



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111055007 B

(45) 授权公告日 2022.01.18

(21) 申请号 201911265144.9

(22) 申请日 2019.12.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111055007 A

(43) 申请公布日 2020.04.24

(73) 专利权人 首都航天机械有限公司

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

专利权人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 郝云飞 马建波 刘西伟 贾晓喆

计鹏飞 张玉芝 红亮 王龙

刘紫阳 姬旭

(56) 对比文件

CN 102922125 A, 2013.02.13

CN 110142500 A, 2019.08.20

CN 205798685 U, 2016.12.14

CN 107931822 A, 2018.04.20

CN 108971741 A, 2018.12.11

CN 204686273 U, 2015.10.07

KR 20140125715 A, 2014.10.29

CN 207534151 U, 2018.06.26

CN 106475677 A, 2017.03.08

CN 104842114 A, 2015.08.19

审查员 杨玮亮

(51) Int. Cl.

B23K 20/12 (2006.01)

B23K 20/26 (2006.01)

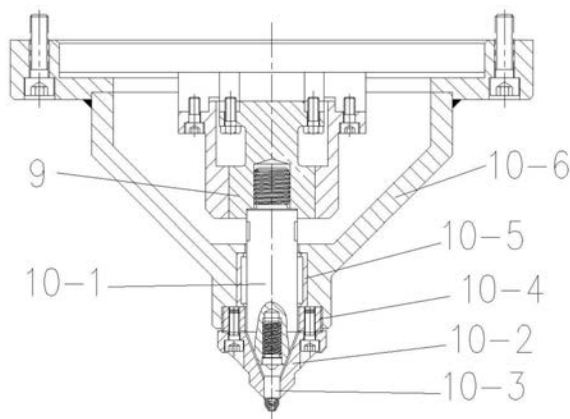
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接装置及方法

(57) 摘要

一种T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接装置，包括T型接头焊接夹具和T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接工具，T型接头焊接夹具包括阴模组件和阳模组件，阴模组件和阳模组件形成垂直的夹角，用于放置T型接头，T型接头包括基板(1-1)和肋板(1-2)，基板(1-1)和肋板(1-2)相互垂直，T型接头的基板(1-1)固定于阴模组件上，肋板(1-2)安装在阳模上，基板(1-1)与肋板(1-2)沿着焊接方向顶紧，所述摩擦焊接工具包括搅拌针尾、搅拌针头和轴肩套头，搅拌针尾一端通过螺纹连接在旋转主轴，另一端通过连接螺纹与搅拌针头连接，静止轴肩套头通过螺栓连接在机床的机头基座上并与搅拌针保持同轴。



1. 一种T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接装置,包括T型接头焊接夹具和T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接工具,其特征在于,T型接头焊接夹具包括阴模组件和阳模组件,阴模组件和阳模组件形成垂直的夹角,用于放置T型接头,T型接头包括基板(1-1)和肋板(1-2),基板(1-1)和肋板(1-2)相互垂直,T型接头的基板(1-1)固定于阴模组件上,肋板(1-2)安装在阳模上,基板(1-1)与肋板(1-2)沿着焊接方向顶紧,所述摩擦焊接工具包括搅拌针尾(10-1)、搅拌针头(10-3)和轴肩套头(10-6),搅拌针尾(10-1)一端通过螺纹连接在旋转主轴(9),另一端通过连接螺纹与搅拌针头(10-3)连接,静止轴肩套头(10-6)通过螺栓连接在机床的机头基座上并与搅拌针保持同轴;所述阴模组件为装配定位T型接头基板(1-1)的基准,阴模组件的截面形状为等边直角三角形结构,三角形的两锐角进行倒角的结构,分别为底板(5-5),和底板(5-5)垂直的第一立板I(5-2)、第二立板I(5-6),第一立板I(5-2)的端部是顶板(5-1),顶板(5-1)和第二立板I(5-6)之间通过斜板(5-3)连接,斜板(5-3)位置为基板(1-1)的定位安装位置处,斜板(5-3)靠近第二立板I(5-6)的一端加工有沉台结构用于定位后续安装在其面的第一垫板(2),斜板(5-3)的另一端设有安装螺纹孔结构用于安装顶紧组件(6)和压紧组件(7),斜板(5-3)两个侧面上设有安装螺纹孔结构用于安装连接板(1),连接板(1)实现阴模组件与阳模组件的连接夹紧作用,在第二立板I(5-6)设有螺纹连接孔和定位销孔用于和阳模组件固定连接;

所述阳模组件为装配定位T型接头肋板(1-2)的基准,实现肋板(1-2)在阴模上的全定位夹紧,阳模组件的截面形状为两直角边与长方形交接求和组合而成,主要由两个平行的第一平板I(8-1)、第二平板II(8-6),平行的平板之间一端是垂直于平板的第一立板II(8-2),平行的平板之间的另一端是垂直于平板的第二立板II(8-5),第二立板II(8-5)的长度低于第一立板II(8-2),第二立板II(8-5)和第一平板(8-1)之间通过相互垂直的第一直角板(8-3)和第二直角板(8-4)连接,第二直角板(8-4)和第二立板II(8-5)连接,第一直角板(8-3)和第一平板(8-1)连接。

2. 根据权利要求1所述的焊接装置,其特征在于,所述第一立板I(5-2)具有三个均布排布方形减重孔,斜板(5-3)具有安装螺纹孔,阴模组件中心存在三角减重孔的肋筋(5-4)。

3. 根据权利要求2所述的焊接装置,其特征在于,第一立板II(8-2)均匀分布U型减重孔,在阳模的内部采用加强肋(8-7)连接,第一直角板(8-3)的一端加工有安装孔安装顶紧组件(6)、压紧组件(7)及第二垫板(3)并将肋板(1-2)安装在第一直角板(8-3),第二直角板(8-4)两侧设有螺纹连接孔用于安装连接板(1)实现与阴模组件的连接,第二立板II(8-5)设有螺纹连接孔和定位销孔,增强阴模组件与阳模组件的连接紧固。

4. 根据权利要求1所述的焊接装置,其特征在于,所述压紧组件(7)与顶紧组件(6)实现基板(1-1)与肋板(1-2)一侧的压紧及顶紧的固定,压紧组件(7)由螺柱(7-1),压板(7-2)及支撑钉(7-3)组成,螺柱(7-1)一端采用螺纹结构连接在第一直角板(8-3)或斜板(5-3),使用反向紧固螺母进行防松,支撑钉(7-3)调节支撑长度实现压板(7-2)的不同厚度的压紧,顶紧组件(6)由顶钉(6-1)、基座(6-2)及顶块(6-3)组成,基座(6-2)采用螺接方式连接在第一直角板(8-3)或斜板(5-3),通过顶钉(6-1)伸缩推动顶块(6-3)实现肋板(1-2)和基板(1-1)侧面的顶紧消除接触面的间隙,满足静止轴肩搅拌摩擦焊接的焊前装配要求。

5. 根据权利要求1所述的焊接装置,其特征在于,所述T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接工具包括搅拌头组件(10),主要由搅拌针尾(10-1),搅拌针头(10-3),T型仿形静止轴肩

(10-2),顶紧连接螺套(10-4),高速回转滚针轴承(10-5)及静止轴肩套头(10-6)组成,该组件的搅拌针尾(10-1)连接在旋转主轴(9),静止轴肩套头(10-6)连接在机床设备的机头基座上。

6.根据权利要求5所述的焊接装置,其特征在于,在搅拌针尾(10-1)与静止轴肩套头(10-6)之间安装滚针轴承(10-5),保证两者同轴且干涉,滚针轴承(10-5)一端通过静止轴肩套头(10-6)一端的轴肩限位,另一端通过顶紧连接螺套(10-4)外表面的螺纹连接至静止轴肩套头(10-6),顶紧连接螺套(10-4)一端面加工有螺纹孔,实现T型仿形静止轴肩(10-2)使用螺栓连接呈一体,同时能保证搅拌针头(10-3)与T型仿形静止轴肩(10-2)同轴,当旋转主轴(9)旋转时搅拌针头(10-3)旋转,实现旋转运动的传递,T型仿形静止轴肩(10-2)连接在设备机床设备的机头基座不旋转,当焊接运动时,T型仿形静止轴肩(10-2)及旋转的搅拌针头(10-3)一起移动实现焊接轨迹的运动。

7.一种采用权利要求1-6任一项所述的焊接装置进行焊接的方法,其特征在于,包括以下步骤:

- 1)通过连接板(1)、螺纹连接孔和定位销孔将阴模组件与阳模组件连接夹紧;
- 2)将T型接头的基板(1-1)放置于阴模组件上,将阴模与阳模连接紧固成一体后,基板(1-1)被阴模与阳模夹紧后,肋板(1-2)安装在阳模的定位板上,通过顶紧组件和压紧组件将肋板(1-2)与基板(1-1)压紧顶紧,通过阴模和阳模两端的挡板将基板(1-1)与肋板(1-2)在沿着焊接方向进行顶紧作用,实现静止轴肩焊接前的装配定位夹紧;
- 3)单侧焊接搅拌针轮廓超过肋板(1-2)厚度中心线;
- 4)在完成T型接头的一侧焊接后,需要将试片拆卸下来,进行另一侧的焊接;
- 5)采用超声相控阵检测技术从T型接头的基板(1-1)背部进行接头内部质量检测。

一种T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于航天产品加工工艺装备及定位方法,该装置应用于一种T字型结构件之间采用静止轴肩搅拌摩擦焊接时的定位夹紧焊接。

背景技术

[0002] 搅拌摩擦焊技术作为一项成熟焊接技术,已经广泛应用于我国航天领域的运载火箭贮箱、导弹壳体等铝合金结构件制造中,产品接头性能、焊缝质量及生产效率均得到大幅度提升。但整个应用对象存在一个共同特征,即已实现搅拌摩擦焊接的航天铝合金结构件普遍为I型等厚对接接头。但航天铝合金结构件中还存在大量的T型接头(如图1所示),目前主要采用手工氩弧焊接,且普遍存在熔透深度、接头内部质量、焊接质量一致性保证难度大等问题,为此业内提出是否可以考虑采用搅拌摩擦焊技术进行T型接头焊接,以进一步提高其内部质量及性能。在很长一段时间内,这都是业内难以逾越的技术鸿沟。

[0003] 近些年英国焊接研究所(The Welding Institute,TWI)为解决钛合金搅拌摩擦焊缝表面质量问题,开发了一种静止轴肩搅拌摩擦焊接技术(Stationary Shoulder Friction Stir Welding,SSFSW),即焊接过程中轴肩不旋转,紧贴焊缝表面移动,而位于轴肩中心的搅拌针高速旋转,并与工件相互作用。基于该方案,实现了钛合金对接接头的高质量搅拌摩擦焊接,焊缝表面光滑平整、无明显减薄。该方案“焊接过程中轴肩不旋转”的技术特点,为解决航天结构件T型接头的搅拌摩擦焊接提供了可能性,即轴肩不必设计为传统的旋转轴对称结构,可以根据焊接接头结构进行仿型设计。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种用于T型接头采用静轴肩搅拌摩擦焊接时起定位支撑压紧作用的方法及工艺装备,能够满足T型号接头的高精度装配、高质量焊接及无损检测,进而可实现工程化应用。

[0005] 本发明解决技术问题的方案为通过设计适用于T型接头的静止轴肩搅拌摩擦焊接的搅拌头结构,使搅拌头更适应T型接头的静止轴肩搅拌摩擦焊接工艺,设计专用的焊接装夹工装,保证焊前装配和焊接质量。

[0006] 具体技术方案为:一种T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接装置,包括T型接头焊接夹具和T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接工具,其特征在于,T型接头焊接夹具包括阴模组件和阳模组件,阴模组件和阳模组件形成垂直的夹角,用于放置T型接头,T型接头包括基板和肋板,基板和肋板相互垂直,T型接头的基板固定于阴模组件上,肋板安装在阳模上,基板与肋板沿着焊接方向顶紧,所述摩擦焊接工具包括搅拌针尾、搅拌针头和轴肩套头,搅拌针尾一端通过螺纹连接在旋转主轴,另一端通过连接螺纹与搅拌针头连接,静止轴肩套头通过螺栓连接在机床的机头基座上并与搅拌针保持同轴。

[0007] 为实现T型接头(由基板和肋板组成)的高质量静止轴肩搅拌摩擦焊接,需保证基板与肋板的结合面全部消除,不允许存在类似未焊透性质的缺陷,因此T型接头静止轴肩搅

拌摩擦焊接需从两侧依次焊接(如图2a~2d)。单侧焊接时需保证搅拌针轮廓超过肋板厚度中心线(如图2a),形成的单个焊缝横截面轮廓也能超过肋板厚度中心线(如图2b)。这样两侧依次焊接后,2个焊缝横截面轮廓将会形成一定程度的重叠,进而保证T型接头全部焊透。

[0008] 无损检测方案:T型接头的无损检测是一个难题,首先该接头形式不适合X射线探伤,再者着色探伤等方式只能检测焊缝表面质量。本文提出了采用超声相控阵检测技术从T型接头的基板背部进行接头内部质量检测,如图3所示。

[0009] 为了实现T型静止轴肩搅拌摩擦焊接,静止轴肩搅拌摩擦焊接工具由固定支座、滚针轴承、组合式搅拌针、锁紧螺母、轴肩、中心旋转动力源等几部分组成,其具体连接关系为:“固定支座”的大端与搅拌摩擦焊设备的静止部位相连接,但需保证其与“中心旋转动力源”同轴;在“固定支座”的内部安装有1个“滚针轴承”,两者同轴安装;为了防止“滚针轴承”的下端向下运动,安装有1个“锁紧螺母”;“仿型静止轴肩”与“锁紧螺母”固定连接;“组合式搅拌针”一端与“中心旋转动力源”连接,中间部位与“滚针轴承”紧配合,下端穿过静止轴肩。各个组成部分的功能如下:

[0010] a、固定支座:用于实现仿型静止轴肩在焊接过程中不旋转;

[0011] b、仿型静止轴肩:为仿T型接头结构,左右两个平面夹角为 90° ,两个面的相交处急剧过渡,理论上为一条直线。呈 90° 夹角的平面,以及两个面的急剧过渡,主要是为了保持静止轴肩与T型接头紧密贴合,封闭挤压模,防止焊接过程中封闭挤压模内的塑性金属外溢。实际焊接过程中,为了减少T型接头焊接过程中的静止轴肩的前进抗力,通常将静止轴肩两个面的过渡处设计为圆滑过渡,但R角不宜过大(R1以下),以免破坏密封效果。

[0012] c、滚针轴承:焊接过程中搅拌针高速旋转且承受与焊接方向相反的前进抗力,而仿型静止轴肩几乎不发生变形,因此搅拌针与轴肩的配合面处可能发生接触和摩擦磨损,甚至导致焊接故障。为了保证受力状态下的搅拌针的旋转稳定性,增加1个滚针轴承设计,旨在提高搅拌针的高速旋转稳定性和刚性。

[0013] d、锁紧螺母:轴向固定滚针轴承,且为静止轴肩提供连接特征。

[0014] e、中心旋转动力源:为组合式搅拌针的高速旋转提供动力。

[0015] f、组合式搅拌针:T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接时,从静止轴肩中心孔的相贯线顶点至轴肩端部的两侧母材,直至“T型接头肋板与基板的结合面”的一半处都将处于封闭挤压模内,如图4所示。

[0016] 封闭挤压模从轴肩相贯线顶点至轴肩端部的封闭挤压模体积最大,为了保证该区域的塑性金属流动充分,建议此部分搅拌针应粗一些,宜采用圆柱螺纹;对于轴肩端部以下区域的封闭挤压模,所占体积略小,但需要搅拌针可以很好地穿透工件,直至超过“T型接头肋板与基板的结合面”的一半处,宜采用圆锥螺纹。为了增加搅拌针对封闭挤压模内塑性金属的搅拌能力,在搅拌针的圆柱螺纹部分和圆锥螺纹部分间隔 120° 分别增加一个平面结构。本申请的搅拌针结构采用分体式结构,由搅拌针和夹持结构组成,这主要是为了减少搅拌针的用料体积和制造成本。

[0017] g、T型接头静止轴肩与搅拌针的匹配:

[0018] T型接头静止轴肩与搅拌针间隙配合,约为0.3mm,为了进一步防止焊接过程中搅拌针与轴肩的配合面处发生摩擦磨损,甚至出现焊接故障。

[0019] 由于搅拌摩擦焊接工艺在焊接过程中不能添加焊丝,因此焊前的装配质量要求较

高,需要专用焊接夹具进行焊前装配保证。基于T型接头的结构特点和搅拌摩擦焊接前高质量装配要求,焊接夹具的设计思路为:T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接过程中轴肩不旋转,且轴肩的2个呈90°夹角的平面紧密贴合压紧T型接头的基板和肋板,因此T型接头近焊缝区域无需做固定,仅需要在肋板和基板的远端做固定即可;在完成T型接头的一侧焊接后,需要将试片拆卸下来,进行另一侧的焊接。因此需要将工装设计为分体式的,方便拆卸与安装。

[0020] 本发明的有益效果:

[0021] 1) 该方法能够有效控制T型接头肋板与基板的定位压紧状态,并将被焊接工件的装配状态调整为最佳;

[0022] 2) 该方法简洁明了、易操作,便于观察和确定装配状态;

[0023] 3) 该装置用于对T型接头角焊缝焊前的定位支撑压紧,适用于焊接装配精度要求较高,实现近无间隙装配的静止轴肩搅拌摩擦焊焊接;

[0024] 4) 静轴肩搅拌头采用针头与针尾可拆卸式结构,能够实现在焊接不同参数时调换不同针头即可,大大降低了生产成本并有效的提升生产效率,结构简洁,利于装配;

[0025] 5) 该夹紧装置结构设计新颖,适应广泛,操作简洁、精度高、质量可靠。其固紧装置能够跟随基板与肋板的厚度变化进行调节,适应性强,实现一定范围内的产品定位装配夹紧的焊前装配工作。

[0026] 6) 该装置结构设计灵活、采用分体式阴阳模,大大提高产品适应性,改进产品制造的工艺方法,降低了航天工人的劳动强度,提高了劳动生产率和安全生产水平。

[0027] 7) 运用此装置后焊接出来的产品与传统的熔焊相比具有接头质量高、变形小、缺陷少、绿色无污染等优点。该装置的成功运用对于优化T型接头角接焊缝的焊接过程,提高产品的焊接质量,降低环境污染具有非常重要的意义。

附图说明

[0028] 图1为T型接头结构示意图。

[0029] 图2为T型接头两侧依次焊接及形成的焊缝横截面轮廓示意图。

[0030] 图3为T型接头的超声相控阵检测方式示意图。

[0031] 图4为T型接头单侧焊接时的封闭挤压模轮廓图。

[0032] 图5为T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接工装简图。

[0033] 图6为阴模组件结构简图。

[0034] 图7为阳模组件结构简图。

[0035] 图8为压紧组件结构简图。

[0036] 图9为顶紧组件结构简图。

[0037] 图10为垫板I结构简图。

[0038] 图11为垫板II结构简图。

[0039] 图12为静轴肩搅拌头结构简图。

具体实施方式

[0040] 一种T型接头静止轴肩搅拌摩擦焊接装置主要由阴模组件、阳模组件、顶紧组件、

压紧组件和搅拌头组成,具体为连接板1、第一垫板2、第二垫板3、挡板4、阴模5、顶紧组件6、压紧组件7、阳模8、旋转主轴9及搅拌头10组成,具体结构如图5所示。将T型接头的基板1-1放置于阴模组件上,将阴模与阳模连接紧固成一体后,基板1-1被阴模与阳模夹紧后,肋板1-2安装在阳模的定位板上,通过顶紧组件和压紧组件将肋板1-2与基板1-1压紧顶紧,通过阴模和阳模两端的挡板将基板1-1与肋板1-2在沿着焊接方向进行顶紧作用,实现静止轴肩焊接前的装配定位夹紧。

[0041] 该装置用于对T型接头角焊缝1-3焊前的定位支撑压紧,适用于焊接装配精度要求较高,实现近无间隙装配的静止轴肩搅拌摩擦焊焊接。

[0042] 阴模组件为装配定位T型接头基板1-1的基准,实现基板1-1在阴模上的全定位夹紧,阴模组件的截面形状为等边直角三角形结构,三角形的两锐角进行倒角的结构,斜边位置为基板1-1的定位安装位置处,主要由长条形钢板组成,分别为顶板5-1,具有三个均布排补方形减重孔的第一立板I5-2,加工有安装螺纹孔的斜板5-3,呈三角型结构且中心存在三角较重孔的肋筋5-4,底板5-5及第二立板I5-6角焊连接而成,在斜板5-3的一端加工有沉台结构用于定位后续安装在其面的第一垫板2,斜板5-3的另一端设有安装螺纹孔结构用于安装顶紧组件6和压紧组件7,在斜板5-3的两个侧面上设有安装螺纹孔结构用于连接板1,连接板1实现阴模组件与阳模组件的连接夹紧作用,为有效的实现阴模组件与阳模组件的紧固连接,在第二立板I5-6设有螺纹连接孔和定位销孔,呈两个螺纹孔中间一个定位销孔为一组,共计三组均匀分布在第二立板I5-6。具体如图6及图10所示。

[0043] 阳模组件为装配定位T型接头肋板1-2的基准,实现肋板1-2在阴模上的全定位夹紧,阳模组件的截面形状为两直角边与长方形交接求和组合而成。主要由第一平板8-1、第二平板8-6,第一立板II8-2、第二立板II8-5、第一直角板8-3和第二直角板8-4组成。第一平板8-1与第二平板8-6平行放置,第一立板II8-2与第二立板II8-5平行放置,并与第二平板8-6垂直布置连接,呈直角状连接的第一直角板8-3和第二直角板8-4其中第二直角板8-4与第二平板8-6连接、第一直角板8-3与第一平板8-1连接。第一立板II8-2均匀分布U型减重孔,在阳模的内部采用加强肋8-7连接,提升整体的刚度,第一直角板8-3的一端加工有安装孔安装顶紧组件6、压紧组件7及第二垫板3并将肋板1-2安装在第一直角板8-3,第二直角板8-4两侧设有螺纹连接孔用于连接板1实现与阴模组件的连接,第二立板II8-5设有螺纹连接孔和定位销孔,呈两个螺纹孔中间一个定位销孔为一组,共计三组均匀分布在第二立板II8-5,增强阴模组件与阳模组件的连接紧固。具体如图7及图11所示。

[0044] 压紧组件7与顶紧组件6实现基板1-1与肋板1-2一侧的压紧及顶紧的固定。压紧组件7由螺柱7-1,压板7-2及支撑钉7-3组成,螺柱7-1一端采用螺纹结构连接在第一直角板8-3或斜板5-3,使用反向紧固螺母进行防松,支撑钉7-3调节支撑长度实现压板7-2的不同厚度的压紧。顶紧组件6由顶钉6-1、基座6-2及顶块6-3组成,基座6-2采用螺接方式连接在第一直角板8-3或斜板5-3生根,通过顶钉6-1伸缩推动顶块6-3实现肋板1-2和基板1-1侧面的顶紧消除接触面的间隙,满足静止轴肩搅拌摩擦焊接的焊前装配要求,具体结构见图8及图9所示。

[0045] 搅拌头组件10,为实现静止轴肩搅拌摩擦焊接的搅拌头,该组件的旋转搅拌针连接在旋转主轴9,静止轴肩套头10-6连接在机床设备的机头基座上。其主要由搅拌针尾10-1,搅拌针头10-3,T型仿形静止轴肩10-2,顶紧连接螺套10-4,高速回转滚针轴承10-5及静

止轴肩套头10-6组成。搅拌针尾10-1一端通过螺纹连接在旋转主轴9,另一端通过连接螺纹与搅拌针头10-3连接,静止轴肩套头10-6通过螺栓连接在机床的机头基座上并与搅拌针保持同轴,为防止搅拌针头10-3在焊接过程中与T型仿形静止轴肩10-2干涉卡滞,在搅拌针尾10-1与静止轴肩套头10-6之间安装滚针轴承10-5,保证两者同轴且不干涉,滚针轴承10-5一端通过静止轴肩套头10-6一端的轴肩限位,另一端通过顶紧连接螺套10-4外表面的螺纹连接至静止轴肩套头10-6,顶紧连接螺套10-4一端面加工有螺纹孔,实现T型仿形静止轴肩10-2使用螺栓连接呈一体,同时能保证搅拌针头10-3与T型仿形静止轴肩10-2同轴,当旋转主轴9旋转时搅拌针头10-3旋转,实现旋转运动的传递,T型仿形静止轴肩10-2连接在设备机床设备的机头基座不旋转,当焊接运动时,T型仿形静止轴肩10-2及旋转的搅拌针头10-3一起移动实现焊接轨迹的运动。具体结构如图12所示。

[0046] 本发明未详细描述内容为本领域技术人员公知技术。

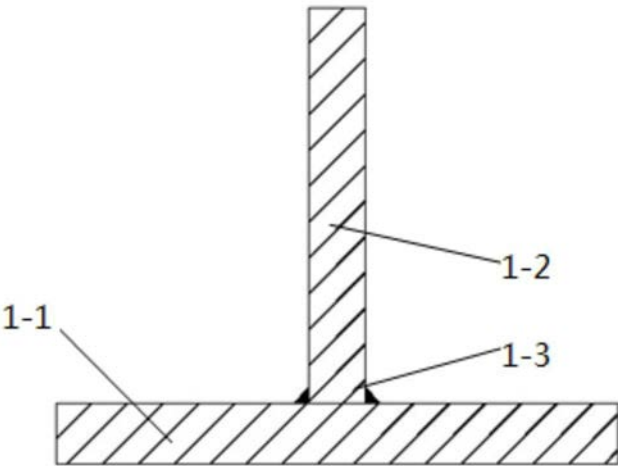


图1

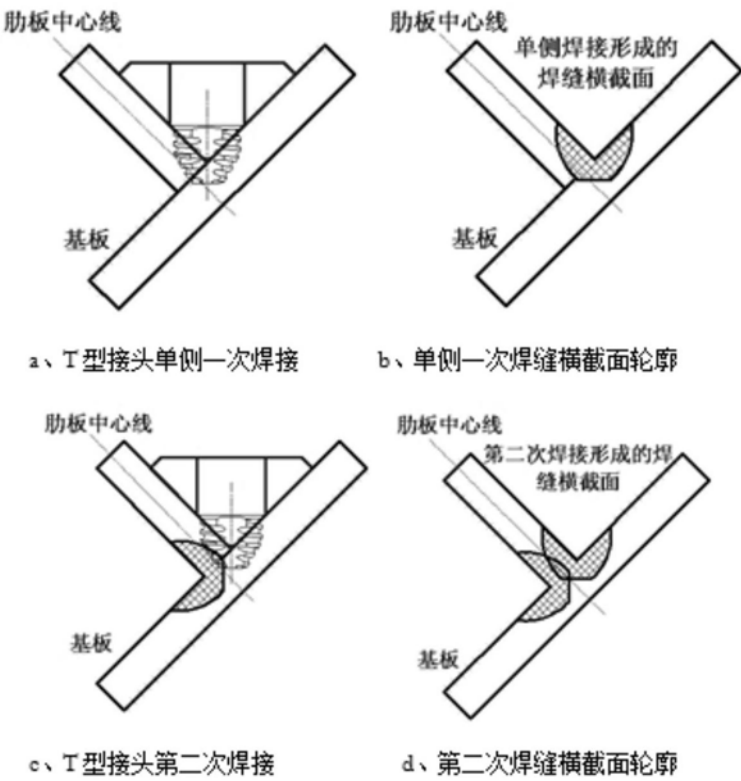


图2

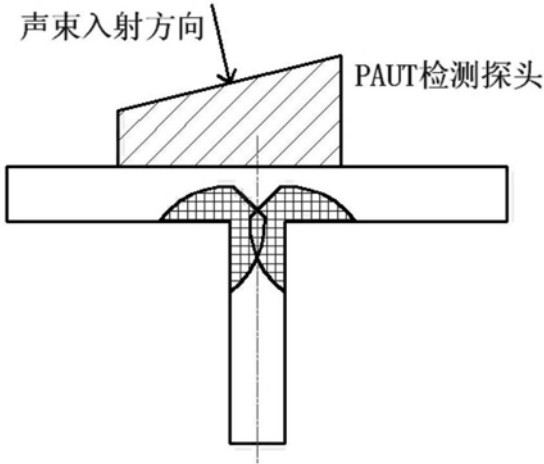


图3

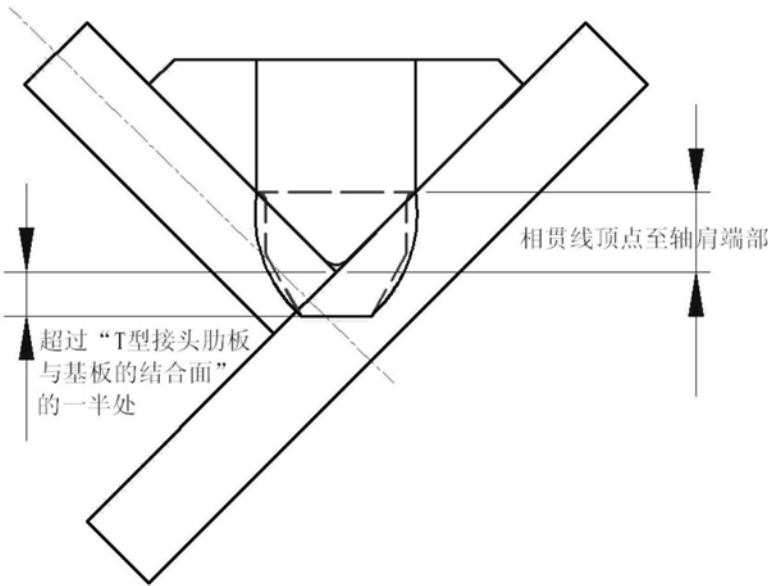


图4

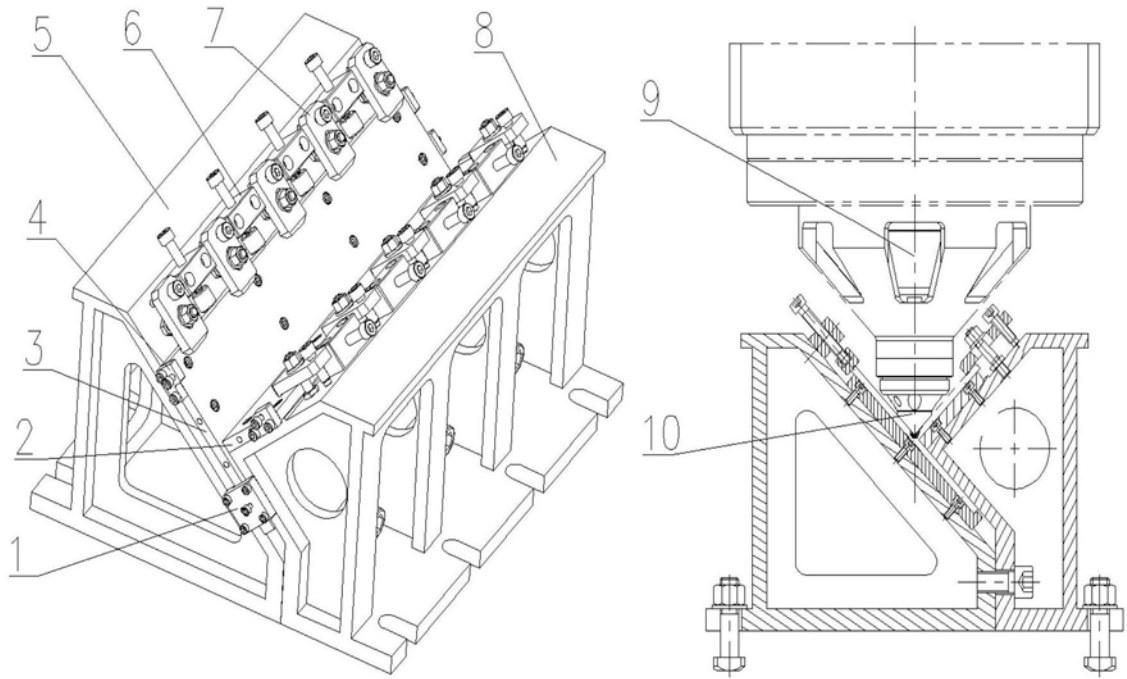


图5

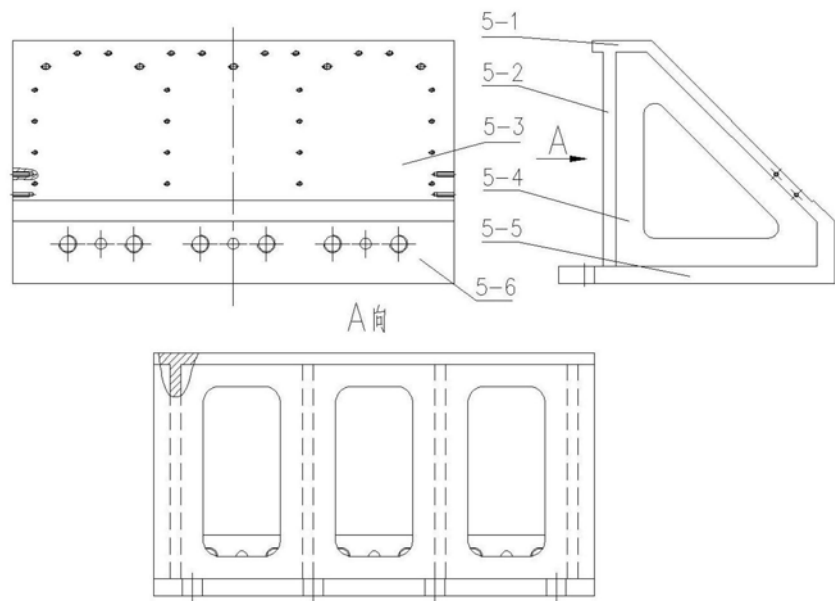


图6

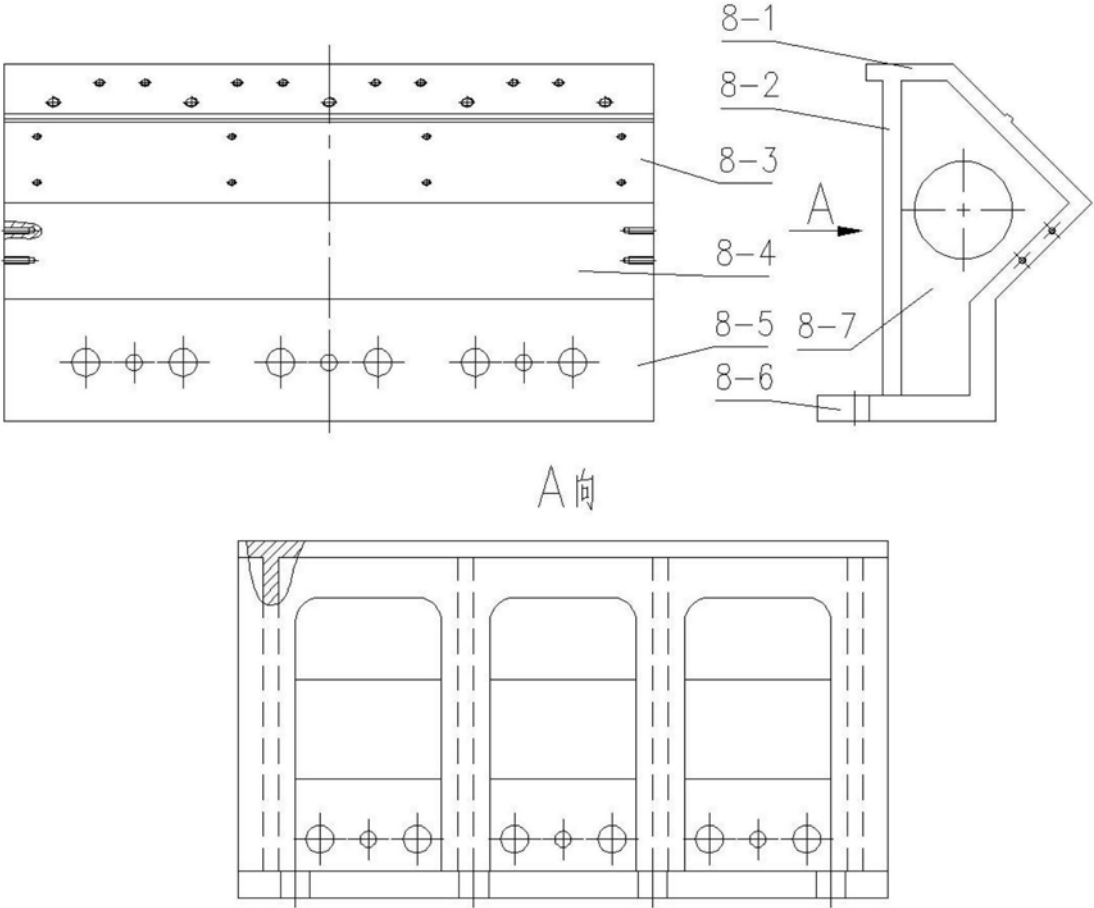


图7

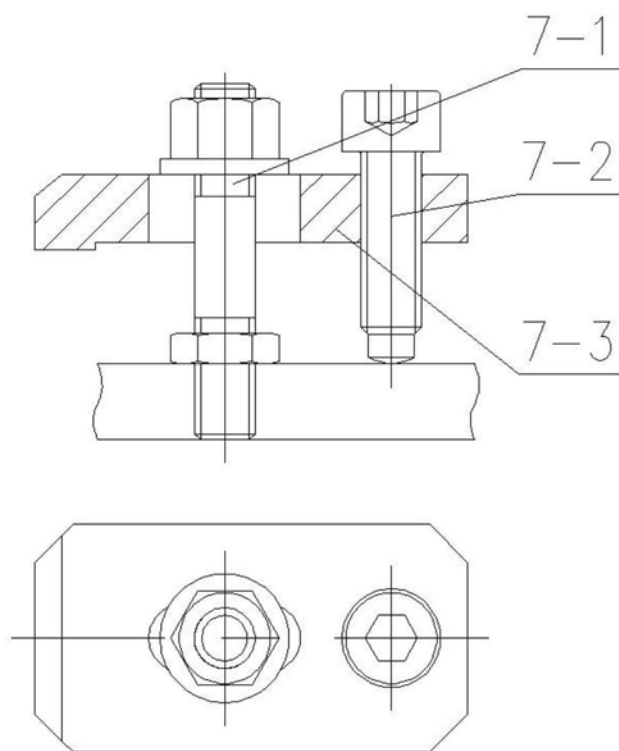


图8

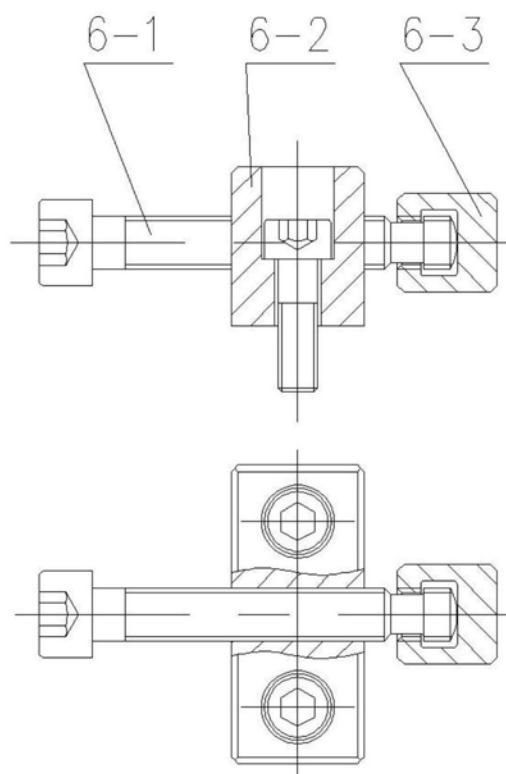


图9

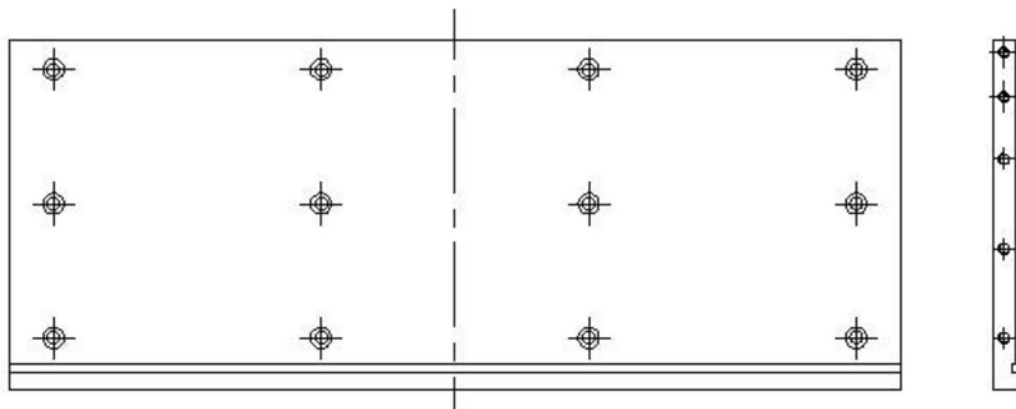


图10

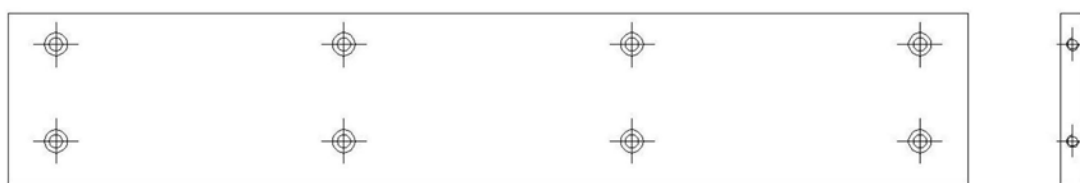


图11

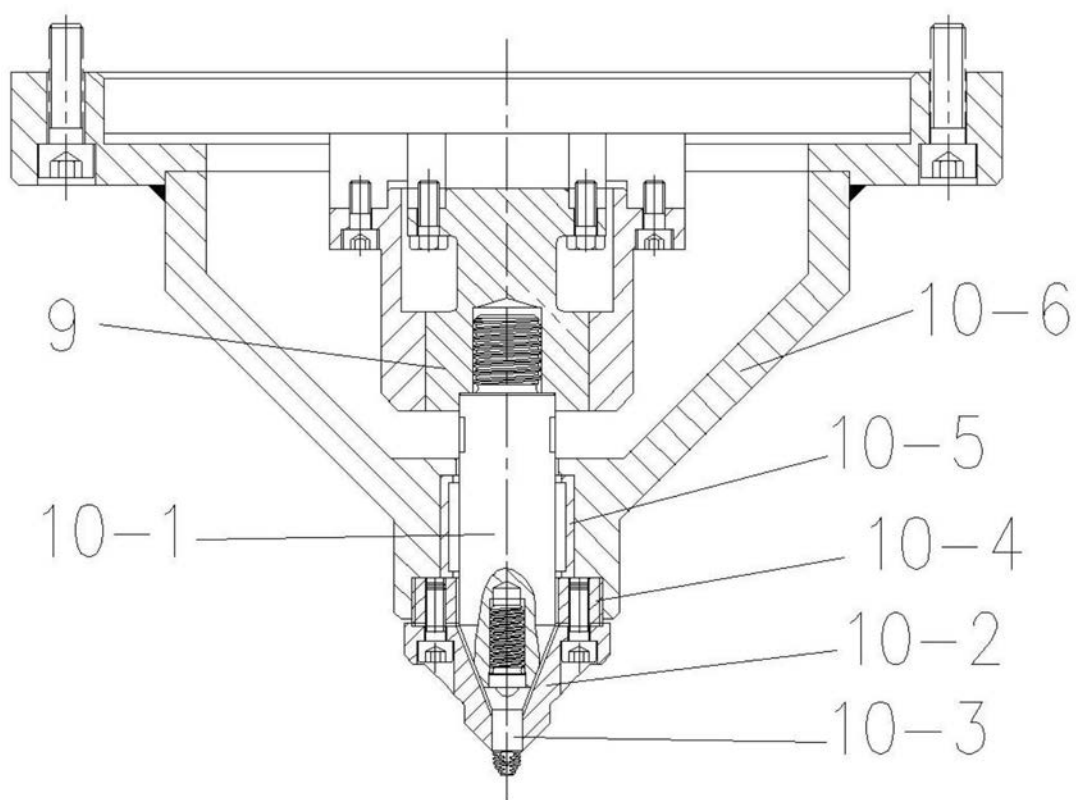


图12