

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 028 105**

51 Int. Cl.:

B25J 9/04 (2006.01)
B25J 9/06 (2006.01)
B25J 11/00 (2006.01)
B25J 15/00 (2006.01)
B25J 15/04 (2006.01)
B25J 15/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2021** **E 23182548 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025** **EP 4252978**

54 Título: **Manipulador articulado para navegar y dar servicio a un intercambiador de calor**

30 Prioridad:

03.06.2020 US 202016891423

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

18.06.2025

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.00%)

1000 Westinghouse Drive, Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US

72 Inventor/es:

PETROSKY, LYMAN J.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 028 105 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

Manipulador articulado para navegar y dar servicio a un intercambiador de calor

5 **Campo**

La presente descripción se refiere generalmente a plantas de generación de energía eléctrica nuclear y, más particularmente, se dirige a un dispositivo robótico articulado configurado para navegar y dar servicio a un intercambiador de calor dentro de un generador de vapor nuclear.

10 **Antecedentes**

El documento JP H0.343.167 A describe un dispositivo móvil para moverse sobre una superficie de placa tubular mediante la inserción de una pata accionada por un actuador en un orificio tubular de una placa tubular de un intercambiador de calor de tubos terminales, en donde la pata y el orificio tubular se acoplan entre sí. El documento EP 2.525.368 A1 describe un aparato de trabajo con cámara de agua con una base que sujeta los tubos de transferencia de calor sobre una superficie de placa tubular y que está fijada a la superficie de la placa tubular, y un manipulador acoplado a la base y suspendido en una cámara de agua. La base incluye un cuerpo de base que está acoplado a un manipulador, un ala capaz de desplazarse hacia adelante y hacia atrás con respecto al cuerpo de base, y una abrazadera que está dispuesta en el ala y se inserta en el tubo de transferencia de calor para fijar y sujetar el tubo de transferencia de calor. El documento US-2015/0.081.092 A1 describe una oruga robótica serpenteante con múltiples manipuladores diestros soportados alrededor de múltiples unidades de marco conectadas a través de un enlace articulado en los extremos proximales. El enlace articulado es capaz de posicionar los marcos en varias configuraciones. Los manipuladores diestros se acoplan a los extremos distales de las unidades de marco y permiten posicionarse en diversas posiciones alrededor de los extremos del marco.

El documento US-7.314.343 B2 describe un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1.

30 **Resumen**

El siguiente resumen se proporciona para facilitar la comprensión de algunas de las funcionalidades innovadoras exclusivas de los aspectos descritos en la presente memoria, y no pretende ser una descripción completa. Se puede obtener una apreciación completa de los diversos aspectos tomando en su conjunto la totalidad de la memoria descriptiva, reivindicaciones y resumen. La invención se define mediante un sistema según la reivindicación 1.

En diversos aspectos, se describe un sistema configurado para dar servicio a un intercambiador de calor que incluye una pluralidad de tubos que se extienden a través de una placa tubular. El sistema incluye un manipulador que incluye un primer efector terminal configurado para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor, en donde el primer efector terminal incluye un primer actuador acoplado a una primera pinza, en donde el primer actuador está configurado para extender la primera pinza hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y en donde la primera pinza está configurada para fijar el manipulador a la placa tubular, un segundo efector terminal que incluye un segundo actuador acoplado a una segunda pinza, en donde el segundo actuador está configurado para extenderse hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y en donde la segunda pinza está configurada para fijar el manipulador a la placa tubular, e incluyendo un conjunto de articulación un primer enlace, un segundo enlace y tres motores de eje de unión, en donde el primer enlace está conectado de manera pivotante al primer efector terminal y es giratorio alrededor de un primer eje, en donde el primer enlace está conectado de manera pivotante al segundo enlace y es giratorio alrededor de un segundo eje, y en donde el segundo enlace está conectado de manera pivotante al segundo efector terminal y es giratorio alrededor de un tercer eje. El sistema incluye además un circuito de control acoplado al primer efector terminal, al segundo efector terminal y al conjunto de articulación, en donde el circuito de control está configurado para ordenar al motor que mueva el primer efector terminal con respecto al segundo efector terminal en un plano que sea paralelo a la placa tubular, según una instrucción.

En diversos aspectos, se describe un manipulador configurado para navegar un intercambiador de calor que incluye una pluralidad de tubos que se extienden a través de una placa tubular. El manipulador incluye un primer efector terminal configurado para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor, en donde el primer efector terminal incluye un primer actuador acoplado a una primera pinza, en donde el primer actuador está configurado para extender la primera pinza hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y en donde la primera pinza está configurada para fijar el manipulador a la placa tubular. El manipulador también incluye un segundo efector terminal que incluye un segundo actuador acoplado a una segunda pinza, en donde el segundo actuador está configurado para extenderse hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y en donde la segunda pinza está configurada para fijar el manipulador a la placa tubular. El manipulador también incluye un conjunto de articulación que incluye un primer enlace y un segundo enlace, en donde el primer enlace está conectado de manera pivotante al primer efector terminal y es giratorio alrededor de un primer eje, en donde el primer enlace está conectado de manera pivotante al segundo enlace y es giratorio alrededor de un segundo eje, y en donde el segundo enlace está conectado de manera pivotante al segundo efector terminal y es giratorio alrededor de un tercer eje. Cuando la segunda pinza fija el manipulador a la placa tubular, el conjunto de articulación se configura para permitir que el primer efector terminal se mueva con

respecto al segundo efector terminal en un plano que es paralelo a la placa tubular. En diversos aspectos, se describe un método para dar servicio a un intercambiador de calor que incluye una pluralidad de tubos que se extienden a través de una placa tubular. El método emplea un manipulador que incluye un primer efector terminal configurado para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor, en donde el primer efector terminal incluye un primer actuador configurado para extender una primera pinza hacia un tubo de la pluralidad de tubos, un segundo efector terminal configurado para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor, en donde el segundo efector terminal incluye un segundo actuador configurado para extender una segunda pinza hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y un conjunto de articulación que incluye un primer enlace, un segundo enlace y un motor configurado para mover el primer efector terminal con respecto al segundo efector terminal en un plano que es paralelo a la placa tubular, en donde la primera pinza y la segunda pinza están configuradas para fijar el manipulador a la placa tubular. El método incluye extender la segunda pinza hacia un tubo de la pluralidad de tubos, fijar, mediante la segunda pinza, el manipulador a la placa tubular, mover, mediante los motores, el primer efector terminal con respecto al segundo efector terminal en un plano que es paralelo a la placa tubular, hasta que el primer efector terminal llegue a una primera ubicación deseada; y dar servicio, mediante el primer instrumento, al intercambiador de calor en la primera ubicación deseada.

Estos y otros objetos, funcionalidades y características de la presente invención, así como los métodos de operación y las funciones de los elementos de estructura relacionados y la combinación de partes y economías de fabricación, se harán más evidentes al considerar la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas con referencia a los dibujos adjuntos, todos los cuales forman parte de esta memoria descriptiva, en donde números de referencia similares designan las partes correspondientes en las diversas figuras. Sin embargo, debe entenderse expresamente que los dibujos tienen únicamente fines ilustrativos y descriptivos, y no pretenden ser una definición de los límites de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Las funcionalidades novedosas de los aspectos descritos en la presente memoria se exponen con particularidad en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, diversos aspectos tanto de la organización como de los métodos de operación, junto con las ventajas de los mismos, se pueden entender según la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos, como sigue:

La Figura 1 ilustra una vista isométrica de un dispositivo articulado configurado para dar servicio a un intercambiador de calor de una planta de generación de energía eléctrica nuclear, según al menos un aspecto no limitativo de la presente descripción.

La Figura 2 ilustra una vista en planta del manipulador articulado de la Figura 1.

La Figura 3 ilustra una vista en alzado del manipulador articulado de la Figura 1.

La Figura 4 ilustra una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 4-4 de la Figura 2.

La Figura 5 ilustra una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 5-5 de la Figura 2.

La Figura 6 ilustra una vista en alzado de una pinza para fijar el manipulador articulado de la Figura 1 a una placa tubular del intercambiador de calor de las plantas de generación de energía eléctrica nuclear.

La Figura 7 ilustra una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Figura 6, según al menos un aspecto no limitativo de la presente descripción.

La Figura 8 ilustra una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Figura 6, según un segundo aspecto no limitativo de la presente descripción.

La Figura 9 es una vista ampliada de la zona del dedo de agarre de la pinza ilustrada en la Figura 8.

Los caracteres de referencia correspondientes indican las partes correspondientes en las distintas vistas. Las ejemplificaciones expuestas en la presente memoria ilustran diversos aspectos de la invención, de una forma, y tales ejemplificaciones no deben considerarse de ninguna manera como limitantes del alcance de la invención.

Descripción detallada

Se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la estructura, la función, la fabricación y el uso generales de los aspectos descritos en la descripción, e ilustrados en los dibujos adjuntos. Las operaciones, componentes y elementos bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer los aspectos descritos en la especificación. El lector comprenderá que los aspectos descritos e ilustrados en la presente memoria son ejemplos no limitativos y, por lo tanto, se puede apreciar que los detalles estructurales y funcionales específicos descritos en la presente memoria pueden ser representativos e ilustrativos. Se pueden realizar variaciones y cambios

en los mismos sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Además, debe entenderse que términos tales como “hacia adelante”, “hacia atrás”, “izquierda”, “derecha”, “hacia arriba”, “hacia abajo” y similares, son palabras de conveniencia y no deben interpretarse como términos limitativos. Además, debe entenderse que términos tales como “hacia adelante”, “hacia atrás”, “izquierda”, “derecha”, “hacia arriba”, “hacia abajo” y similares, son palabras de conveniencia y no deben interpretarse como términos limitativos.

En la siguiente descripción, los caracteres de referencia similares designan partes similares o correspondientes a lo largo de las diversas vistas de los dibujos.

Antes de explicar en detalle los diversos aspectos del manipulador articulado, se debe considerar que los ejemplos ilustrativos no se limitan en su aplicación o uso a los detalles de construcción y disposición de las partes ilustradas en los dibujos adjuntos y la descripción. Los ejemplos ilustrativos se pueden implementar o incorporar en otros aspectos, variaciones y modificaciones, y se pueden poner en práctica o llevarse a cabo de diversas maneras. Además, salvo que se indique lo contrario, los términos y expresiones empleados en la presente memoria se han elegido con el propósito de describir los ejemplos ilustrativos para la comodidad de uso del lector y no con el propósito de limitarlas. También, se apreciará que uno o más de los aspectos, expresiones de aspectos y/o ejemplos descritos a continuación pueden combinarse con uno cualquiera o más de los otros aspectos, expresiones de aspectos y/o ejemplos descritos a continuación.

La presente descripción se dirige a un manipulador articulado configurado para navegar y dar servicio a cualquier intercambiador de calor con una placa tubular plana. Muchos sistemas mecánicos, como los generadores de energía eléctrica nuclear, dependen de la disipación efectiva del calor. Por ejemplo, en un reactor de agua presurizada, el calor generado por la reacción nuclear puede ser absorbido por un refrigerante primario que circula a través del núcleo del reactor y se utiliza para generar vapor en un generador de vapor. El generador de vapor puede configurarse como un recipiente a presión cilíndrico vertical con secciones de extremo hemisféricas. Una placa transversal, denominada placa tubular, situada en el extremo inferior de la sección cilíndrica, puede dividir el generador de vapor en un lado primario, o sección hemisférica inferior, por debajo de la placa tubular, y un lado secundario, una sección correspondiente situada por encima de la placa tubular. Una pared vertical puede dividir el lado primario en una sección de entrada y una sección de salida. La placa tubular puede incluir una placa gruesa de acero al carbono con una serie de miles de orificios en los que se inserten los extremos de los tubos en forma de U. Se puede insertar un primer extremo de cada tubo en forma de U en un orificio dentro del lado primario de la placa tubular que se comunica con una sección de entrada. Se puede insertar un segundo extremo del tubo en forma de U en un orificio dentro de la placa tubular que se comunica con una sección de salida. En consecuencia, un refrigerante puede presurizarse e introducirse en la sección de entrada, circular a través de los tubos en forma de U, y salir a través de la sección de salida. Además, puede introducirse agua en una configuración similar del lado secundario del generador de vapor, circular alrededor de los tubos en forma de U, y convertirse en vapor por el calor emitido por el refrigerante primario. Aunque la presente descripción describe aspectos en los que se puede utilizar un manipulador articulado para dar servicio a un intercambiador de calor dentro de una planta de generación de energía eléctrica nuclear, dichos aspectos son meramente ejemplares. Por lo tanto, se apreciará que el manipulador articulado puede implementarse para navegar y dar servicio a cualquier intercambiador de calor con una placa tubular plana.

Con el tiempo, puede producirse una degradación dentro del material de los tubos en forma de U. Esto no es deseable porque el refrigerante primario es radiactivo y cualquier fuga del refrigerante hacia el lado secundario del generador puede contaminar el vapor. Debido al peligro de radiación presente en los generadores de vapor alimentados con energía nuclear, es preferible inspeccionar y/o dar servicio remotamente a los tubos en forma de U, para minimizar el riesgo de una exposición perjudicial del personal. En consecuencia, se han desarrollado varios sistemas robóticos para inspeccionar y/o dar servicio a tales configuraciones de tubos de intercambiador de calor. Dichos sistemas robóticos pueden incluir un subsistema de transporte motorizado configurado para colocar un “efector terminal” del robot en una ubicación deseada del sistema mecánico, tal como el intercambiador de calor. El efector terminal puede equiparse con una variedad de herramientas especializadas diseñadas para dar servicio al sistema mecánico, mitigando así el riesgo antes mencionado de exposición del personal.

Un robot de este tipo se describe en la patente US-7.314.343. Otro brazo robótico configurado para dar servicio a intercambiadores de calor es el ROSA (brazo de servicio operado a distancia, del inglés “Remotely Operated Service Arm”) desarrollado por Westinghouse Electric Corporation, con sede en Pittsburgh, Pensilvania, EE. UU. Sin embargo, a medida que evoluciona la tecnología de los intercambiadores de calor, se puede mejorar la versatilidad y la eficiencia de los robots conocidos. Los tamaños de los tubos están disminuyendo y se han desarrollado e implementado una variedad de diseños de intercambiadores de calor y, por lo tanto, configuraciones de placas tubulares para aplicaciones específicas. Por ejemplo, las configuraciones de placas tubulares de paso cuadrado y triangular se utilizan comúnmente, lo que dificulta la implementación universal de los robots conocidos, en una variedad de sistemas. Los defectos de fabricación también pueden impedir que los robots conocidos den servicio a la placa tubular, lo que requiere un reposicionamiento manual y aumentar el riesgo de exposición humana a radiaciones potencialmente peligrosas. Además, dada la compleja y extensa red de tubos que intervienen en dichos intercambiadores de calor, el tiempo en optimizar el servicio de dichos sistemas puede ser clave. Como tal, existe la necesidad de un manipulador con una articulación y una versatilidad geométrica mejoradas. Un manipulador de este tipo debería incluir un sistema de articulación capaz de atravesar intercambiadores de calor de diferentes configuraciones, evitar los inevitables

defectos de fabricación sin intervención humana, y dar servicio de manera eficiente a una placa tubular, debido a su rango de movimiento mejorado.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1, se ilustra una vista isométrica de un manipulador articulado 10 según al menos un aspecto no limitativo de la presente descripción. Como se describirá, el manipulador 10 está particularmente configurado para navegar y dar servicio de manera eficiente a cualquier intercambiador de calor con una placa tubular plana. Por ejemplo, el manipulador 10 de la Figura 1 puede emplearse para dar servicio a un intercambiador de calor de un sistema de generación de energía nuclear y, más específicamente, a una placa tubular del intercambiador de calor que comprende una pluralidad de tubos. Tal como se usa en la presente memoria, el término “servicio” se interpretará en sentido amplio para describir una variedad de procedimientos asociados con la generación de energía nuclear. Por ejemplo, el manipulador 10 puede configurarse específicamente para inspeccionar la placa tubular utilizando una amplia variedad de métodos de prueba no destructivos, que incluyen, pero no se limitan a, los ensayos de corrientes inducidas. Adicional y/o alternativamente, el manipulador 10 puede configurarse específicamente para realizar cualquier número de operaciones de mantenimiento en la placa tubular del intercambiador de calor. Aunque los aspectos descritos en la presente memoria se dirigen específicamente a los manipuladores 10 configurados para dar servicio a los tubos que terminan en las placas tubulares de los intercambiadores de calor, debe entenderse que, en otros aspectos no limitativos, el manipulador 10 puede desplegarse de manera similar en varios otros sistemas que utilicen intercambiadores de calor con placas tubulares planas, sin limitarse a las plantas de generación de energía nuclear.

Según el aspecto no limitativo de la Figura 1, el manipulador 10 puede incluir un primer efector terminal 12 y un segundo efector terminal 14. Un primer par de actuadores 16 y un primer par de tubos guía 20 se pueden acoplar al primer efector terminal 12, y un segundo par de actuadores 18 y un segundo par de tubos guía 22 se pueden acoplar al segundo efector terminal 14. Los tubos guía 20, 22 pueden configurarse para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor. Sin embargo, en otros aspectos no limitativos, los efectores terminales 12, 14 pueden configurarse para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor sin los tubos guía 20, 22. Por ejemplo, los instrumentos pueden unirse directamente a los efectores terminales 12, 14 mediante un acoplamiento mecánico. Alternativamente, los efectores terminales 12, 14 pueden incluir conectores modulares para alojar indistintamente una amplia variedad de instrumentos. Alternativa y/o adicionalmente, el manipulador 10 puede configurarse de forma modular de manera que los propios efectores terminales 12, 14 puedan retirarse y acoplarse indistintamente según la aplicación prevista y/o las preferencias del usuario. Los efectores terminales 12, 14 pueden incluir diferentes configuraciones de pinzas, instrumentos y/o instrumentación, y pueden intercambiarse para realizar una amplia variedad de tareas.

El manipulador 10 de la Figura 1 también incluye un sistema 24 de articulación que comprende un primer enlace 26 y un segundo enlace 28 conectados de manera pivotante al primer efector terminal 12 y al segundo efector terminal 14, respectivamente. Aunque el aspecto no limitativo de la Figura 1 representa un manipulador articulado 10 con dos efectores terminales 12, 14, cada uno con un par de actuadores 16, 18 y un par de tubos guía 20, 22, en otros aspectos no limitativos, el manipulador incluye cualquier número de efectores terminales configurados con cualquier número de actuadores y/o tubos guía, según sea necesario para la implementación específica del dispositivo.

Haciendo referencia adicional a la Figura 1, el primer efector terminal 12 y el segundo efector terminal 14 tienen cada uno un par de actuadores 16, 18 configurados para extenderse y retraerse con respecto al propio efector terminal. En algunos aspectos, uno o más actuadores pueden equiparse con una pinza configurada para fijar el manipulador 10 a la placa tubular. Por ejemplo, en el aspecto no limitativo de la Figura 1, cada uno de los primeros actuadores 16 y los segundos actuadores 18 tiene una pinza 30 configurada para insertarse en un orificio de la placa tubular. Como se describirá con más detalle, cada una de las pinzas 30 se puede mover posteriormente a lo largo de un eje lateral L (Figura 2) que discurre perpendicular al eje de extensión y/o retracción hasta que al menos una de las pinzas 30 entre en contacto con una pared interior del orificio. En el aspecto no limitativo de la Figura 1, cada uno del primer par de actuadores 16 y cada uno del segundo par de actuadores 18 pueden incluir una pinza 30 que puede moverse lateralmente después de extenderse e insertarse en un orificio de la placa tubular. Por ejemplo, cada una de las pinzas 30 de un efector terminal 12, 14 puede moverse una hacia la otra hasta que entren en contacto y apliquen una presión hacia adentro sobre una pared interior de su orificio respectivo. Alternativa y/o adicionalmente, las pinzas 30 de cada efector terminal 12, 14 pueden alejarse lateralmente una de la otra, hasta que entren en contacto y apliquen una presión exterior sobre una pared interior de su orificio respectivo. En consecuencia, mediante el uso de una presión y/o fricción aplicadas entre la pinza 30 y la pared interior, al menos uno de los efectores terminales 12, 14 del manipulador 10 puede anclarse a la placa tubular. La presente descripción contempla múltiples aspectos con configuraciones variables de los actuadores 18, 20 y las pinzas 30 para agarrar la placa tubular de una manera específica, dependiendo de las necesidades particulares de la aplicación y/o las preferencias del usuario.

Aún haciendo referencia a la Figura 1, el manipulador 10 puede configurarse de manera que el primer efector terminal 12 se mueva a su lugar a través del sistema 24 de articulación una vez que el segundo efector terminal 14 se ancle a la placa tubular. Por ejemplo, el sistema 24 de articulación de la Figura 1 incluye un primer enlace 26, conectado de manera pivotante al primer efector terminal 12, y un segundo enlace 28, que a su vez está conectado de manera pivotante al segundo efector terminal 14. Por consiguiente, el primer enlace 26 puede girar con respecto al primer efector terminal 12 alrededor de un primer eje A1, el primer enlace 26 y el segundo enlace 28 pueden girar uno con

respecto al otro alrededor de un segundo eje A2, y el segundo enlace 28 puede girar con respecto al segundo efector terminal 14 alrededor de un tercer eje A3. En consecuencia, el conjunto 24 de articulación puede permitir que el primer efector terminal 12 y/o el segundo efector terminal 14 se muevan entre una amplia gama de coordenadas dentro de un plano deseado, dependiendo de qué efector terminal esté anclado a la placa tubular.

Por ejemplo, el conjunto 24 de articulación de la Figura 1 puede permitir que el primer efector terminal 12 gire alrededor del primer eje A1 y que el primer enlace 26 gire alrededor del segundo eje A2, cuando el segundo par de actuadores 18 del segundo efector terminal 14 se agarre a la placa tubular, de modo que el manipulador 10 pueda moverse en cualquier lugar dentro de un plano P1 definido por los ejes X e Y. En el aspecto no limitativo de la Figura 1, el plano P1 es paralelo a la placa tubular, y el primer efector terminal 12 y/o el segundo efector terminal 14 pueden reposicionarse en cualquier coordenada X, Y deseada dentro del plano P1. Aunque el conjunto 24 de articulación incluye un primer enlace 26 y un segundo enlace 28 y tres ejes A1, A2, A3, en otros aspectos no limitativos contemplados en la presente descripción, el conjunto 24 de articulación del manipulador 10 puede incluir cualquier número de enlaces y ejes para adaptarse específicamente a una variedad de aplicaciones y/o preferencias del usuario. El conjunto 24 de articulación del manipulador 10 puede proporcionar un rango de movimiento mejorado con respecto a los manipuladores existentes con menos ejes de movimiento. Adicional y/o alternativamente, el conjunto 24 de articulación puede permitir que el manipulador 10 de la Figura 1 atraviese las coordenadas usando menos movimientos, promoviendo así la eficiencia. En consecuencia, el manipulador 10 de la Figura 1 es más eficaz y puede realizar una gama más amplia de servicios en placas tubulares, incluidos los procedimientos de inspección y/o mantenimiento.

El manipulador 10 puede configurarse para acoplarse con al menos un instrumento, dependiendo de la aplicación prevista y/o las preferencias del usuario. Por ejemplo, en el aspecto no limitativo de la Figura 1, el manipulador 10 puede incluir un primer par de tubos guía 20 instalados dentro de un bloque guía del primer efector terminal 12 y un segundo par de tubos guía 22 instalados dentro de un bloque guía del segundo efector terminal 14. Los tubos guía 20, 22 pueden incluir tubos huecos que se extienden a través de los efectores terminales 12, 14. En algunos aspectos no limitativos, los tubos guía pueden incluir componentes adicionales, tales como conductos y/o racores flexibles para garantizar un acoplamiento y un posicionamiento adecuados de un instrumento insertado. En consecuencia, los tubos guía 20, 22 de la Figura 1 pueden configurarse para alojar y guiar sondas insertadas externamente, o cualquier otro instrumento adecuado para la aplicación prevista, para garantizar la colocación adecuada para la inspección y/o el servicio del intercambiador de calor. Sin embargo, en otros aspectos no limitativos, cualquier instrumento adecuado para la aplicación prevista puede acoplarse mecánicamente a los efectores terminales 12, 14. En tales aspectos, la conexión mecánica puede ser modular de manera que una multitud de instrumentos intercambiables puedan acoplarse mecánicamente al manipulador 10, según las preferencias del usuario. En otros aspectos no limitativos, los tubos guía 20, 22 del manipulador 10 pueden incluir actuadores configurados para extender y/o retraer instrumentos sin influencia externa.

El manipulador 10 y, más específicamente, los tubos guía 20, 22 de la Figura 1 están configurados para alojar sondas configuradas para realizar pruebas no destructivas de una placa tubular de un intercambiador de calor, tales como los ensayos de corrientes inducidas. En consecuencia, el manipulador 10 puede inspeccionar un intercambiador de calor articulándolo en una posición deseada de manera que las sondas puedan insertarse en los tubos guía 20, 22. Las sondas pueden entonces inducir un campo electromagnético, que puede usarse para detectar y caracterizar defectos superficiales y subsuperficiales presentes en todo el material conductor de la placa tubular y, más generalmente, en el propio intercambiador de calor. Por lo tanto, el manipulador 10 de la Figura 1 se puede utilizar para mejorar el cumplimiento de las normativas para las centrales de generación de energía eléctrica nuclear, que requieren frecuentes ensayos de corrientes inducidas. Sin embargo, los ensayos de corrientes inducidas son solo un ejemplo de las pruebas contempladas en la presente descripción. En otros aspectos no limitativos, los tubos guía 20, 22 pueden alojar instrumentos configurados para cualquier medio de prueba, inspección y/o servicio.

Por ejemplo, en algunos aspectos no limitativos, el manipulador 10 puede incluir una herramienta de taponamiento, una soldadora, una sierra y/o cualquier otro instrumento configurado para interactuar con o dar servicio al intercambiador de calor en uno o más de los efectores terminales 12, 14. En algunos aspectos no limitativos, las herramientas se pueden operar de forma remota. En otros aspectos no limitativos, el manipulador 10 puede incluir cualquier combinación de instrumentos. Por ejemplo, el primer par de tubos guía 20 puede configurarse para alojar un par de tubos guía 20 configurados para inspeccionar la placa tubular, y el segundo par de tubos guía 22 puede configurarse para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor. Adicional y/o alternativamente, los tubos guía 20, 22 del manipulador 10 pueden ser modulares y capaces de alojar cualquier número de instrumentos intercambiables. Las configuraciones variables contempladas en la presente descripción mejoran aún más la productividad del manipulador 10 y reducen la necesidad de manipuladores 10 independientes para realizar diferentes tareas en la misma placa tubular.

Debido a que el manipulador 10 puede incluir tubos guía 20, 22 en cada uno de sus efectores terminales 12, 14, el manipulador 10 de la Figura 1 puede, de manera más eficiente, dar servicio al intercambiador de calor. Esto reduce aún más el número de movimientos requeridos por los manipuladores conocidos, mejorando así la productividad del manipulador 10. En el aspecto no limitativo de la Figura 1, el manipulador 10 puede configurarse para posicionar los tubos guía 20, 22 y/u otros instrumentos con respecto a la placa tubular, una vez que el manipulador 10 se haya

posicionado y asegurado correctamente. Por ejemplo, en el aspecto no limitativo de la Figura 1, un usuario puede insertar una sonda externa en los tubos guía 20, 22, que están configurados para acoplarse y guiar la sonda a una posición adecuada en la placa tubular para inspeccionar el intercambiador de calor. Sin embargo, en otros aspectos no limitativos, los tubos guía 20, 22 pueden incluir actuadores para facilitar la extensión y la retracción de un instrumento con respecto al intercambiador de calor. En otros aspectos no limitativos, los instrumentos pueden acoplarse mecánicamente a los efectores terminales 12, 14, y el propio manipulador 10 puede configurarse para acercarse y alejarse del intercambiador de calor. En cualquier caso, el manipulador 10 puede configurarse adecuadamente para orientar de manera adecuada una amplia variedad de instrumentos con respecto al intercambiador de calor para la inspección y/o servicio requeridos.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, se ilustra una vista en planta del manipulador articulado 10 de la Figura 1 visto desde la placa tubular de un intercambiador de calor. En particular, los ejes A1, A2, A3 del conjunto 24 de articulación resaltan el rango completo de movimientos ofrecido al manipulador 10. Se apreciará que el manipulador puede posicionar el primer efector terminal 12 y el segundo efector terminal 14 en una amplia gama de posiciones entre sí. Por lo tanto, si el segundo efector terminal 14 se fija a la placa tubular, el primer efector terminal 12 puede dar servicio a los tubos dentro de un radio configurado específicamente definido por una longitud L1 del primer enlace 26 de articulación y una longitud L2 del segundo enlace 28 de articulación. Por lo tanto, el conjunto 24 de articulación puede configurarse para reducir el número de maniobras que el manipulador 10 debe realizar con el fin de dar servicio a toda la placa tubular. De manera adicional y/o alternativa, la geometría del primer efector terminal 12 y del segundo efector terminal 14, se puede configurar adicionalmente para promover la eficiencia, dependiendo de la aplicación prevista y/o la preferencia del usuario.

En otra referencia a la Figura 2, se ilustra el eje lateral L. Según el aspecto no limitativo de las Figuras 1 y 2, las pinzas 30 pueden configurarse para un movimiento lateral a lo largo del eje L con el fin de aplicar la presión requerida a una pared interior de un tubo de la placa tubular para fijar el manipulador 10 en su lugar. Sin embargo, en otros aspectos no limitativos, las pinzas pueden configurarse para moverse en cualquier dirección particular. En otros aspectos no limitativos adicionales, las pinzas 30 pueden fijar de diversas maneras el manipulador 10 a la placa tubular, incluidas, pero sin limitarse a, la fijación magnética, de succión y/u otras formas de fijación mecánica, incluidas las combinaciones de las mismas. Por lo tanto, las pinzas 30 pueden configurarse para moverse según sea necesario para fijar adecuadamente el manipulador 10 a la placa tubular, dependiendo de los medios de fijación mecánica.

Haciendo referencia ahora a la Figura 3, se representa una vista en alzado del manipulador articulado 10 de las Figuras 1 y 2 según al menos un aspecto no limitativo de la presente descripción. En la vista en alzado de la Figura 3, una de las pinzas 30 del segundo efector terminal 14 se representa extendida por un actuador 18 del par de actuadores, presumiblemente agarrando un orificio de la placa tubular. Específicamente, la orientación geométrica del primer efector terminal 12 con respecto al primer enlace 26, el primer enlace 26 con respecto al segundo enlace 28, y el segundo enlace 28 con respecto al segundo efector terminal 14, se pueden configurar intencionalmente según el uso previsto del manipulador 10 y/o las preferencias del usuario. Por ejemplo, según el aspecto no limitativo de la Figura 3, el primer efector terminal 14 puede configurarse como un soporte multiplanar, que incluye una primera superficie 38 y una segunda superficie 40 conectadas ortogonalmente a la primera superficie 38 mediante un componente central 42. El primer par de actuadores 16 se puede montar en la cara inferior de la primera superficie 38, que se puede configurar adicionalmente para incluir un bloque en el que se puedan instalar los tubos guía 20 y/u otros instrumentos. La segunda superficie 40 está conectada de manera pivotante al primer enlace 26 del conjunto 24 de articulación a través de un primer conjunto 32 de motor. El primer enlace 26 se puede conectar de manera pivotante al segundo enlace 28 a través de un segundo conjunto 34 de motor.

Con referencia adicional a la Figura 3, el segundo efector terminal 14 se puede conectar de manera pivotante al segundo enlace 28 a través de un tercer conjunto 36 de motor. Según el aspecto no limitativo de la Figura 3, el segundo efector terminal 14 puede incluir además una primera superficie 44. De manera similar al primer efector terminal 12, el segundo par de actuadores 18 puede montarse en la cara inferior de la primera superficie 44, que puede configurarse adicionalmente para incluir un tubo guía 22 en el que se pueden instalar sondas y/u otros instrumentos. En consecuencia, la primera superficie 38 del primer efector terminal 14 y la primera superficie 44 del segundo efector terminal 14 pueden configurarse para existir en el mismo plano P2, que es paralelo tanto al plano P1, en el que el manipulador 10 está configurado para moverse, como a una cara plana de la placa tubular. En consecuencia, el manipulador 10 de la Figura 3 está diseñado específicamente de manera que el punto de partida de las pinzas 30 y/o los tubos guía 20, 22 sea uniforme tanto para el primer efector terminal 12 como para el segundo efector terminal 14. Esto puede simplificar la dinámica de las maniobras que el manipulador 10 debe realizar para dar un servicio eficiente al intercambiador de calor, lo que puede reducir aún más el tiempo y los recursos de procesamiento. Además, la configuración geométrica representada en la Figura 3 puede ayudar al manipulador 10 a navegar varios defectos de fabricación de la placa tubular, tales como rebabas, rebordes y superficies irregulares, sin intervención humana.

Según otros aspectos no limitativos de la presente descripción, el primer efector terminal 12, el segundo efector terminal 14, el primer enlace 26 y el segundo enlace 28, pueden incluir cualquier número de orientaciones geométricas, de modo que los tubos guía 20, 22 y/o las pinzas 30 estén configurados para adaptarse a la aplicación prevista y/o las preferencias del usuario. Por ejemplo, en algunos aspectos no limitativos, el segundo efector terminal 14 también incluye un soporte multiplanar, y las pinzas 30 del primer efector terminal 12 se pueden posicionar en un plano diferente

al de las pinzas 30 del segundo efector terminal 12. Por lo tanto, el manipulador 10 puede adaptarse a placas tubulares de diferentes configuraciones, incluidas placas tubulares coplanares con secciones discretas, y puede navegar sin dificultad por las discontinuidades que se produzcan entre las secciones, sin intervención humana. En otros aspectos no limitativos, el manipulador 10 puede configurarse de forma modular para adaptarse a efectores terminales de numerosas configuraciones geométricas, de modo que el mismo manipulador 10 puede modificarse e implementarse en una amplia variedad de placas tubulares y aplicaciones.

El conjunto 24 de articulación puede configurarse con una variedad de mecanismos para mejorar la precisión con la que se mueve el manipulador 10. Por ejemplo, el manipulador 10 de la Figura 3 incluye un primer motor 32 alineado con el primer eje A1, un segundo motor 34 alineado con el segundo eje A2, y un tercer motor 36 alineado con el tercer eje A3. El primer motor 32, el segundo motor 34 y el tercer motor 36 del conjunto 24 de articulación pueden seleccionarse y configurarse específicamente para mejorar la maniobrabilidad del manipulador 10. Por ejemplo, el primer motor 32, el segundo motor 34 y el tercer motor 36 pueden ser motores paso a paso, servomotores con engranajes, motores piezoeléctricos o cualquier combinación de los mismos. Por supuesto, la presente descripción contempla otros aspectos no limitativos en donde el conjunto 24 de articulación incluye cualquier número de actuadores giratorios controlables adaptados a su aplicación prevista.

Además, el manipulador 10 puede incluir un procesador configurado para comunicarse con un circuito de control. El procesador puede configurarse para ejecutar instrucciones almacenadas en una memoria acoplada al manipulador 10 o ubicada de forma remota. En otros aspectos no limitativos, el manipulador 10 puede incluir un receptor y/o un transmisor configurados para comunicarse con una fuente remota de instrucciones. En consecuencia, el procesador puede ordenar al conjunto 24 de articulación del manipulador 10 que realice una serie de maniobras en base a las instrucciones almacenadas en la memoria. Alternativa y/o adicionalmente, el procesador puede ordenar al conjunto 24 de articulación del manipulador 10 que realice una serie de maniobras en base a las instrucciones que recibe de un usuario en tiempo real en una ubicación remota. Por lo tanto, un usuario puede o bien desplegar el manipulador 10 para la inspección y/o el servicio autónomos de la placa tubular, o bien ordenar remotamente al manipulador 10 que inspeccione y/o de servicio al intercambiador de calor. En otros aspectos no limitativos, el manipulador puede configurarse para realizar de forma autónoma una serie de maniobras y un usuario puede anular el control autónomo según sea necesario. En cualquier caso, el manipulador 10 puede configurarse específicamente para minimizar el riesgo de exposición humana a la radiación.

Haciendo referencia ahora a las Figuras 4 y 5, el conjunto 24 de articulación se ilustra adicionalmente con más detalle. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra una vista seccionada del manipulador 10 tomada a lo largo de la línea 4-4 de la Figura 2. La Figura 5 ilustra una vista seccionada del manipulador 10 tomada a lo largo de la línea 5-5 de la Figura 2. El primer motor 32, el segundo motor 34 o el tercer motor 36 del conjunto 24 de articulación pueden incluir cualquier número de mecanismos para garantizar el correcto enrutamiento de los cables y evitar que se enreden mientras el manipulador 10 maniobra alrededor de la placa tubular. Por ejemplo, en algunos aspectos no limitativos, se puede colocar un conjunto de anillos deslizantes alrededor del primer eje A1, el segundo eje A2 o el tercer eje A3 del manipulador 10 para adaptarse a las necesidades de la aplicación prevista y mejorar aún más la maniobrabilidad del manipulador.

En referencia adicional a las Figuras 4 y 5, el manipulador 10 puede incluir además conjuntos de engranajes para gestionar la rotación del primer efector terminal 12, el segundo efector terminal 14, el primer enlace 26 de articulación y el segundo enlace 28 de articulación, uno con respecto al otro. Por ejemplo, se pueden instalar varios engranajes alrededor del primer eje A1, el segundo eje A2 y/o el tercer eje A3 para aumentar o disminuir la velocidad de rotación, invertir la dirección de rotación y transmitir el movimiento de rotación a un eje preferido. Adicional y/o alternativamente, el manipulador 10 puede incluir una transmisión. En consecuencia, el manipulador 10 puede configurarse específicamente para gestionar el par aplicado al primer efector terminal 12, al segundo efector terminal 14, al primer enlace 26 de articulación y/o al segundo enlace 28 de articulación, según su aplicación prevista o la preferencia del usuario.

Haciendo referencia ahora a la Figura 6, según al menos un aspecto de la presente descripción, se representa una vista en alzado de un conjunto 100 de pinza para fijar el manipulador articulado 10 de la Figura 1 a una placa tubular del intercambiador de calor de las plantas de generación de energía eléctrica nuclear. La Figura 7 ilustra una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Figura 6, según al menos un aspecto no limitativo de la presente descripción. Específicamente, el conjunto 100 de pinza incluye una configuración Camlock. En el aspecto no limitativo de la Figura 6, los pasadores 15 de separación se colocan en contacto con la placa tubular utilizando el bloque 4 de cilindro. El aire comprimido puede liberarse de la cámara 52 (Figura 7) a través de un racor, lo que permite que los resortes 53 eleven un cilindro 54 y coloquen los dedos 55 de la pinza (Figura 7) dentro de un tubo generador de vapor. El pasador guía 60 mantiene la alineación del cilindro 54 con la pinza. Para verificar la inserción se puede usar un interruptor 69 de límite, que se acciona mediante el pasador guía 60.

En referencia adicional a las Figuras 6 y 7, el pasador guía 60 está protegido dentro de la carcasa 72. El interruptor de límite tiene tres funciones: (1) Asegurarse de que la pinza esté en la posición completamente elevada antes de activar los dedos 55 de la pinza para presionarla contra los correspondientes tubos del intercambiador de calor; (2) Detectar si el Camlock no agarra completamente el correspondiente tubo del intercambiador de calor (el interruptor de

límite indicará que la pinza no está completamente elevada cuando se tira de la pinza hacia abajo después de que los dedos de la pinza se hayan extendido radialmente, para asentar completamente los pasadores 15 de separación del robot contra la placa tubular 65); y (3) Detectar si falta un tubo, p. ej., al final de una fila o columna, o si un tubo está obstruido, porque la pinza no se inserta por completo. Esta última funcionalidad se puede usar para verificar la posición del robot a medida que se mueve a través de la placa tubular, y es una funcionalidad importante de esta invención. Con los dedos 55 de la pinza insertados en el tubo, el pistón 56 del actuador se fuerza hacia arriba con el aire comprimido suministrado a través del racor 57. A medida que el pistón del actuador se desplaza hacia arriba, las bolas 58 ruedan sobre las pistas 59 de rodadura cónicas, lo que hace que los dedos de la pinza entren en firme contacto con el tubo. Las bolas se utilizan para reducir la fricción entre los dedos de la pinza y el pistón del actuador, permitiendo obtener una elevada fuerza de contacto, p. ej., de aproximadamente 4 450 N (1000 libras), con un diámetro de pistón neumático relativamente pequeño. La baja fricción de rodadura de las bolas elimina la propiedad de autobloqueo de los perfiles cónicos de ángulo pequeño. La siguiente secuencia operativa de la pinza es presurizar la cámara 52, que intenta retirar del tubo a los dedos de la pinza. Dado que los dedos de la pinza están fijados al tubo, toda la pinza se desvía hacia arriba, obligando a los pasadores 15 a entrar en estrecho contacto con la placa tubular. Con las clavijas firmemente contra la placa tubular, el manipulador se ve obligado a permanecer paralelo y muy cerca de la placa tubular.

Haciendo referencia todavía a las Figuras 6 y 7, la retirada de la pinza del tubo se puede realizar de la siguiente manera. El aire comprimido es expulsado de la cámara 52, lo que alivia la fuerza sobre los dedos 55 de la pinza. El pasador del actuador se hace descender introduciendo aire comprimido en el racor 62 mientras se libera aire a través del racor 57. El cono delantero 63 asegura que las bolas vuelvan a su posición original y que los dedos 55 de la pinza se capturen. A continuación, el cilindro 54 del actuador se hace descender presurizando la cámara 52.

La Figura 8 ilustra una vista seccionada tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Figura 6, según otro aspecto no limitativo de la presente descripción. Los caracteres de referencia similares se refieren a los elementos correspondientes descritos anteriormente con respecto a la Figura 7. La diferencia en el aspecto de la Figura 8 con respecto al de la Figura 7, es que se ha añadido un resorte 67 alrededor de la parte superior del pistón 56 del actuador para desviar los dedos 55 contra el correspondiente tubo intercambiador de calor cuando los dedos se inserten dentro del tubo para evitar una liberación involuntaria. Además, los cojinetes 58 de bolas se retienen dentro de un manguito, pero se desplazan, como se indicó anteriormente, a lo largo de la pista de rodadura cuando se acciona el pistón 56 para forzar los dedos 55 radialmente hacia afuera.

La Figura 9 es una vista ampliada de la zona del dedo de agarre de la pinza ilustrada en la Figura 8. Se puede apreciar que los cojinetes 58 están retenidos dentro de un manguito 68, cada uno soportado dentro de su propia cavidad y libres de rodar a medida que el pistón del actuador se desplace hacia arriba para forzar los dedos 55 radialmente hacia afuera. Para retraer los dedos 55 de la pinza se introduce aire a través del racor 62 para forzar el pistón en la dirección opuesta y los dedos 55 se fuerzan hacia adentro, lo que a su vez fuerza los cojinetes 58 de bolas de dentro del manguito 68 hacia abajo hasta que se asienten en su menor extensión de desplazamiento, y los dedos 55 los capture el cono delantero 63. Las bolas 58 de cojinetes serán forzadas a la posición más baja cuando el cono delantero 63 se retraiga. Esto asegura que los dedos 55 de la pinza se plieguen por completo cuando el pistón 56 del actuador y la guía 70 se retraigan. La guía 70, el actuador 56 y los dedos 55 de la pinza se mantienen fijos de forma giratoria, con el pequeño pasador horizontal 71 en el centro del Camlock para garantizar que las bolas 58 queden retenidas en las pistas de rodadura y no se muevan hacia las ranuras abiertas entre los dedos 55 de la pinza. En total, hay 24 bolas espaciadas circunferencialmente en seis filas que se extienden axialmente colocadas de manera sustancialmente equidistante y circunferencial alrededor del pistón 56 del actuador. Sin embargo, en otros aspectos no limitativos, el número específico y la configuración de filas y/o bolas pueden variar, dependiendo de la aplicación prevista.

Vale la pena señalar que las configuraciones de pinza representadas en las Figuras 6 a 9 se presentan exclusivamente con fines ilustrativos para permitir la presente descripción. Se apreciará que el manipulador 10 descrito en la presente memoria puede incluir cualquier número de mecanismos para fijarlo a una placa tubular. En consecuencia, el término “pinza”, tal como se usa en la presente descripción, se interpretará de manera amplia y no excluirá ningún mecanismo capaz de fijar un efector terminal 12, 14 del manipulador 10 a una placa tubular.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema configurado para dar servicio a un intercambiador de calor, en donde el intercambiador de calor comprende una pluralidad de tubos que se extienden a través de una placa tubular, comprendiendo el sistema:

un manipulador (10) que comprende:
un primer efector terminal (12) que comprende un primer actuador (16) acoplado a una primera pinza (30) y configurado para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor, en donde el primer actuador (16) está configurado para extender la primera pinza (30) hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y en donde la primera pinza (30) está configurada para fijar el manipulador (10) a la placa tubular;
un segundo efector terminal (14) que comprende un segundo actuador (18) acoplado a una segunda pinza (30), en donde el segundo actuador (18) está configurado para extenderse hacia un tubo de la pluralidad de tubos, y en donde la segunda pinza (30) está configurada para fijar el manipulador (10) a la placa tubular; y
un conjunto (24) de articulación que comprende un primer enlace (26), un segundo enlace (28) y tres motores (32; 34; 36); y
un circuito de control acoplado al primer efector terminal (12), al segundo efector terminal (14) y al conjunto (24) de articulación, en donde el circuito de control está configurado para hacer que los motores (32; 34; 36) muevan el primer efector terminal (12) con respecto al segundo efector terminal (14) en un plano (P1) que es paralelo a la placa tubular, en base a una instrucción;
caracterizado por que
el primer enlace (26) está conectado de manera pivotante al primer efector terminal (12) y es giratorio alrededor de un primer eje (A1), el primer enlace (26) está conectado de manera pivotante al segundo enlace (28) y es giratorio alrededor de un segundo eje (A2), y el segundo enlace (28) está conectado de manera pivotante al segundo efector terminal (14) y es giratorio alrededor de un tercer eje (A3).
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el segundo efector terminal (14) está configurado para alojar un instrumento configurado para dar servicio al intercambiador de calor, y en donde, cuando la primera pinza (30) fija el manipulador (10) a la placa tubular, el circuito de mando se configura adicionalmente para ordenar a los motores que muevan el segundo efector terminal (14) con respecto al primer efector terminal (12) en un plano que es paralelo a la placa tubular, en base a la instrucción.
3. El sistema de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además un instrumento configurado para inducir un campo electromagnético y detectar variaciones en el campo magnético inducido, y caracterizar una superficie y/o una subsuperficie del intercambiador de calor en base a una variación detectada en el campo magnético inducido.
4. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema informático, en donde el circuito de control se configura adicionalmente para recibir la instrucción del sistema informático.
5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una memoria configurada para almacenar la instrucción, en donde el circuito de control se configura adicionalmente para recuperar la instrucción de la memoria.

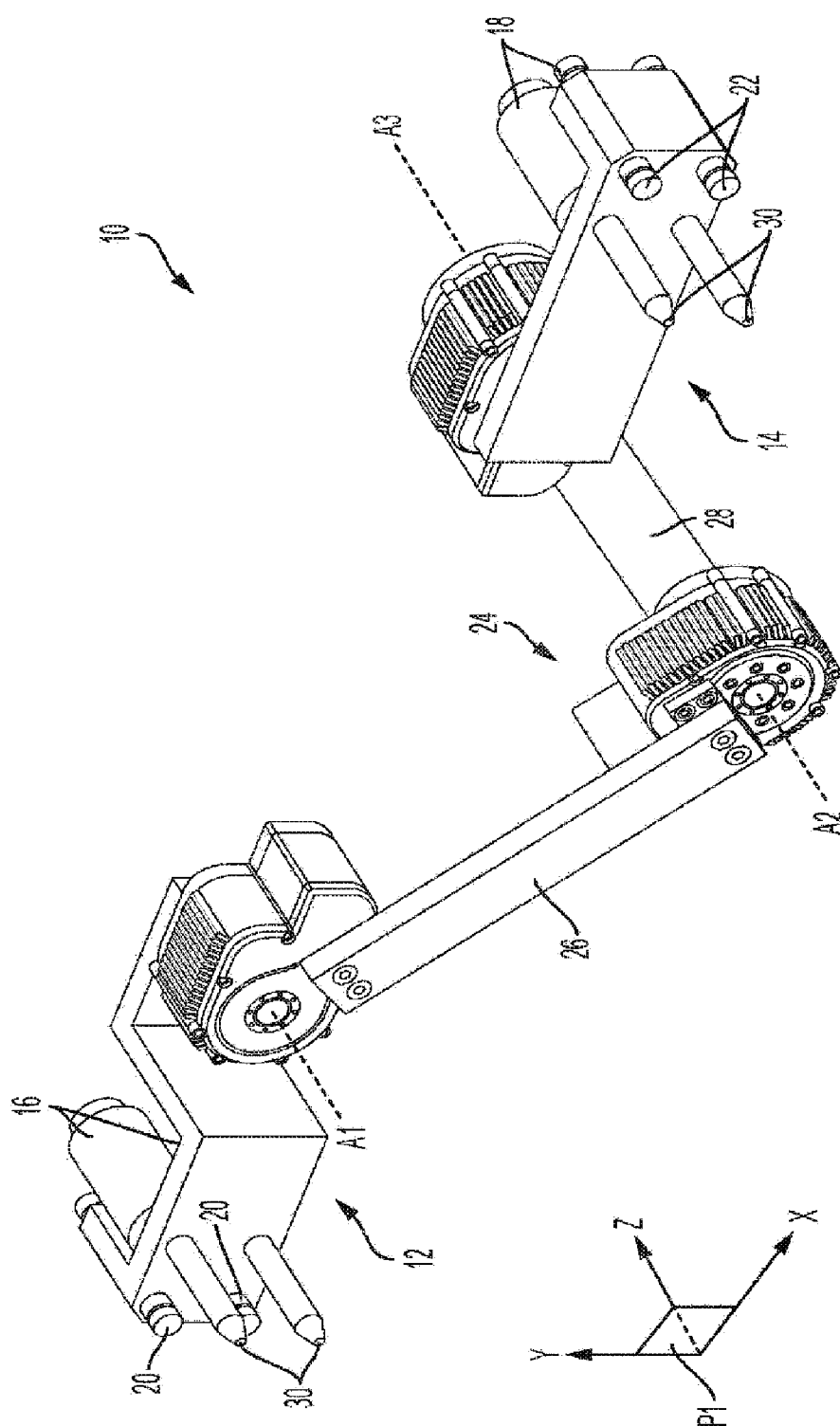


Figura 1

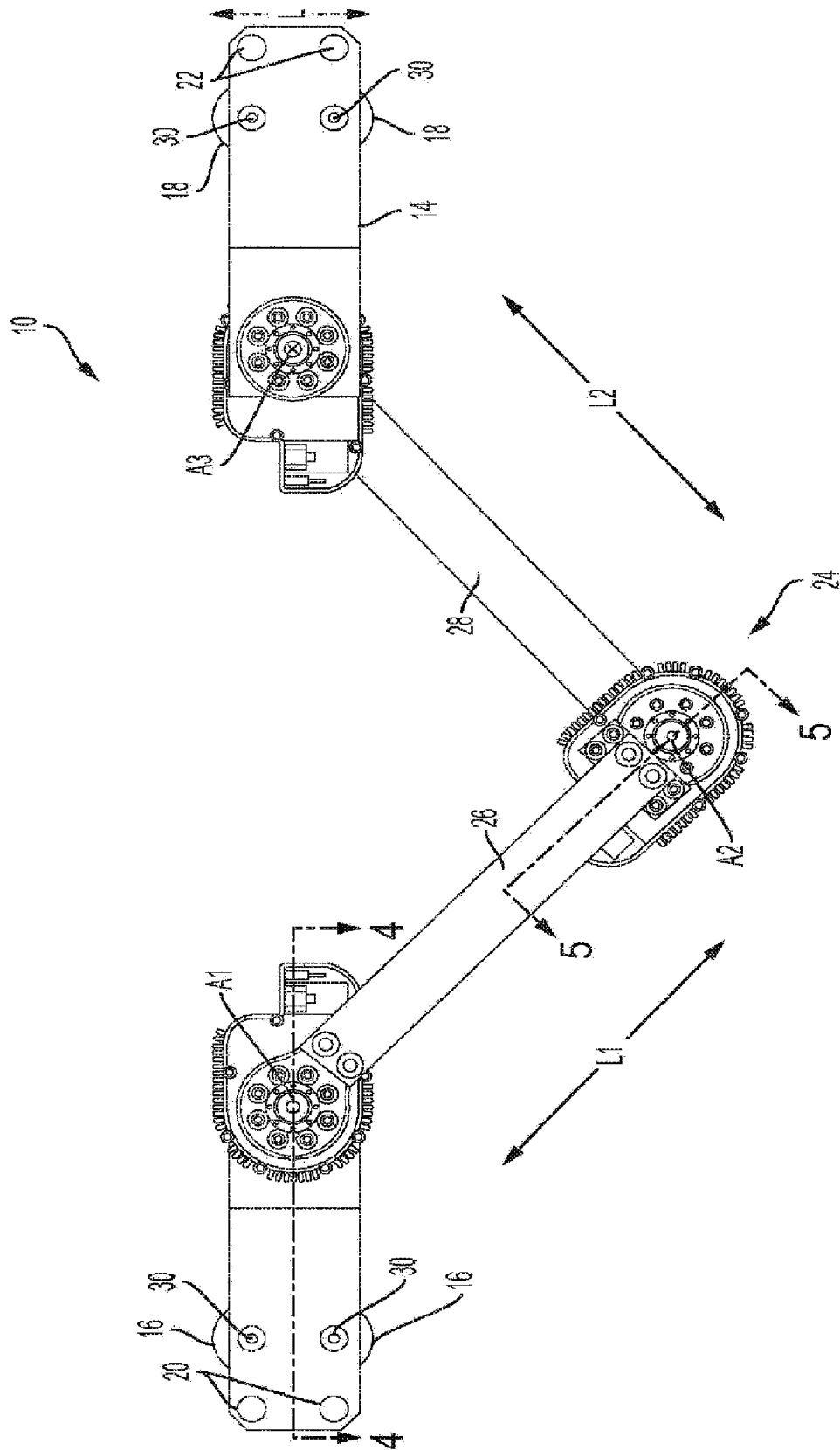


Figura 2

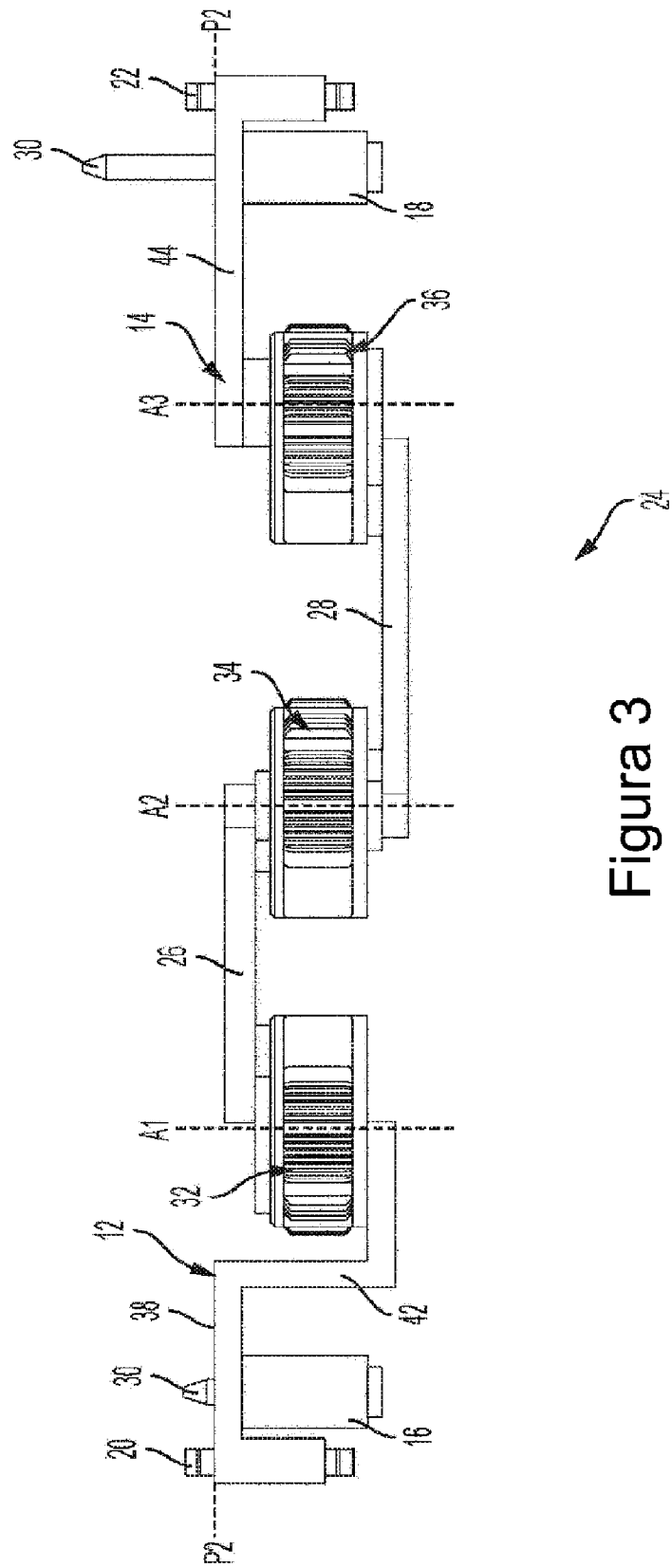


Figura 3

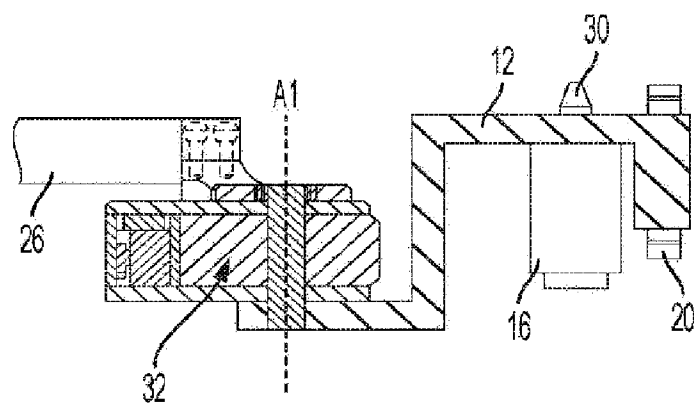


Figura 4

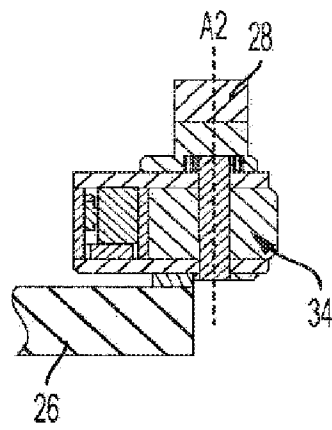


Figura 5

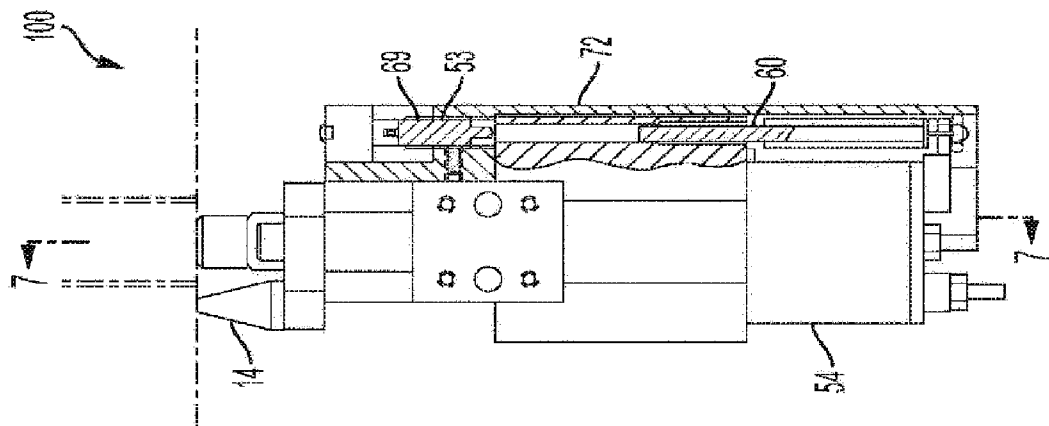


Figura 6
Técnica anterior

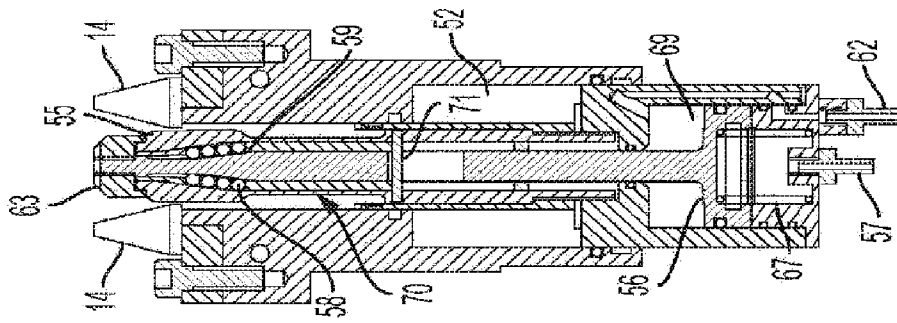


Figura 7
Técnica anterior

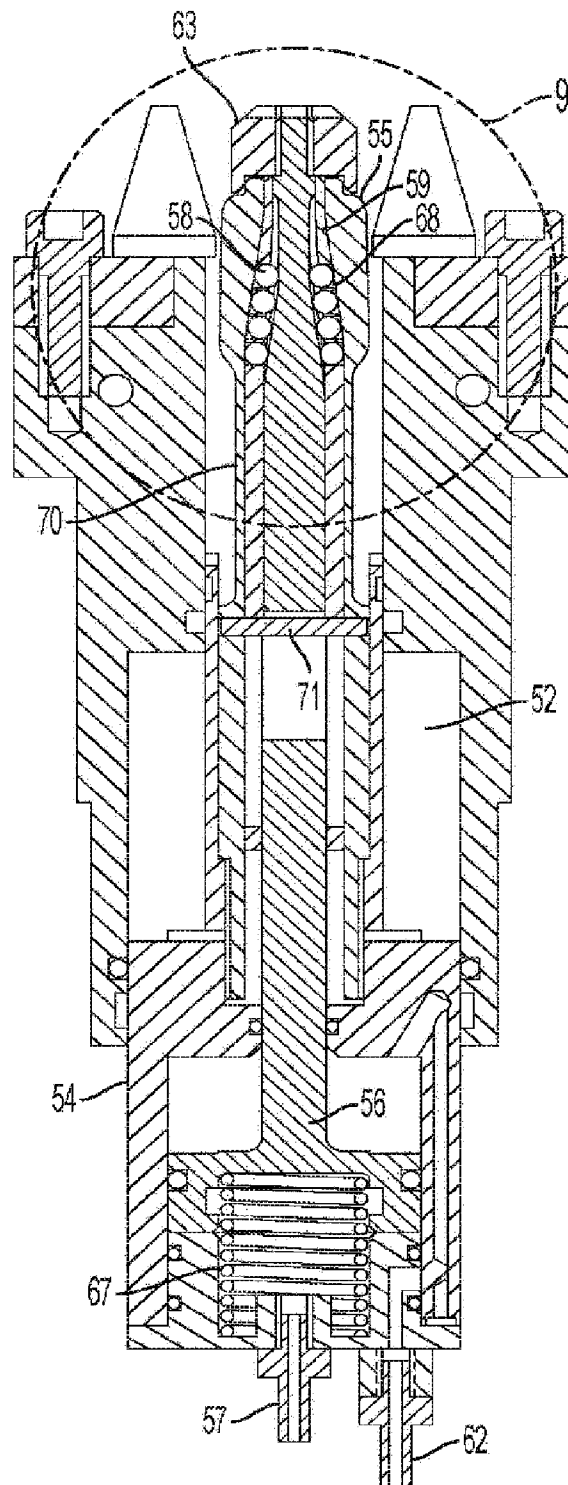


Figura 8

Técnica anterior

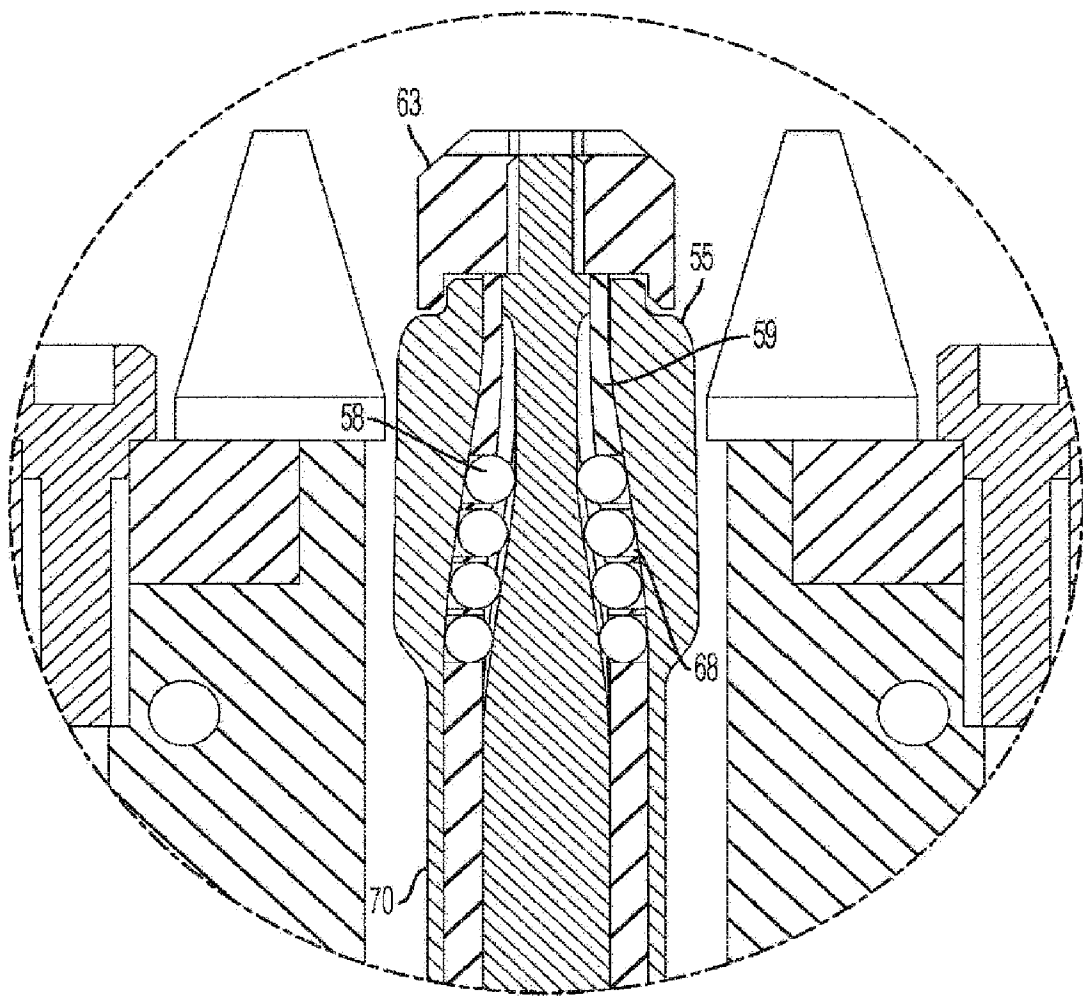


Figura 9
Técnica anterior