



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107052536 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201710313833.7

(22)申请日 2017.05.05

(71)申请人 哈电集团(秦皇岛)重型装备有限公司

地址 066206 河北省秦皇岛市经济技术开发区(东区)动力路5号

(72)发明人 谢彦武 郑明涛 王莉 伦辛杰
邹迪婧 张立德 李倩 殷帅

(74)专利代理机构 北京康思博达知识产权代理
事务所(普通合伙) 11426

代理人 刘冬梅 路永斌

(51)Int. Cl.

B23K 9/167(2006.01)

B23K 9/02(2006.01)

B23K 9/235(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种无填充材料的低合金钢换热管对接自动焊接工艺

(57)摘要

本发明提供了一种低合金钢换热管对接自动焊接工艺,该工艺包括以下步骤:装配换热管I(1)和换热管II(2);安装、调试焊接设备;设置焊接工艺参数,进行焊接处理。本发明提供的低合金钢换热管对接自动焊接工艺,无填充材料,采用工装(7)进行换热管的装配,保证同轴;焊机头与工装(7)配合装夹,控制钨极与换热管的位置,按本工艺的焊接参数及操作要求,焊机头回转中心带动钨极旋转进行自熔自动焊接,焊接过程稳定,能有效控制焊缝质量和焊缝成形,换热管对接接头性能满足产品要求。

1. 一种低合金钢换热管对接自动焊接工艺,其特征在于,该工艺包括:
步骤1),装配换热管I (1) 和换热管II (2);
步骤2),安装、调试焊接设备;
步骤3),设置焊接工艺参数,进行焊接处理。
2. 根据权利要求1所述的焊接工艺,其特征在于,步骤1)中,所述换热管I (1) 为低合金钢SA-213T22换热管,所述换热管II (2) 为SA-213T22换热管;和/或
所述换热管I (1) 的外径为 $19 \pm 0.10\text{mm}$,壁厚 $3 \pm 0.10\text{mm}$;所述换热管II (2) 的外径为 $19 \pm 0.10\text{mm}$,壁厚 $3 \pm 0.10\text{mm}$;
优选地,换热管I (1) 和换热管II (2) 的外径相等和/或壁厚相等。
3. 根据权利要求1所述的焊接工艺,其特征在于,步骤1)中,换热管I (1) 和换热管II (2) 管端不加工坡口。
4. 根据权利要求1至3之一所述的焊接工艺,其特征在于,步骤1)中,采用工装(7)对换热管I (1) 和换热管II (2) 进行装配,所述工装(7)包括用于夹持待焊接的换热管的两个压板;
优选地,装配方法如下:先用工装(7)的一个压板夹持任一换热管,调整该压板至管端设定位置处,再用另一压板夹持另一换热管,调整两换热管的位置,使两换热管同轴且相邻管端紧密配合。
5. 根据权利要求4所述的焊接工艺,其特征在于,步骤2)中,通过带有钨极的自动氩弧焊设备进行焊接处理;和/或
钨极包括钨极杆(4)、钨极端部圆锥(5)和设置在钨极端部圆锥(5)上的尖端平台(6),其中,钨极杆(4)的直径为1.6mm或2.4mm,钨极端部圆锥(5)的圆锥角为 $25^\circ \sim 30^\circ$,尖端平台(6)的直径为0.35~0.40mm,尖端平台(6)的圆心与钨极端部圆锥(5)的轴线共线,钨极端部圆锥(5)的轴线与钨极杆(4)轴线共线。
6. 根据权利要求5所述的焊接工艺,其特征在于,步骤2)中,将焊接设备的焊机头与工装(7)配合装夹,钨极指向两换热管端面对接处;和/或
在换热管径向方向上,钨极尖端与两换热管端面对接处的距离为1.5~2mm。
7. 根据权利要求1所述的焊接工艺,其特征在于,步骤3)中,对换热管I (1) 和换热管II (2) 进行焊接时,不使用填充材料如焊丝或熔化环。
8. 根据权利要求1所述的焊接工艺,其特征在于,步骤3)中,所述焊接工艺参数如下:基值电流25~45A,峰值电流60~120A,脉冲频率1.5~2Hz,脉宽比40%~50%,焊接电压20~35V,焊接速度75~90mm/min,正面保护气体为氩气,纯度 $\geq 99.995\%$,气体流量10~30L/min,背面保护气体为氩气,纯度 $\geq 99.997\%$,气体流量10~40L/min。
9. 根据权利要求8所述的焊接工艺,其特征在于,步骤3)中,将装配好的换热管I (1) 和换热管II (2) 按中轴线垂直固定,钨极与换热管中轴线垂直,焊机头内的回转中心带动钨极旋转,在横焊位通过加热两换热管对接处进行自动焊接。
10. 根据权利要求1至9之一所述的焊接工艺,其特征在于,所述低合金钢换热管焊接后检测结果如下:
 - a. 目视检测:焊后焊缝均匀饱满,无肉眼可见缺陷,外壁不凹陷;
 - b. 焊缝处管孔内径检测:外壁凸起不超过0.45mm,通球 $\Phi 12.1\text{mm}$;

- c. 液体渗透: 检验结果无显示, 表示无液体渗漏;
- d. 棒阳极射线检测: 内壁不凹陷; 无裂纹、咬边、未熔合或未焊透; 圆形显示尺寸小于 0.6mm, 个数不超过4个;
- e. 室温拉伸: 抗拉强度 $\geq 415\text{MPa}$;
- f. 高温350℃拉伸: 抗拉强度 $\geq 401\text{MPa}$;
- g. 面弯、背弯试验: 弯曲角度 180° , 在拉伸面上任何方向无单条长度大于3mm的裂纹或缺陷;
- h. 金相试验: 母材、焊缝及热影响区无气孔、裂纹等缺陷。

一种无填充材料的低合金钢换热管对接自动焊接工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种换热器类压力容器设备的低合金钢换热管对接自动焊接工艺,特别是涉及一种核电换热主设备尤其是以高温气冷堆、快中子堆等为代表的第四代核电技术的蒸汽发生器的低合金钢换热管对接自动焊接工艺。

背景技术

[0002] 我国自主设计的高温气冷堆蒸汽发生器螺旋盘管低温段与空间弯管给水连接管之间为低合金钢SA-213T22换热管对接。换热管规格为外径19mm,壁厚3mm,直径小且壁厚大,根据蒸汽发生器设计要求,低合金钢SA-213T22换热管对接需满足射线照相要求的同时,焊缝成形要求较为苛刻。焊接过程既需要保证换热管对接焊缝熔合良好,又要控制焊缝双侧不凹陷,同时不能超出换热管表面0.45mm,保证通球 $\phi 12.1\text{mm}$,焊接难度极大。焊接力度既不能过强,使焊肉过高不能保证通球,也不能较弱产生未熔合或未焊透。

[0003] 值得注意的是,高温气冷堆等的蒸汽发生器的换热管密集,换热管之间管壁距离小,焊接操作空间小,进一步加大了焊接操作的难度,如激光焊接或类激光焊接技术均无法应用于高温气冷堆等的蒸汽发生器上换热管的对接焊接。

[0004] 由于现有技术中上述问题的存在,本发明人对现有的换热管焊接技术进行研究,以便研究焊接过程稳定,焊缝熔合良好,焊缝双侧不凹陷,保证通球等的满足产品要求的低合金钢换热管对接自动焊接工艺。

发明内容

[0005] 为了克服上述问题,本发明人进行了锐意研究,设计出适用于直径小且壁厚大的低合金钢换热管对接的自动焊接工艺,该自动焊接工艺不需在换热管对接处设置填充材料,通过对焊接工艺参数等的严格控制,可实现在小操作空间内施焊,且焊接过程稳定,熔合良好,焊缝成形美观。

[0006] 本发明的目的在于提供一种低合金钢换热管对接焊接工艺,该工艺包括如下步骤:

[0007] 步骤1),装配换热管I1和换热管II2;

[0008] 步骤2),安装、调试焊接设备;

[0009] 步骤3),设置焊接工艺参数,进行焊接处理。

[0010] 本发明所具有的有益效果包括:

[0011] (1) 本发明提供的焊接工艺针对特定材质(低合金钢)换热管,焊接时不需填充材料,在适用的焊接工艺参数下有效的保证了焊缝质量和成形;

[0012] (2) 本发明提供的焊接工艺采用自动TIG焊接工艺,该工艺可对焊接工艺参数及过程进行编程控制,焊接过程稳定,可以获得良好的焊缝成形与焊接质量;

[0013] (3) 本发明提供的焊接工艺在蒸汽发生器的换热管密集,换热管之间管壁距离小,焊接操作空间小的情况下,可有效实现螺旋盘管低温段与空间弯管给水连接管之间低合金

钢换热管之间的有效焊接；

[0014] (4) 本发明提供的焊接工艺根据特定的换热管确定焊接工艺参数和钨极,适用于换热管规格为外径约19mm,壁厚约3mm,直径小且壁厚大的低合金钢换热管之间的对接焊接,使得焊接质量高、过程稳定可靠、焊缝成形均匀美观、熔合良好、焊接效率高,且经各项无损检验及理化性能试验,其结果满足高温气冷堆等的蒸汽发生器换热管焊接质量要求。

附图说明

[0015] 图1示出根据本发明一种优选实施方式的装配结构示意图；

[0016] 图2示出根据本发明一种优选实施方式的低合金钢SA-213T22换热管对接焊接接头组成结构示意图；

[0017] 图3示出根据本发明一种优选实施方式的施焊示意图；

[0018] 图4示出根据本发明一种优选实施方式的钨极结构示意图。

[0019] 附图标号说明：

[0020] 1-换热管I；

[0021] 2-换热管II；

[0022] 4-钨极杆；

[0023] 5-钨极端部圆锥；

[0024] 6-尖端平台；

[0025] 7-工装；

[0026] 81-臂段；

[0027] 82-施焊平台。

具体实施方式

[0028] 下面通过附图和实施例对本发明进一步详细说明。通过这些说明,本发明的特点和优点将变得更为清楚明确。

[0029] 在这里专用的词“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。尽管在附图中示出了实施例的各种方面,但是除非特别指出,不必按比例绘制附图。

[0030] 本发明提供了一种低合金钢换热管对接焊接工艺,该工艺包括以下步骤：

[0031] 步骤1), 装配换热管I1和换热管II2；

[0032] 步骤2), 安装、调试焊接设备；

[0033] 步骤3), 设置焊接工艺参数, 进行焊接处理。

[0034] 步骤1), 装配换热管I1和换热管II2。

[0035] 在本发明中, 如图1所示, 采用工装7进行换热管I1、换热管II2的装配定位。所述工装7用于小直径换热管对接焊的轴向对中及固定, 包括用于夹持待焊接的小直径换热管的两个压板, 以及其他相关构件。

[0036] 在本发明中, 所述换热管I1和换热管II2管端不设置坡口, 直接进行固定、焊接。所述装配方法如下: 首先用工装7的一个压板夹持任一换热管, 调整该压板至管端设定位置处, 再用另一压板夹持另一换热管。通过工装7调整两换热管的位置, 使换热管同轴, 并保证

两侧换热管相邻管端紧密配合,两换热管端间距不大于0.20mm。装配后结构如图2所示。

[0037] 在一种优选的实施方式中,所述换热管I1为SA-213T22换热管,所述换热管II2为SA-213T22换热管。

[0038] 在一种优选的实施方式中,所述换热管I1的外径为 $19\pm 0.10\text{mm}$,壁厚 $3\pm 0.10\text{mm}$;所述换热管II2的外径为 $19\pm 0.10\text{mm}$,壁厚 $3\pm 0.10\text{mm}$;优选换热管I1和换热管II2的外径和/或壁厚相等。

[0039] 本发明中根据换热管的材质和规格,在焊接工艺中不采用任何填充材料如焊丝或熔化环,换热管I1和换热管II2也不用设置坡口。省去了焊接时输送焊丝、加工坡口的操作步骤,减小了人为操作的影响,降低了焊接操作难度,节约了时间成本,只需严格控制两换热管端的间距达标,有利于对焊接质量的控制。

[0040] 由于换热管的对接焊接质量对换热管待焊部位的污染极为敏感。为了确保焊接质量,焊前必须清理换热管,不留有污染物。为便于清洁处理,在装配前对换热管进行清洁。

[0041] 清洁步骤如下:使用砂纸对换热管管端20~25mm范围内的内外壁进行打磨,去除换热管管端内外壁的钝化膜及氧化物、油、锈等杂物,使之露出金属光泽,再用无纺布或白布蘸取丙酮对换热管内外壁至少20mm的表面范围进行清理,直至无纺布或白布不变色。此时,清洁度控制满足产品要求。

[0042] 步骤2),安装、调试焊接设备。

[0043] 在一种优选的实施方式中,通过带有钨极的自动氩弧焊设备进行焊接处理。所述焊接设备可对焊接工艺参数进行编程和存储,还可以实现焊接过程中的数据实时监控等功能,有效提高了焊接效率,减小焊接过程中人为因素对焊缝质量的影响。

[0044] 在一种优选的实施方式中,由于换热管之间的对接需要进行环形焊,可将焊接设备的焊接机头与工装7配合装夹,便于旋转焊接时操控焊接机头。

[0045] 如图3所示,所述焊接机头为L型焊接机头,焊接机头包括臂段81与施焊平台82。装配完成后,臂段81与换热管平行,施焊平台82套设在换热管外部。此结构的焊接机头占用空间小,可在蒸汽发生器换热管的密集空间内施焊。

[0046] 在一种优选的实施方式中,焊接机头与工装7配合安装后,钨极指向两换热管端面对接处,即焊接时,钨极对准端面对接处进行施焊。

[0047] 调整自动焊接机头钨极位置,当钨极与换热管距离过小时易造成焊缝外侧成凹陷,并且钨极容易烧损造成焊缝夹钨,距离过大时不能保证焊接电弧稳定,影响焊接质量。因此,在换热管径向方向上,控制钨极尖端与两换热管端面对接处的距离为1.5~2mm。

[0048] 钨极作为电极起传导电流、引燃电流和维持电弧正常燃烧的作用。钨极的规格与焊件厚度和焊缝电流大小密切相关,而其端部形状对电弧稳定性和焊缝成形有很大影响。根据换热管和熔化件的材质、规格,基于小直径、大壁厚换热管的焊接要求,并结合设定工艺参数,选用特定型号的钨极。

[0049] 如图4所示,钨极固定在施焊平台82内,所述钨极包括钨极杆4、钨极端部圆锥5和设置在钨极端部圆锥5上的尖端平台6。其中,钨极杆4的直径为1.6mm或2.4mm,钨极端部圆锥5的圆锥角为 $25^\circ\sim 30^\circ$,尖端平台6的直径为0.35~0.40mm,尖端平台6的圆心与钨极端部圆锥5的轴线共线,钨极端部圆锥5的轴线与钨极杆4轴线共线。

[0050] 在一种优选的实施方式中,所述钨极为钍钨极。不同类型的钨极,其电子发射能力

不同,形成的电弧电压和焊缝熔深均不相同,其抗污染能力和使用寿命也不同。钽钨极的电子发射率高,增大了许用电流范围,降低了空载电压,改善了引弧和稳弧性能,相较于其他钨极更适用于本发明中焊接操作。

[0051] 实施对接焊接前,对上述焊接设备进行安装、调试,对设备进行检查,保证各线路连接正确、各功能正常,焊接用气体等满足要求,将焊接工艺参数进行编程存入焊接装置的操控盒内。

[0052] 步骤3),设置焊接工艺参数,进行焊接处理。

[0053] 根据换热管的材质、规格、焊接形状、不存在焊丝的情况,经反复设定和实验,得到最优化的焊接工艺参数,所述焊接工艺参数如下:基值电流25~45A,峰值电流60~120A,脉冲频率1.5~2Hz,脉宽比40%~50%,焊接电压20~35V,焊接速度75~90mm/min,正面保护气体为氦气(纯度 $\geq 99.995\%$),气体流量10~30L/min,背面保护气体为氩气(纯度 $\geq 99.997\%$),气体流量10~40L/min。

[0054] 焊接电流是决定焊缝熔深的最主要参数,焊接电流大,熔深增加;焊接电流过大时容易形成凸瘤和烧穿等缺陷,也会导致咬边、焊缝成形不好等现象;而电流小,难以控制焊缝成型,容易形成未熔合和未焊透等缺陷,同时小电流造成生产率降低而且浪费保护气。本发明选定基值电流25~45A,峰值电流60~120A,以达到良好的焊缝成形及焊缝熔合。

[0055] 值得注意的是,在本发明中,采用两组保护气在换热管外部焊接部位以及换热管内部分别进行焊接保护。正面保护气体为焊接机头喷出用于保护焊接部位的气体,其影响焊接电弧空间形态、电弧能量密度及焊接过程飞溅等情况。经过研究和验证,选用氦气作为正面保护气,其可以稳定电弧空间形态和电弧能量密度,改善焊缝成型,降低飞溅,消除和防止缺陷的产生,提高焊缝质量。

[0056] 背面保护气体为通入对接的换热管内部的保护气,其选用氩气。氩气密度大,使用时不易漂浮散失,氩气流出后,可以形成稳定的气流层。

[0057] 在一种优选的实施方式中,由于采用将低合金钢换热管直接进行组合焊接,钨极与换热管在长度方向上夹角很小或近乎平行时,电弧很难作用到两换热管端面对接处。使得钨极与换热管呈更大、更适合的角度,使得电弧质量高,进而保证了熔合质量,提高了焊接整体质量。在本发明中,钨极在两换热管端面对接处与换热管中轴线垂直或几近垂直,优选钨极在两换热管端面对接处与换热管中轴线的夹角为 $90\pm 5^\circ$ 。

[0058] 在一种优选的实施方式中,如图3所示,将装配好的换热管I1、换热管II2按中轴线垂直固定,钨极与换热管中轴线垂直,焊接机头施焊平台82内的回转中心带动钨极旋转,在横焊位通过加热两换热管对接处进行自动焊接。

[0059] 采用本发明的焊接工艺参数及操作要求进行低合金钢换热管对接焊接,能达到良好的焊缝成形及焊缝熔合,经各项无损检验及理化性能试验,其结果满足高温气冷堆蒸汽发生器换热管焊接质量要求。

[0060] 采用本发明提供的如上所述低合金钢换热管对接自动焊接工艺进行焊接后检测结果如下:

[0061] 目视检测:焊后焊缝均匀饱满,无肉眼可见缺陷,外壁不凹陷;

[0062] 焊缝处管孔内径检测:外壁凸起不超过0.45mm,通球 ϕ 不小于12.1mm;

[0063] 液体渗透:检验结果无显示,表示无液体渗漏;

- [0064] 棒阳极射线检测(RT):内壁不凹陷;无裂纹、咬边、未熔合或未焊透;圆形显示尺寸小于0.6mm,个数不超过4个;
- [0065] 室温拉伸:抗拉强度 $\geq 415\text{MPa}$;
- [0066] 高温(350℃)拉伸:抗拉强度 $\geq 401\text{MPa}$;
- [0067] 面弯、背弯试验:弯曲角度 180° ,在拉伸面上任何方向无单条长度大于3mm的裂纹或缺陷;
- [0068] 金相试验:母材、焊缝及热影响区无气孔、裂纹等缺陷。
- [0069] 实施例
- [0070] 根据本发明提供的上述焊接工艺对高温气冷堆蒸汽发生器螺旋盘管低温段与空间弯管给水连接管之间的低合金钢SA-213T22换热管进行焊接,换热管规格均为 $\Phi 19 \times 3\text{mm}$,换热管最小管壁间距为41mm,具体如下:
- [0071] 步骤1),焊接前,对低合金钢SA-213T22换热管的待焊部位进行打磨至见金属光泽,并用白色无纺布蘸取丙酮擦拭至无纺布不变色;
- [0072] 对换热管进行装配:首先用工装7的一个压板夹持任一换热管,调整该压板至管端设定位置处,再用另一压板夹持另一换热管。通过工装7调整两换热管的位置,使换热管同轴,并保证两侧换热管紧密配合;
- [0073] 步骤2),将TIG焊接设备的焊接机头与工装7配合装夹;焊接机头与工装7配合安装后,钨极指向两换热管端面对接的位置;在换热管径向方向上,控制钨极尖端与两换热管端面接触的位置的距离为1.5mm。选用钍钨极,钨极杆4的直径为1.6mm,钨极端部圆锥5的圆锥角为 25° ,尖端平台6的直径为0.35mm;
- [0074] 步骤3),按本工艺的焊接参数及操作要求进行焊接,本工艺采用的焊接工艺参数选择如下:基值电流25~45A,峰值电流60~120A,脉冲频率2Hz,脉宽比40%,焊接电压30V,焊接速度80mm/min,正面保护气体为氦气(纯度99.997%),气体流量20L/min,背面保护气体为氩气(纯度99.999%),气体流量25L/min。焊接时,钨极在两换热管端面对接处与换热管中轴线垂直。提前编辑焊接程序存入焊接设备操控盒内,焊接过程通过焊接程序控制。
- [0075] 焊接产品进行以下检验:
- [0076] 目视检测:焊后焊缝均匀饱满,无肉眼可见缺陷,外壁不凹陷;
- [0077] 焊缝处管孔内径检测:外壁凸起为0.15mm,通球 $\Phi 12.7\text{mm}$;
- [0078] 液体渗透:检验结果无显示,表示无液体渗漏;
- [0079] 棒阳极射线检测(RT):内壁不凹陷;无裂纹、咬边、未熔合或未焊透;
- [0080] 室温拉伸:抗拉强度550MPa;
- [0081] 高温(350℃)拉伸:抗拉强度384MPa;
- [0082] 面弯、背弯试验:弯曲角度 180° ,在拉伸面上任何方向无单条长度大于3mm的裂纹或缺陷;
- [0083] 金相试验:未发现气孔、裂纹等缺陷。
- [0084] 结果显示,本实施例制得的焊接产品达到上述检验标准,满足高温气冷堆蒸汽发生器中低合金钢SA-213T22换热管对接焊接质量要求。
- [0085] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于本发明工作状态下的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而

不是指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发明的限制。

[0086] 以上结合优选实施方式和范例性实例对本发明进行了详细说明。不过需要声明的是,这些具体实施方式仅是对本发明的阐述性解释,并不对本发明的保护范围构成任何限制。在不超出本发明精神和保护范围的情况下,可以对本发明技术内容及其实施方式进行各种改进、等价替换或修饰,这些均落入本发明的保护范围内。本发明的保护范围以所附权利要求为准。

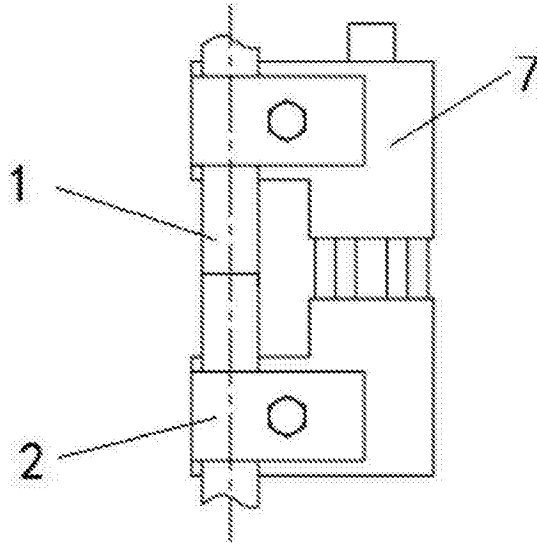


图1

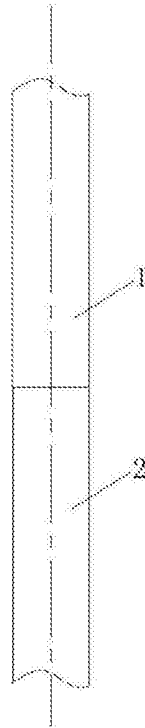


图2

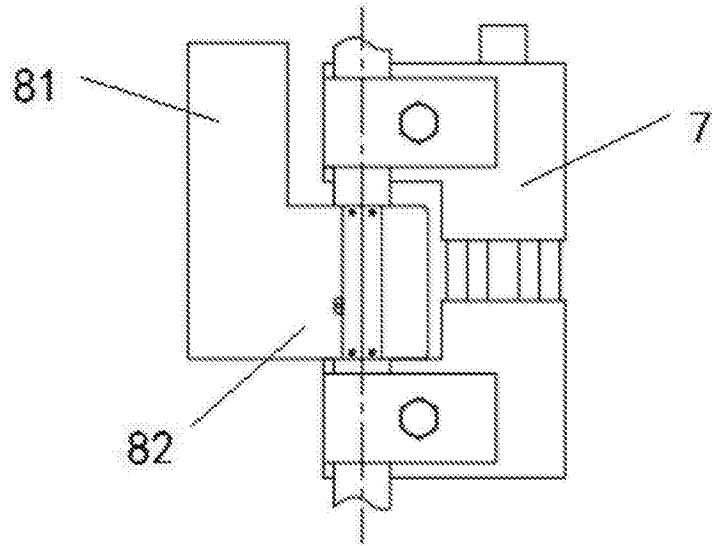


图3

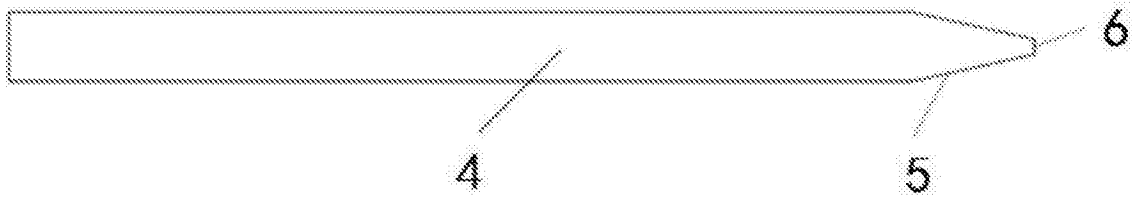


图4