



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114540668 B

(45) 授权公告日 2022.10.25

(21) 申请号 202210073358.1

(22) 申请日 2022.01.21

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114540668 A

(43) 申请公布日 2022.05.27

(73) 专利权人 中航上大高温合金材料股份有限公司

地址 054800 河北省邢台市清河县挥公大道16号

(72) 发明人 张欢欢 栾吉哲 李爱民 田水仙  
刘佳鹏 耿长建

(74) 专利代理机构 河北冀华知识产权代理有限公司 13151

专利代理师 李瑞妍

(51) Int.Cl.

G22C 19/05 (2006.01)

G22C 1/02 (2006.01)

G22B 9/18 (2006.01)

G22B 9/187 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1546246 A, 2004.11.17

CN 209210899 U, 2019.08.06

CN 108330334 A, 2018.07.27

CN 113621825 A, 2021.11.09

CN 214300290 U, 2021.09.28

CN 113118354 A, 2021.07.16

EP 0400302 A2, 1990.12.05

CN 105950881 A, 2016.09.21

RU 2617272 C1, 2017.04.24

审查员 李建赭

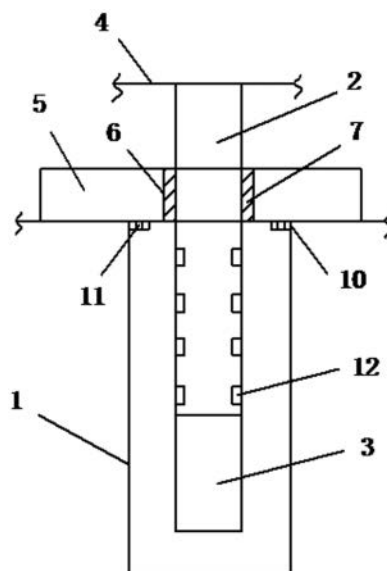
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,包括以下步骤:A、按照下述元素含量进行配料,C 0.050%、Cr 10.10%、W 5.50%、Mo 5.00%、V 0.30%、Al 4.00%、Ti 1.50%、Co 15.00%、B 0.016%、Ce 0.02%、Ba 0.30%、Ni 余量;B、对原料进行真空感应冶炼,浇注自耗电极;C、对自耗电极进行退火和磨光处理;D、将自耗电极安装在电渣重熔装置上,进行电渣重熔处理,制得GH4049合金锭。本发明能够改进现有技术的不足,提高了GH4049合金的热加工塑性和电渣重熔设备的稳定性。



1. 高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,其特征在于包括以下步骤:

A、按照下述元素含量进行配料,

C 0.050%

Cr 10.10%

W 5.50%

Mo 5.00%

V 0.30%

Al 4.00%

Ti 1.50%

Co 15.00%

B 0.016%

Ce 0.02%

Ba 0.30%

Ni 余量;

B、对原料进行真空感应冶炼,浇注自耗电电极;

C、对自耗电电极进行退火和磨光处理;

D、将自耗电电极安装在电渣重熔装置上,进行电渣重熔处理,制得GH4049合金锭;

电渣重熔装置包括结晶器(1),结晶器(1)内插接有假电极(2),自耗电电极(3)焊接在假电极(2)底部,假电极(2)的顶部固定在升降机构(4)上,结晶器(1)顶部安装有顶盖(5),顶盖(5)中心设置有供假电极(2)穿过的通孔(6),通孔(6)内侧固定有密封环(7),通孔(6)内侧设置有若干个第一排气孔(8),相邻两个第一排气孔(8)的下方设置有一个第一进气孔(9),顶盖(5)底面的边缘固定有凸台(10),凸台(10)上安装有若干个第二排气孔(11),假电极(2)侧壁设置有若干个安装孔(12),每个安装孔(12)内安装有一个第二进气孔(13)和一个第三进气孔(14),第二进气孔(13)的进气方向倾斜向上,第三进气孔(14)的进气方向倾斜向下,第二进气孔(13)和第三进气孔(14)的进气方向夹角为 $90^\circ$ ,第一排气孔(8)直接连接至排气泵,全部第二排气孔(11)通过一个流量调节阀连接至排气泵,第一进气孔(9)直接连接至保护气供气机构,每个第二进气孔(13)通过一个独立的开关阀连接至保护气供气机构,每个第三进气孔(14)通过一个独立的开关阀连接至保护气供气机构;

在电渣重熔处理开始前,开启全部第一进气孔(9)、第二进气孔(13)和第三进气孔(14)向结晶器(1)内部注入保护气,与此同时开启全部第一排气孔(8)和第二排气孔(11)进行排气;当结晶器(1)内的保护气含量高于设定值后开始电渣重熔处理,同时对第二进气孔(13)和第三进气孔(14)的开闭状态进行调整,然后根据进气流量的变化对第二排气孔(11)的排气流量进行调整,以保证结晶器(1)内的保护气含量高于设定值且液面稳定;

开始电渣重熔处理后,随着假电极(2)的向下移动,关闭与液面距离小于阈值的第二进气孔(13)和第三进气孔(14),同时对于液面距离大于阈值的第二进气孔(13)和第三进气孔(14)的开闭状态进行动态调整,使结晶器(1)内的保护气保持稳定的纵向循环流动状态。

2. 根据权利要求1所述的高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,其特征在于:配料过程中使用返回料的比例 $\geq 70\%$ 。

3. 根据权利要求1所述的高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,其特征

在于:自耗电极的退火温度为1000~1100℃。

4.根据权利要求1所述的高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,其特征在于:电渣采用两元渣系, $\text{CaF}_2$ :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  =70% : 30%,电渣熔速为3.0~4.0kg/min。

## 高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电渣重熔技术领域,尤其是一种高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺。

### 背景技术

[0002] GH4049合金一种复杂合金化的Ni-Cr-Co基难变形高温合金,是热加工难度最大的一种变形高温合金,主要用于生产航空发动机的涡轮叶片和其他高温承力件,但是由于合金比高,强化相多,导致其热加工塑性差。GH4049合金通常采用电渣重熔工艺进行冶炼,为了降低杂质元素含量,通常需要使用保护气体通入结晶器内,但是由于电渣重熔过程中结晶器内的液面会逐渐上升,保护气的持续通入就会影响电渣液面的稳定。现有技术通常是使用与电渣液面同步移动的保护气通入装置进行保护气的通入,但是这种装置结构复杂,驱动机构在重熔工艺现场持续工作的故障率高,经常出现由于保护气通入装置的故障而被迫停机的问題。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是提供一种高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,提高了GH4049合金的热加工塑性和电渣重熔设备的稳定性。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案如下。

[0005] 一种高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,包括以下步骤:

[0006] A、按照下述元素含量进行配料,

[0007] C 0.050%

[0008] Cr 10.10%

[0009] W 5.50%

[0010] Mo 5.00%

[0011] V 0.30%

[0012] Al 4.00%

[0013] Ti 1.50%

[0014] Co 15.00%

[0015] B 0.016%

[0016] Ce 0.02%

[0017] Ba 0.30%

[0018] Ni 余量;

[0019] B、对原料进行真空感应冶炼,浇注自耗电极;

[0020] C、对自耗电极进行退火和磨光处理;

[0021] D、将自耗电极安装在电渣重熔装置上,进行电渣重熔处理,制得GH4049合金锭。

[0022] 作为优选,配料过程中使用返回料的比例 $\geq 70\%$ 。

[0023] 作为优选,自耗电电极的退火温度为1000~1100℃。

[0024] 作为优选,电渣采用两元渣系, $\text{CaF}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 70\% : 30\%$ ,电渣熔速为3.0~4.0kg/min。

[0025] 作为优选,所述电渣重熔装置包括结晶器,结晶器内插接有假电极,自耗电电极焊接在假电极底部,假电极的顶部固定在升降机构上,结晶器顶部安装有顶盖,顶盖中心设置有供假电极穿过的通孔,通孔内侧固定有密封环,通孔内侧设置有若干个第一排气孔,相邻两个第一排气孔的下方设置有一个第一进气孔,顶盖底面的边缘固定有凸台,凸台上安装有若干个第二排气孔,假电极侧壁设置有若干个安装孔,每个安装孔内安装有一个第二进气孔和一个第三进气孔,第二进气孔的进气方向倾斜向上,第三进气孔的进气方向倾斜向下,第二进气孔和第三进气孔的进气方向夹角为 $90^\circ$ ,第一排气孔直接连接至排气泵,全部第二排气孔通过一个流量调节阀连接至排气泵,第一进气孔直接连接至保护气供气机构,每个第二进气孔通过一个独立的开关阀连接至保护气供气机构,每个第三进气孔通过一个独立的开关阀连接至保护气供气机构。

[0026] 作为优选,在电渣重熔处理开始前,开启全部第一进气孔、第二进气孔和第三进气孔向结晶器内部注入保护气,与此同时开启全部第一排气孔和第二排气孔进行排气;当结晶器内的保护气含量高于设定值后开始电渣重熔处理,同时对第二进气孔和第三进气孔的开闭状态进行调整,然后根据进气流量的变化对第二排气孔的排气流量进行调整,以保证结晶器内的保护气含量高于设定值且液面稳定。

[0027] 作为优选,开始电渣重熔处理后,随着假电极的向下移动,关闭与液面距离小于阈值的第二进气孔和第三进气孔,同时对于液面距离大于阈值的第二进气孔和第三进气孔的开闭状态进行动态调整,使结晶器内的保护气保持稳定的纵向循环流动状态

[0028] 采用上述技术方案所带来的有益效果在于:本发明通过在原料中加入稀土元素Ba,提高了GH4049合金的热加工塑性。同时通过优化保护气通入机构,不需要使用同步随动机构,降低了电渣重熔装置的故障率。

## 附图说明

[0029] 图1是本发明一个具体实施方式中电渣重熔装置的结构图。

[0030] 图2是本发明一个具体实施方式中通孔内侧壁的局部放大图。

[0031] 图3是本发明一个具体实施方式中安装孔内的结构图。

[0032] 图中:1、结晶器;2、假电极;3、自耗电电极;4、升降机构;5、顶盖;6、通孔;7、密封环;8、第一排气孔;9、第一进气孔;10、凸台;11、第二排气孔;12、安装孔;13、第二进气孔;14、第三进气孔。

## 具体实施方式

[0033] 高纯返回料生产难变形高温合金GH4049的冶炼工艺,其特征在于包括以下步骤:

[0034] A、按照下述元素含量进行配料,

[0035] C 0.050%

[0036] Cr 10.10%

[0037] W 5.50%

[0038] Mo 5.00%

[0039] V 0.30%

[0040] Al 4.00%

[0041] Ti 1.50%

[0042] Co 15.00%

[0043] B 0.016%

[0044] Ce 0.02%

[0045] Ba 0.30%

[0046] Ni 余量;

[0047] 配料过程中使用返回料的比例 $\geq 70\%$ ;

[0048] B、对原料进行真空感应冶炼,浇注自耗电极;

[0049] C、对自耗电极进行退火和磨光处理;自耗电极的退火温度为 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ;

[0050] D、将自耗电极安装在电渣重熔装置上,进行电渣重熔处理,制得GH4049合金锭;电渣采用两元渣系, $\text{CaF}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 70\% : 30\%$ ,电渣熔速为 $3.0\sim 4.0\text{kg}/\text{min}$ 。

[0051] 参照图1-3,电渣重熔装置包括结晶器1,结晶器1内插接有假电极2,自耗电极3焊接在假电极2底部,假电极2的顶部固定在升降机构4上,结晶器1顶部安装有顶盖5,顶盖5中心设置有供假电极2穿过的通孔6,通孔6内侧固定有密封环7,通孔6内侧设置有若干个第一排气孔8,相邻两个第一排气孔8的下方设置有一个第一进气孔9,顶盖5底面的边缘固定有凸台10,凸台10上安装有若干个第二排气孔11,假电极2侧壁设置有若干个安装孔12,每个安装孔12内安装有一个第二进气孔13和一个第三进气孔14,第二进气孔13的进气方向倾斜向上,第三进气孔14的进气方向倾斜向下,第二进气孔13和第三进气孔14的进气方向夹角为 $90^{\circ}$ ,第一排气孔8直接连接至排气泵,全部第二排气孔11通过一个流量调节阀连接至排气泵,第一进气孔9直接连接至保护气供气机构,每个第二进气孔13通过一个独立的开关阀连接至保护气供气机构,每个第三进气孔14通过一个独立的开关阀连接至保护气供气机构。

[0052] 其中,排气泵、保护气供气机构、流量调节阀、开关阀均属于公职的市售零件,图中未示出。

[0053] 在电渣重熔处理开始前,开启全部第一进气孔9、第二进气孔13和第三进气孔14向结晶器1内部注入保护气,与此同时开启全部第一排气孔8和第二排气孔11进行排气;当结晶器1内的保护气含量高于设定值后开始电渣重熔处理,同时对第二进气孔13和第三进气孔14的开闭状态进行调整,然后根据进气流量的变化对第二排气孔11的排气流量进行调整,以保证结晶器1内的保护气含量高于设定值且液面稳定。开始电渣重熔处理后,随着假电极2的向下移动,关闭与液面距离小于阈值的第二进气孔13和第三进气孔14,同时对于液面距离大于阈值的第二进气孔13和第三进气孔14的开闭状态进行动态调整,使结晶器1内的保护气保持稳定的纵向循环流动状态。

[0054] 设置在通孔上的第一进气孔9用来降低外部空气向结晶器1内的渗入量,同时与第一排气孔8形成交错布置结构,可以在通孔处形成均匀的保护器气流循环流动区域,实现通孔内外气氛的彻底隔绝。第二进气孔13和第三进气孔14用于实现结晶器1内部的保护气体注入。通过对第二排气孔11排气流量的控制配合,可以保持结晶器1内保护气体的纯度和压

力稳定,同时使结晶器1内部的气体流动与通孔处的气体流动形成两个相对独立的流动路径,从而更好的实现内外气氛的隔绝。在电渣重熔过程中,随着假电极的向下移动和电渣液面的上升,对不同位置的第二进气孔13和第三进气孔14进行逐步关闭,并同步控制第二排气孔11排气流量,保持结晶器1内气体流动的稳定性,从而避免扰动电渣液面。

[0055] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”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,仅是为了便于描述本发明,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。

[0056] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

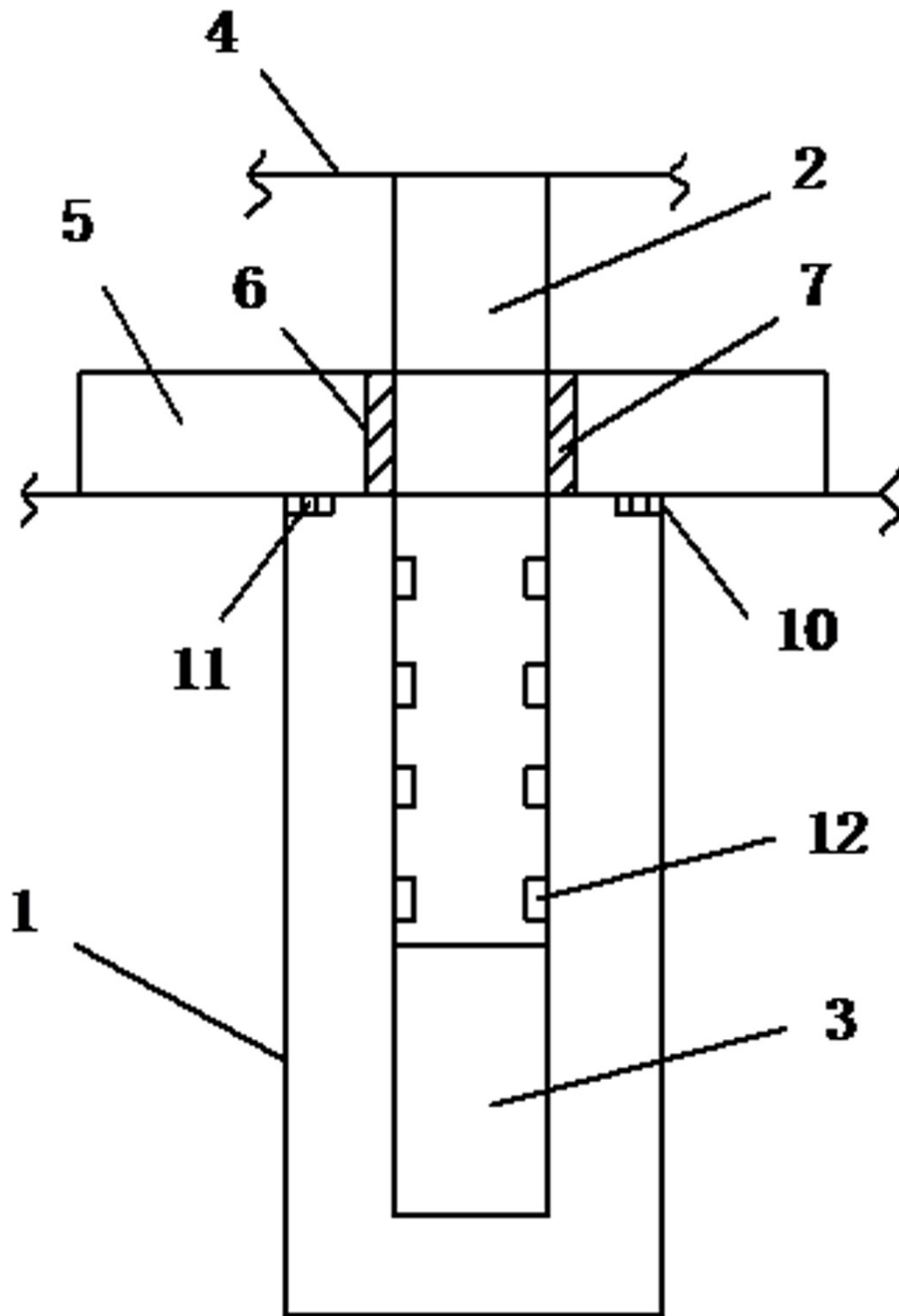


图1



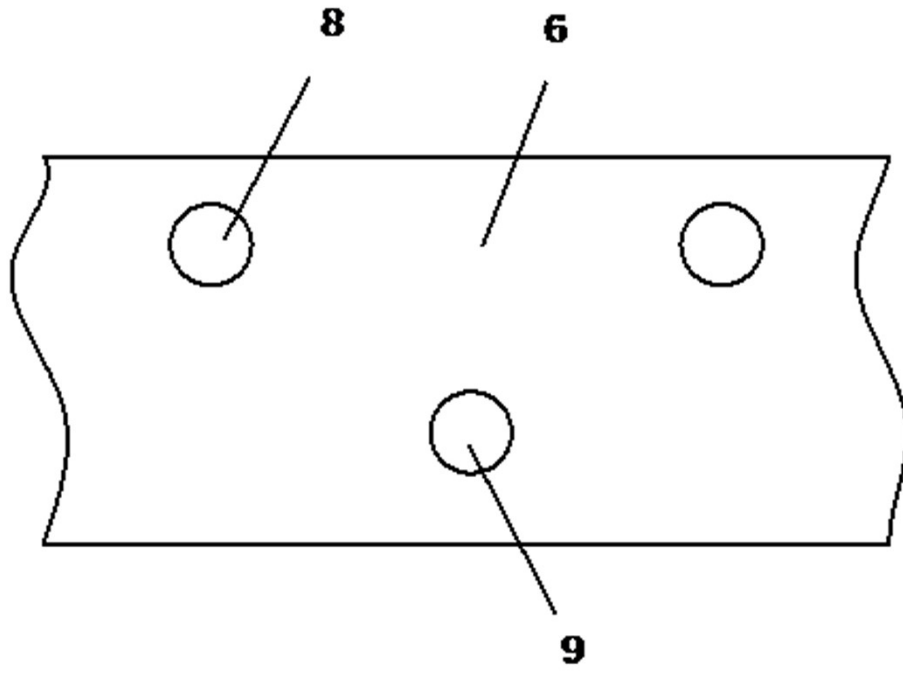


图2

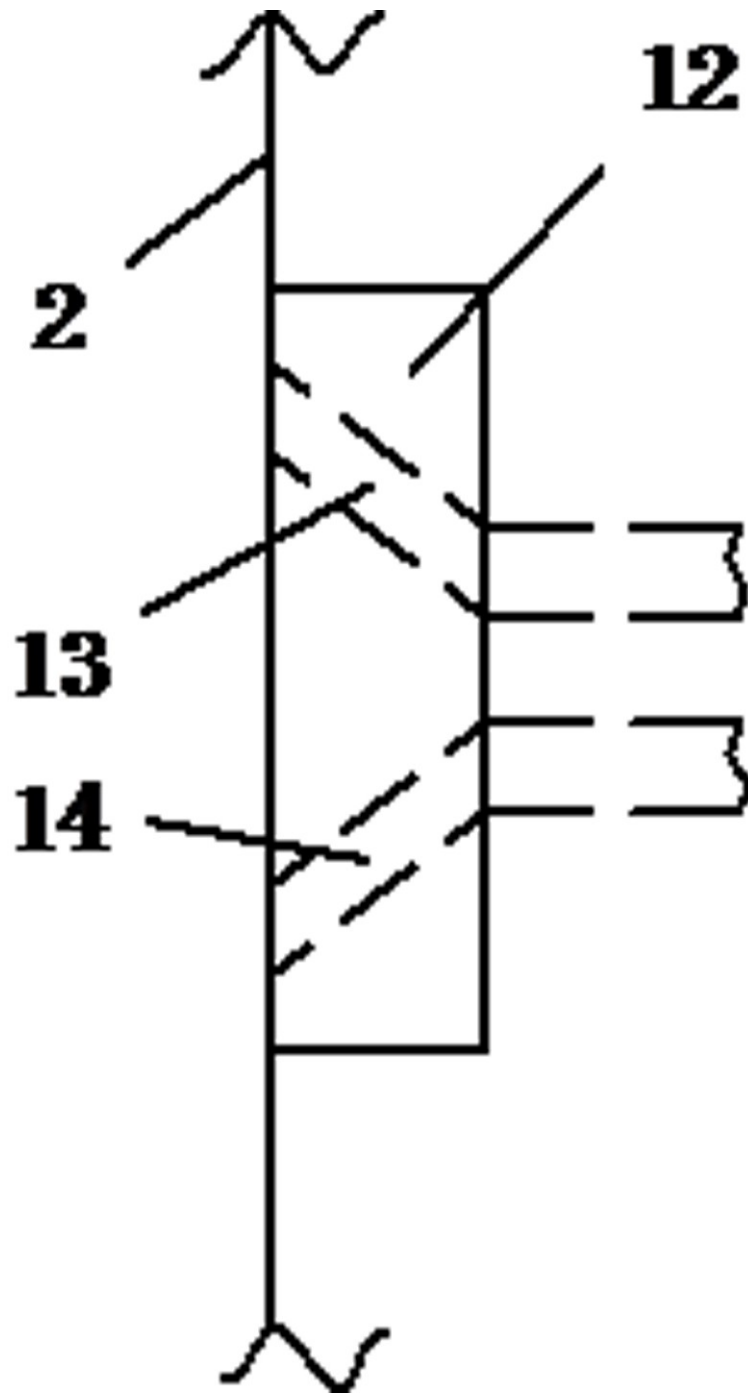


图3