

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 746**

21 Número de solicitud: 201531742

51 Int. Cl.:

B23K 9/032 (2006.01)

B23K 9/127 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

01.12.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.06.2017

71 Solicitantes:

NAVANTIA S.A. (41.0%)
C/ Velázquez 132
28006 Madrid ES;
ELECTRORAYMA S.L. (40.8%);
INTAF PROMECAN SLU (10.1%) y
ÁRTABRO SAMDEU, S.L. (8.1%)

72 Inventor/es:

PATÍÑO SAMPEDRO, José Antonio;
YÁÑEZ PÉREZ, José Carlos ;
VILLADÓNIGA AMOR, Manuel ;
FRANCO CAAVEIRO, José Ramón y
GESTO RODRIGUEZ, Daniel

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

54 Título: **SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE NUDOS**

57 Resumen:

Sistema y procedimiento de fabricación de nudos. El sistema de fabricación de nudos comprende primeros medios de captación de imagen, un sistema de soldadura, un seguidor de junta, medios de control y un sistema posicionador. El sistema posicionador comprende un carro de elevación, una viga principal soportada en el carro de elevación con capacidad de bascular, dos brazos móviles dispuestos en la viga principal y dotados de medios de sujeción para sujetar el nudo y de medios de giro para girarlo. El sistema de soldadura comprende una antorcha de soldadura y un robot de soldadura. Los medios de control están configurados para controlar de manera coordinada el movimiento del robot de soldadura y el posicionamiento del nudo establecido por el sistema posicionador y para corregir la trayectoria de soldadura en base a datos de la junta entre el al menos un injerto y el tubo principal obtenidos por el seguidor de junta.

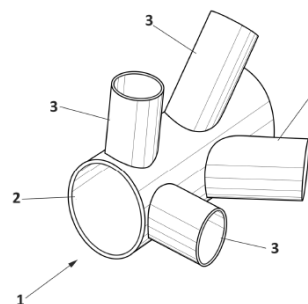


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA Y PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE NUDOS

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un sistema y a un procedimiento de fabricación de nudos, en particular nudos para estructuras de tipo “*jacket*”.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Cada vez es más frecuente la instalación de parques eólicos *offshore* para producción de energía eléctrica a partir del viento en zonas marinas con profundidades superiores a 40 m, por estar agotados los emplazamientos de menores profundidades. En estas profundidades, la parte sumergida de la estructura de soporte del generador eólico es generalmente una estructura reticular obtenida mediante la soldadura de elementos tubulares lineales de grandes dimensiones. Este tipo de estructura se conoce generalmente como “*jacket*”.

15

20

Los nudos son las partes de la estructura reticular donde se produce el encuentro de los elementos lineales, formando ángulos variables que complican en gran medida la fabricación automatizada de este tipo de estructuras. En el contexto de la presente invención se denominará “tubo principal” al elemento tubular al que se suelda al menos un elemento tubular adicional, que se denominará “injerto”.

25

Además, para cada parque eólico es necesario un diseño de estructura adaptado a las características específicas del emplazamiento, tales como suelo, vientos, mareas, etc., con lo que también varía la preparación del ángulo variable de los injertos que, junto con el tubo principal, conforman el nudo. Todo ello hace que los sistemas robotizados de soldadura actuales no sean válidos para la automatización de la soldadura de estas estructuras, por lo que el procedimiento habitual empleado en estos casos es la soldadura manual.

30

35

El documento US2015060436A1 describe un sistema para soldar los extremos de dos tubos metálicos. Este sistema no permite realizar soldaduras en una junta circular con ángulo y anchura variable, como se requiere en estructuras reticulares de tipo “*jacket*”.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención presenta un sistema de fabricación de nudos según la reivindicación 1 y un procedimiento de fabricación de nudos según la reivindicación 15, siendo los nudos del tipo que comprenden un tubo principal y al menos un injerto conectado al tubo principal. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones preferidas de la invención.

En un primer aspecto inventivo se propone un sistema de fabricación de nudos que comprende un sistema posicionador, primeros medios de captación de imagen, un sistema de soldadura, un seguidor de junta y medios de control.

El sistema posicionador comprende un carro de elevación, desplazable en una dirección de elevación y una viga principal soportada en el carro de elevación. La viga principal está conectada al carro de elevación con la capacidad de bascular respecto a un eje de basculación. La viga principal comprende dos brazos móviles, desplazables en una dirección de desplazamiento y dotados de medios de sujeción configurados para sujetar el tubo principal del nudo a soldar y de medios de giro configurados para girar el tubo principal respecto a un eje de rotación. En una realización la viga principal está conectada al carro de elevación mediante una corona giratoria.

De manera preferida, la dirección de elevación coincide con la dirección de la gravedad. De manera preferida, el eje de rotación es paralelo a la dirección de desplazamiento. De manera preferida, el eje de basculación es perpendicular a la dirección de elevación.

En una realización preferida, los desplazamientos en la dirección de elevación y/o en la dirección de desplazamiento están limitados con finales de carrera definidos mediante medios estructurales y/o limitaciones software establecidas por los medios de control. El movimiento de basculación de la viga principal puede también estar limitado, por ejemplo mediante los medios de control. Ventajosamente, la limitación de los movimientos de desplazamiento y/o de basculación evita colisiones de los elementos móviles con otros elementos del sistema de fabricación de nudos.

Los primeros medios de captación de imagen están previstos para la captación de imágenes del nudo dispuesto en el sistema posicionador en una situación de uso del sistema de fabricación. Mediante los primeros medios de captación de imagen se realiza el control dimensional del nudo y se define el origen del nudo para establecer la referencia para su

comparación con el nudo de referencia. Los primeros medios de captación de imagen pueden estar dispuestos en el sistema de fabricación de nudos de manera fija, siempre que su campo de visión contenga el espacio previsto para la ubicación del nudo o de manera movable y/u orientable, para facilitar la captación de imágenes del nudo dispuesto en el sistema posicionador. En una realización los primeros medios de captación de imagen están dispuestos por encima de la viga principal.

El sistema de soldadura comprende un robot de soldadura dotado de capacidad de movimiento en tres direcciones de traslación y tres direcciones de rotación y una antorcha de soldadura soportada en el robot de soldadura.

El seguidor de junta está también montado en el robot de soldadura. La función del seguidor de junta es efectuar el reconocimiento de la junta entre el tubo principal y el injerto a soldar.

Los medios de control están configurados para:

- establecer una posición de giro de referencia del nudo a soldar con respecto al eje de rotación,

- accionar los primeros medios de captación de imagen para captar una imagen del nudo a soldar en la posición de giro de referencia,

- determinar en la imagen captada la posición de la unión de al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar,

- comparar la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar con la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal de un nudo de referencia, obteniendo como resultado un valor de desviación,

- controlar el movimiento del robot de soldadura y el posicionamiento del nudo establecido por el sistema posicionador para seguir una trayectoria de soldadura pre-establecida de la antorcha de soldadura respecto al nudo, utilizando el valor de desviación para establecer el punto inicial de soldadura,

- controlar de manera coordinada el movimiento del robot de soldadura, la basculación de la viga principal y los medios de giro de los brazos móviles para posicionar la antorcha de soldadura y el nudo de manera que la zona a soldar del nudo se encuentre siempre en un plano sustancialmente perpendicular a la antorcha de soldadura, y

- corregir la trayectoria de soldadura en base a datos de la junta entre el al menos un injerto y el tubo principal obtenidos por el seguidor de junta.

En el contexto de la presente invención, se entenderá que “sustancialmente perpendicular”

incluye desviaciones respecto de la perpendicularidad de hasta 10°.

La posición de giro de referencia con respecto al eje de rotación se establece como referencia para la captación de imágenes del nudo antes, durante y/o después del procedimiento de soldeo, y para la comparación con el nudo de referencia, de manera que las imágenes comparadas correspondan a la misma posición de giro del nudo respecto al eje de rotación. La posición de giro de referencia del nudo se establece para una posición de basculación de la viga principal respecto al eje de basculación, preferentemente la posición en que la viga principal está dispuesta sustancialmente horizontal, es decir, sustancialmente perpendicular a la dirección de la gravedad.

El valor de desviación obtenido mediante la comparación de la posición de la unión del injerto y el tubo principal en el nudo a soldar con la posición de la unión del injerto y el tubo principal en el nudo de referencia proporciona el desplazamiento del injerto del nudo posicionado en el sistema de posicionamiento con respecto a la posición del injerto en el nudo de referencia, en el plano de trabajo en el que se captan las imágenes mediante los primeros medios de captación de imagen. El valor de desviación se utiliza para establecer el punto inicial de la soldadura.

De manera preferida el posicionamiento relativo de la antorcha de soldadura y el nudo para cumplir la condición de perpendicularidad entre antorcha de soldadura y la zona a soldar se realiza como se describe a continuación. El plano tangente al tubo principal en un punto de soldadura y el plano tangente al injerto en el mismo punto de soldadura forman un ángulo diedro y se cortan en una recta de corte, que es tangente a la trayectoria de soldadura. El posicionamiento se realiza de manera que la antorcha de soldadura está dispuesta en el plano bisectriz de dicho ángulo diedro, de manera perpendicular a la recta de corte y apuntando hacia el punto de soldadura. Se entenderá que el plano bisectriz del ángulo diedro es el plano que contiene la recta de corte y que divide dicho ángulo diedro en dos ángulos diedros iguales. En el caso límite en que el plano tangente al tubo principal y el plano tangente al injerto en el punto de soldadura sean coplanarios, la antorcha está dispuesta perpendicular a dichos planos y apuntando hacia el punto de soldadura. La condición de "sustancialmente perpendicular" incluye desviaciones de hasta 10° respecto de la perpendicularidad en el posicionamiento relativo descrito entre antorcha y zona a soldar.

Los medios de control pueden estar implementados en un único equipo o dispositivo o en varios dispositivos o equipos interconectados.

La presente invención permite la soldadura automática de una junta circular con ángulo y anchura variable, mediante el control coordinado de la posición de la antorcha de soldadura establecida por el robot de soldadura y de la posición del nudo establecida por el sistema de posicionamiento. El sistema compara la trayectoria de soldadura teórica o pre-establecida del nudo a fabricar con las lecturas reales que recibe del seguidor de junta, corrigiendo la posición relativa entre antorcha de soldadura y nudo para que la zona a soldar definida por la trayectoria de soldadura se encuentre siempre en un plano sustancialmente perpendicular a la antorcha de soldadura. De manera preferida, la posición relativa entre antorcha de soldadura y nudo se corrige modificando la posición del nudo mediante el sistema posicionador, en particular mediante la basculación de la viga principal y/o mediante el giro del nudo respecto al eje de giro. No obstante, la posición relativa entre antorcha de soldadura y nudo también puede modificarse modificando la posición de la antorcha de soldadura, especialmente en los puntos de la junta de difícil acceso, o incluso modificando tanto la posición del nudo como la posición de la antorcha de soldadura.

De manera preferida, los medios de control están configurados para controlar el posicionamiento del nudo y la antorcha de soldadura de manera que el plano en el que se encuentra la zona a soldar durante la soldadura es sustancialmente horizontal, además de sustancialmente perpendicular a la antorcha de soldadura. En otras palabras, la antorcha de soldadura está dispuesta sustancialmente vertical. En el contexto de la presente invención se interpretará como plano horizontal el plano perpendicular a la dirección de la gravedad y se interpretará “sustancialmente horizontal” como que incluye desviaciones respecto de la horizontalidad de hasta 10°.

La presente invención permite realizar la soldadura del nudo en plano, en posición 1G (*Flat position*), con lo que se consigue obtener la máxima calidad, el mayor ratio de deposición posible y, por tanto, la máxima eficiencia en el proceso.

La presente invención permite la fabricación de forma automatizada de todo tipo de nudos, lo que permite a su vez su producción en masa, sin necesidad de emplear personal soldador experto y homologado. Además, se reduce el tiempo y el esfuerzo necesario para la preparación de los injertos, al absorber mediante el seguidor de junta posibles desviaciones de geometría. Todo ello resulta en un ahorro de costes cercano al 70% frente a los sistemas manuales utilizados actualmente.

En una realización el sistema de fabricación de nudos comprende segundos medios de captación de imagen, que comprenden a su vez una cámara termográfica y/o un sensor de ultrasonidos, preferentemente dispuestos sobre un soporte orientable. Ventajosamente, los segundos medios de captación de imagen permiten comprobar la calidad de la soldadura realizada y detectar posibles defectos. En una realización los segundos medios de captación de imagen están dispuestos en el robot de soldadura.

En una realización los primeros medios de captación de imagen comprenden una cámara y medios de iluminación. En una realización preferida los medios de iluminación tienen forma sustancialmente anular y la cámara y los medios de iluminación están dispuestos de manera concéntrica.

En una realización el sistema posicionador comprende un sistema hidráulico de posicionamiento para hacer solidario el movimiento de los dos brazos móviles sobre la viga principal.

En una realización los medios de giro incluidos en los brazos móviles comprenden una corona giratoria.

En una realización los medios de sujeción incluidos en los brazos móviles comprenden medios de amarre por fricción para la sujeción del tubo principal del nudo.

En una realización los medios de giro de uno de los brazos móviles están motorizados y los medios de giro del otro brazo móvil tienen capacidad de giro libre, es decir, están configurados para girar libremente.

En una realización los medios de control están configurados adicionalmente para accionar los primeros medios de captación de imagen para captar una imagen del nudo soldado en su posición de giro de referencia, y para determinar la posición del al menos un injerto en el nudo soldado. En una realización preferida, los medios de control están configurados adicionalmente para determinar si la posición del al menos un injerto en el nudo soldado queda dentro de un margen de tolerancia pre-establecido. Durante el proceso de soldadura se pueden producir deformaciones mayores a la tolerancia de diseño, lo que invalidaría el nudo fabricado. Ventajosamente, esta realización permite realizar un control dimensional en tiempo real para asegurar que no se producen deformaciones mayores a las tolerancias admisibles. Este control dimensional puede realizarse por comparación de la posición de los

injertos en el nudo soldado con las posiciones de los injertos en un nudo de referencia y teniendo en cuenta un margen de tolerancia que defina las desviaciones admisibles.

De manera adicional o alternativa, en una realización los medios de control están configurados para determinar la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar a partir de una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia, y para determinar la desviación de la posición del al menos un injerto en el nudo soldado con respecto a la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar. Ventajosamente, pueden detectarse en esta realización desviaciones en la posición de los injertos originadas durante el proceso de soldadura.

En un segundo aspecto inventivo, se presenta un procedimiento de fabricación de nudos, que comprende las siguientes etapas:

proporcionar un sistema de fabricación de nudos según el primer aspecto inventivo;
disponer el nudo a soldar en el sistema posicionador, sujetando los dos extremos del tubo principal mediante los medios de sujeción de los brazos móviles y estando el al menos un injerto montado en el tubo principal del nudo;

establecer una posición de giro de referencia del nudo a soldar con respecto al eje de rotación,

accionar los primeros medios de captación de imagen para captar una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia;

determinar en la imagen captada la posición de la unión de al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar;

comparar la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar con la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal de un nudo de referencia; y

soldar el nudo controlando el movimiento del robot de soldadura y el posicionamiento del nudo establecido por el sistema posicionador para seguir una trayectoria de soldadura pre-establecida de la antorcha de soldadura respecto al nudo, utilizando el valor de desviación para establecer el punto inicial de soldadura;

controlar de manera coordinada el movimiento del robot de soldadura, la basculación de la viga principal y los medios de giro de los brazos móviles para posicionar la antorcha de soldadura y el nudo de manera que la zona a soldar del nudo se encuentre siempre en un plano sustancialmente perpendicular a la antorcha de soldadura;

inspeccionar, durante el desarrollo de la trayectoria de soldadura, la junta entre el al menos un injerto y el tubo principal por parte del seguidor de junta y, en caso de desviación

respecto a la junta del nudo de referencia, corregir la trayectoria de soldadura en base a los datos obtenidos por el seguidor de junta.

La trayectoria teórica o pre-establecida de soldadura puede obtenerse a partir de un modelo tridimensional del nudo a fabricar, por ejemplo mediante la aplicación de herramientas CAD/CAM aplicadas a la unión entre el tubo principal y los injertos. El ajuste del punto inicial de soldadura asociado al nudo a soldar, se obtiene mediante la captura de imágenes por parte de los primeros medios de captación de imagen en la posición de giro de referencia y su comparación con el nudo de referencia, lo que permite determinar si existe una desviación de dicho punto con respecto a su posición teórica. En el desarrollo de la trayectoria de soldadura el seguidor de junta se encarga de identificar parámetros geométricos de la junta entre tubo principal e injerto (conocida la geometría teórica de la misma), por ejemplo empleando visión 3D láser y/o seguidores eléctricos. Los datos obtenidos por el seguidor de junta se envían a los medios de control, lo que permite determinar si existe desviación entre la trayectoria teórica de soldadura y la realización de la misma en cada punto. En caso de existir desviación, los medios de control ajustan la trayectoria de soldadura para corregir la desviación en cada punto, corrigiendo la trayectoria pre-establecida en base a los datos obtenidos por el seguidor de junta.

De manera preferida, el control del posicionamiento del nudo y la antorcha de soldadura se realiza de manera que el plano en el que se encuentra la zona a soldar durante la soldadura es sustancialmente horizontal, además de perpendicular a la antorcha de soldadura.

En una realización el procedimiento comprende adicionalmente accionar los primeros medios de captación de imagen para captar una imagen del nudo soldado en su posición de giro de referencia y determinar la posición del al menos un injerto en el nudo soldado. En una realización preferida, el procedimiento comprende adicionalmente determinar si la posición del al menos un injerto en el nudo soldado queda dentro de un margen de tolerancia pre-establecido. De manera adicional o alternativa, en una realización el procedimiento comprende determinar la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar a partir de una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia y determinar la desviación de la posición del al menos un injerto en el nudo soldado con respecto a la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar.

A lo largo de la solicitud se entenderá por “nudo a soldar” el nudo en su estado inicial antes del proceso de soldadura, con al menos un injerto montado en el tubo principal y fijado a él

de manera provisional, por ejemplo mediante una pasada de raíz de soldadura, y por “nudo soldado” el nudo resultante del proceso de fabricación, tras el proceso de soldadura.

En una realización la posición de giro de referencia del nudo se establece como la que proporciona un área máxima visible del nudo en la imagen captada por los primeros medios de captación de imagen. En otra realización la posición de giro de referencia se establece como la posición de giro que proporciona un área máxima visible de uno o varios injertos específicos en la imagen captada por los primeros medios de captación de imagen. En otra realización la posición de giro de referencia se establece como la posición de giro que proporciona un ángulo máximo visible entre el tubo principal y un injerto en la imagen captada por los primeros medios de captación de imagen.

En una realización el procedimiento comprende adicionalmente comprobar la calidad de la soldadura mediante una cámara termográfica y/o un sensor de ultrasonidos.

Todas las características y/o las etapas de procedimientos descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características mutuamente excluyentes.

20

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estas y otras características y ventajas de la invención, se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan.

La figura 1 muestra un ejemplo de nudo.

Las figuras 2 y 3 muestran un sistema de fabricación de nudos según una realización de la invención.

Las figuras 4 a 7 muestran cuatro vistas del sistema de fabricación de nudos de las figuras 2 y 3.

La figura 8 muestra un detalle del sistema de fabricación de nudos según una realización de la invención.

Las figuras 9 y 10 muestran la disposición de los primeros medios de captación de imagen en una realización de la invención.

La figura 11 muestra un nudo de referencia en una vista de área máxima, con los injertos marcados en trazo grueso.

La figura 12 muestra la determinación del desplazamiento horizontal de un nudo respecto a un nudo de referencia.

- 5 La figura 13 muestra el margen de tolerancia admisible para un ejemplo de nudo.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- 10 La figura 1 muestra un ejemplo de nudo (1), del tipo que comprende una porción de tubo principal (2) y al menos un injerto (3), también tubular, acoplado al tubo principal. En este ejemplo específico el nudo (1) presenta cuatro injertos (3).

- 15 En las figuras 2 y 3 se muestran dos vistas en perspectiva de un sistema de fabricación de nudos según una realización de la invención. En dichas figuras se aprecian un sistema posicionador, un sistema de soldadura, primeros medios de captación de imagen (20), un seguidor de junta (21) y segundos medios de captación de imagen (22). En las figuras se aprecia además un nudo (1) montado en el sistema posicionador. El sistema de fabricación de nudos incluye adicionalmente medios de control, no representados en las figuras.

- 20 En esta realización el sistema posicionador comprende una bancada principal (17), sobre la que se encuentran dispuestas las guías de un mecanismo de elevación que permite el ascenso y descenso de un carro de elevación (5) según una dirección de elevación (x1). Montada en dicho carro de elevación (5) se encuentra la viga principal (6), que está soportada en el carro de elevación (5) con la capacidad de girar sobre una corona giratoria (11) dispuesta en el carro de elevación (5). Así, la viga principal (6) es desplazable en la
- 25 dirección de elevación (x1) definida por las guías del mecanismo de elevación y tiene la capacidad de bascular respecto a un eje de basculación (x2) definido por el eje de giro de la corona giratoria (11). De manera preferida, la dirección de elevación (x1) coincide con la dirección de la gravedad y las guías del mecanismo de elevación son verticales.

- 30 La viga principal (6) comprende dos brazos móviles (7, 8), desplazables sobre la viga principal en una dirección de desplazamiento (x3), que coincide con la dirección longitudinal de la viga principal (6). Ambos brazos (7, 8) incluyen medios de sujeción (15, 16), en particular un sistema de amarre por fricción mediante garras configurado para sujetar el
- 35 nudo (1) por el interior del tubo principal (2) durante todo el proceso de soldeo.

En esta realización los medios de giro de uno de los brazos (8) están motorizados y los medios de giro del otro brazo (7) tienen capacidad de giro libre. En la figura se aprecia el mecanismo accionador (13) del brazo motorizado. En esta realización cada brazo (7, 8) incorpora una corona giratoria, que en el caso del brazo motorizado (8) se acciona mediante un servomotorreductor. La corona del brazo (7) con medios de giro configurados para el giro libre no dispone de medios de accionamiento. En una situación de uso del sistema de fabricación, en la que el tubo principal (2) del nudo (1) se encuentra sostenido entre los brazos móviles (7, 8), como se muestra en las figuras 2 y 3, los medios de giro libre de uno de los brazos (7) permiten el giro del nudo sostenido provocado por los medios de giro del otro brazo (8). En esta realización la viga principal (6) incluye adicionalmente un sistema hidráulico de posicionamiento (12), que permite hacer solidarios ambos brazos móviles (7, 8) en su desplazamiento sobre la viga principal (6).

En las figuras 4 a 7 se muestran vistas del sistema posicionador y el sistema de soldadura del sistema de fabricación de nudos de las figuras 2 y 3. En estas figuras aparecen representados además en líneas discontinuas los movimientos realizables mediante el sistema posicionador, concretamente el movimiento en la dirección de elevación (x1), movimiento en la dirección de desplazamiento (x3), giro del nudo respecto al eje de rotación (x4), y giro de la viga principal respecto al eje de basculación (x2). De manera preferida el eje de rotación (x4) es paralelo a la dirección de desplazamiento (x3). De manera preferida, el eje de basculación (x2) es perpendicular a la dirección de elevación (x1). Se entenderá que el eje de rotación y el eje de basculación son las rectas respecto a las cuales se realiza el movimiento de giro respectivo y que no corresponden necesariamente a ejes materiales.

En una realización, los movimientos en la dirección de elevación (x1) y en la dirección de desplazamiento (x3), accionados mediante motores, se controlan mediante un PLC (*Programmable Logic Controller*, Controlador lógico programable), ya que no requieren de un movimiento coordinado con el robot de soldadura (10), sino que se utilizan para posicionar el nudo (1) a soldar al inicio del proceso. Para la alimentación de los equipos de control de los motores puede emplearse un módulo de alimentación que reduce las interferencias armónicas producidas por los variadores de frecuencia de los motores en el resto del sistema.

En la figura 8 se muestra un detalle de la parte superior del sistema de fabricación de nudos según una realización de la invención. En esta figura se aprecian la antorcha de soldadura (9), los segundos medios de captación de imagen (22) y el seguidor de junta (21) montados

en el robot de soldadura (10). El robot de soldadura (10) está dotado de capacidad de movimiento en tres direcciones de traslación y tres direcciones de rotación. En una realización preferida, el robot de soldadura dispone de medios de control integrados, por ejemplo un controlador DX100 dotado de un PLC integrado.

5

En una situación de uso del sistema de fabricación, el movimiento de basculación respecto al eje de basculación (x2) y el giro del nudo respecto al eje de rotación (x4) se controlan durante la operación de soldadura de manera coordinada con la ejecución de movimientos realizada por el robot de soldadura (10) y de manera que la zona a soldar del nudo (1) se encuentre siempre en un plano sustancialmente perpendicular a la antorcha de soldadura (9). De manera preferida, dichos movimientos del nudo y del robot de soldadura se controlan mediante medios de control integrados en el robot de soldadura (10). De manera preferida, el giro de la viga principal (6) respecto al eje de basculación (x2), el giro del nudo respecto al eje de rotación (x4) y el movimiento del robot de soldadura (10) se controlan de manera que la zona a soldar del nudo (1) se encuentre siempre en un plano sustancialmente horizontal, con la antorcha de soldadura dispuesta en posición sustancialmente vertical y actuando sobre el nudo (1) desde arriba.

En las figuras 9 y 10 se muestra la disposición de los primeros medios de captación de imagen (20) en una realización de la invención. Los primeros medios de captación de imagen (20) permiten realizar el control dimensional del tubo principal (2) e injertos (3) que conforman el nudo (1) en su posicionamiento y ajuste previos a la soldadura, así como el control dimensional del nudo (1) durante y tras el proceso de soldeo, a fin de comprobar la posible desviación del nudo soldado más allá de las tolerancias admisibles. En una realización los primeros medios de captación de imagen (20) comprenden una cámara y medios de iluminación.

En una realización, la cámara de los primeros medios de captación de imagen está dispuesta en una estructura de soporte (14) a 2,5 m de altura del plano teórico de medición (ver figuras 9 y 10), es decir, el plano donde se llevan a cabo las mediciones de control dimensional del nudo. De manera preferida, dicho plano de medición es paralelo al suelo. En las figuras 9 y 10 se representa como área rayada el campo de visión de los primeros medios de captación de imagen (20), campo de visión que incluye la zona prevista para situar el nudo a soldar en una situación de uso del sistema de fabricación. La estructura de soporte de los primeros medios de captación de imagen (20) puede ser regulable en altura para facilitar su instalación y ajuste inicial. En la estructura de soporte pueden estar

dispuestos también medios de iluminación, lo que permite obtener imágenes de mayor calidad, gracias a la posibilidad de regular la intensidad lumínica. En una realización la cámara y los medios de iluminación están dispuestos de manera concéntrica.

5 El proceso de ajuste inicial incluye establecer para cada nudo el ángulo de giro de referencia respecto al eje de rotación (x_4) correspondiente a la posición del nudo en que se tomarán las medidas para su control dimensional. En una realización, la posición de giro de referencia se escoge como la posición de giro del nudo que proporciona el máximo área de nudo visible desde los primeros medios de captación de imagen (20). Este criterio de
10 selección de posición de giro de referencia es especialmente ventajoso en nudos con injertos coplanarios, como en el caso de las figuras 11 y 12, pero puede aplicarse también a nudos con injertos no coplanarios, condicionado a la visualización de un conjunto definido y limitado de injertos del nudo. En el caso de injertos coplanarios, la posición de área máxima puede determinarse como la posición de área mínima visible desde los primeros medios de
15 captación de imagen girada 90° adicionales respecto al eje de rotación (x_4), lo que corresponde a la vista mostrada en la figura 11.

Otro posible criterio de selección de la posición de giro de referencia es el de ángulo máximo visible entre injerto y tubo principal. El ángulo máximo entre injerto y tubo principal obtenido
20 en una perspectiva en planta, marca la posición de referencia en giro en la que dicho injerto se sitúa en la posición horizontal. Según este criterio, se escoge como la posición de giro de referencia la posición de giro del nudo que proporciona el máximo ángulo entre injerto y tubo principal visible desde los primeros medios de captación de imagen (20).

25 Para establecer el origen del nudo, se captura mediante los primeros medios de captación de imagen una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia, en esta realización correspondiente a la posición de área máxima, y se determinan puntos de referencia del mismo, correspondientes en esta realización a los puntos de extremo de la unión entre al menos uno de los injertos (3) y el tubo principal (2) del nudo visibles en la
30 imagen captada. En la figura 12 se muestra una imagen de un nudo en su posición de área máxima, junto con los puntos de referencia del nudo de referencia (X_1' , X_2'). Se puede apreciar que la unión entre cada injerto y el tubo principal aparece en la imagen captada como una línea curvada y los puntos de referencia (X_1 , X_2) del nudo corresponden en esta realización a los extremos de dicha línea. Dichos puntos de referencia (X_1 , X_2) se comparan
35 con puntos de referencia (X_1' , X_2') correspondientes del nudo de referencia, preferentemente almacenados en medios de memoria accesibles a los medios de control, y se calcula el

desplazamiento del nudo respecto al nudo de referencia en la dirección horizontal, es decir, en el plano de medida. Se determina de esta manera el valor de desviación (Δx) o desplazamiento horizontal del nudo a soldar respecto a las coordenadas de soldadura del nudo de referencia. Los resultados obtenidos se almacenan para su posterior uso durante el proceso de soldadura.

En una realización el sistema está configurado adicionalmente para medir las distorsiones angulares producidas tras finalizar la soldadura del nudo. Ello permite emitir un diagnóstico sobre la calidad dimensional del nudo en base a unos criterios de tolerancias pre-establecidos. Para ello, el sistema de fabricación de nudos determina la posición de los injertos en el nudo soldado a partir de una imagen del nudo soldado en su posición de giro de referencia (correspondiente en esta realización a la posición de área máxima) captada por los primeros medios de captación de imagen (20) y determina si la posición de los injertos en el nudo soldado queda dentro de un margen de tolerancia pre-establecido. En la figura 13 se muestra un ejemplo de un nudo de referencia y de la zona de tolerancias admisibles para desviaciones respecto a la geometría de referencia. En esta figura la zona de tolerancias se ha representado como área rayada.

La identificación de una posición de giro de referencia del nudo permite correlacionar las medidas con una posición determinada del nudo, para que haya coherencia en las comparativas que puedan realizarse entre el nudo a soldar, el nudo soldado y el nudo de referencia. De manera similar, el establecimiento de la posición de giro de referencia y el control dimensional en el proceso de fabricación de un nudo se realizan con la viga principal dispuesta en una misma posición respecto a la dirección de elevación y una misma posición de basculación, para que haya coherencia en las posibles comparativas entre el nudo a soldar, el nudo soldado y el nudo de referencia.

El control dimensional del nudo puede realizarse tras finalizar el proceso completo de soldadura. De manera adicional o alternativa, pueden realizarse controles dimensionales sobre nudos parcialmente soldados, por ejemplo tras finalizar cada pasada de un proceso de soldadura multipasada.

Los primeros medios de captación de imagen (20) pueden incluir medios de control, preferentemente configurados para realizar las etapas relativas al control dimensional, por ejemplo mediante un programa instalado en dichos medios de control y configurado para realizar dichas etapas. De manera alternativa, dichas etapas pueden controlarse desde

medios de control externos a los primeros medios de captación de imagen.

Según una realización del procedimiento de la invención, antes de situar el nudo en el sistema de fabricación de nudos, se montan el tubo principal (2) y los injertos (3) y se efectúa la pasada de raíz. A continuación, el nudo (1) se monta en el sistema posicionador y se carga la información del nudo a soldar, preferentemente un diseño del nudo de referencia de tipo CAD. En ese momento, entra en funcionamiento la cámara de los primeros medios de captación de imagen (20) para localizar el origen del nudo y así establecer la referencia y detectar posibles desviaciones frente al nudo de referencia. El robot de soldadura (10) efectúa entonces un reconocimiento de la junta entre tubo principal (2) e injerto (3) con el seguidor de junta (21). Una vez reconocida la junta, el sistema inicia la soldadura multipasada según una secuencia de soldadura pre-establecida en base al nudo de referencia. Una vez completadas todas las pasadas de soldadura puede efectuarse un control dimensional del nudo basado en una imagen del nudo soldado captada por los primeros medios de captación de imagen (20) y/o un análisis de la calidad de la soldadura mediante los segundos medios de captación de imagen (22) para emitir el diagnóstico de pieza válida o no válida.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de fabricación de nudos (1), siendo los nudos del tipo que comprenden un tubo principal (2) y al menos un injerto (3) conectado al tubo principal (2), estando caracterizado el sistema de fabricación por que comprende:

un sistema posicionador que comprende un carro de elevación (5), desplazable en una dirección de elevación (x1), y una viga principal (6) soportada en el carro de elevación (5) con la capacidad de bascular respecto a un eje de basculación (x2), en donde la viga principal (5) comprende dos brazos móviles (7, 8), desplazables en una dirección de desplazamiento (x3), estando dotados los brazos móviles (7, 8) de medios de sujeción configurados para sujetar el tubo principal (2) de un nudo a soldar y de medios de giro configurados para girar el tubo principal (2) respecto a un eje de rotación (x4),

primeros medios de captación de imagen (20),

un sistema de soldadura, que comprende una antorcha de soldadura (9) y un robot de soldadura (10), en donde el robot de soldadura (10) soporta la antorcha de soldadura (9) y está dotado de capacidad de movimiento en tres direcciones de traslación y tres direcciones de rotación,

un seguidor de junta (21), soportado en el robot de soldadura (10), y

medios de control configurados para:

establecer una posición de giro de referencia del nudo a soldar con respecto al eje de rotación (x4),

accionar los primeros medios de captación de imagen (20) para captar una imagen del nudo a soldar en la posición de giro de referencia,

determinar en la imagen captada la posición de la unión de al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar,

comparar la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar con la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal de un nudo de referencia, obteniendo como resultado un valor de desviación,

controlar el movimiento del robot de soldadura (10) y el posicionamiento del nudo (1) establecido por el sistema posicionador para seguir una trayectoria de soldadura pre-establecida de la antorcha de soldadura (9) respecto al nudo (1), utilizando el valor de desviación para establecer el punto inicial de soldadura,

controlar de manera coordinada el movimiento del robot de soldadura (10), la basculación de la viga principal (6) y los medios de giro de los brazos móviles para posicionar la antorcha de soldadura (9) y el nudo (1) de manera que la zona a soldar del nudo (1) se encuentre siempre en un plano sustancialmente perpendicular a la antorcha de

soldadura (9), y

corregir la trayectoria de soldadura en base a datos de la junta entre el al menos un injerto y el tubo principal obtenidos por el seguidor de junta (21).

- 5 2.- Sistema de fabricación de nudos según la reivindicación 1, caracterizado por que los medios de control están configurados para controlar de manera coordinada el movimiento del robot de soldadura (10), la basculación de la viga principal (6) y los medios de giro de los brazos móviles para posicionar la antorcha de soldadura (9) y el nudo (1) de manera que la zona a soldar del nudo (1) se encuentre siempre en un plano sustancialmente horizontal.

10

3.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende segundos medios de captación de imagen (22), que comprenden a su vez una cámara termográfica y/o un sensor de ultrasonidos dispuestos sobre un soporte orientable.

15

4.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los primeros medios de captación de imagen (20) comprenden una cámara y medios de iluminación.

20

5.- Sistema de fabricación de nudos según la reivindicación anterior, caracterizado por que los medios de iluminación tienen forma sustancialmente anular y porque la cámara y los medios de iluminación están dispuestos de manera concéntrica.

25

6.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la viga principal (6) está conectada al carro de elevación (5) mediante una corona giratoria (11).

30

7.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema posicionador comprende un sistema hidráulico de posicionamiento (12) para hacer solidario el movimiento de los dos brazos móviles (7, 8) sobre la viga principal (6).

35

8.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de giro incluidos en los brazos móviles (7, 8) comprenden una corona giratoria.

9.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de sujeción incluidos en los brazos móviles (7, 8) comprenden medios de amarre por fricción.

5 10.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de giro de uno de los brazos móviles (7) están motorizados y los medios de giro del otro brazo móvil (8) tienen capacidad de giro libre.

11.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
10 caracterizado por que los medios de control están configurados adicionalmente para:
accionar los primeros medios de captación de imagen (20) para captar una imagen del nudo soldado en su posición de giro de referencia, y para
determinar la posición del al menos un injerto en el nudo soldado.

12.- Sistema de fabricación de nudos según la reivindicación 11, caracterizado por que los
15 medios de control están configurados adicionalmente para:
determinar la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar a partir de una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia, y para
determinar la desviación de la posición del al menos un injerto en el nudo soldado con
20 respecto a la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar.

13.- Sistema de fabricación de nudos según la reivindicación 11 ó 12, caracterizado por que
los medios de control están configurados adicionalmente para determinar si la posición del al
menos un injerto en el nudo soldado queda dentro de un margen de tolerancia pre-
25 establecido.

14.- Sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la posición de giro de referencia del nudo se establece como una
seleccionada de entre:

30 la posición de giro que proporciona un área máxima visible del nudo (1) en la imagen captada por los primeros medios de captación de imagen (20),

la posición de giro que proporciona un área máxima visible de al menos un injerto en la imagen captada por los primeros medios de captación de imagen (20), y

la posición de giro que proporciona un ángulo máximo visible entre el tubo principal y
35 un injerto en la imagen captada por los primeros medios de captación de imagen (20).

15.- Procedimiento de fabricación de nudos, caracterizado por comprender las siguientes etapas:

proporcionar un sistema de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes;

5 disponer el nudo a soldar en el sistema posicionador, sujetando los dos extremos del tubo principal (2) mediante los medios de sujeción de los brazos móviles (7, 8) y estando el al menos un injerto (3) montado en el tubo principal (2) del nudo (1);

establecer una posición de giro de referencia del nudo a soldar con respecto al eje de rotación (x4),

10 accionar los primeros medios de captación de imagen (20) para captar una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia;

determinar en la imagen captada la posición de la unión de al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar;

comparar la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal del nudo a soldar con la posición de la unión del al menos un injerto y el tubo principal de un nudo de referencia, obteniendo como resultado un valor de desviación;

15 soldar el nudo controlando el movimiento del robot de soldadura (10) y el posicionamiento del nudo (1) establecido por el sistema posicionador para seguir una trayectoria de soldadura pre-establecida de la antorcha de soldadura (9) respecto al nudo (1), utilizando el valor de desviación obtenido para establecer el punto inicial de soldadura;

20 controlar de manera coordinada el movimiento del robot de soldadura (10), la basculación de la viga principal (6) y los medios de giro de los brazos móviles para posicionar la antorcha de soldadura (9) y el nudo (1) de manera que la zona a soldar del nudo (1) se encuentre siempre en un plano sustancialmente perpendicular a la antorcha de soldadura (9);

25 inspeccionar, durante el desarrollo de la trayectoria de soldadura, la junta entre el al menos un injerto y el tubo principal por parte del seguidor de junta y, en caso de desviación respecto a la junta del nudo de referencia, corregir la trayectoria de soldadura en base a los datos obtenidos por el seguidor de junta.

30 16.- Procedimiento de fabricación de nudos según la reivindicación 15, caracterizado por que el control coordinado del movimiento del robot de soldadura (10), la basculación de la viga principal (6) y los medios de giro de los brazos móviles se realiza para posicionar el nudo (1) de manera que la zona a soldar del nudo (1) se encuentre en un plano sustancialmente horizontal.

35

17.- Procedimiento de fabricación de nudos según la reivindicación 15 ó 16, caracterizado por que comprende adicionalmente las siguientes etapas:

5 accionar los primeros medios de captación de imagen (20) para captar una imagen del nudo soldado en su posición de giro de referencia, y
determinar la posición del al menos un injerto en el nudo soldado.

18.- Procedimiento de fabricación de nudos según la reivindicación 17, caracterizado por que comprende adicionalmente las siguientes etapas:

10 determinar la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar a partir de una imagen del nudo a soldar en su posición de giro de referencia; y
determinar la desviación de la posición del al menos un injerto en el nudo soldado con respecto a la posición del al menos un injerto en el nudo a soldar.

15 19.- Procedimiento de fabricación de nudos según la reivindicación 17 ó 18, caracterizado por que comprende adicionalmente determinar si la posición del al menos un injerto en el nudo soldado queda dentro de un margen de tolerancia pre-establecido.

20 20.- Procedimiento de fabricación de nudos según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, caracterizado por que comprende adicionalmente comprobar la calidad de la soldadura mediante una cámara termográfica y/o un sensor de ultrasonidos.

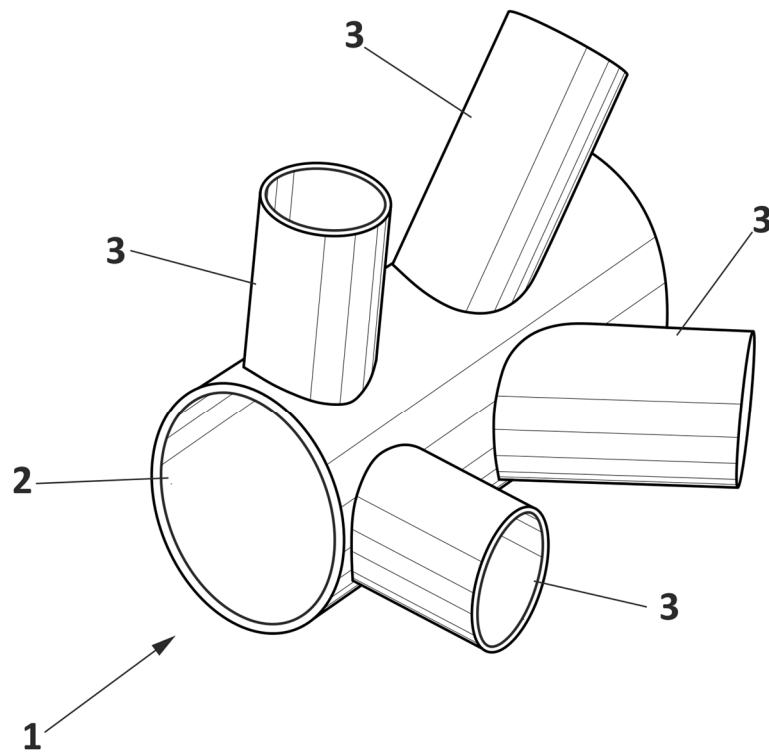


FIG. 1

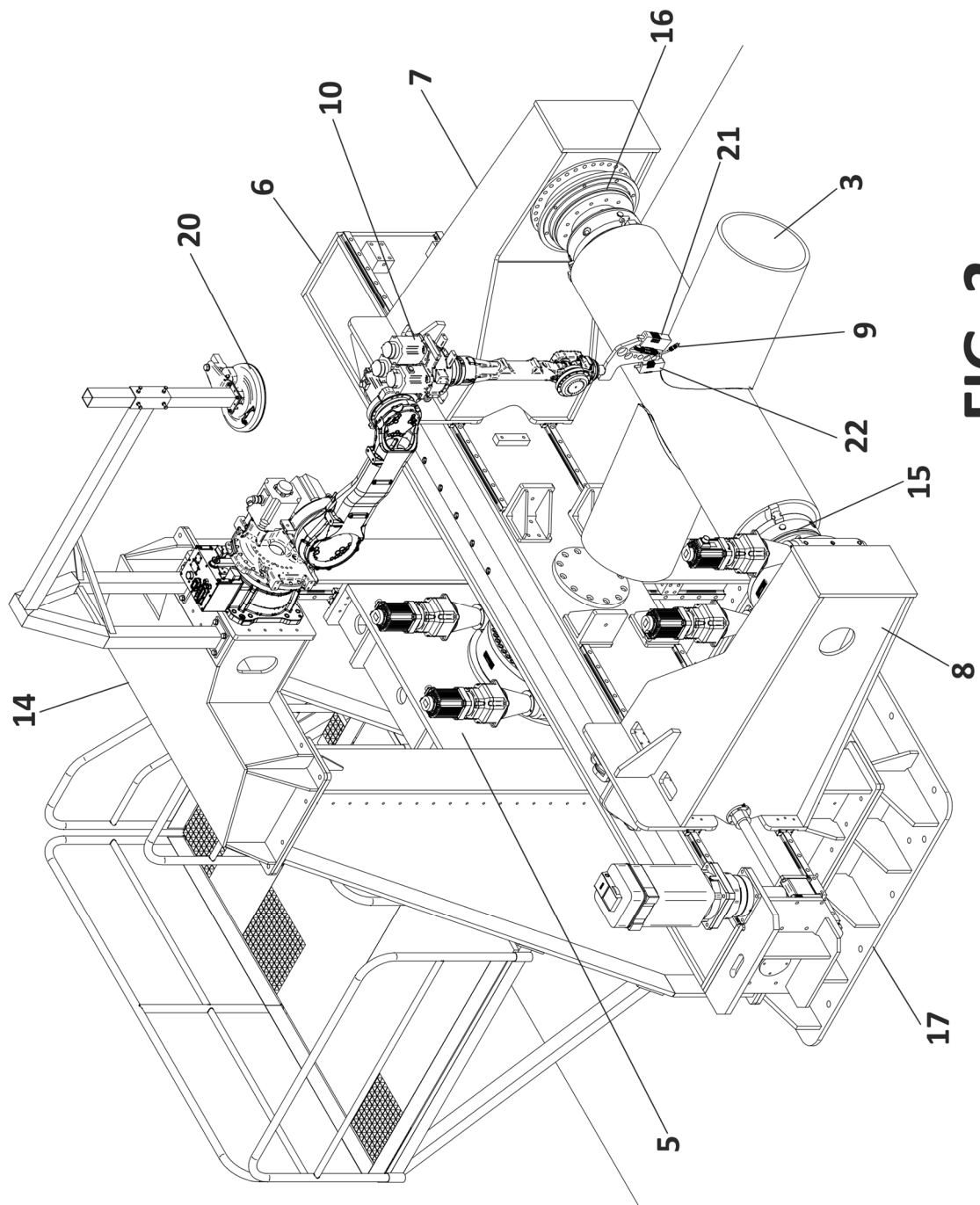


FIG. 2

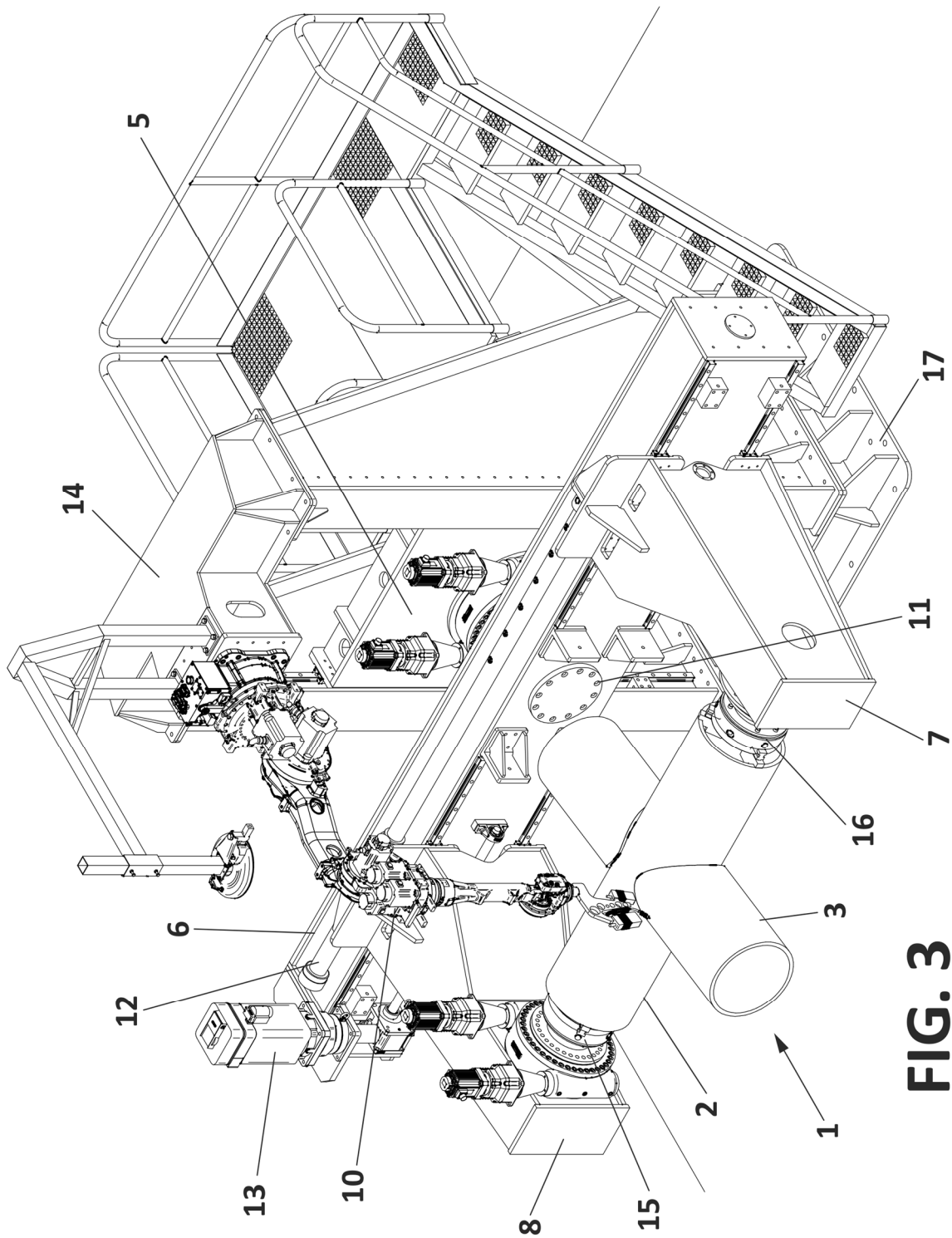


FIG. 3

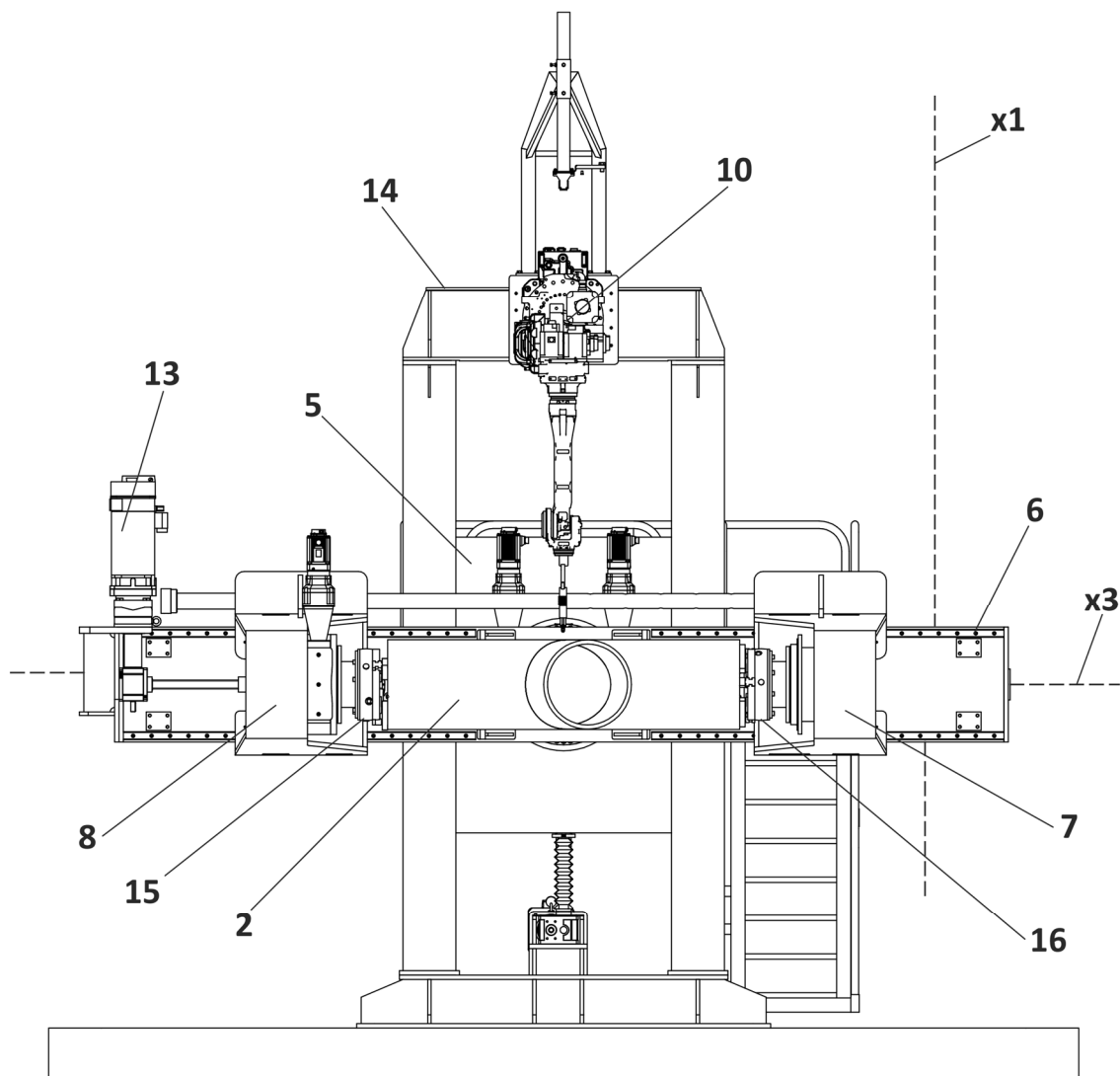


FIG. 4

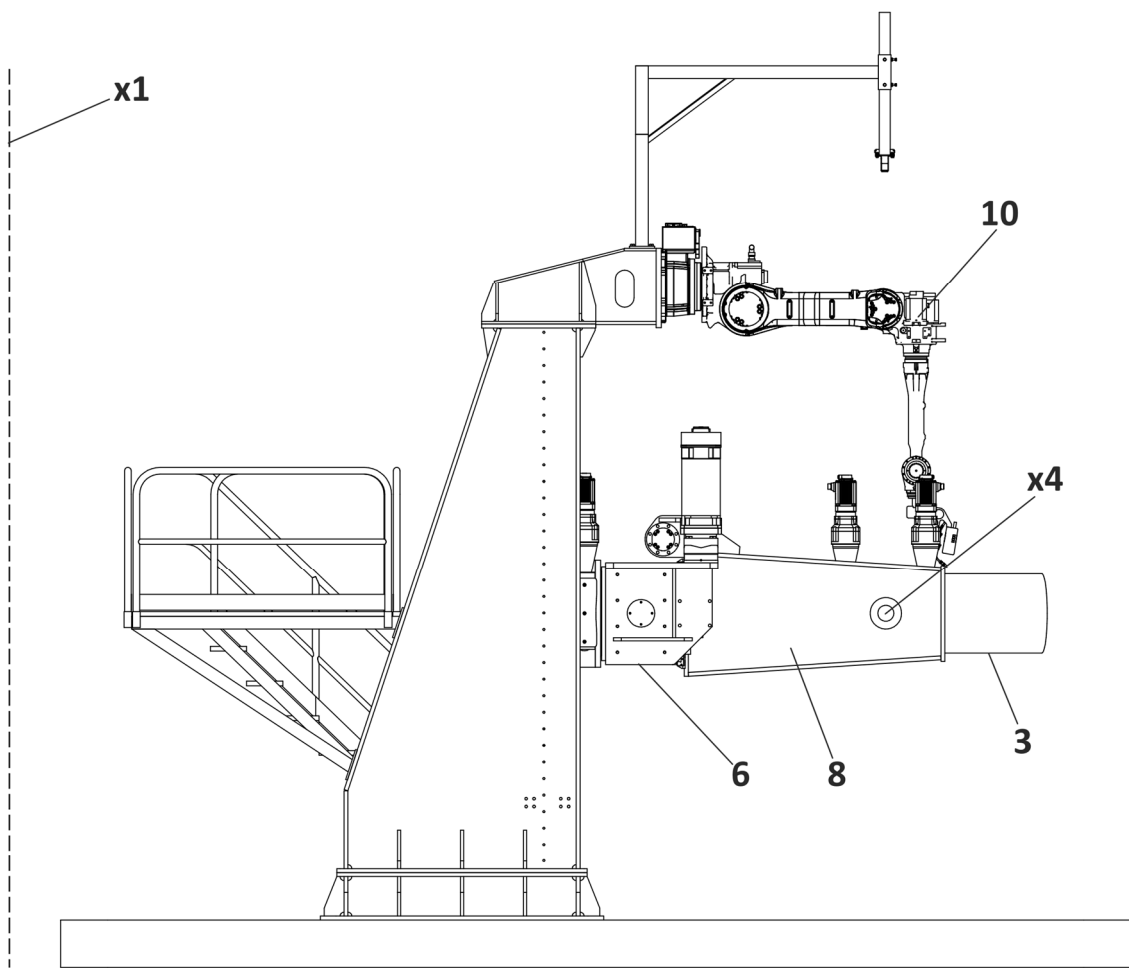


FIG. 5

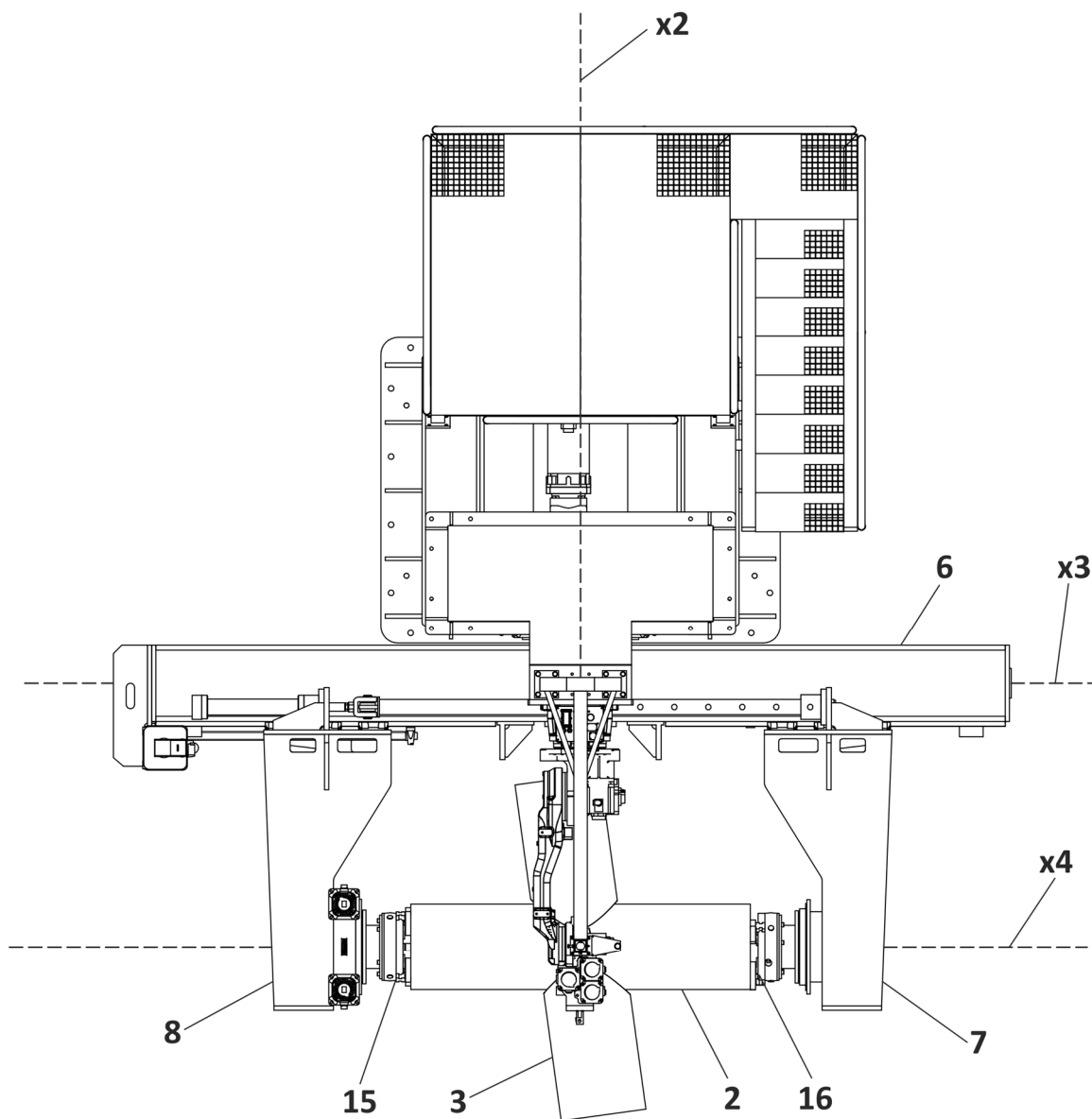


FIG. 6

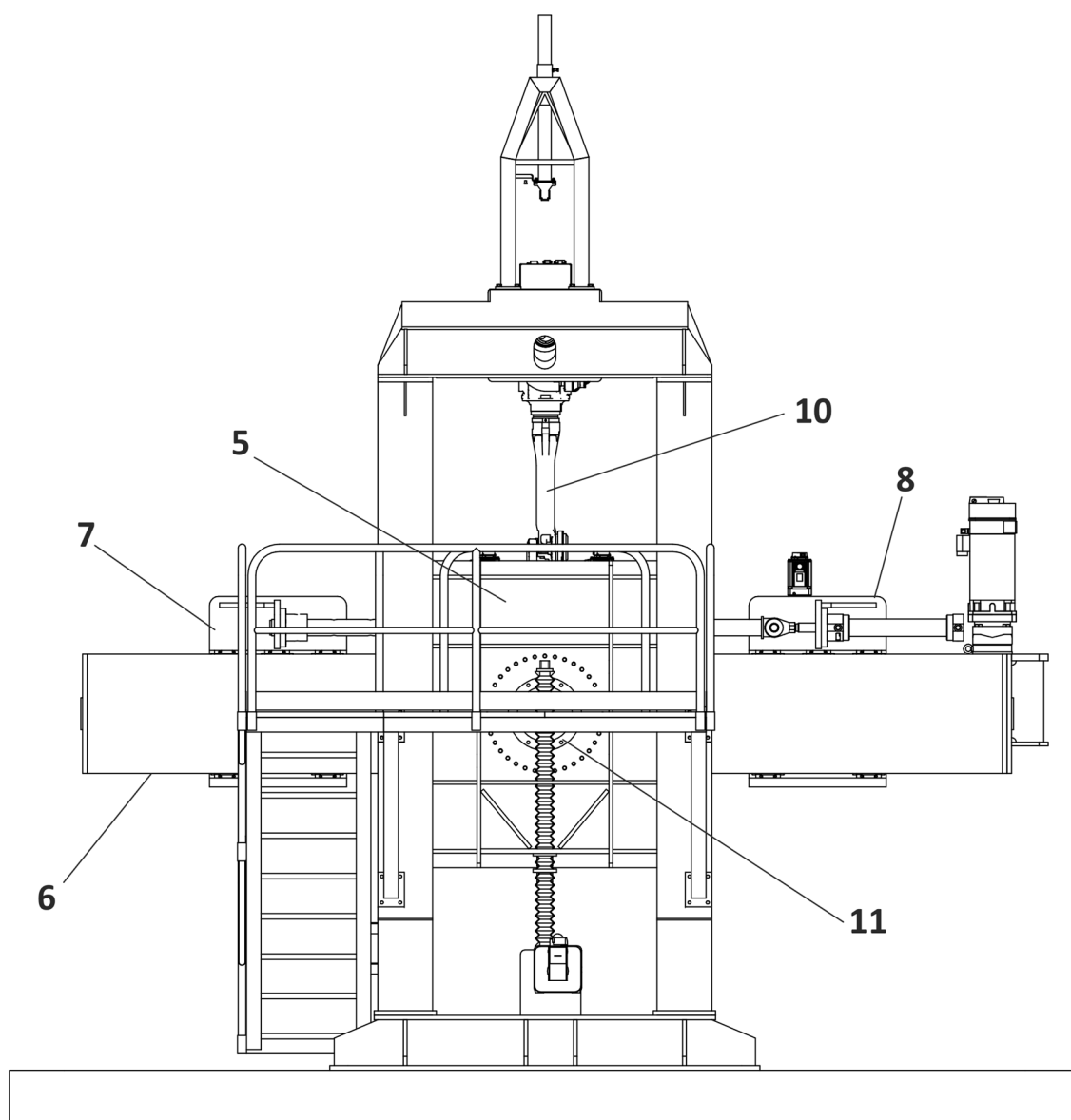


FIG. 7

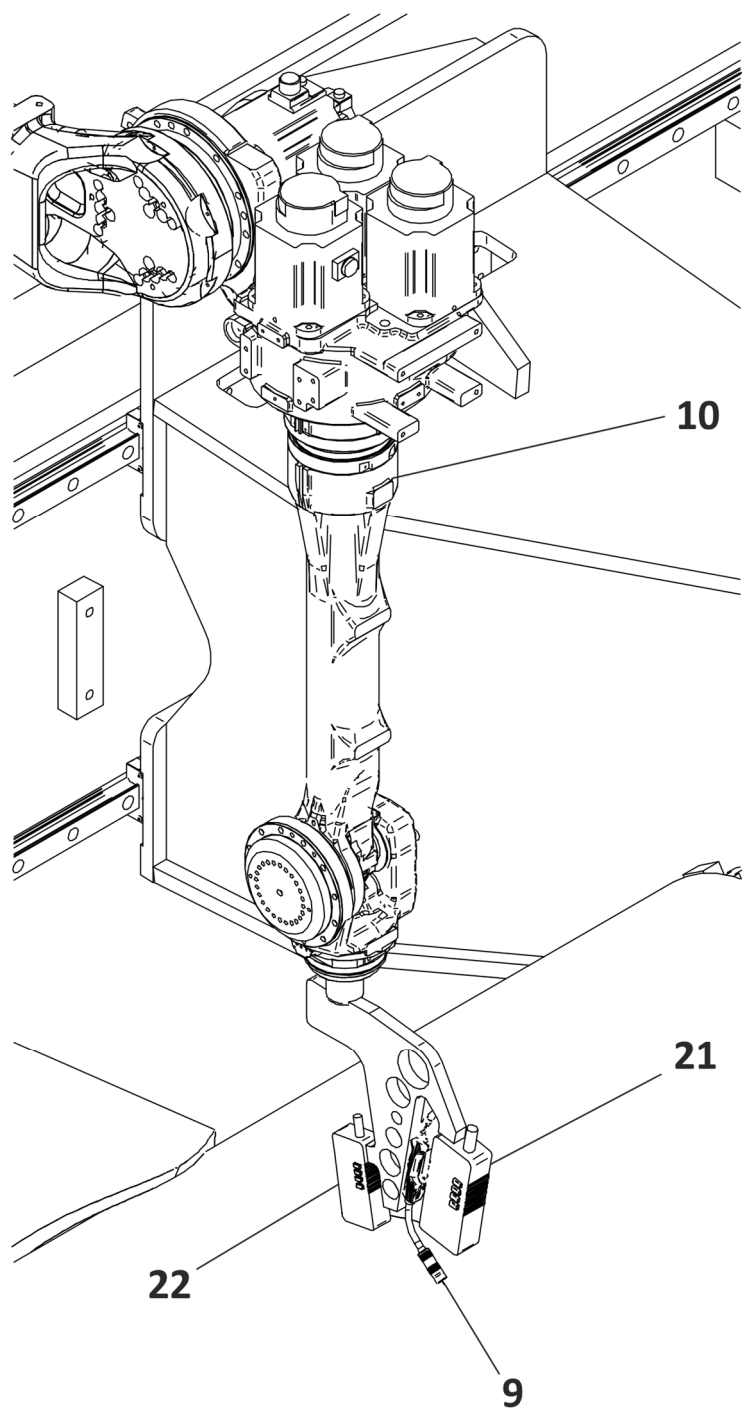


FIG. 8

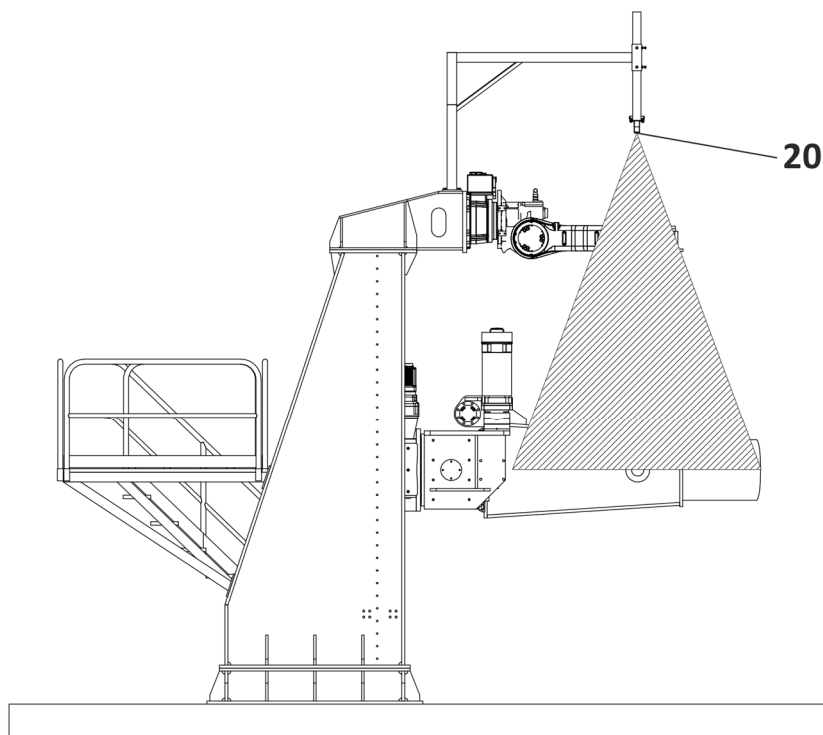


FIG. 9

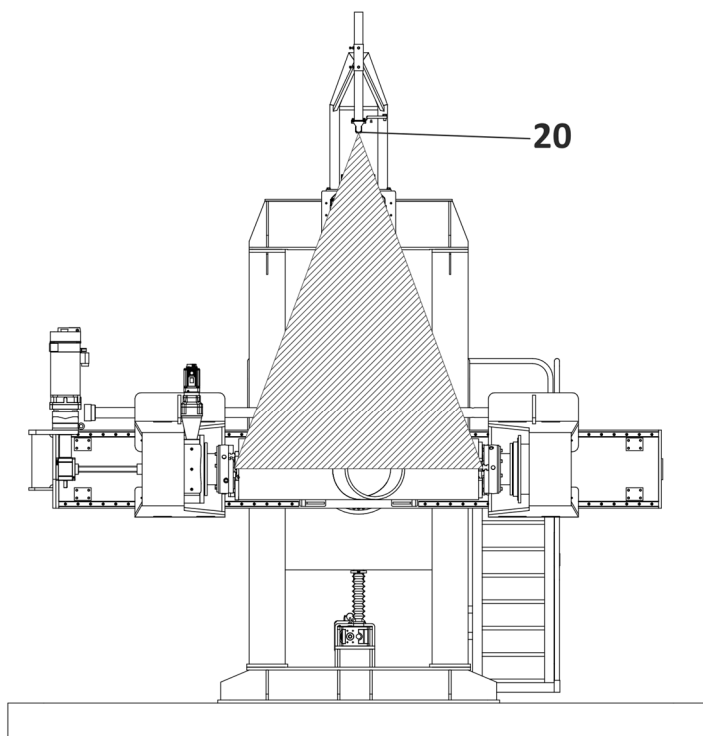


FIG. 10

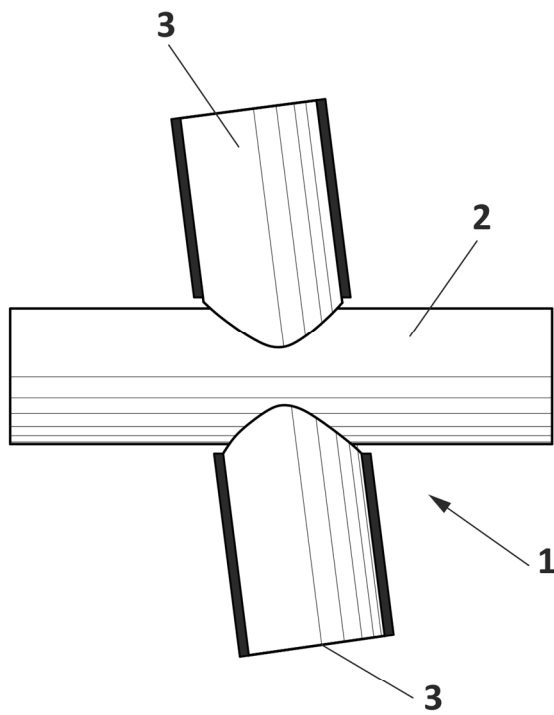


FIG. 11

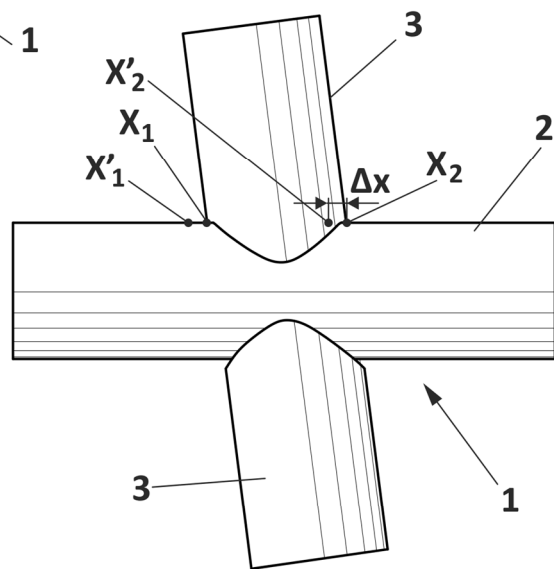


FIG. 12

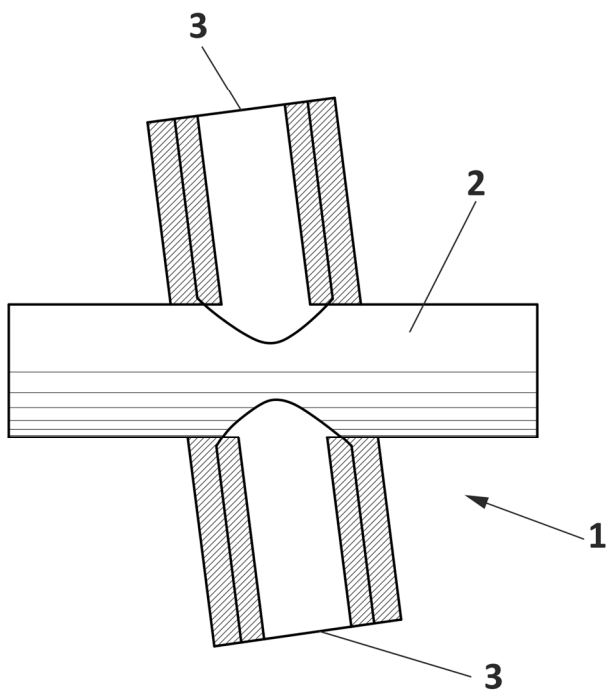


FIG. 13



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ②① N.º solicitud: 201531742
②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.12.2015
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **B23K9/032** (2006.01)
B23K9/127 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	JP H0999366 A (AOMORI PREFECTURE) 15/04/1997, resumen Epodoc; figura 3a.	1,15
A	JP S6221467 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 29/01/1987, resumen Epodoc; figura 2.	1,15
A	JP S61219480 A (HITACHI SHIPBUILDING ENG CO) 29/09/1986, resumen Epodoc; figuras.	1,15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
20.04.2017

Examinador
A. Gómez Sánchez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B23K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 20.04.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-20	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-20	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP H0999366 A (AOMORI PREFECTURE)	15.04.1997
D02	JP S6221467 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP)	29.01.1987
D03	JP S61219480 A (HITACHI SHIPBUILDING ENG CO)	29.09.1986

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Los documentos citados D01-D03, reflejan únicamente el estado de la técnica y no parecen válidos para cuestionar ni la novedad, (Art 6.1 LP), ni la actividad inventiva (Art 8.1 LP) de los objetos reivindicados.

Así, el documento D01, que puede ser el más próximo del estado de la técnica divulga un sistema con una mesa móvil (12) para moverse en la dirección del eje de ramificación L y un brazo basculante (13) para inclinar el soplete de corte en la dirección del ángulo ω . La mesa móvil (12) incorpora por ejemplo, un servomotor o un motor paso a paso con un tornillo de bolas (14), que hace girar el tubo de derivación en la parte de accionamiento de giro. Se trata de un sistema diferente al reivindicado.

Se estima pues que el objeto definido por la reivindicación número 1 es nuevo (Art 6.1 LP), y supone actividad inventiva. (Art 8.1 LP)

Lo mismo cabe decir de la reivindicación número 15, también independiente y para un procedimiento de fabricación de nudos, cuya primera etapa es proporcionar un sistema como el caracterizado por la reivindicación número 1.

Se considera en consecuencia que los objetos definidos por las reivindicaciones dependientes 2-14 y 16-20 son nuevos (Art 6.1 LP) y que suponen actividad inventiva. (Art 8.1 LP)