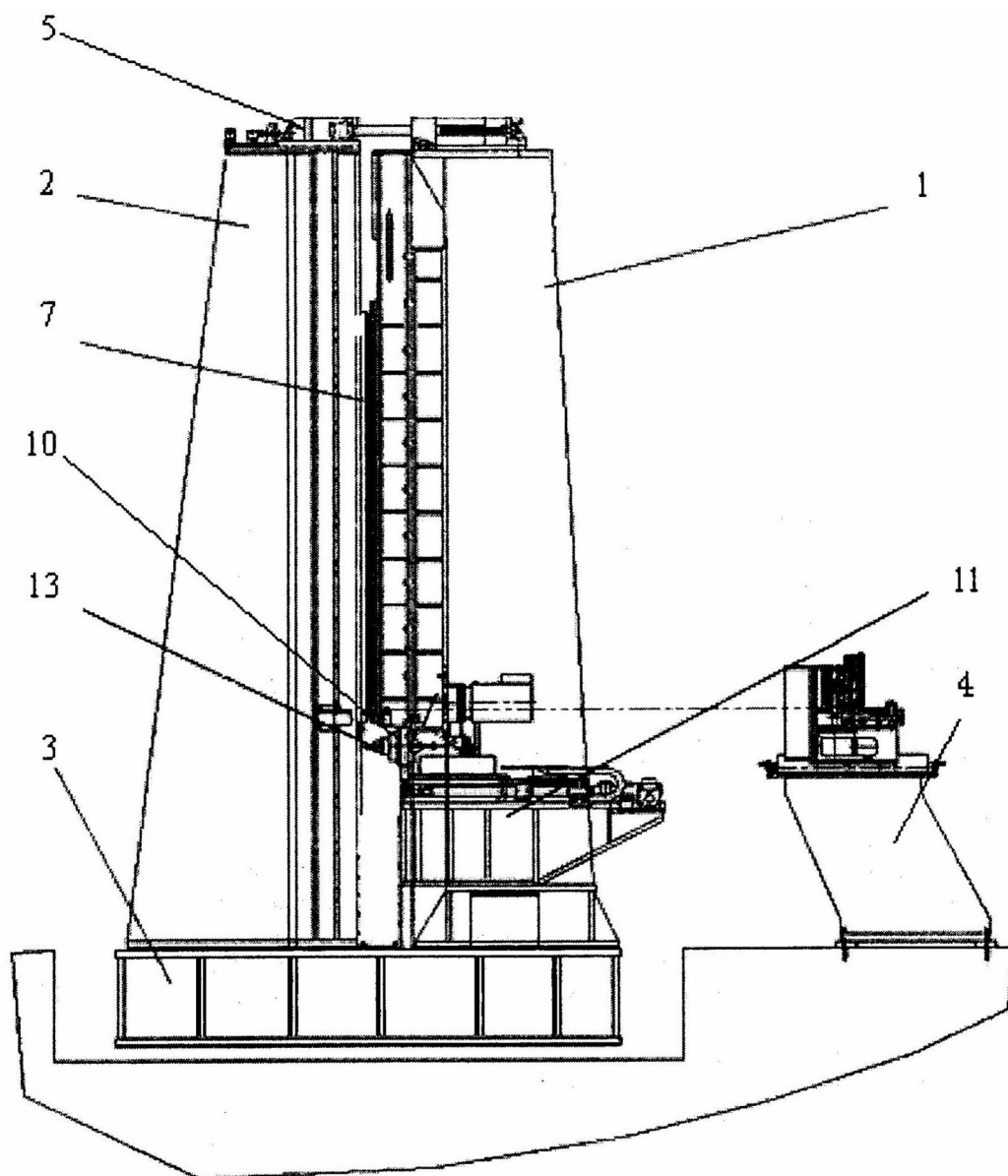


[0001] 本发明公开了一种火箭燃料贮箱筒体的搅拌摩擦焊接设备,包括:固定在底座上的外立柱与内立柱;它们的上端面通过气动锁紧机构连接或松开;内立柱上安装有焊接夹具和传动机构;传动机构上安装有焊接主轴;焊接主轴上安装有搅拌头,焊接主轴通过传动机构可沿着内立柱上、下运动;焊接主轴通过导轨与主轴基座连接,可沿主轴方向运动;焊接主轴与主轴基座可一起沿着导轨在垂直方向运动;外立柱固定有焊接垫板;在底座周围,还通过辅助立柱安装有若干个辅助装置。本发明还公开了这种焊接设备的焊接方法。本发明显著提高了筒体结构的接头性能和生产效率,降低了焊接缺陷的发生率。



1. 一种筒体结构的搅拌摩擦焊接设备,包括工装夹具、由搅拌针和轴肩组成的搅拌头;其特征在于,所述的工装夹具包括:外立柱[2]与内立柱[1],它们的下端通过螺钉从外到里依次固定在底座[3]上;外立柱[2]与内立柱[1]的上端面具有可连接或松开的气动锁紧机构[5];内立柱[1]上安装有焊接夹具[7]和传动机构[8];传动机构[8]上安装有焊接主轴[10];焊接主轴[10]上安装有搅拌头[13];焊接主轴[10]通过传动机构[8]沿内立柱[1]上、下运动;焊接主轴[10]通过导轨[9]与主轴基座[11]连接,沿主轴方向,即设备Z向运动;外立柱[2]上用螺钉固定安装有焊接垫板[15];焊接垫板[15]上铺设可更换的支撑钢板[14];支撑钢板[14]和焊接夹具[7]夹紧两个待焊零件[6];在外立柱[2]上安装有对刀仪[12],对刀仪[12]略低于焊接垫板[15],对刀仪[12]表面与焊接垫板[15]的焊缝支撑部位处于同一垂直面上;在焊接夹具[7]上安装有气囊[16],在气囊[16]的外侧安装有琴键压板[17];在琴键压板[17]的上表面安装有弹簧[18];弹簧[18]的另一端与焊接夹具[7]相连;

在底座[3]周围,通过辅助立柱安装有若干个辅助装置[4];该装置包括:移动工作台[42],其上安装有两个相对紧靠的活动压紧滚轮[43,44];在辅助装置基座上安装有调节移动工作台[42]位置的手轮[41]。

2. 根据权利要求书1所述的筒体结构的搅拌摩擦焊接设备,其特征在于:所述的焊接垫板[15]的弧度与待焊筒体弧度相同或略小。

3. 根据权利要求书1所述的筒体结构的搅拌摩擦焊接设备,其特征在于:所述的辅助装置[4]的数量同待焊圆弧段的数量相等。

4. 一种根据权利要求书1所述的筒体结构的搅拌摩擦焊接设备的焊接方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

(a)将筒体的待焊弧段放于辅助装置上,由位于设备周围、和待焊弧段同等数量的若干个辅助装置实现待焊零件的支撑;

(b)将待焊的两个筒体结构弧段的一端直线边置于内立柱与外立柱之间,将搅拌头固定于焊接主轴上,并使上述两个筒体结构弧段的直线边与搅拌头轴线对齐;

(c)用焊接夹具和焊接垫板夹紧并固定置于内立柱与外立柱之间待焊的两个筒体结构弧段的两个直线边;

(d)驱动焊接主轴使搅拌头接近外立柱,当搅拌头与对刀仪表面接触时,对刀仪的指示灯亮,记录此时的焊接主轴位置,并设置比待焊零件的实际厚度减小0.05~0.2mm作为搅拌头的最大扎入深度;

(e)移动搅拌头到焊接起始位置,启动搅拌头旋转,并通过传动机构驱动焊接主轴向前移动、到达指定扎入位置,然后使焊接主轴沿垂直方向运动,将置于内、外立柱之间构成筒体的两个直线边焊接在一起;

(f)焊接完毕后,松开锁紧机构,将成型筒体由设备上方取出,切除包括焊接尾孔在内的加工余量。

5. 根据权利要求书5所述的焊接方法,其特征在于,所述的待焊弧段长度比实际结构略长30~60mm,圆弧段采用LF6、LD10或LY19铝合金。

筒体结构的搅拌摩擦焊接设备及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及搅拌摩擦焊接,尤其是火箭燃料贮箱铝合金筒体类零件的一种立式搅拌摩擦焊接设备,本发明还涉及筒体类产品的搅拌摩擦焊接的方法。

背景技术

[0002] 为了达到焊接的目的,大多数焊接方法都要借助于加热或者加压,或者同时加热、加压,以实现原子结合。像常见的气焊、二氧化碳焊、电子束焊等都是采用直接热源,将待焊金属加热至熔化,然后凝固后达到原子间的结合。

[0003] 而本发明涉及的搅拌摩擦焊则是一种没有熔化的固相连接,焊接过程中不存在材料熔化现象。其工作原理是:通过工装夹具的压力使待焊工件的表面紧密接触,然后用搅拌头摩擦生热使金属被加热到很高的温度(但低于熔点),在搅拌头的旋转作用下,通过在焊接处的搅拌、混合、扩散,最终形成牢固的接头。

[0004] 公知的搅拌摩擦焊设备包括工装夹具和搅拌头,搅拌头的端部为直径比较小的搅拌针,深入到焊接零件的深处,搅拌针后面是直径比较大的轴肩,用于焊接处表面的搅拌摩擦。搅拌摩擦焊可以实现铝合金、镁合金或其他难焊铝合金材料的焊接,即火箭燃料贮箱将来可能采用的一些难以焊接的材料,如铝-锂合金等的焊接。因此,搅拌摩擦焊是一个固态连接过程,焊接过程中没有弧光、电磁辐射、不消耗焊丝、焊剂等,是一种绿色环保的新型焊接技术。

[0005] 目前,国内航天飞行器燃料铝合金筒体贮箱多采用熔焊方法,焊接后的接头性能比较低、焊接缺陷出现的概率比较高,同时工艺比较繁琐,需要清洗、表面处理等,生产周期比较长。

发明内容

[0006] 为了解决现有燃料贮箱等筒体类产品焊接接头性能低、焊接缺陷出现概率较高等技术上的不足,本发明目的的第一方面在于提供一种筒体结构的立式搅拌摩擦焊接设备。利用本发明,不但达到焊接质量的要求,而且适用于各类尺寸较长、焊接难度较大的筒体焊接。为了解决现有技术的不足,本发明目的的另一方面,还提供一种筒体结构的搅拌摩擦焊接设备的焊接方法。

[0007] 为了达到上述发明目的,本发明的第一方面,为解决其技术问题所采用的技术方案是提供一种筒体结构的搅拌摩擦焊接设备,该装置包括:

[0008] 外立柱与内立柱,从外到内通过下端依次固定在底座上,外立柱与内立柱的上端面具有可连接或松开的气动锁紧机构;内立柱上安装有焊接夹具和传动机构;传动机构上安装有焊接主轴;焊接主轴上安装有搅拌头,它的端部为直径比较小的搅拌针,在搅拌针的后面是直径比较大的轴肩。焊接主轴通过传动机构可沿着内立柱上、下运动,实现零件自上而下或自下而上的焊接;焊接主轴通过导轨与主轴基座连接,可沿主轴方向,即设备的Z向运动;外立柱上用螺钉固定安装有焊接垫板;焊接垫板上铺设有可更换的支撑钢板;支撑钢

板和焊接夹具用于夹紧两个待焊的零件；在外立柱上安装有对刀仪，对刀仪略低于焊接垫板，对刀仪表面与焊接垫板的焊缝支撑部位处于同一垂直面上；在焊接夹具上安装有气囊，在气囊的外侧安装有琴键压板；在琴键压板的上表面安装有弹簧，弹簧的另一端与焊接夹具相连。

[0009] 在底座周围，还通过辅助立柱安装有若干个辅助装置；该装置包括：移动工作台，其上安装有两个相对紧靠的活动压紧滚轮，两个压紧滚轮用于将被焊零件压紧，并通过旋转驱动零件旋转、移动焊接工位；在辅助装置基座上安装有调节移动工作台位置的手轮。辅助装置用于夹持和支撑待焊零件的各个圆弧段，作为装配和焊接时零件的支撑。其数量同待焊圆弧段的数量相等。

[0010] 为了达到上述发明目的，本发明的第二方面，为解决其技术问题所采用的技术方案是提供一种筒体结构搅拌摩擦焊接设备的焊接方法，该方法包括如下的步骤：

[0011] (a)将筒体的待焊弧段放于辅助装置上，由位于设备周围、和待焊弧段同等数量的若干个辅助装置实现待焊零件的支撑；

[0012] (b)将待焊的两个筒体结构弧段的一端直线边置于内立柱与外立柱之间，将搅拌头固定于焊接主轴上，并使上述两个筒体结构弧段的直线边与搅拌头轴线对齐；

[0013] (c)用焊接夹具和焊接垫板夹紧并固定置于内立柱与外立柱之间待焊的两个筒体结构弧段的两个直线边；

[0014] (d)驱动焊接主轴使搅拌头接近外立柱，当搅拌头与对刀仪表面接触时，对刀仪的指示灯亮，记录此时的焊接主轴位置，并使搅拌头穿透待焊圆弧段的厚度具有0.05~0.2mm的预留量；

[0015] (e)移动搅拌头到焊接起始位置，启动搅拌头旋转，并通过传动机构驱动焊接主轴向前移动、到达指定扎入位置，然后使焊接主轴沿垂直方向运动将置于内、外立柱之间构成筒体的两个直线边焊接在一起；

[0016] (f)焊接完毕后，松开锁紧机构，将成型筒体由设备上方取出，切除包括焊接尾孔在内的加工余量。

[0017] 本发明筒体结构的搅拌摩擦焊接设备及其方法由于采用立式结构设计，因此，可以减小设备对厂房的空间需求，同时消除了焊接主轴的重量对焊接过程的不利影响。本发明可以实现LF6(5A06)、LD10(2A14)以及LY19(2219)等铝合金材料制成的筒体结构的制造，将筒体结构的多个弧段通过环保的搅拌摩擦焊接技术焊接成筒形件。相比于原制造方法，本发明可以显著提高筒体结构的生产效率、接头性能，并降低缺陷发生率。取得了缩短航天飞行器研制周期、提高产品质量等有益效果。

附图说明

[0018] 图1为本发明筒体结构的搅拌摩擦焊接设备及辅助装置的结构示意图，其中，图1A为设备的侧视图；图1B为设备的截面俯视图；

[0019] 图2为本发明设备中辅助装置的结构示意图；

[0020] 图3为焊接开始前焊接起始点的对刀过程示意图；

[0021] 图4为焊接区域局部的俯视图；

[0022] 图5说明本发明的应用，筒体焊接前、后的示意图。

具体实施方式

[0023] 本发明筒体结构的搅拌摩擦焊接设备及其方法主要应用于火箭燃料贮箱筒体的焊接,待焊零件通常有多段直径相同的圆弧段。两个圆弧段之间的直线边在本发明中采用搅拌摩擦焊焊接而成。图5说明本发明的应用,筒体焊接前、后的示意图。图中,左边为组成筒体的弧段,右边为将多个弧段焊接组装好的筒体。在焊接之前,圆弧段的长度比实际结构的设计长度略长30~60mm。构成火箭燃料贮箱筒体的圆弧段可以是LF6铝合金制成的,也可以是LD10或LY19铝合金制成的。

[0024] 下面结合附图和实施例对本发明的第一方面,筒体结构的搅拌摩擦焊接设备作进一步详细的说明。

[0025] 图1为本发明筒体结构的搅拌摩擦焊接设备及辅助装置的结构示意图,其中,图1A为设备的侧视图;图1B为设备截面俯视图;图3为焊接开始前焊接起始点的对刀过程示意图;图4为焊接区域局部的俯视图。

[0026] 所述设备的零件编号为:内立柱1、外立柱2、底座3、辅助装置4、气动锁紧机构5、待焊零件6、焊接夹具7、传动机构8、导轨9、焊接主轴10、主轴基座11、对刀仪12、搅拌头13,搅拌针13A,轴肩13B、支撑钢板14、焊接垫板15、气囊16、琴键压板17、弹簧18。

[0027] 如图1、图3或图4所示,该装置的装配关系如下:外立柱2与内立柱1的下端通过螺钉从外到里依次固定在底座3上,焊接时,内立柱1与外立柱2的上端面通过气动锁紧机构5连接在一起,以增加设备刚性;焊接后,上述锁紧机构5可松开,以便于焊后工件的取出。内立柱1上安装有焊接夹具7和传动机构8;传动机构8上安装有焊接主轴10;焊接主轴10上安装有搅拌头13,它的端部为直径比较小的搅拌针13A,在搅拌针的后面是直径比较大的轴肩13B(见图3)。焊接主轴10通过传动机构8可沿着内立柱1上、下运动,实现零件自上而下或自下而上的焊接;焊接主轴10通过导轨9与主轴基座11连接,可沿主轴方向(设备Z向)运动,以在焊接过程开始时,控制搅拌头13扎入待焊件接缝;在焊接过程结束时,还可控制搅拌头13回退;外立柱2上用螺钉固定安装有焊接垫板15;焊接垫板15上铺设可更换的支撑钢板14;支撑钢板14和焊接夹具7夹紧待焊的两个零件6(见图4中6a和6b);在外立柱2上安装有对刀仪12(见图3),对刀仪12略低于焊接垫板15,对刀仪12表面与焊接垫板15的焊缝支撑部位处于同一垂直面上;在焊接夹具7上安装有气囊16(见图4),在焊接夹具7上气囊16的外侧安装有琴键压板17;在琴键压板17的上表面安装有弹簧18,弹簧18的另一端与焊接夹具7相连。焊接时,气囊16打开,琴键压板17被压下,琴键压板17前端的滚轴压到零件表面上压紧零件。安装于焊接主轴10上的搅拌头13在焊接主轴10的带动下实现零件的焊接。焊接完毕后,气囊16松开,在弹簧18的拉力作用下,琴键压板17回复原位,零件处于自由状态。这时,松开锁紧装置5,即可从设备上方取出完成焊接的工件。

[0028] 上述待焊的火箭燃料贮箱筒体的两个直线边背面的焊接垫板15的弧度与火箭燃料贮箱筒体的弧度相同或略小。装配时,筒体圆弧段被逐段装配到辅助装置4和内立柱1和外立柱2之间。圆弧段的一端置于辅助装置4上,另一端的直线边置于设备中并与搅拌头13的轴线对齐,然后用设备上的焊接夹具7和焊接垫板15将两个待焊零件6的筒体圆弧段与背部焊接垫板15的弧面紧密贴实(基本无间隙)。从图3可以看出,焊接主轴10通过导轨9可沿主轴方向(设备Z向)运动,以控制搅拌头的扎入(焊接过程开始)与回退(焊接过程结束);焊

接主轴10与主轴基座11可一起沿着传动机构8作垂直方向运动,实现自上而下或自下而上的焊接。

[0029] 在底座3周围,还通过辅助立柱安装有若干个辅助装置4。辅助装置4用于夹持和支撑待焊零件的各个圆弧段,作为装配和焊接时零件6的支撑。但不影响装配时焊接零件工位的移动和改变,也不影响焊接完毕后零件(火箭燃料贮箱筒体)的取出。其数量按圆弧段的数量而定,本发明实施例的待焊圆弧段为四块,故辅助装置4为四个。

[0030] 图2为上述辅助装置4的结构示意图,包括:移动工作台42,其上安装有两个相对、紧靠的活动压紧滚轮43和44,两个压紧滚轮用于将被焊零件压紧,并通过旋转驱动零件旋转、移动焊接工位;在辅助装置基座上安装有手轮41,调整手轮可实现工作台42的前后移动,从而可以实现不同直径(如 $\phi 2900\text{mm}$ 和 $\phi 3350\text{mm}$)零件的焊接装配。

[0031] 下面进一步对本发明的工作过程进行描述。

[0032] 图3为焊接开始前焊接起始点的对刀过程,完成装配后,将搅拌头13固定于焊接主轴10上,并通过对刀仪12测量搅拌头到焊缝背部焊接垫板15的距离,然后将搅拌头13边旋转边插入待焊圆弧段的直线边。对刀仪12表面与焊接垫板15的焊缝支撑部位在同一垂直面上。为了保证焊接过程中搅拌头13(13A为搅拌针,13B为轴肩)不穿透零件扎到垫板上损害焊接垫板15表面,需要在焊接开始前对搅拌头13与焊接垫板15支撑部位的距离进行测量。当搅拌头13与对刀仪12表面接触时,对刀仪12的指示灯会亮起来。搅拌头插入到指定位置后,并未穿透圆弧段的整个厚度,而是有一定的预留量(0.05~0.2mm),通过控制预留量的变化可以达到控制焊接质量的目的。搅拌头到达指定位置(深度)后停留4~10秒钟即可沿着焊接方向开始施焊。焊接过程中,依靠搅拌头的高速旋转,与待焊圆弧段之间的摩擦产生的摩擦热以及塑性变形将待焊圆弧段的两个直线边焊接在一起。

[0033] 图4为焊接区域局部的俯视图。如图所示,焊接垫板15中心支撑部位是可更换的支撑钢板14,因为焊接一段时间后,支撑钢板表面有磨损或局部变形,较严重时可以进行更换。待焊的两个零件(圆弧段6a和6b)装配到位后,气囊16打开,琴键压板17被压下,琴键压板17前端滚轴压到零件表面上压紧零件。安装于焊接主轴10上的搅拌头13即可在焊接主轴10的带动下实现零件的焊接。焊接完毕后,气囊16松开,在弹簧18拉力作用下,琴键压板17回复原位。焊接完毕后,设备上的锁紧机构打开,从而保持设备是开敞的,然后将焊后的零件从设备和辅助装置上取出。

[0034] 本发明采用一种立式的搅拌摩擦焊接设备解决了常规熔焊,即钨极氩弧焊等焊接方法不能焊接的问题,其立式结构保证了焊接主轴本身重量不作用在焊缝上,消除了焊接主轴自重可能对焊接过程造成的不利影响;并且对于焊缝较长的结构,可以有效减小设备在厂房里的占地面积。本发明尤其适用于将LF6(5A06)、LD10(2A14)或LY19(2219)铝合金材料,包括难焊的铝合金材料,即火箭燃料贮箱将来可能采用的一些难以焊接的材料,如铝-锂合金等,制成的圆弧段焊接成较长的筒体结构。

[0035] 下面对本发明的第二方面,上述筒体结构搅拌摩擦焊接设备的焊接方法作进一步的说明。该方法包括如下的步骤:

[0036] (a)将筒体的待焊弧段放于辅助装置上,由位于设备周围、和待焊弧段同等数量的若干个辅助装置实现待焊零件的支撑;

[0037] (b)将待焊的两个筒体结构弧段的一端直线边置于内立柱与外立柱之间,将搅拌

头固定于焊接主轴上,并使上述两个筒体结构弧段的直线边与搅拌头轴线对齐;

[0038] (c)用焊接夹具和焊接垫板夹紧并固定置于内立柱与外立柱之间待焊的两个筒体结构弧段的两个直线边;

[0039] (d)完成上述装配后,进行焊接起始点对刀,驱动焊接主轴使搅拌头接近外立柱,当搅拌头与对刀仪表面接触时,对刀仪的指示灯亮,记录此时的焊接主轴位置,并设置比待焊零件的实际厚度减小0.05~0.2mm作为搅拌头的最大扎入深度、作为搅拌头的指定扎入位置;

[0040] (e)移动搅拌头到焊接起始位置,启动搅拌头旋转,并通过传动机构驱动焊接主轴向前移动、到达指定扎入位置,然后使焊接主轴沿垂直方向运动将置于内、外立柱之间构成筒体的两个直线边焊接在一起;

[0041] (f)焊接完毕后,松开锁紧机构,将成型筒体由设备上方取出,切除焊接尾孔在内的加工余量。

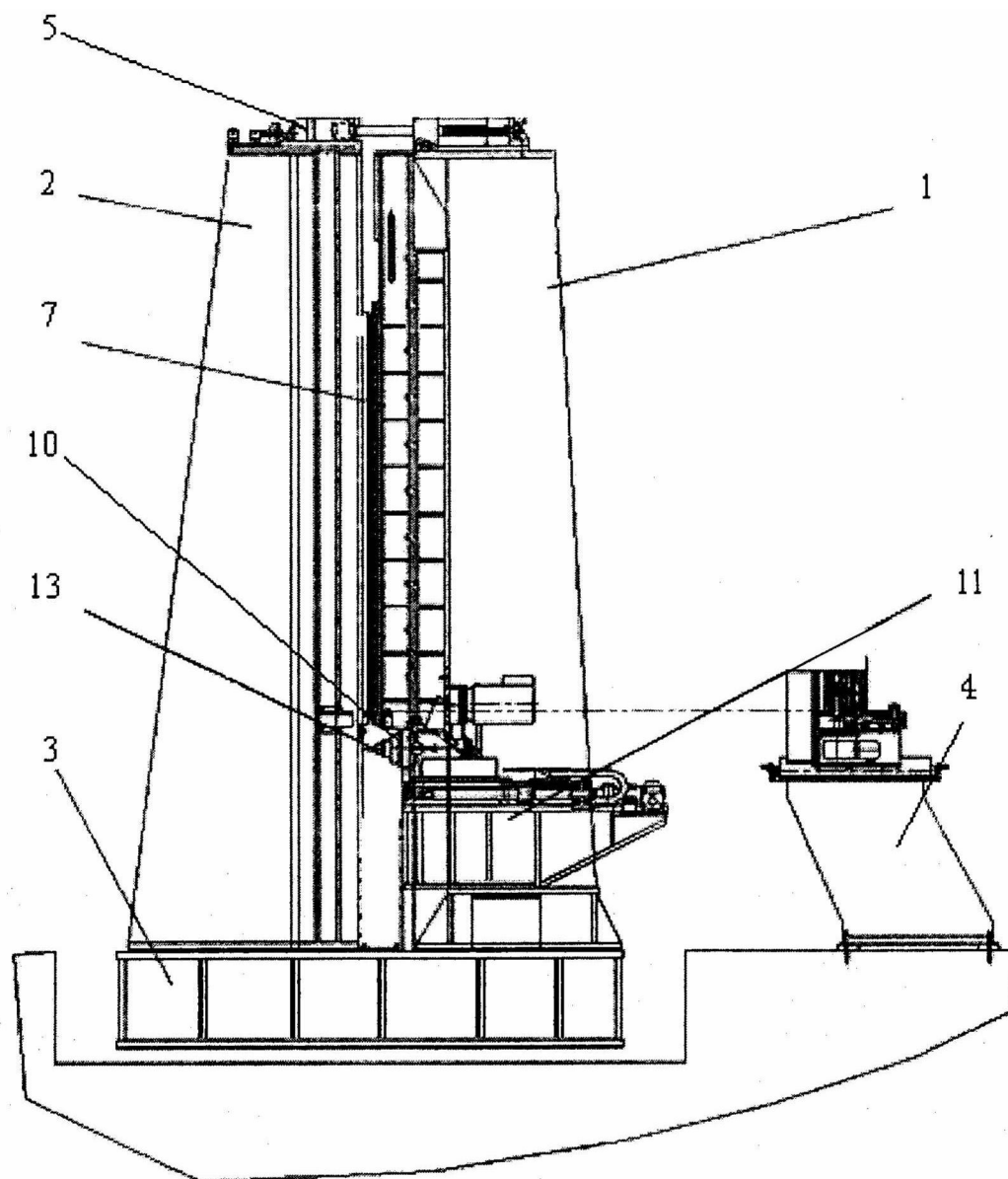


图1A

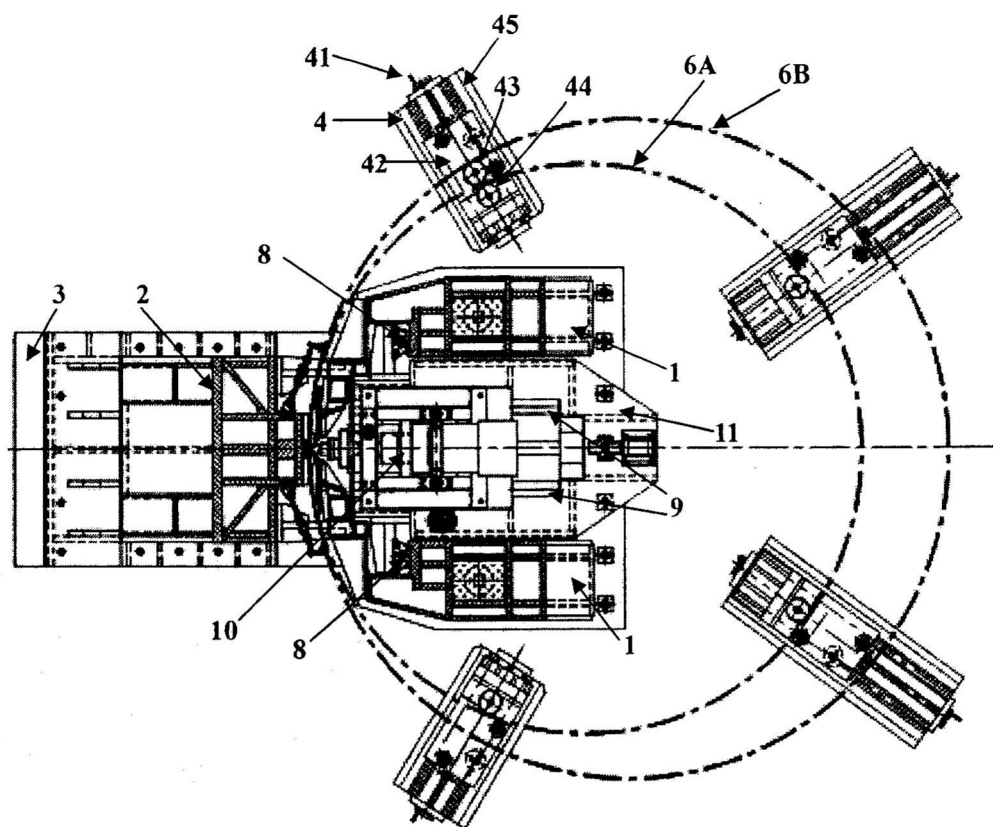


图1B

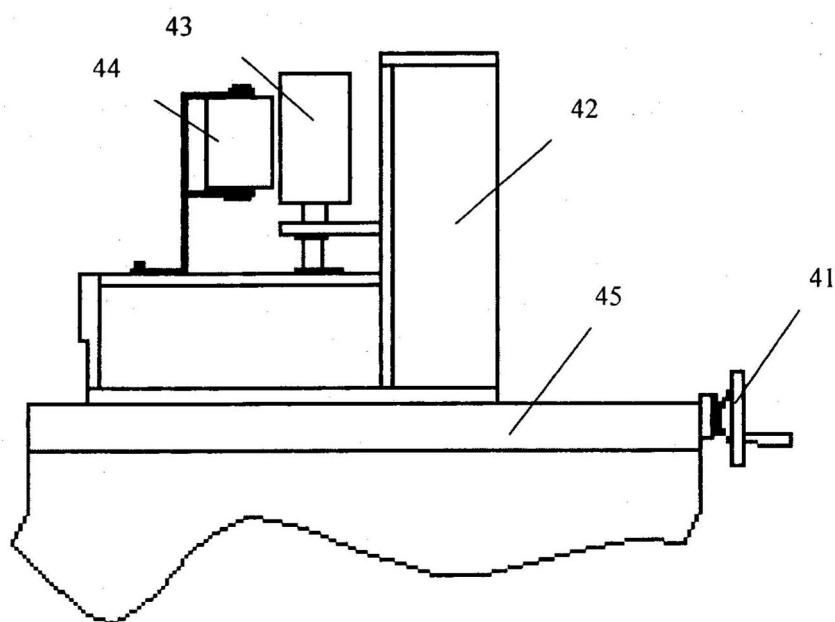


图2

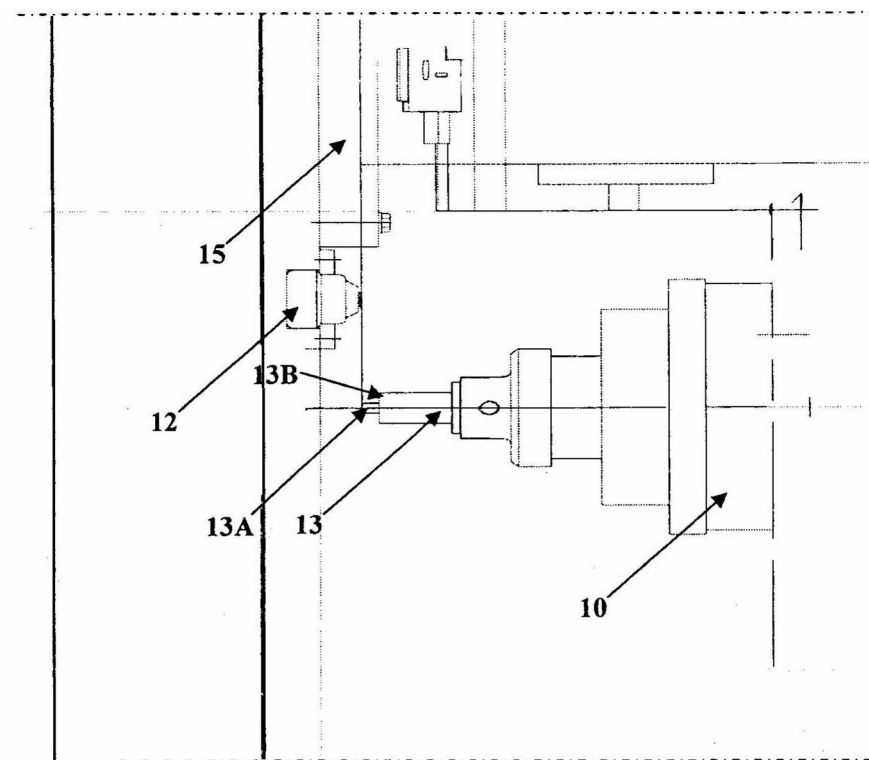


图3

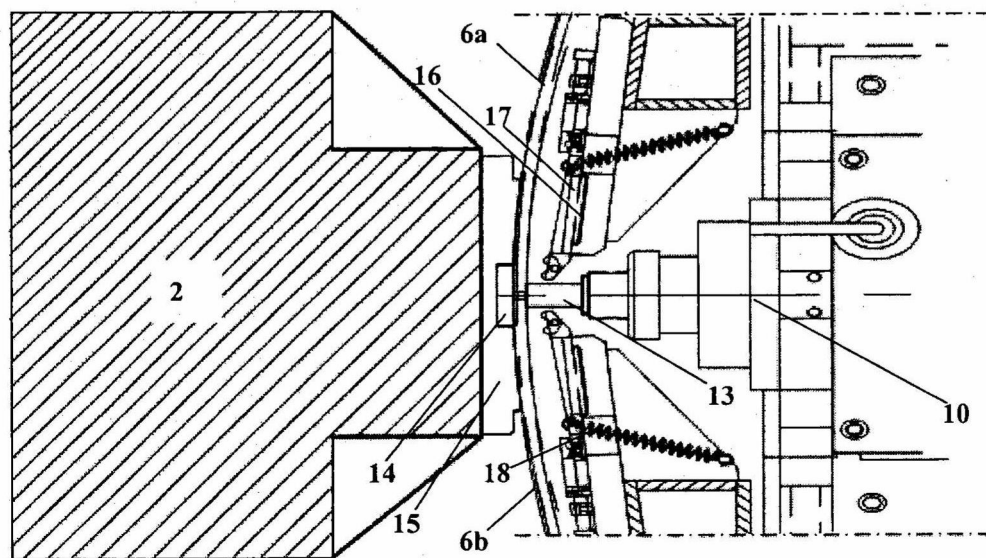


图4

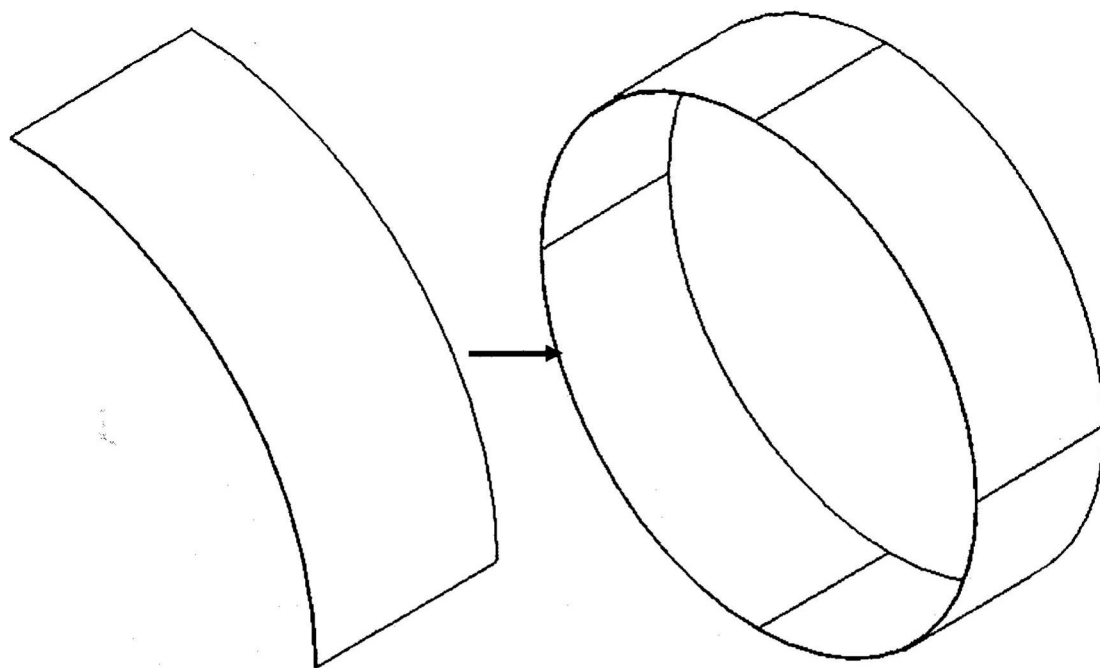


图5