连接,底部分别设有软铁。

[0014] 在上述技术方案中,所述磁铁盒外部设有沿磁流变液循环流动方向传动的皮带。

[0015] 在上述技术方案中,所述磁铁盒底部的水平突起段设有多个可以喷出气体的微孔。

[0016] 在上述技术方案中,所述磁铁盒底部的水平突起段设有低摩擦系数塑料涂层。

[0017] 本发明具有以下的有益效果:

[0018] 本发明的磁流变抛光装置选择使用专门设计的永磁铁代替电磁铁,降低了系统复杂度,还可以通过设计磁铁形状改变磁场的空间分布,控制抛光模的形状,增加抛光模宽度,从而达到提高材料去除效率的目的。

[0019] 本发明的磁流变抛光装置针对目前广泛应用的抛光轮直径局限,通过利用皮带包裹永磁铁盒,形成局部大曲率半径的抛光区,达到增加抛光区长度效果,并且克服了大轮难以制造和控制的问题。

[0020] 本发明的磁流变抛光装置,磁流变液所形成缎带突起的曲率半径远大于目前普遍使用的抛光轮半径,相当于直径 1m ~ 2m 抛光轮的材料去除效率,因此,在磁场强度相近的情况下,抛光带所能达到的线速度是抛光轮线速度的 3 ~ 5 倍,从而提高了抛光效率。针对本发明的磁流变抛光装置中,皮带与磁体盒相对速度大、滑动摩擦力大的问题,在装置中增加气浮层。在磁体盒上方安装气流喷头,喷出的气流穿过密封的磁体盒,从磁体盒排气孔阵列排出,在磁体盒与皮带之间形成气隙。皮带与磁体盒的滑动摩擦由此转换为气浮层内的气体分子摩擦,大幅减小了系统摩擦力。

[0021] 本发明提供一种适用于超大口径光学加工的磁流变抛光装置,其能够改造在抛光机床上(安装过程类似于车床更换车刀),可以替换抛光机床的抛光头,如应力盘、小磨头等,无需改变机床原有机械结构。本发明的磁流变抛光装置既减小了系统体积,简化了机械结构,又增加了材料去除效率,从而解决了目前大口径非球面加工去除效率低、加工周期长的问题。

附图说明

[0022] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

- [0023] 图 1 是设有本发明的磁流变抛光装置的大口径光学元件抛光系统示意图；
- [0024] 图 2 是图 1 所示的磁流变抛光装置中的磁流变液缎带突起的局部放大示意图；
- [0025] 图 3 是图 1 所示的磁流变抛光装置中的抛光头与大口径光学元件的抛光运动关系图；
- [0026] 图 4 是本发明的磁流变抛光装置的动力传递原理图；
- [0027] 图 5 是图 1 所示的磁流变抛光装置中的磁体盒与永磁铁相对位置关系图；
- [0028] 图 6 是图 5 所示的永磁铁的磁极分布示意图；
- [0029] 图 7 是本发明的磁流变抛光装置的磁体盒气浮微孔阵列分布图；
- [0030] 图 8 是本发明的磁流变抛光装置的另外一种具体实施方式中的永磁铁与软铁组合结构示意图；
- [0031] 图中的附图标记表示为：
- [0032] 1、磁流变液存储箱,2、供给泵,3、温度控制装置,4、压力控制装置,5、电磁流量计,6、供给喷头,7、空气喷头,8、安装板,9、主动轮轴系,10、动力伺服电机,11、皮带,12、磁体盒盖,13、磁体盒(内含 19、永磁铁),14、缎带突起,15、回收接头,16、大口径光学元件,17、工作转台,18、回收叶片泵,20、条形永磁铁,21、软铁,22、大同步带轮,23、同步带,24、小同步带轮,25、压带轮。

具体实施方式

[0033] 本发明的发明思想为：对于提高抛光轮线速度 v 的途径，由离心力公式 $F=mv^2/r$ ($r=d/2$) 可知，在磁场强度一定的情况下，即 F 受限的情况下，半径 r 越大，抛光轮允许的线速度越大，材料去除效率越高。本发明的磁流变抛光装置通过使用新型磁流变液循环方式，提高磁流变加工的材料去除效率，使磁流变抛光技术可以满足大口径非球面加工在抛光阶段的加工需求。

[0034] 下面结合附图对本发明做以详细说明。

[0035] 图 1-7 说明了本发明的磁流变抛光装置的一种具体实施方式。一种用于大口径光学元件的磁流变抛光装置，该装置由镜面上的磁流变液抛光装置子系统和磁流变液循环装置子系统组成。磁流变液存储箱 1 内的磁流变液经过供给泵 2 作用，进入循环管道，磁流变液存储箱 1 内有温度传感器 3，管道接有压力传感器 4 与电磁流量计 5，实时监测磁流变液在循环管道中参数，最后到达供给喷头 6。而此时动力伺服电机 10 的运动通过同步带 23，大同步带轮 22 和小同步带轮 24 传递到两个主动轮轴系 9，从而使两个主动轮轴系 9 和皮带 11 运动。喷头 6 流出的磁流变液，经由安装板 8 上的主动轮轴系 9、皮带 11、压带轮 25 组成的抛光循环系统，运动到磁体盒 13 与永磁铁 19 下方时，在高强度梯度磁场中，形成具有粘塑性的 Bingham 介质，并形成缎带突起 14。同时空气喷头 7 喷出空气，进入磁体盒 13，空气从磁体盒 13 下方微孔阵列排出，使皮带 11 与缎带突起 14 之间形成气浮层，此时大口径光学元件 16 在转台 17 的带动下，在水平面内逆时针转动，与此同时皮带 11 带动缎带突起 14 在竖直平面内运动，二者相对运动实现镜面抛光。磁体盒 13 顶部设有磁体盒盖 12。图 3 中镜面上的两条细线围成的环形区域即为简化的抛光带示意图。抛光结束后的缎带突起 14 随皮带 11 脱离磁力区，重新变为液态在回收叶片泵 18 的作用下，被形成局部真空的回收接头 15 再次回收到循环管道内。此时管道内同时存在磁流变液与空气，两者在回收叶片泵

18 所组成的子系统中内进行气液分离,空气被排除,磁流变液继续在管道内循环,再次流进磁流变液存储箱 1 中,存储箱中 1 有温度传感器 3 对其温度进行监测。本系统使用的水冷循环装置,磁流变液浓度平衡装置和计算机控制装置在图中均已略去。

[0036] 主动轮系 9 和同步带 23 组成的同步传动可以用两个电机同时驱动两个主动轮轴系,或者使用主动轮-从动轮方式替代。

[0037] 本发明所述的用于大口径光学元件抛光的磁流变抛光装置,可以用于大口径光学元件的抛光,还可用于普通的机械加工,去除函数稳定,加工效果满足精度要求,且比传统抛光机床去除效率有大幅提升。

[0038] 在另外的具体实施方式中,上述技术方案中的空气从磁体盒下方微孔阵列排出,使皮带与缎带突起之间形成气浮层可以替代为:在两摩擦面,即皮带和磁体盒的摩擦面,添加低摩擦系数塑料涂层,同样可以达到减小摩擦力的效果。

[0039] 在另外的具体实施方式中,上述永磁铁可以使用图 8 中的永磁铁 20 与软铁 21 搭配使用的方式替代,能够更好地设计磁场分布。当然也可以使用电磁铁、专门设计磁芯软铁替代,这里不再赘述。

[0040] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

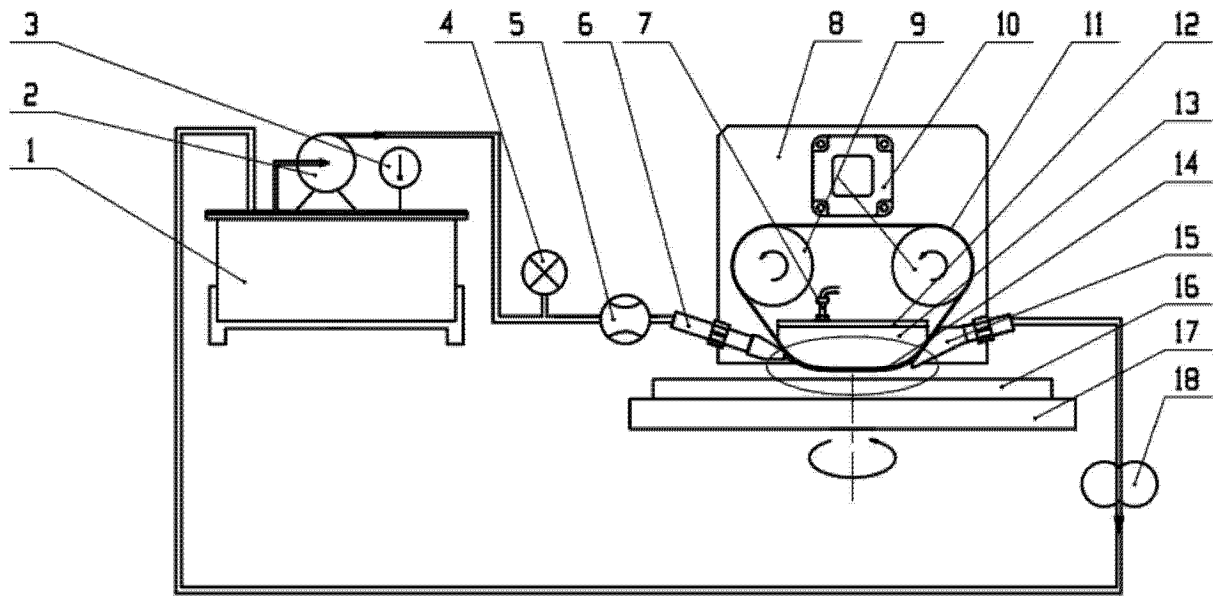


图 1

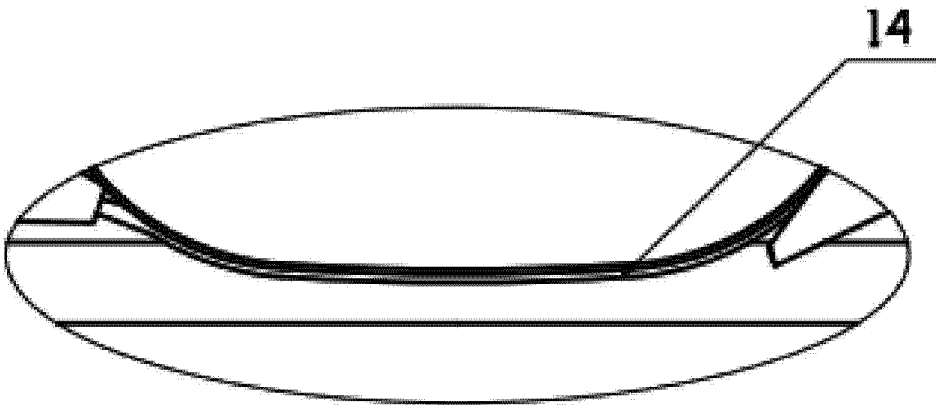


图 2

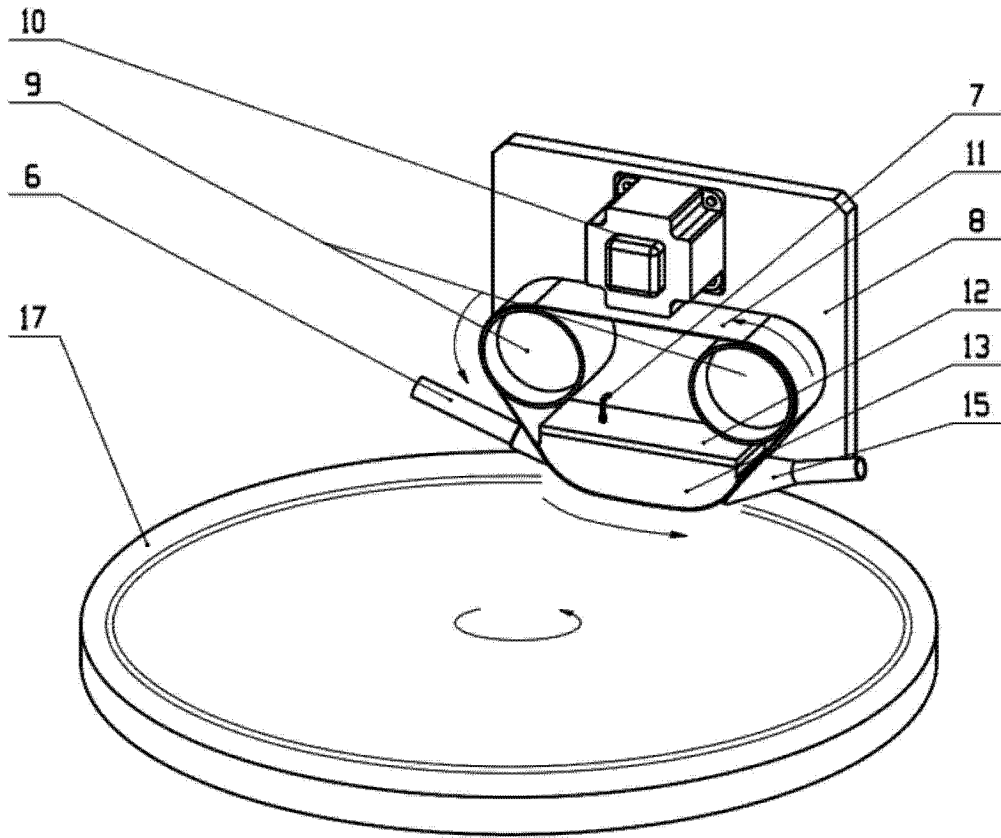


图 3

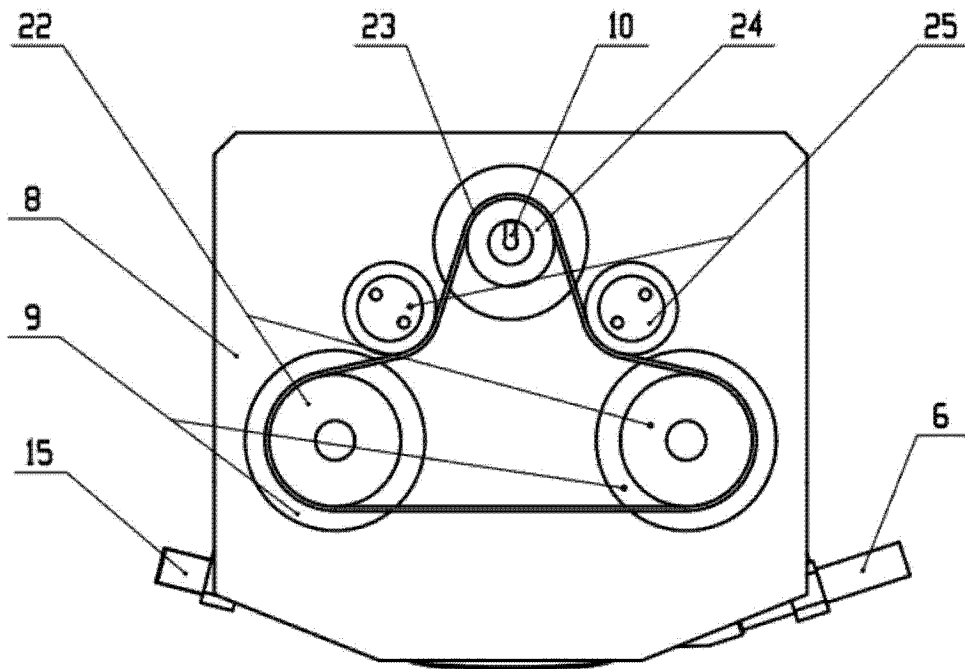


图 4

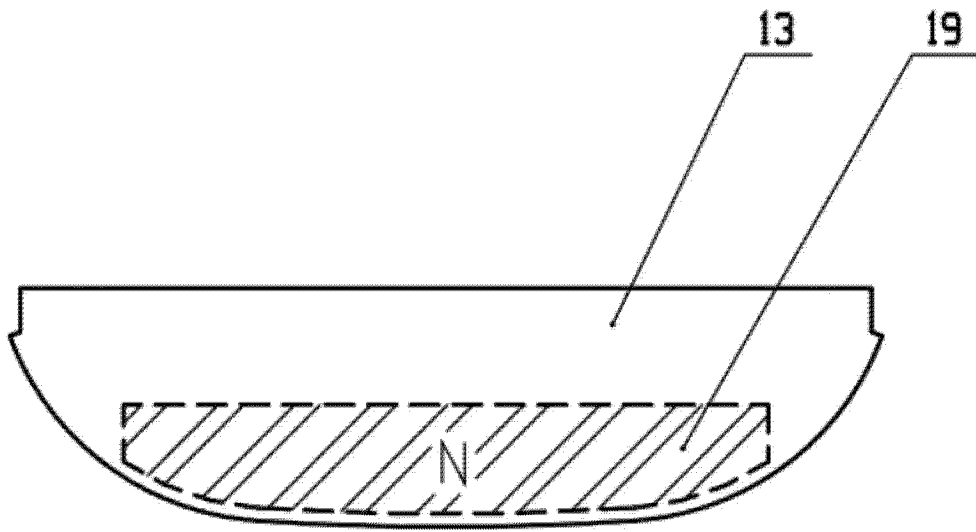


图 5

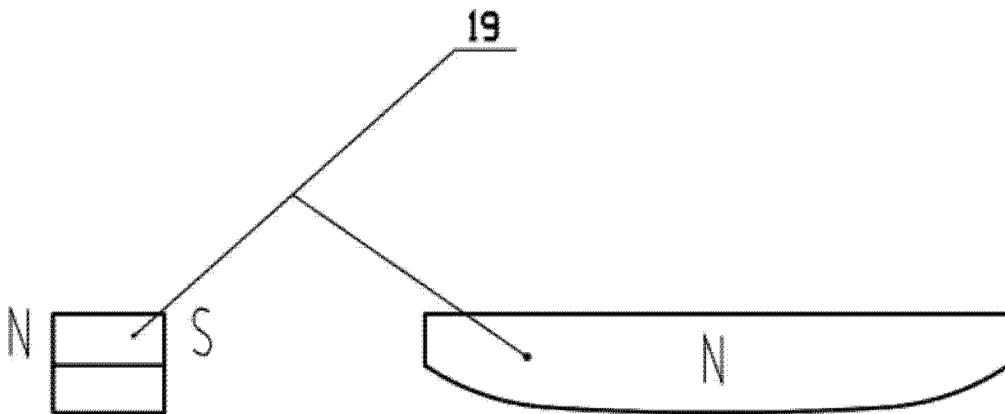


图 6

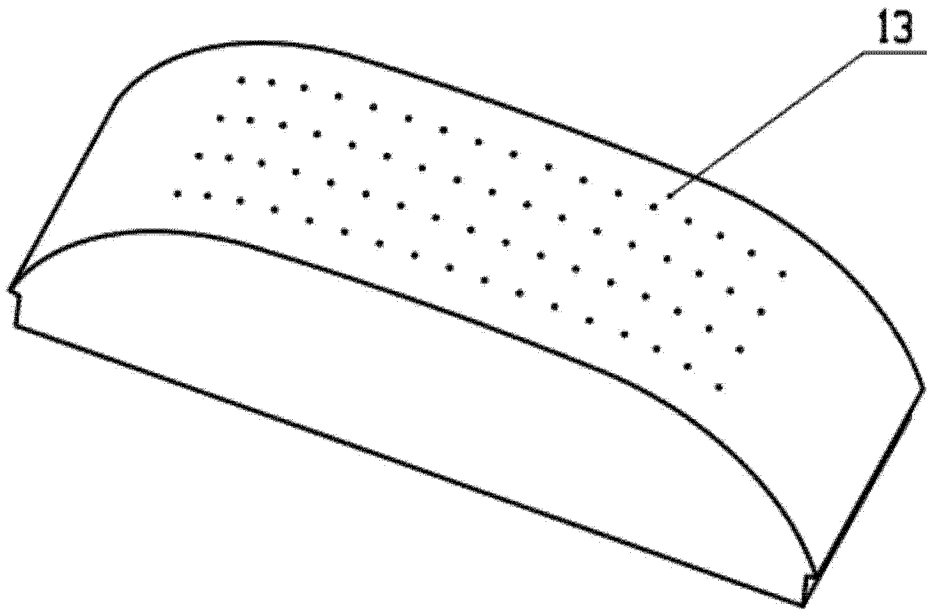


图 7

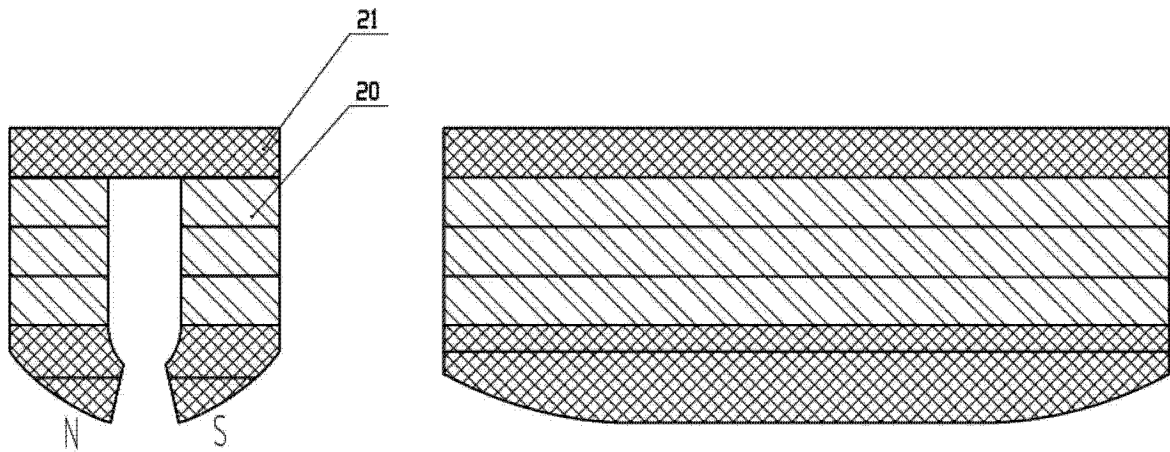


图 8