

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 980**

51 Int. Cl.:

B23K 9/028 (2006.01)

B23K 37/053 (2006.01)

B23K 101/06 (2006.01)

B23K 101/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2019 PCT/FR2019/052320**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2020 WO20070436**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2019 E 19795293 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2024 EP 3860793**

54 Título: **Dispositivo interior de sujeción y de soldeo**

30 Prioridad:

02.10.2018 FR 1859132

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.11.2024

73 Titular/es:

**SERIMAX HOLDINGS (100.0%)
346 rue de la Belle Etoile, Zone Industrielle Paris
Nord 2
95700 Roissy-en-France, FR**

72 Inventor/es:

BELLANGER, GUY

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 985 980 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo interior de sujeción y de soldeo

5 La invención está relacionada con un dispositivo interior de sujeción y de soldeo de tubos dispuestos uno a continuación de otro (en inglés "internal line-up welding clamp"), véase, por ejemplo, el documento JP S55 36011 A. La invención encuentra su aplicación, más particularmente, en el campo de las construcciones de canalizaciones metálicas del tipo de tuberías utilizadas, generalmente, para el transporte de gas, petróleo u otros productos de la industria del petróleo. En particular, se refiere a las canalizaciones construidas en tierra. La invención también puede ser útil para el abastecimiento de agua.

15 La construcción de canalizaciones metálicas consiste en soldar circunferencialmente los extremos distales de tubos presentados enfrentados. Los extremos distales de los tubos son previamente mecanizados por equipos que permiten la formación de un chaflán sobre el extremo distal, este chaflán se define en un plano "casi perfecto", pero que nunca lo es. En la práctica, este plano definido por el borde del chaflán tiene sistemáticamente una ligera inclinación con respecto al eje longitudinal del tubo llamado "defecto de escuadra", puede presentar, igualmente, defectos de planitud del orden de décimas de milímetros, dada la precisión de las achaflanadoras actuales.

20 Para soldarlos, los tubos de este modo preparados se presentan en alineación unos de los otros y dispuestos de tal modo que sus extremos distales estén alineados y presentados lo más cerca, incluso en contacto, uno del otro, con el fin de limitar el volumen de la confluencia por soldadura. Para optimizar el soldeo, es importante mantener fijamente los tubos alineados y centrados durante la operación de soldeo.

25 El soldeo se puede realizar desde el exterior. En este caso, se pueden colocar obleas en el interior de los tubos, en línea con la confluencia de dichos tubos, para evitar que el baño de fusión depositado en dicha confluencia colapse en el interior de la canalización. Los documentos US-6915943 y US-5356067 presentan ejemplos de dispositivos interiores de sujeción implementados durante la formación de la soldadura desde el exterior.

30 Los constructores de tuberías buscan soluciones alternativas a esta tecnología para seguir la evolución de las especificaciones de los clientes, en concreto, en materia de productividad. Para librarse del uso de estas obleas, se conoce que se sueldan los extremos de los tubos por el interior, con el fin de juntar los extremos distales de los tubos borde con borde sobre toda su circunferencia realizando una primera soldadura interna. Una vez esta primera soldadura interna, o raíz "root pass", realizada, una soldadura desde el exterior con un segundo equipo se puede realizar de manera convencional, haciendo la soldadura interna la función de soporte para la soldadura externa.

35 En concreto, en el estado de la técnica, se conoce un dispositivo de soldeo, por el interior, de tubos dispuestos uno a continuación de otro, del tipo que incluye un chasis que soporta medios de avance de dicho dispositivo en los tubos, comprendiendo dicho chasis un chasis delantero y un chasis trasero unidos por un árbol, un primer medio de sujeción dispuesto en la parte delantera del chasis trasero y destinado a cooperar con el extremo de un primer tubo, con el fin de centrar e inmovilizar longitudinalmente dicho dispositivo con respecto al primer tubo, un segundo medio de sujeción dispuesto en la parte trasera del chasis delantero y destinado a cooperar con el extremo de un segundo tubo, con el fin de mantener los dos tubos uno a continuación de otro durante al menos la operación de soldeo y un dispositivo de soldeo que comprende una corona giratoria dispuesta entre el primer medio de sujeción y el segundo medio de sujeción y al menos una antorcha de soldeo portada por dicha corona giratoria y dispuesta aproximadamente en el plano de junta de los dos tubos a soldar al menos durante la operación de soldeo, medios de alineación susceptibles de cooperar con la cara de extremo de dicho primer tubo, con el fin de posicionar dicha antorcha aproximadamente en el plano de junta, medios para alimentar dicha antorcha de electricidad, gas de protección y eventualmente metal de aportación y medios de mando de dicho dispositivo.

50 Tales dispositivos se conocen, en concreto, por los documentos US-3.461.264 y US-3.612.808 que prevén un cierto grado de libertad entre el chasis trasero y el primer medio de sujeción, con el fin de permitir una alineación entre un plano de sujeción definido por el primer medio de sujeción y el plano de junta, cooperando, entonces, los medios de alineación con la cara de extremo del primer tubo.

55 En todos estos dispositivos, los medios que autorizan el grado de libertad mencionado anteriormente están alejados del plano de junta de los dos tubos.

60 La alineación de los ejes se opera en dos fases, la primera fase consiste en disponer el eje geométrico de los medios de sujeción, aquel alrededor del que cada pistón del medio de sujeción se despliega radialmente, perpendicularmente al plano de junta definido por la cara de extremo del primer tubo y la segunda fase consiste en desplazar radialmente el eje geométrico de los medios de sujeción, con el fin de que se fusione con la perpendicular al plano de junta que pasa por el eje geométrico del primer tubo. La primera fase se obtiene por despliegue hacia el exterior de los medios de alineación y puesta en tope de los medios de alineación sobre la cara de extremo del primer tubo por retroceso del dispositivo en el primer tubo. La segunda fase se obtiene por puesta en funcionamiento de los medios de sujeción del primer medio de sujeción.

El documento FR-2.727.643 enseña una solución alternativa para el soldeo interior en la que el primer medio de sujeción, el segundo medio de sujeción y el dispositivo de soldeo son portados todos juntos por un cubo que rodea un árbol que une el chasis trasero y el chasis delantero, estando dicho cubo soportado por dicho árbol por mediación de una rótula dispuesta sustancialmente en el plano de la corona giratoria.

En estos dispositivos conocidos, se produce inevitablemente un desplazamiento radial durante la primera fase. Durante la segunda fase, se produce, igualmente, un desplazamiento radial y un derrape de los medios de alineación respecto a la cara de extremo del primer tubo. Al final de la segunda fase, se observa un desequilibrio en la distribución de las fuerzas ejercidas por cada uno de los pistones. El dispositivo según el documento FR-2.727.643 permite limitar los fenómenos de derrape, pero contribuye a un deterioro del centrado del eje geométrico del primer medio de sujeción sobre el eje geométrico del primer tubo. De hecho, con un tal dispositivo, los problemas denominados de "hi-lo" (alto-bajo), a saber, el problema relacionado con la existencia de desfase entre caras de extremo de tubos aumenta.

Se conoce por el documento US-4.306.134 (que forma la base para el preámbulo de la reivindicación 1) un dispositivo interior de sujeción y de soldeo que permite orientar la antorcha de forma que pueda disponerse de manera oblicua respecto al plano de junta. Tornillos permiten afianzar la oblicua de la orientación de la cabeza de soldeo. Durante la soldadura circunferencial, la oblicua de la antorcha permanece idéntica respecto al plano de junta. La antorcha de soldeo se acciona, igualmente, en oscilación para producir un gran baño de soldeo entre los dos extremos de tubos.

Finalmente, siendo este tipo de dispositivo muy pesado (del orden de varias toneladas), necesita la implementación de medios de elevación específicos. Asimismo, los tubos son, igualmente, pesados. Cuando se acerca el segundo tubo, también él por medio de una herramienta de elevación, con el fin de ser colocado en frente del primer tubo, es necesario que la parte prominente del chasis delantero se inserte en dicho segundo tubo. En la práctica, la precisión de las herramientas de elevación y manipulación de los tubos, como de desplazamiento de los dispositivos de sujeción y soldeo no permite una precisión absoluta. Por consiguiente, sucede muy frecuentemente que la llevada del segundo tubo conduzca al ejercicio de esfuerzos sobre el chasis delantero y, en concreto, sobre el primer medio de sujeción. Tales restricciones van a afectar a la posición previamente regulada del cubo que porta juntos el primer medio de sujeción, el segundo medio de sujeción y el dispositivo de soldeo. Cuando el segundo tubo, finalmente, está en una posición aceptable en frente del primer tubo, por consiguiente, ya no es posible saber cuál es la posición de la cabeza de soldeo respecto al extremo distal del primer tubo, en lo que respecta a los diferentes choques transmitidos al dispositivo interior.

Por consiguiente, existe una necesidad de facilitar la colocación del segundo tubo, que permita mantener el ajuste de posición de la cabeza de soldeo, comprendido cuando el segundo tubo realiza choques sobre el dispositivo.

Por otro lado, por el hecho de la existencia de defecto de circularidad casi sistemática sobre los tubos y la existencia de casos denominados de "falso corte", a saber, los casos donde la cara de extremo del primer tubo no es perfectamente perpendicular al eje longitudinal de dicho tubo, se ha identificado desde ese momento una necesidad de aumentar la compatibilidad de los tubos puestos uno a continuación de otro.

Se ha identificado, igualmente, una necesidad de dispositivos capaces de aumentar su tolerancia respecto a problemas de "hi-lo" (alto-bajo), asegurando al mismo tiempo un cordón de soldadura eficaz y completo. Un cordón de soldadura eficaz asegura una obturación completa del espacio a soldar entre dichas caras de extremo. En efecto, siendo tedioso el trabajo de emparejamiento de los tubos por rotación del segundo tubo puesto en frente del primer tubo, se ha identificado la necesidad de limitar los desfases entre estas caras de extremo.

Se ha identificado, igualmente, una necesidad de mejorar la geometría interior del cordón de soldadura, con el fin de mejorar su resistencia a la fatiga y, en concreto, limitar las variaciones locales de la sección interior de los tubos, con el fin de evitar los riesgos de cavitación.

El objeto de la presente invención es permitir el mantenimiento de la coaxialidad del dispositivo y, más particularmente, de los ejes de despliegue de los dos medios de sujeción, con el eje de simetría del primer tubo, confiriendo al mismo tiempo un grado de libertad a la cabeza de soldeo respecto a este eje de simetría, confiriéndose el grado de libertad por un pivote adecuado para inclinar la cabeza de soldeo para cuadrar la alineación de la cabeza de soldeo con el plano de la cara delantera de extremo independientemente del primer medio de sujeción. La invención puede permitir, igualmente, un movimiento de traslación del pivote a lo largo del eje longitudinal del dispositivo teniendo una carrera útil entre los dos medios de sujeción.

El objeto de la invención permite soportar restricciones ejercidas por la llevada del segundo tubo que pueden ir hasta 20, incluso 30 a 40 toneladas axiales y 40 toneladas radiales.

La invención tiene como objeto proponer una solución técnica al problema de más arriba proponiendo un dispositivo interior de sujeción y de soldeo para la confluencia de tubos por sus extremos distales, incluyendo el dispositivo

- un soporte que incluye un primer medio de sujeción para cooperar con la superficie interior de un primer tubo y un segundo medio de sujeción para cooperar con la superficie interior de un segundo tubo,

- una cabeza de soldeo montada móvil en rotación alrededor del soporte, para permitir una soldadura sobre al menos una porción de circunferencia interna de una zona de confluencia formada entre el primer tubo y el segundo tubo;
- un pivote tal que la cabeza de soldeo es inclinable con respecto al eje longitudinal del dispositivo, siendo el pivote tal que la cabeza de soldeo pueda inclinarse con respecto a un plano de sujeción del primer medio de sujeción. En particular, la cabeza de soldeo se acciona en rotación en un plano, siendo este plano inclinable con respecto al eje longitudinal del dispositivo. Esto significa que durante la realización de la trayectoria circunferencial alrededor del soporte, la cabeza de soldeo permanece en un mismo plano. La cabeza de soldeo no necesita ajuste de inclinación en el transcurso del soldeo. Un ángulo de inclinación de la cabeza de soldeo respecto al eje longitudinal del primer tubo permanece idéntico en todo momento en el transcurso del soldeo.

De hecho, la invención permite proponer una cabeza de soldeo inclinable con respecto a un eje longitudinal del soporte, pudiendo este eje longitudinal del soporte fusionarse con el eje longitudinal del dispositivo y, de este modo, ser inclinable de manera idéntica a la inclinación de una cara de extremo del tubo respecto al eje longitudinal del tubo. La invención permite, igualmente, la inclinación de la trayectoria circular de la cabeza de soldeo respecto al plano de sujeción, con el fin de asegurar una trayectoria para la cabeza de soldeo que se corresponde de la mejor manera con la inclinación de la cara de extremo del tubo. La invención permite inscribir la trayectoria seguida por la cabeza de soldeo en un plano y centrar este plano sobre un plano de un extremo distal del primer tubo. El plano en el que el extremo de la cabeza de soldeo se acciona en rotación puede, de este modo, fusionarse con el plano del extremo distal de este primer tubo.

Preferentemente, el pivote puede estar localizado entre los dos medios de sujeción. Mejor, el pivote puede estar en el volumen de la zona de confluencia delimitado lateralmente por las dos caras de extremo distales puestas una a continuación de otra del primer tubo y del segundo tubo. Para engloba todos los casos y, en concreto, aquellos donde hay un defecto de circularidad del primer tubo, se define el cordón de soldadura a formar como que debe formar una elipse. Preferentemente la rótula está en el plano de dicha elipse y, mejor, en el baricentro de dicha elipse, con el fin de minimizar las variaciones de distancia entre la antorcha de soldeo y la superficie interior de los tubos en el transcurso del soldeo circunferencial.

Con un dispositivo según la invención, el eje de rotación de la cabeza de soldeo puede pasar por el centro de la elipse, comprendido cuando la elipse está definida en un plano inclinado con respecto al eje longitudinal del tubo (caso del "falso corte"). En particular, el dispositivo según la invención puede compensar inclinaciones de la cara de extremo del primer tubo respecto al eje longitudinal del tubo que va hasta 0,5° o 10 mm medido axialmente.

Con un dispositivo según la invención, la optimización del posicionamiento de la cabeza de soldeo con respecto a los "falsos cortes" se puede realizar.

Por lo demás, en caso de impacto sobre la parte prominente del dispositivo, el primer medio de sujeción va a absorber la restricción permitiendo al mismo tiempo la preservación de la orientación de la cabeza de soldeo inicialmente definida. La configuración y la manera con las que el primer medio de sujeción se coloca en el primer tubo va a permitir aumentar la resistencia al retroceso y, por lo tanto, al derrape de un dispositivo según la invención.

La cabeza de soldeo está prevista para accionarse en rotación sobre al menos un arco angular definido transversalmente a un eje longitudinal del dispositivo conservando al mismo tiempo su orientación. Con una tal configuración, para fuerzas transmitidas al dispositivo durante el acoplamiento del segundo tubo que va hasta 15 toneladas, el primer medio de sujeción permite garantizar la definición del marco de referencia útil para el posicionamiento de la cabeza de soldeo. Con un tal choque, solo se transmite una componente de aceleración a la cabeza de soldeo, pero no los esfuerzos, ya que la cabeza de soldeo según la invención es independiente del primer medio de sujeción.

En particular, la antorcha de soldeo puede ser una antorcha de soldeo por arco. Una antorcha de soldeo por arco incluye un alambre de electrodo de devanado continuo y un electrodo que emite un arco eléctrico sobre el alambre, con el fin de producir un baño de fusión al nivel de un punto de impacto determinado. Este electrodo está animado por un movimiento de oscilación, siendo la oscilación tal que el electrodo en reposo está en el plano del extremo distal del primer tubo, que es, igualmente, el plano en el que se sitúa la antorcha de soldeo. La oscilación del electrodo se elige simétrica a ambos lados de este plano. Una amplitud de oscilación del electrodo de una antorcha según la invención se puede reducir a un valor inferior a 3 mm de amplitud, ya que la oscilación tiene como objetivo llenar solo los apartamientos radiales y/o axiales inferiores a 1 mm, preferentemente inferior a 0,5 mm, entre los tubos.

De este modo, un baño de fusión donde se funde el alambre metálico de aportación va a crear un cordón de soldadura. El punto de impacto del arco eléctrico producido por el electrodo sigue, por lo tanto, una senoide centrada sobre el plano de junta. El punto de impacto de soldadura se elige en la zona de confluencia definida entre los dos tubos puestos en frente. Gracias a la invención, la trayectoria de los puntos de impacto se centra sobre el plano de junta cuando la cabeza de soldeo se acciona en rotación, siendo este plano de centrado de los puntos de impacto el plano del primer extremo del primer tubo. En particular, durante el accionamiento en rotación de la antorcha de soldeo, el cuerpo de la antorcha va a permanecer en un mismo plano y, de este modo, a permitir la realización de un cordón de soldadura únicamente en el chaflán de los dos tubos, sin riesgo de disminución local del diámetro interior de los tubos.

En particular, los extremos distales de los dos tubos están ambos dos achaflanados, de modo que el cordón de soldadura a realizar presenta un espesor inferior al espesor del tubo.

5 Preferentemente, la cabeza de soldeo incluye varios, en particular, al menos cuatro y, por ejemplo, ocho, casetes de soldeo distintos repartidos sobre la circunferencia de una corona, pudiendo cada casete ejecutar un programa de soldeo propio y específico para una porción angular de la circunferencia de la junta a realizar. Preferentemente, todos los casetes efectúan el mismo programa de soldeo. En función de la compacidad radial requerida por el diámetro interior de los tubos a soldar, se puede, por ejemplo, prever 6 casetes de soldeo distintos repartidos sobre la
10 circunferencia de una corona de un dispositivo según la invención para realizar soldaduras en un tubo de 91,5 cm (36 pulgadas) de diámetro exterior, para espesores nominales de pared de tubos comprendidos entre 8,5 y 27 mm.

Preferentemente, los casetes están repartidos sobre una misma corona, de modo que una única motorización permite accionar el conjunto de los casetes de la cabeza de soldeo simultáneamente.

15 Cada casete puede programarse para cubrir un arco angular que se recubre en parte con el arco angular cubierto por un casete adyacente. Según la invención, durante el accionamiento en rotación de la cabeza de soldeo, cada uno de los casetes de soldeo efectúa una trayectoria en un plano, siendo este plano el mismo para cada uno de los casetes y estando superpuesto al plano del extremo distal del primer tubo.

20 En particular, cuando hay varios casetes de soldeo, cada uno de los casetes permite un soldeo por arco de tal modo que los electrodos de cada uno de estos casetes están dispuestos en un mismo plano.

25 Ventajosamente, el pivote puede ser móvil axialmente entre los dos medios de sujeción. De este modo, el pivote puede disponerse en una posición de garaje durante las operaciones de colocación del primer medio de sujeción en cooperación con la pared interior del primer tubo y es solamente en un segundo tiempo, que se traslada para poder disponerse en línea con el plano de junta.

30 Por ejemplo, el pivote se puede obtener por una rótula, incluyendo la rótula una rótula hembra y una rótula macho en cooperación de forma con una rótula hembra. En particular, una superficie exterior de la rótula macho es de curvatura complementaria a la de una superficie interior de la rótula hembra. Por ejemplo, la superficie exterior presenta una superficie convexa y la superficie interior una superficie cóncava, tales como un radio de curvatura considerado en una sección longitudinal de dichas superficies curvas, respectivamente cóncava y convexa, está comprendido entre
35 500 mm y 1.000 mm, por ejemplo, del orden de 700 mm cuando el dispositivo está configurado para insertarse en tubos de 1,22 metros (48 pulgadas) de diámetro exterior. La rótula hembra está unida a una corona de la cabeza de soldeo, mientras que la rótula macho la presenta el soporte.

40 De manera optimizada, la corona puede incluir un medio de engranaje sobre una porción solamente de su circunferencia interior para cooperar con un piñón dentado portado por la rótula hembra. La corona es, de este modo, accionada en rotación por este piñón dentado motorizado. La rotación de la corona respecto a la rótula hembra se puede facilitar por rodillos de rodamiento, por ejemplo, repartidos equitativamente, en una interfaz entre la corona y la rótula hembra. La motorización en rotación también puede asegurarse por otros medios, tal como un "par motor" directamente integrado en la corona.

45 Alternativamente, el pivote podría obtenerse, igualmente, por medio de un dispositivo de tipo "hexápodo", que permite crear el punto de pivote equivalente. Se puede fijar un dispositivo de tipo "hexápodo" en el exterior del volumen delimitado por los dos medios de sujeción.

50 Ventajosamente, el dispositivo puede incluir medios de identificación de la inclinación de un plano definido por el extremo distal del primer tubo. El dispositivo puede incluir, igualmente, medios de indexación de la inclinación de la cabeza de soldeo respecto a un plano de inclinación del extremo distal del primer tubo, pudiendo los medios de indexación, en concreto, cooperar por tope mecánico directo contra los medios de identificación de la inclinación. Alternativamente, los medios de indexación de la inclinación de la cabeza de soldeo pueden cooperar directamente con el extremo distal del primer tubo.

55 Preferentemente, los medios de indexación son solidarios con la cabeza de soldeo. Ventajosamente, los medios de indexación pueden incluir medios de bloqueo en posición, con el fin de mantener la posición de la cabeza de soldeo identificada como alineada con el plano del extremo distal del primer tubo.

60 Por ejemplo, los medios de indexación pueden incluir dedos indexadores portados por la corona, pudiendo estos dedos indexadores ser llevados en contacto con una pata y con topes altos de los medios de identificación de la inclinación.

65 Preferentemente, el dispositivo puede incluir propios medios de ajuste de la coaxialidad del dispositivo en el primer tubo. El primer medio de sujeción puede asegurar la concentricidad del dispositivo en el primer tubo. Preferentemente, el segundo medio de sujeción permite asegurar la alineación del segundo tubo con el primer tubo.

En particular, cada medio de sujeción puede incluir respectivamente una pluralidad de pistones, por ejemplo, cada uno 24 pistones, pudiendo cada pistón ejercer un empuje radial superior a 10 toneladas y, por ejemplo, del orden de 15 toneladas. El desplazamiento de los pistones puede hacerse, en concreto, de manera sincronizada y homotética, de tal modo que los extremos de cada pistón se desplazan según círculos concéntricos. Con tales fuerzas, el medio de sujeción permite en parte asegurar la puesta en redondo de la porción de tubo contra la que está radialmente en apoyo.

Los primeros y segundos medios de sujeción pueden estar cercanos y, en concreto, espaciados axialmente a lo largo del eje longitudinal de los tubos, de tal modo que están a menos de 400 mm, en concreto, a menos de 300 mm de distancia axial. Una tal configuración permite una gran compacidad axial e, igualmente, un posicionamiento de cada uno de los medios de sujeción lo más cerca de la zona de confluencia formada entre el primer y el segundo tubo. Una tal configuración permite recircularizar tubos que tienen defectos de circularidad parcial, en concreto, por el hecho de su estructura: tubos soldados longitudinalmente o en espiral.

La invención tiene como objeto, igualmente, un procedimiento de soldeo según la reivindicación 16.

Preferentemente, la traslación de la corona se puede obtener por apoyos laterales sobre una rótula hembra del pivote que acciona una corredera de una rótula macho del pivote sobre barras de correderas.

En particular, después del bloqueo en posición longitudinal e inclinada de la corona respecto al plano P1 y antes de la llevada del segundo tubo, la pata y los dos topes altos telescópicos se pueden retraer en el primer tubo.

La presente invención se comprenderá mejor con el estudio de la descripción detallada de un modo de realización tomado a título de ejemplo de ninguna manera limitativo e ilustrado por los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo según la invención en un primer tubo;
- la Figura 2 es una vista esquemática en corte longitudinal del dispositivo según la invención;
- la Figura 3 es una vista en corte transversal según el plano de corte III-III identificado en la Figura 1 de un dispositivo según la invención;
- la Figura 4 es una vista en perspectiva de una rótula hembra de un dispositivo según la invención;
- la Figura 5 es una vista en corte longitudinal esquemática de una parte de una rótula según la invención correspondiente a un plano de corte VI-VI presentado en la Figura 3;
- la Figura 6 es una vista de perfil lateral de una parte del dispositivo según la invención que permite visualizar los medios de indexación de la inclinación de la cabeza de soldeo de un dispositivo según la invención, no constando la pieza representada de la cabeza de soldeo;
- las Figuras 7 a 10 representan vistas esquemáticas en corte longitudinal, según un plano de corte quebrado ABC, tal como se representa en la Figura 2, de un dispositivo según la invención en el transcurso de su colocación en un primer tubo, luego, con el segundo tubo presentado enfrenteado;
- la Figura 11 es una vista en corte longitudinal esquemática de una parte de una rótula según la invención correspondiente a un plano de corte XI-XI presentado en la Figura 3.

Los dibujos adjuntos podrán no solamente servir para completar la invención, sino también contribuir a su definición, llegado el caso.

La Figura 1 representa un dispositivo interior 1 según la invención. El dispositivo 1 incluye un chasis 2, comprendiendo dicho chasis 2 un chasis delantero 4 y un chasis trasero 3 unidos por un soporte 5 del dispositivo 1. En funcionamiento, el chasis trasero 3 está dispuesto en el interior del primer tubo 6. El primer tubo 6 incluye un extremo distal 7 a soldar a un segundo tubo, no representado. Antes de la llevada del segundo tubo, el chasis delantero 4 forma una parte prominente que rebasa el primer tubo.

Para colocar el dispositivo 1 en el primer tubo, el chasis trasero 3 incluye medios de desplazamiento para ser desplazado en el interior del tubo. Los medios de desplazamiento incluyen ruedas portadoras 8, ruedas motrices 9 y frenos 10, mejor identificados en la Figura 2. Las ruedas portadoras 8 soportan el peso del dispositivo 1, mientras que las ruedas motrices dispuestas lateralmente a ambos lados del dispositivo no soportan un tal peso.

Los medios de desplazamiento permiten ajustar el paralelismo entre el eje longitudinal Y del primer tubo y el eje longitudinal X del dispositivo 1. Estas ruedas portadoras 8 permiten un desplazamiento a la vez axial y radial del dispositivo en el interior del primer tubo. Los frenos 10 pueden entrar en contacto lateral con el tubo. Para entrar en contacto con la cúspide y el fondo del tubo, el dispositivo incluye almohadillas de contraapoyo 60 diametralmente opuestas, con el fin de ayudar al centrado interior del dispositivo en el tubo. Estas almohadillas de contraapoyo son, en concreto, útiles durante la introducción del dispositivo 1 en un tubo, cuando el dispositivo 1 es levantado y sostenido por el anillo de elevación 61.

El dispositivo 1 incluye una corona 11 provista de una cabeza de soldeo 12. La corona está montada móvil alrededor del soporte 5. El objetivo de colocación del dispositivo 1 en el primer tubo es colocar la corona en el plano de junta y que la cabeza de soldeo apunte a un borde del extremo distal 7. La cabeza de soldeo está alimentada, en concreto,

por un generador de potencia situado en el exterior del tubo, un sistema de conexiones entre la cabeza de soldeo y el generador de potencia que pasa por el chasis delantero 4.

5 En efecto, una vez realizado el cordón de soldadura, a continuación, se manda el dispositivo para avanzar hasta el nuevo extremo libre de un tubo nuevamente empalmado al primer tubo. Las ruedas están ajustadas para garantizar una trayectoria rectilínea del dispositivo en el tubo. Los frenos 10 son ajustables al diámetro interior del tubo.

10 La parte prominente del chasis delantero tiene una forma oblonga sustancialmente en forma de cono redondeado en la cúspide. El chasis delantero 4 forma una referencia visual y facilita la alineación del segundo tubo, tolerando al mismo tiempo un deslizamiento de este segundo tubo sobre su superficie exterior.

15 Durante la llevada del segundo tubo, es necesario inmovilizar el dispositivo 1 en el primer tubo. Con este fin, el soporte 5 incluye un primer dispositivo de sujeción 13 destinado a cooperar radialmente con la pared interior 14 del primer tubo. Cuando el segundo tubo se lleva enfrentado al primer tubo y antes de la implementación de la cabeza de soldeo, está previsto un segundo dispositivo de sujeción 15 del soporte 5 para cooperar radialmente con una pared interior de este segundo tubo.

20 El primer medio de sujeción 13 incluye en el ejemplo un cilindro, un cubo empujado por el cilindro y pistones portados por el cubo y repartidos radialmente respecto al eje longitudinal X, de manera que el empuje del cilindro permita la puesta en contacto de los pistones con la superficie interior 14. La Figura 1 muestra una parte solamente de los medios de sujeción, en efecto, en esta vista, los pistones no se presentan ahí provistos de su cabeza de pistón. Para ser operativo, cada pistón está rematado por una cabeza de pistón que porta un rodillo móvil en rotación alrededor de un eje solidario con el pistón. En la Figura 1, los pistones desprovistos de cabeza de pistón se muestran en posición retraída, mientras que en la Figura 6, donde se representan dos pistones radialmente opuestos para cada uno de los medios de sujeción 13 y 15, los pistones - también aquí desprovistos de su cabeza de pistón - se representan en posición salida.

25 Por ejemplo, el juego incluye 24 pistones, preferentemente repartidos equitativamente, para crear puntos de contacto respectivamente opuestos diametralmente. El cilindro es alimentado por una reserva de aire comprimido 16 portada en la parte trasera del chasis trasero 3. El segundo medio de sujeción 15 es, en el ejemplo de configuración, similar al primer medio de sujeción 13.

30 El dispositivo 1 incluye medios de mando independiente para mandar independientemente el primer medio de sujeción 13 y el segundo medio de sujeción 15 para su respectiva puesta en cooperación con las paredes interiores de los tubos. Los medios de sujeción 13, 15 se pueden desplegar de manera asíncrona. De este modo, el segundo medio de sujeción 15 puede entrar en contacto con la pared interior de un segundo tubo, mientras que el primer medio de sujeción 13 ya coopera con la superficie interior 14.

35 El dispositivo 1 según la invención incluye, igualmente, una consola a distancia 27 del aparato colocado en el tubo. Esta consola 27 telemanda los medios de desplazamiento del dispositivo en el tubo, así como los medios de sujeción 13 y 15.

40 La corona 11 está montada rotatoria alrededor del soporte 5, entre los dos medios de sujeción 13 y 15. El chasis delantero 4 incluye un autómatas 26 de mando del ciclo de soldeo. El autómatas 26 se alimenta de energía por una batería a bordo 43 dispuesta en la parte trasera del chasis trasero 3. El autómatas 26 puede ser telemandado por una segunda consola situada aguas arriba del segundo tubo. El autómatas 26 puede incluir una interfaz de mando para permitir el lanzamiento de pruebas preparatorias para la realización del cordón de soldadura.

45 La cabeza de soldeo 12 incluye varios casetes de soldeo 17. En el ejemplo de la Figura 3, la corona porta 8 casetes, tales como 17, en el presente documento, todos idénticos, que forman juntos la cabeza de soldeo 12. Los 8 casetes son de tal tamaño que recubre sustancialmente toda la circunferencia de la corona 11. De este modo, cada casete permite asegurar un arco angular del cordón de soldadura a realizar.

50 El casete recubre un arco angular de la corona 11. El casete incluye una antorcha 18 que apunta radialmente hacia uno de los bordes de dicho arco angular. La antorcha 18 es, por ejemplo, del tipo MIG o TIG. Preferentemente, la antorcha es oscilante para oscilar a lo largo del eje longitudinal X y, de este modo, permitir la realización de un cordón más ancho que el diámetro del alambre devanado en la antorcha. Cada casete incluye una bobina 19 de alambre a bordo para alimentar su antorcha.

55 La alimentación de potencia de las antorchas se hace para cada casete mediante un ombligo 24 cuya trayectoria está enmarcada por un mecanismo 25 de poleas y enrolladores portado por el chasis delantero 4. Los cables para alimentar de potencia las antorchas 18 llegan al nivel del chasis delantero 4 desde la segunda consola. Gas de inertización necesario para las operaciones de soldeo se almacena en un tanque intermedio 44 dispuesto en la parte trasera del chasis trasero 3. La realimentación del tanque intermedio 44 de gas de inertización se hace por medio de conductos que provienen, igualmente, de la segunda consola, mediante un árbol hueco central. Finalmente, desde esta segunda consola se aprovisiona, igualmente, el aire comprimido necesario para la implementación del cilindro unido a los

pistones.

El casete 17 forma una carcasa montada de manera extraíble sobre la corona 11. De este modo, no hay pérdida de tiempo cuando es necesario renovar la bobina o la antorcha. Por lo demás, el casete incluye medios de regulaciones laterales 20 de la posición del casete sobre la corona, con el fin de permitir un ajuste de la coplanaridad de las antorchas presentadas por cada uno de los casetes en un mismo plano de junta. Por ejemplo, este ajuste permite una variación de más o menos 2 mm a ambos lados de una posición central.

Preferentemente, cada antorcha apunta radialmente hacia el exterior. Pero se proporciona sobre el casete un medio de inclinación 21 de la antorcha. De este modo, es posible tener una incidencia ligeramente distinta de la perpendicular a la tangente en el punto de impacto, continuando al mismo tiempo proponiendo una llevada del alambre de soldar en el plano de junta.

En la práctica, la corona 11 se acciona en rotación en un primer sentido, por ejemplo, horario y se activan las 4 antorchas de los 4 casetes de un mismo lado, con el fin de cubrir la mitad de la circunferencia a soldar. A continuación, la cabeza de soldeo se acciona en rotación en sentido opuesto, por ejemplo, el sentido antihorario, para que las otras 4 antorchas realicen la soldadura sobre la otra mitad de la circunferencia a soldar. De este modo, la necesidad de rotación de la cabeza de soldeo es limitada. En un caso de 8 antorchas, cada antorcha debe asegurar un cordón de soldadura de como mínimo un octavo de circunferencia. Para la seguridad de los empalmes, los cordones de soldadura cubren más del mínimo requerido, con el fin de prever una zona de recubrimiento con al menos uno de los cordones adyacentes en el sentido horario o antihorario, por ejemplo, del orden de 10°.

Para optimizar la cinemática, todas las antorchas 18 están repartidas equitativamente de manera muy exacta sobre la circunferencia de la corona 11. La necesidad de desplazamiento en una configuración de 8 antorchas es del orden de 75°. Para asegurar este accionamiento en rotación, un sector dentado 22 se incorpora en el interior de la corona 11 para cooperar con un piñón dentado motorizado 23.

Según la invención, la corona es rotulada para poder inclinarse con respecto a un plano P1 definido por los puntos de contacto de los pistones del primer medio de sujeción 13. La rótula forma un pivote. La rótula está representada, en el presente documento, por la cooperación entre una rótula hembra 28 y una rótula macho 29.

La corona 11 se retiene alrededor de la rótula hembra 28. Esta rótula hembra 28 incluye un alojamiento 30 que desemboca radialmente hacia el exterior, donde se dispone el piñón dentado motorizado 23. La corona 11 es móvil en rotación alrededor de esta rótula hembra 28. Rodillos de rodamiento 62, Figuras 4 y 5, están previstos para facilitar el deslizamiento durante la rotación del perímetro radialmente exterior 31 de la rótula hembra 28 sobre el perímetro radialmente interior de la corona 11. Los rodillos de rodamiento 62 pueden ser portados por ejes longitudinales, estando cada eje dispuesto en un escariado 40 correspondiente de la rótula hembra 28.

La rótula macho 29 toma la forma de un manguito cerrado incorporado en el interior de la rótula hembra 28 que forma un anillo abierto. Figura 4, el anillo abierto de la rótula hembra 28 se puede cerrar y ajustar alrededor de la rótula macho 29 mediante un mecanismo de enclavamiento 32. El perímetro radialmente interior 33 de la rótula hembra 28 es cóncavo. De manera complementaria, el perímetro radialmente exterior 34 de la rótula macho 29 presenta una convexidad complementaria a la concavidad.

La rótula macho 29 incluye limitadores angulares 35, Figuras 3 y 11, que limitan la inclinación que puede tomar la rótula hembra 28 respecto a la rótula macho 29. La inclinación I de la rótula tolera hasta 0,5° o 10 mm medido axialmente a lo largo del eje X. En el ejemplo, hay 3 limitadores angulares delanteros 35. En particular, se obtiene un limitador angular 35 por la cooperación entre un extremo de un tetón 63 montado radialmente a través de un escariado 66 de la rótula hembra 28 para trabarse en un hueco 64 formado en el perímetro radialmente exterior de la rótula macho. El hueco 64 es más ancho que el tetón 63, con el fin de autorizar un cierto recorrido angular en inclinación. Por el hecho de este posible recorrido, para permitir un centrado de la rótula hembra 28 sobre la rótula macho, la rótula macho incluye resortes de mantenimiento laterales 65, orientados transversalmente al plano de la rótula, en el interior del hueco 64.

De este modo, por lo demás de poder ser accionada en rotación alrededor del eje longitudinal X, la cabeza de soldeo se beneficia de un grado de libertad en inclinación con respecto a este eje longitudinal X del dispositivo.

La rótula está diseñada de modo que pueda desplazarse en traslación a lo largo del eje X. La rótula macho está montada con corredera alrededor del soporte 5. La rótula macho 29 incluye varios escariados 36 para barras de corredera 49 que permiten ajustar la posición axial a lo largo del eje X, de la corona 11 entre los dos dispositivos de sujeción que se despliegan en la periferia del soporte 5. En una posición denominada de "garaje", la rótula y la corona son empujadas axialmente hacia la parte trasera de un alojamiento anular 37 formado por dos bridas juntas 39 del soporte 5. Las dos bridas 39 delimitan un elemento denominado "spider" (araña) en inglés. En la posición de "garaje", como, por ejemplo, en la Figura 9, la corona 11 está en la proximidad del plano P1.

El soporte 5 incluye escariados 38 formados en la brida 39 para enrigidecerse por tirantes axiales, uniendo los tirantes

axiales las dos bridas entre sí. El soporte 5 incluye un árbol hueco central 41 retenido por collarines axiales 42 sobre las bridas 39. El árbol hueco central permite aumentar la rigidez a la flexión. El diámetro interno del árbol hueco es, por ejemplo, de 150 mm.

5 La implementación de un dispositivo según la invención se va a detallar en el desarrollo que se va a dar más abajo.

10 En la Figura 7, el dispositivo 1 se representa en el primer tubo avanzando hasta alcanzar una posición donde el chasis delantero 4 emerge suficientemente del primer tubo para poder desplegar una pata baja 45 del chasis delantero 4. Una primera etapa consiste en ajustar la posición axial del dispositivo 1 en el tubo para llevar la pata desplegada 45 en contacto con el chaflán del extremo distal 7. Cuando la pata 45 entra en contacto, un operador puede decidir mediante la consola 27 detener el retroceso del dispositivo en el tubo. Entonces, se coloca el primer dispositivo de sujeción 13, con el fin de inmovilizar axialmente la posición del dispositivo 1 en el tubo al final de esta segunda etapa. Al final de la segunda etapa, el plan P1 está definido. Durante la primera y la segunda etapa, la corona 11 portadora de la cabeza de soldeo 12 está en la posición de "garaje" en rezaga en su alojamiento 37.

15 En una tercera etapa, Figura 9, se crea el marco de referencia plano del extremo distal 7 del tubo. En efecto, dos topes altos telescópicos 46, montados sobre el chasis delantero 4, se despliegan hasta entrar, igualmente, en contacto con el chaflán del extremo distal 7. Tres puntos suficientes para definir un plano, la pata 45 y los dos topes altos 46 forman el medio de identificación según la invención y definen el plano de referencia PR del extremo distal 7. El plano PR puede estar inclinado con respecto al plano P1. Y como se representa esto en la Figura 9, a continuación, hay indexación del plano de la corona sobre el plano PR. Para ello, la corona 11 se traslada a lo largo de las barras de correderas 49 mediante cilindros empujadores 47, preferentemente 3 cilindros empujadores traseros 47 repartidos equitativamente en apoyo lateral sobre la rótula hembra 28. El apoyo sobre la rótula hembra 28 se transmite en corredera de la rótula macho 29 sobre las barras de correderas 49. La posición final de la corona 11 se determina por la puesta en contacto de dedos indexadores 48 portados por la corona 11 con la pata 45 y los dos topes altos 46. En el ejemplo representado, la corona porta 3 dedos indexadores, tales como 48. Los cilindros empujadores traseros 47 ajustan su empuje, con el fin de que los 3 dedos indexadores 48 estén puestos en el plano de referencia PR. El acoplamiento se controla mecánicamente.

20 El plano de los dedos indexadores 48 se regula para coincidir con el plano de las antorchas. Para ayudar a la identidad entre el plano de los dedos indexadores 48 y el de las antorchas, los dedos indexadores son regulables axialmente y de manera independiente unos de los otros mediante dispositivos de tornillo y contratuerca 50.

25 Estando realizados la posición y el ajuste del plano de las antorchas sobre el plano de referencia PR, la posición de la corona 11 es inmovilizada, entonces, por cilindros empujadores delanteros 51. Preferentemente, se trata preferentemente de 3 cilindros empujadores delanteros 51 repartidos equitativamente en apoyo lateral sobre la rótula hembra 28. Estos cilindros empujadores delanteros y traseros forman un dispositivo de bloqueo en posición longitudinal e inclinada de la corona 11 respecto al plano P1.

30 En una cuarta etapa, para la llevada del segundo tubo, Figura 10, la pata 45 y los dos topes altos se vuelven a llevar contra el chasis delantero 4. Cuando la posición del segundo tubo respecto al dispositivo está optimizada en términos de acercamiento en lo que respecta a indicador externo, el segundo medio de sujeción se coloca para inmovilizar el segundo tubo en frente del primer tubo. Por otro lado, siendo fuerte el empuje ejercido por el segundo medio de sujeción, permite recircularizar el segundo tubo, con el fin de que se conforme de la mejor manera respecto al primer tubo, él mismo sostenido por el primer medio de sujeción.

35 Finalmente, cuando se optimizan las operaciones de sujeción y puesta en frente, la corona 11 que porta los casetes de soldeo puede, entonces, ponerse en rotación para ejecutar el cordón de soldadura.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo interior de sujeción y de soldeo (1) para la confluencia de tubos (6) por sus extremos distales (7), incluyendo el dispositivo
- 10 - un soporte (5) que incluye un primer medio de sujeción (13) para cooperar con la superficie interior (14) de un primer tubo y un segundo medio de sujeción (15) para cooperar con la superficie interior de un segundo tubo,
- una cabeza de soldeo (12) montada móvil en rotación alrededor del soporte, para permitir una soldadura sobre al menos una porción de circunferencia interna de una zona de confluencia formada entre el primer tubo y el segundo tubo;
caracterizado por que el dispositivo incluye, además
- un pivote (28, 29) tal que la cabeza de soldeo es inclinable con respecto al eje longitudinal (X) del dispositivo,
- siendo el pivote tal que la cabeza de soldeo se acciona en rotación en un plano inclinable (PR) con respecto a un plano de sujeción (P1) del primer medio de sujeción.
- 15 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el pivote es móvil axialmente (49) entre los dos medios de sujeción.
- 20 3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la antorcha de soldeo es una antorcha de soldeo por arco con un alambre de electrodo de devanado continuo y un electrodo animado por un movimiento de oscilación a ambos lados del plano inclinable.
- 25 4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la cabeza de soldeo incluye varios, en particular, al menos cuatro y, por ejemplo, ocho, casetes de soldeo distintos, pudiendo cada casete ejecutar un programa de soldeo propio.
- 30 5. Dispositivo según la reivindicación anterior, caracterizado por que incluye una única motorización para accionar el conjunto de los casetes de la cabeza de soldeo.
- 35 6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el pivote se obtiene por la cooperación entre una rótula hembra (28) y una rótula macho (29), estando la rótula hembra unida a una corona (11) de la cabeza de soldeo, estando esta rótula hembra en cooperación de forma con una rótula macho (29) del soporte.
- 40 7. Dispositivo según la reivindicación anterior, caracterizado por que la corona incluye un medio de engranaje (22) sobre una porción solamente de su circunferencia interior para cooperar con un piñón dentado (23) portado por la rótula hembra.
- 45 8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el pivote se obtiene por un hexápodo.
- 50 9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que incluye medios de identificación (45, 46) de la inclinación de un plano definido por el extremo distal del primer tubo.
- 55 10. Dispositivo según la reivindicación anterior, caracterizado por que incluye medios de indexación (48) de la inclinación de la cabeza de soldeo respecto a un plano de inclinación del extremo distal del primer tubo, pudiendo los medios de indexación cooperar, en concreto, por tope sobre los medios de identificación de la inclinación.
- 60 11. Dispositivo según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que los medios de indexación (48) incluyen dedos indexadores (48) portados por la corona (11), pudiendo estos dedos indexadores ser llevados en contacto con una pata (45) y con topes altos (46) de los medios de identificación de la inclinación.
- 65 12. Dispositivo según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que los medios de indexación incluyen medios de bloqueo (47, 51) en posición.
13. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que incluye medios de ajuste de la coaxialidad del dispositivo en el primer tubo.
14. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada medio de sujeción incluye respectivamente una pluralidad de pistones, por ejemplo, cada uno 24 pistones, pudiendo cada pistón ejercer un empuje radial superior a 10 toneladas y, por ejemplo, del orden de 15 toneladas.
15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los primeros y segundos medios de sujeción están espaciados axialmente a lo largo del eje longitudinal de los tubos, de tal modo que están a menos de 400 mm, en concreto, a menos de 300 mm de distancia axial.

16. Procedimiento de soldeo por medio de un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que incluye las siguientes etapas:

- 5 - inserción longitudinal del dispositivo en un primer tubo,
- despliegue de una pata baja (45) de un chasis delantero (4) del dispositivo, con el fin de limitar la inserción longitudinal en el primer tubo en el momento en que la pata entra en contacto con un extremo distal (7) de este primer tubo,
- colocación de los primeros medios de sujeción (13) para afianzar axialmente la posición del dispositivo en el primer tubo, extendiéndose el primer medio de sujeción en un plano P1,
- 10 - creación de un marco de referencia plano (PR) del extremo distal (7) del primer tubo gracias a la pata y a dos topes altos telescópicos (46) del chasis, desplegándose los topes altos telescópicos hasta entrar en contacto con el extremo distal (7),
- indexación del plano de la corona que porta la antorcha de soldeo sobre el marco de referencia plano (PR) por traslación de la corona (11) a lo largo de barras de correderas (49) y puesta en contacto de dedos indexadores (48) portados por la corona (11) con la pata (45) y los dos topes altos (46),
- 15 - bloqueo en posición longitudinal e inclinada de la corona (11) respecto al plano P1.
- colocación de un segundo tubo en frente del primer tubo
- soldadura sobre al menos una porción de circunferencia interna de una zona de confluencia formada entre el primer tubo y el segundo tubo.

20 17. Procedimiento de soldeo según la reivindicación anterior, caracterizado por que la traslación de la corona se obtiene por apoyos laterales sobre la rótula hembra (28) que acciona una corredera de la rótula macho (29) sobre las barras de correderas.

25 18. Procedimiento de soldeo según la reivindicación anterior, caracterizado por que después del bloqueo en posición longitudinal e inclinada de la corona (11) respecto al plano P1 y antes de la llevada del segundo tubo, la pata y los dos topes altos telescópicos se retraen en el primer tubo.

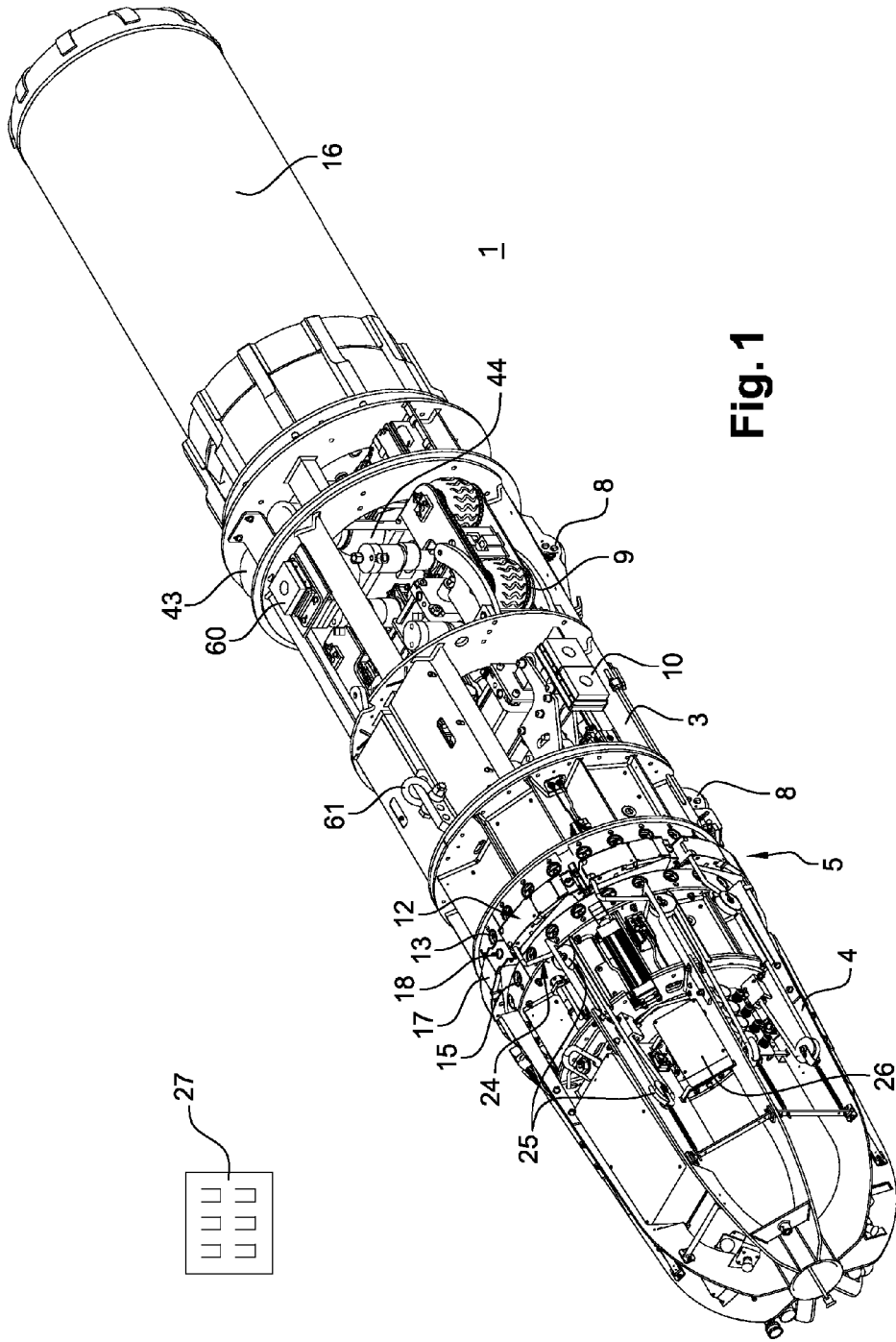


Fig. 1

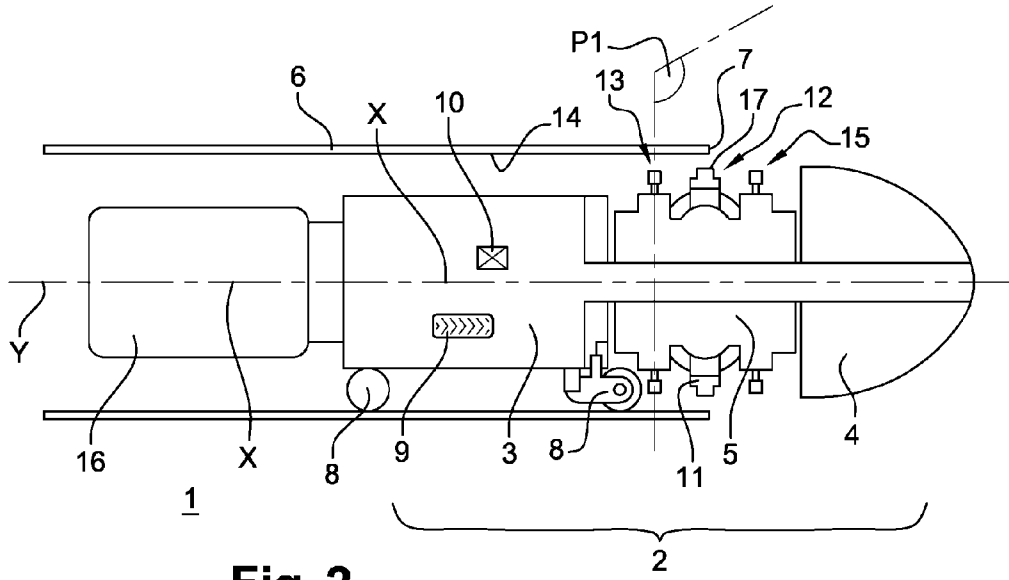


Fig. 2

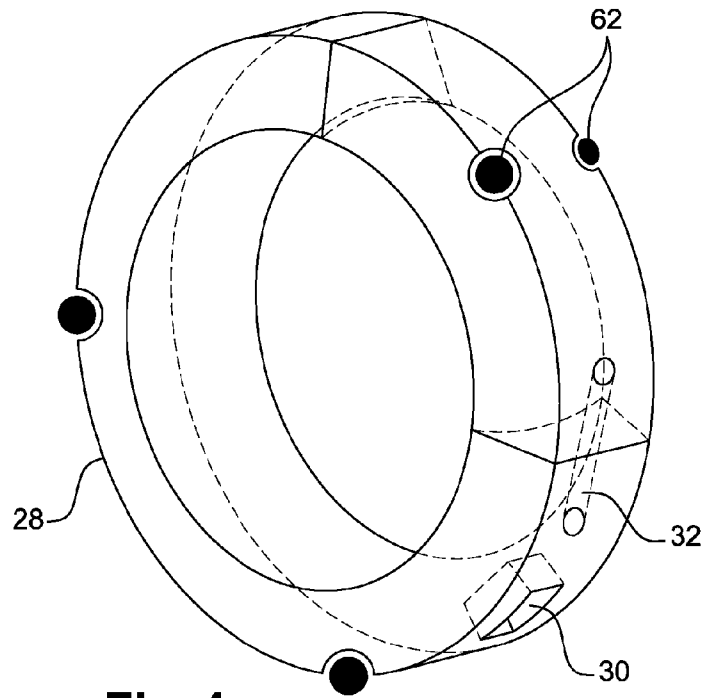


Fig. 4

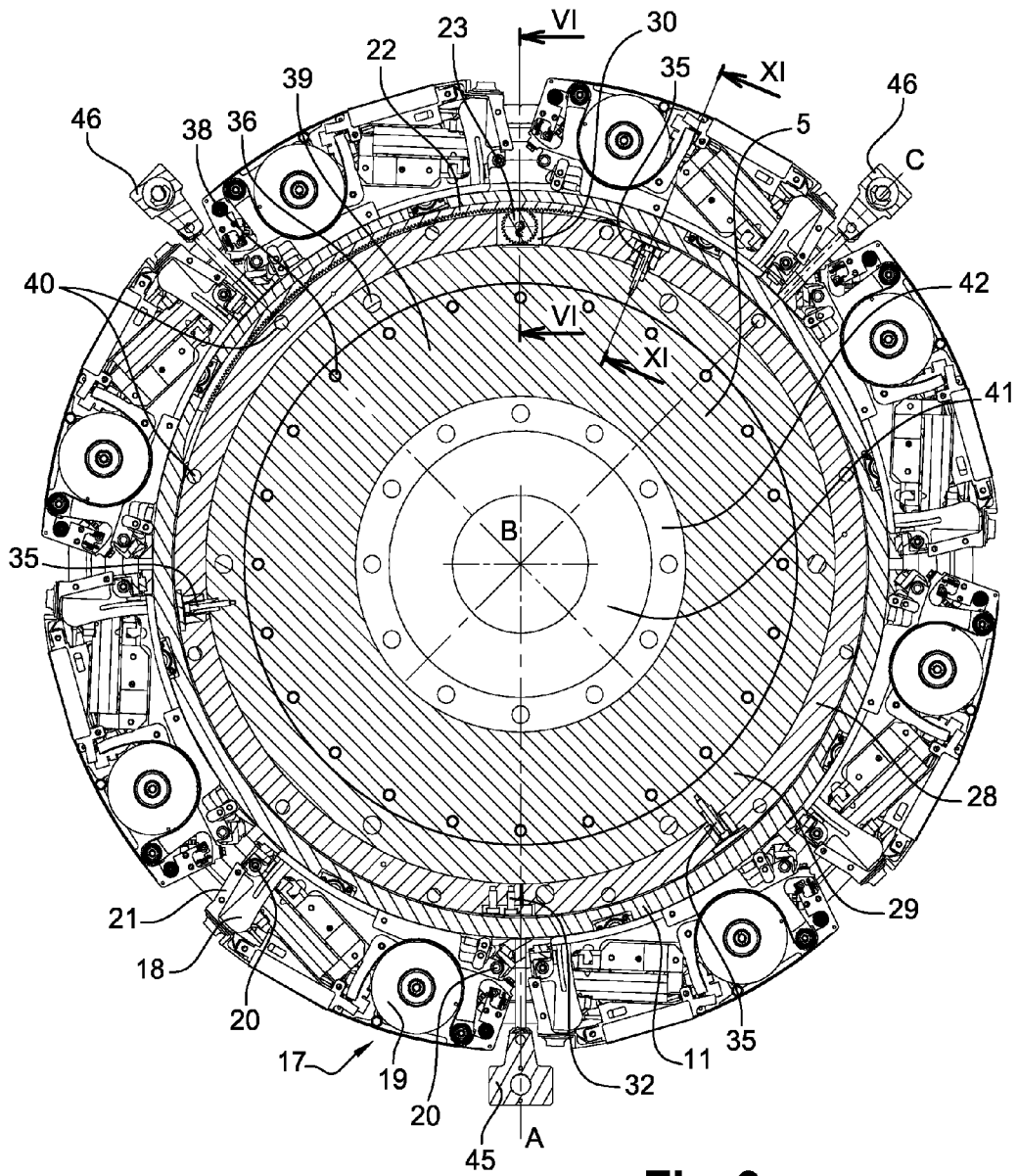


Fig. 3

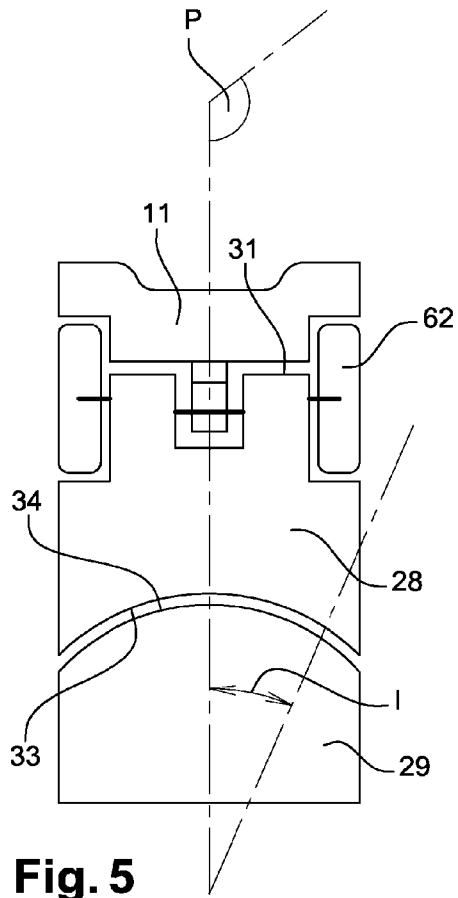


Fig. 5

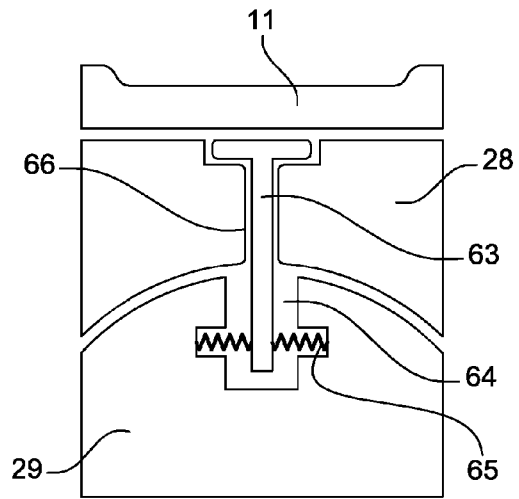


Fig. 11

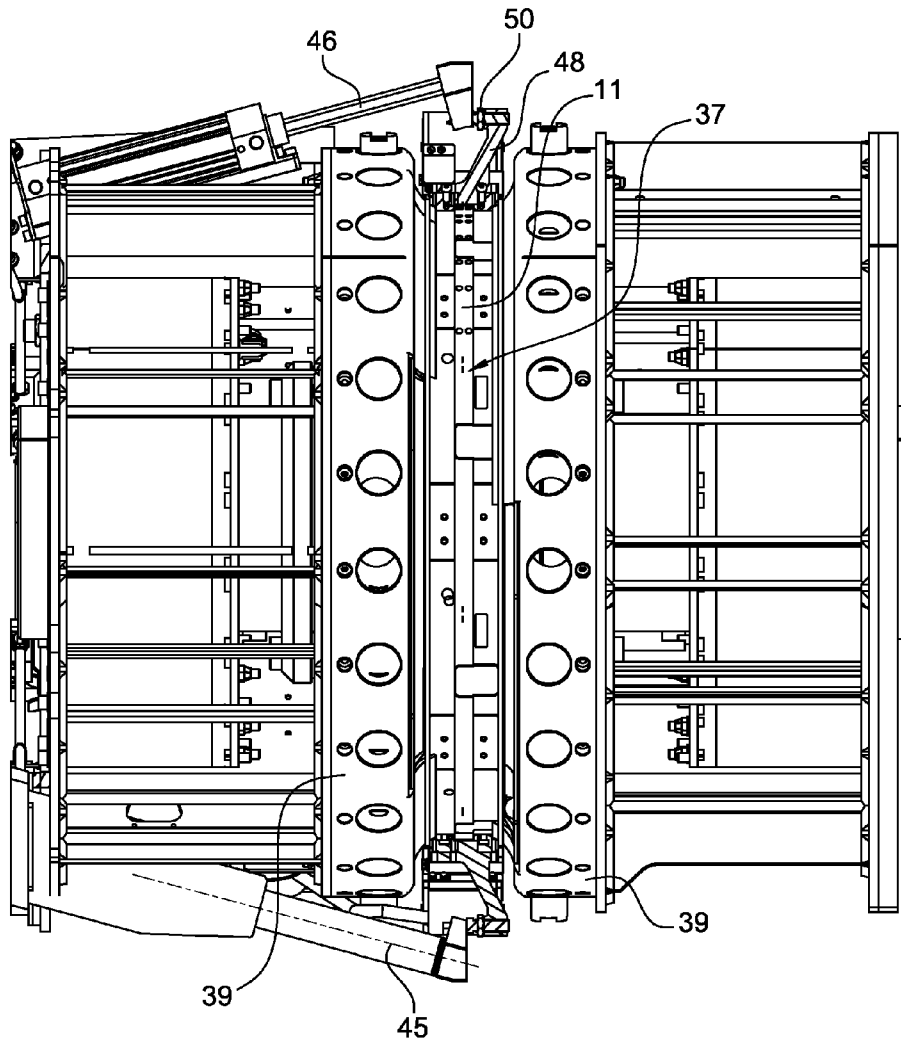


Fig. 6

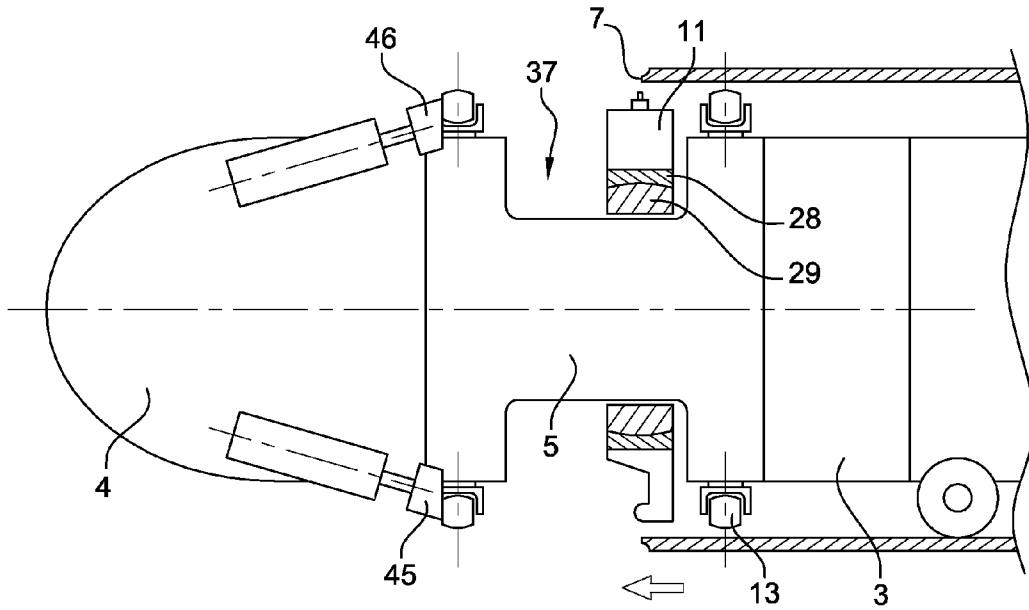


Fig. 7

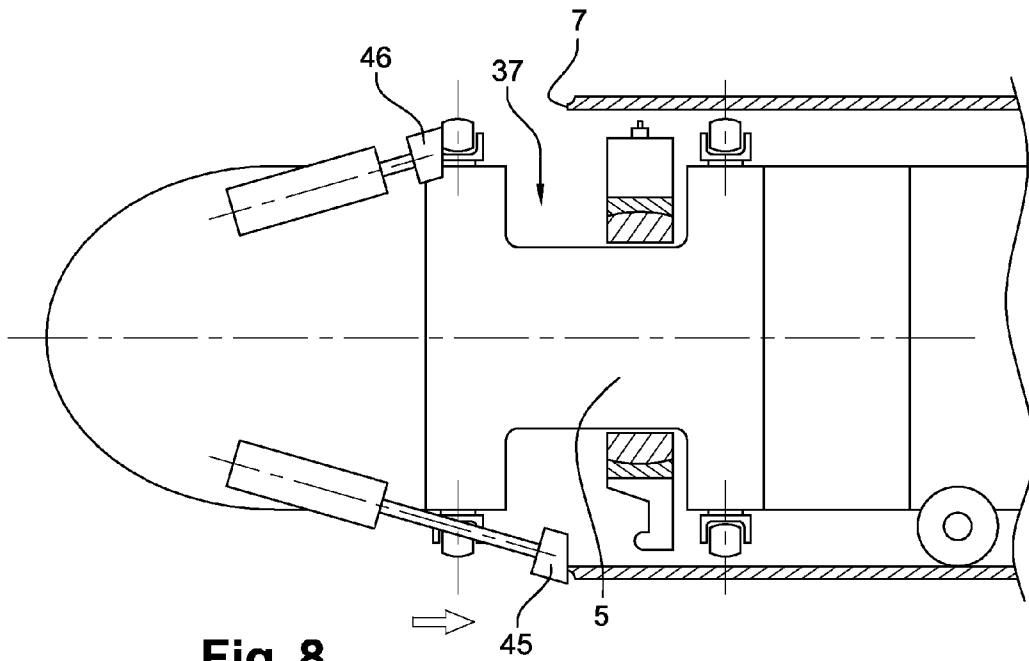


Fig. 8

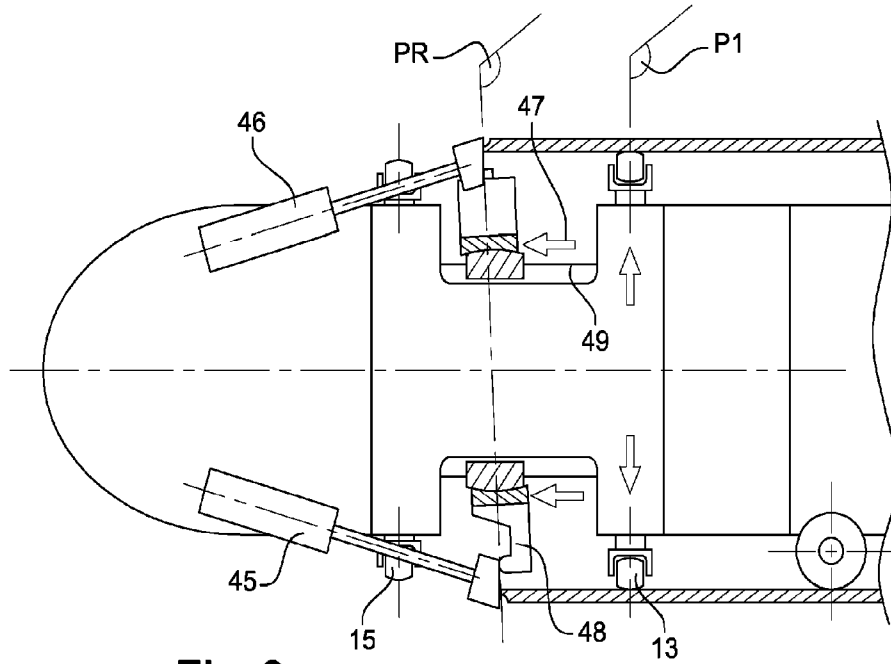


Fig. 9

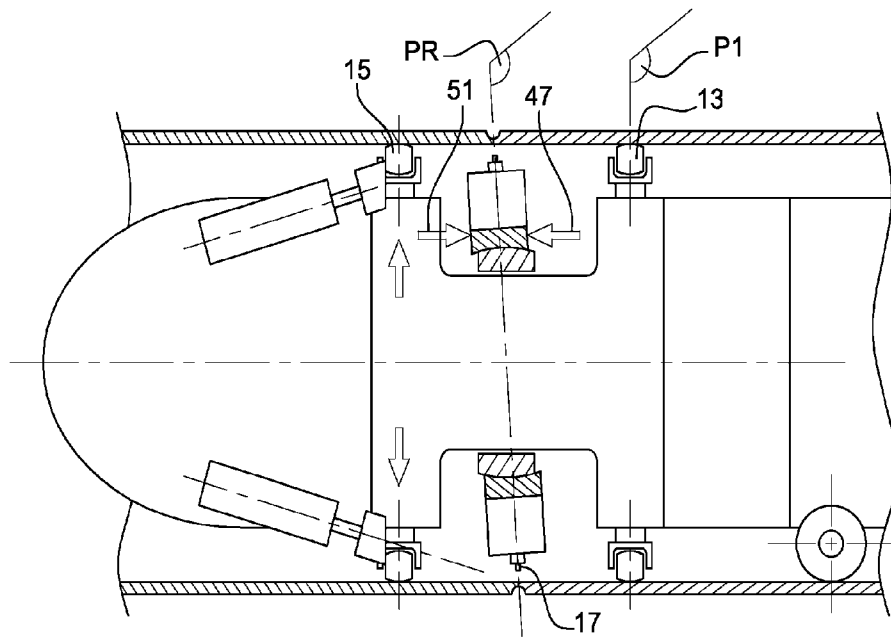


Fig. 10