

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 198**

51 Int. Cl.:

G21C 17/003 (2006.01)

G21C 17/013 (2006.01)

G21C 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2011 E 11190924 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2461330**

54 Título: **Sistemas y procedimientos de inspección de soldadura de la envoltura del núcleo**

30 Prioridad:

02.12.2010 US 958489

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

21.07.2016

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(100.0%)
3901 Castle Hayne Road
Wilmington, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

VIGLIANO, VINCENT CARL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 578 198 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

Sistemas y procedimientos de inspección de soldadura de la envoltura del núcleo

Campo técnico

5 El campo técnico es, en general, sistemas y procedimientos de inspección de estructuras sumergidas y, más específicamente, sistemas y procedimientos de inspección de las soldaduras de una envoltura del núcleo de un reactor de agua en ebullición.

Antecedentes

10 Los reactores de agua en ebullición (BWR) deben inspeccionarse con fines de seguridad y mantenimiento. En particular, deben inspeccionarse las soldaduras de la envoltura del núcleo del BWR con el fin de identificar el agrietamiento por corrosión intergranular bajo tensión (IGSCC). Las inspecciones se realizan habitualmente durante las paradas de una unidad de reactor, utilizando procedimientos de inspección visual y sondas ultrasónicas. Las sondas ultrasónicas miden la longitud y la profundidad de las grietas en las soldaduras.

15 La mayoría de los BWR incluyen diversas estructuras, tales como bombas de chorro, que hacen que sea difícil acceder a ciertos lugares de soldadura en la envoltura del núcleo con los dispositivos de inspección actualmente disponibles. Además, todos los BWR son únicos por lo que es difícil inspeccionar con una sola herramienta toda la flota de BWR. Las envolturas de núcleo de BWR contienen barriles de diferentes diámetros, que disminuyen a medida que aumenta la profundidad. Las pestañas resultantes y la variación en los diámetros hacen de la accesibilidad un reto.

20 En general, las herramientas de inspección se diseñan rigurosamente para reducir al mínimo la posibilidad de que caigan desechos al reactor o se pierdan en el mismo. La mayoría de las herramientas de inspección se diseñan a medida para maximizar la accesibilidad, al tiempo que evitan la pérdida de material y minimizan las averías. Las averías de las herramientas pueden ser costosas, en términos de un aumento del tiempo de inspección del BWR.

25 Los vehículos telemaniobrables (ROV) son generalmente demasiado grandes para su uso en la inspección de la envoltura del núcleo, sobre todo debido al hecho de que deben ser sumergibles a 30,48 m. Habitualmente se utilizan ventiladores de empuje en un ROV, para sujetarlo contra la envoltura del núcleo. Los ventiladores de empuje necesarios para producir la fuerza de empuje requerida, aumentan el tamaño del ROV, lo que limita su accesibilidad. Los ventiladores de empuje también aumentan el número de piezas en movimiento, con el riesgo tanto de fallos como de posibles pérdidas de piezas en el reactor.

Sumario

30 La invención reside en un sistema de inspección para inspeccionar una envoltura del núcleo, de acuerdo con la reivindicación 1. El sistema de inspección incluye un vehículo telemaniobrible que está configurado para adaptarse a la superficie de la envoltura del núcleo, para reducir al mínimo la altura del vehículo telemaniobrible, medida desde la superficie de la envoltura del núcleo. El perfil del vehículo telemaniobrible es curvo, con el fin de adaptarse a la superficie de la envoltura del núcleo e incluye una parte central conectada a un ala mediante una articulación cargada por muelle. El vehículo telemaniobrible incluye una sonda ultrasónica y un sistema de posicionamiento de la sonda, que está configurado para trasladar y girar la sonda ultrasónica, un conjunto de ruedas horizontales que están configuradas para mover el vehículo telemaniobrible alrededor de la circunferencia de la envoltura del núcleo, y un conjunto de ruedas verticales que están configuradas para mover el vehículo telemaniobrible a lo largo del eje de la envoltura del núcleo. El sistema de inspección puede incluir un asa que esté configurada para guiar un brazo de instalación a una porción media plana del asa. Adicionalmente, el sistema de inspección de acuerdo con la invención incluye un sistema de vacío configurado para adherir el vehículo telemaniobrible a la superficie de la envoltura del núcleo, incluyendo el sistema de vacío una válvula venturi que está configurada para extraer el agua desde un vacío en el vehículo telemaniobrible, y una bomba configurada para suministrar agua a presión a la válvula venturi.

45 **Descripción de los dibujos**

A continuación se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50 La FIG. 1 es una vista en perspectiva parcial de un reactor de agua en ebullición (BWR) y de un sistema de inspección, que incluye un vehículo telemaniobrible (ROV) en el exterior de una envoltura del núcleo del BWR, de acuerdo con una realización ejemplar.

La FIG. 2 es una vista en planta del ROV de la FIG. 1.

La FIG. 3 es una vista en alzado extremo del ROV de la FIG. 2.

La FIG. 4 es una vista parcial en perspectiva de un sistema de vacío del ROV de la FIG. 2.

Las FIGS. 5 y 6 son vistas parciales esquemáticas en alzado extremo de un sistema de navegación del ROV de la FIG. 2.

La FIG. 7 es una vista en perspectiva parcial de un sistema de exploración de soldadura del ROV de la FIG. 2.

La FIG. 8 es una vista en perspectiva en sección transversal parcial del sistema de vacío de la FIG. 4.

5 **Descripción detallada**

Tal como se requiere, en el presente documento se desvelan realizaciones detalladas. Debe comprenderse que las realizaciones desveladas son meramente ejemplares de formas diversas y alternativas, y combinaciones de las mismas, y que pueden realizarse en las mismas. Tal como se usa en el presente documento, la palabra "ejemplar" se utiliza expansivamente para referirse a realizaciones que sirven a modo de ilustraciones, muestras, modelos o patrones. Las figuras no están necesariamente a escala, y algunas características pueden haber sido exageradas o minimizadas para mostrar detalles de componentes particulares. En otros casos, los componentes, sistemas, materiales o procedimientos que son conocidos por los expertos en la técnica no se han descrito en detalle, con el fin de evitar complicar la presente divulgación. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos desvelados en el presente documento no han de interpretarse como limitativos, sino meramente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para la enseñanza a los expertos en la técnica.

En el presente documento, las realizaciones ejemplares se describen en el contexto de una envoltura del núcleo de un reactor de agua en ebullición (BWR). Sin embargo, será evidente para los expertos en la técnica que las realizaciones ejemplares son aplicables en otros contextos que incluyan otras estructuras sumergidas. Las realizaciones descritas en presente documento están configuradas con respecto a una superficie exterior, o diámetro exterior, de una estructura, a pesar de que las enseñanzas en el presente documento se pueden aplicar a una superficie interior o diámetro interior de una estructura.

Con referencia a la FIG. 1, una vasija a presión de reactor (RPV) 10 de un BWR incluye una envoltura 20 del núcleo. La envoltura 20 del núcleo es un cilindro escalonado de múltiples diámetros situado dentro de la RPV 10, que rodea un núcleo 22 de reactor. Descrito en general, la envoltura 20 del núcleo guía hacia arriba el flujo de refrigerante a través del núcleo 22 de reactor, y proporciona soporte para una guía superior, un secador de vapor, y un conjunto de rociado del núcleo. La RPV 10 incluye en un espacio anular diversas estructuras 24 de envoltura del núcleo, tales como bombas de chorro. La envoltura 20 del núcleo puede estar fabricada, por ejemplo, con acero inoxidable con soldaduras verticales y horizontales.

Con referencia a las FIGS. 1-3, un sistema 100 de inspección incluye un vehículo telemaniobráble (ROV) 110 y una unidad 112 de control que controla el ROV 110. El ROV 110 está configurado para ajustarse al perfil de la superficie exterior de la envoltura 20 del núcleo, para sujetarse a la superficie exterior de la envoltura 20 del núcleo, para navegar a lo largo de la superficie exterior de la envoltura 20 del núcleo, y para inspeccionar soldaduras de la envoltura 20 del núcleo. Para hacer esto, el ROV 110 incluye un sistema de vacío, un sistema de navegación y un sistema de inspección, descritos en más detalle a continuación. La unidad 112 de control está configurada para controlar motores, bombas, y pistones, y para recibir retroalimentación de los motores y otros sensores para posicionar el ROV 110 y las sondas ultrasónicas con respecto a las grietas en las soldaduras u otros lugares. Adicionalmente, la unidad 112 de control está configurada para controlar las sondas ultrasónicas para realizar mediciones, por ejemplo, de la longitud y anchura de las grietas. La conexión entre la unidad 112 de control y cada uno de estos elementos está representada por unos cables 114.

La unidad 112 de control incluye un procesador, y una memoria u otro medio de almacenamiento informático que almacena módulos de software. Los módulos de software incluyen instrucciones ejecutables por ordenador para controlar los sistemas descritos en el presente documento, para llevar a cabo los procedimientos descritos en el presente documento. Aunque los procedimientos descritos en el presente documento pueden describirse, a veces, en un contexto general de instrucciones ejecutables por ordenador, los procedimientos de la presente divulgación también se pueden implementar en combinación con otros módulos de programa y/o como una combinación de hardware y software. El término módulo, o las variantes del mismo, se utiliza expansivamente en el presente documento para incluir rutinas, aplicaciones de programa, programas, componentes, estructuras de datos, algoritmos y similares. Los módulos se pueden implementar en diversas configuraciones de sistema, incluyendo servidores, sistemas de redes, sistemas de un solo procesador o multiprocesador, miniordenadores, ordenadores centrales, ordenadores personales, dispositivos informáticos portátiles, dispositivos móviles, electrónica de consumo programable basada en microprocesadores, combinaciones de los mismos, y similares.

Los medios legibles por ordenador incluyen, por ejemplo, medios volátiles, medios no volátiles, medios extraíbles y no extraíbles. El término medio legible por ordenador, y las variantes del mismo, tal como se utiliza en la memoria y en las reivindicaciones, se refiere a un medio de almacenamiento. En algunas realizaciones, el medio de almacenamiento incluye un medio volátil y/o no volátil, extraíble y/o no extraíble, tal como, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable y borrrable eléctricamente (EEPROM), una memoria de estado sólido u otra tecnología de memoria, CD-ROM, DVD, BLU-RAY, u otro almacenamiento de disco óptico, una cinta magnética, un almacenamiento en disco magnético u

otros dispositivos de almacenamiento magnético.

5 El ROV 110 incluye una parte central 120 y unas alas 122 situadas en lados opuestos de la parte central 120. Con referencia a la FIG. 3, la parte central 120 y las alas 122 tienen un perfil curvado de tal manera que el perfil del ROV 110 se ajuste a la curvatura de la superficie exterior de la envoltura 20 del núcleo. En general, la curvatura de cada una de la parte central 120 y las alas 122 es una función del radio exterior de una envoltura del núcleo.

10 El ROV 110 está configurado para ajustarse a diversas superficies de núcleo de envoltura 20. Por ejemplo, el ROV 110 está configurado para ajustarse tanto a una envoltura del núcleo con un radio de 152,4 cm como a una envoltura del núcleo con un radio de 279,4 cm. Para ajustarse a las envolturas 20 de núcleo de diferentes diámetros, cada una de las alas 122 está unida por una articulación 124 cargada por muelle a la parte central 120. Cuando se instala en la envoltura 20 del núcleo, el ROV 110 está orientado con respecto a la envoltura 20 del núcleo de manera que el eje de cada articulación 124 sea sustancialmente vertical o paralelo a un eje longitudinal de la envuelta 20 de núcleo. Las articulaciones 124 cargadas por muelle desvían las alas 124 hacia la superficie de la envoltura 20 del núcleo. Las articulaciones 124 cargadas por muelle incluyen muelles de torsión. El rango de desplazamiento de las alas 124 se limita a cierto rango a fin de que las alas 124 permanezcan abiertas y el ROV 110 se pueda instalar fácilmente en la envoltura 20 del núcleo. La fuerza de los muelles de torsión se selecciona de manera que no sea demasiado grande, de tal manera que los muelles de torsión no interrumpan la función del sistema de fijación descrita en mayor detalle más adelante. Por ejemplo, la fuerza de los muelles de torsión se selecciona a fin de no forzar sustancialmente la parte central 120 del ROV 110 en sentido opuesto a la envoltura 20 del núcleo. La fuerza de los muelles de torsión también se selecciona para que sea suficiente para sujetar los elementos de un sistema de inspección contra la envoltura 20 del núcleo, como se describe en más detalle a continuación.

20 Dado que el ROV 110 se ajusta a la superficie exterior de la envoltura 20 del núcleo, el ROV 110 está configurado para su posicionamiento cerca de la envoltura 20 del núcleo y para mantener un perfil bajo. Por ejemplo, la altura del perfil se puede medir como una distancia en una dirección radial desde la superficie de la envoltura 20 del núcleo. Con referencia a la FIG. 1, el bajo perfil del ROV 110 es tal que el ROV 110 sea capaz de moverse por diversas estructuras 24 de envoltura del núcleo, tales como bombas de chorro y otras obstrucciones en el anillo. Por ejemplo, el ROV 110 tiene una altura máxima de perfil de 4,32 cm. Con esta altura, el ROV 110 puede maniobrar por detrás de la mayoría de las obstrucciones en el espacio anular. Además, como la envoltura 20 del núcleo tiene un perfil curvado, la forma curvada del ROV 110 mantiene la altura inferior a 4,32 cm incluso en los bordes exteriores de las alas 122.

30 Con referencia a las FIGS. 1, 2, 4 y 8, el ROV 110 incluye elementos de un sistema 130 de vacío que está configurado para adherirse de forma controlable a la superficie de la envoltura 20 del núcleo, o para forzar el ROV 110 hacia la misma. El sistema 130 de vacío crea una baja presión o espacio de vacío en un vacío 126 situado en la parte central 120. El vacío 126 está definido por un anillo 132 de estanqueidad. El anillo 132 de estanqueidad está configurado para sellar contra la superficie de la envoltura 20 del núcleo, para aislar el vacío 126 con respecto al espacio anular de modo que se pueda reducir la presión en el vacío 126, o controlarse de otro modo, para adherir el ROV 110 a la superficie de la envoltura 20 del núcleo. El anillo 132 de estanqueidad está configurado para moverse sobre los obstáculos de la superficie de la envoltura 20 del núcleo. En general, el anillo 132 de estanqueidad tiene un perfil redondeado y está fabricado con un material flexible para permitir que el ROV 110 se desplace sobre las variaciones de la superficie, tales como coronas de soldadura. Anillos 132 de estanqueidad ejemplares incluyen poliuretano, espuma en forma de J, y similares. El anillo 132 de estanqueidad de espuma se describe con más detalle.

45 Con referencia a la FIG. 8, el anillo 132 de estanqueidad incluye un anillo 230 o faldilla de espuma de célula cerrada al que envuelve una cubierta 232 de nylon revestida con neopreno. Unas placas interior y exterior 234, 236 en forma de anillo están atornilladas en la parte central, para sujetar los bordes interior y exterior de la cubierta 232 de nylon en la parte central y para sujetar la cubierta 232 de nylon sobre el anillo 230 de espuma. El anillo 230 de espuma puede comprimirse y expandirse para moverse por encima de obstáculos, manteniendo una junta de vacío. Se ha observado que el anillo de espuma se mueve sobre los obstáculos sin doblarse y sin perder la capacidad de succión, que es un problema con otros diseños determinados de juntas. La cubierta 232 de nylon revestida con neopreno protege el anillo 230 de espuma de tal manera que el anillo 132 de estanqueidad sea resistente y robusto.

50 En ciertas realizaciones se utilizan múltiples anillos 132 de estanqueidad, de tal manera que si un anillo de estanqueidad pierde la capacidad de succión mientras se mueve a través de un impedimento o un obstáculo, el ROV permanezca unido a la superficie.

55 Con referencia a las FIGS. 2 y 4, el sistema 130 de vacío incluye adicionalmente una válvula venturi 134, una bomba 136 de chorro u otro dispositivo de suministro de agua a presión, y una manguera 138 que conecta la bomba 136 a la válvula venturi 134. La unidad 112 de control está configurada para controlar la bomba 136. La bomba 136 extrae agua del espacio anular y suministra agua a la válvula venturi 134. La bomba 136 puede estar localizada, por ejemplo, en la parte superior de la envoltura 20 del núcleo, por encima del nivel de agua en la plataforma de recarga. La bomba 136 está configurado para hacer recircular el agua ya presente en la RPV 10.

La válvula venturi 134 está configurada para desplazar agua desde el vacío 126 como una función de la presión de

agua suministrada por la bomba 136. Un canal 140 conecta el vacío 126 a una trayectoria 142 de flujo. La trayectoria 142 de flujo de la venturi válvula 134 se estrecha y luego se expande en la dirección de flujo, de tal manera que el agua a presión suministrada por la bomba 136 a la válvula venturi 134 cree una baja presión, en un emplazamiento 144 de baja presión en la válvula venturi 134. El canal 140 se conecta a la trayectoria 142 de flujo en el emplazamiento 144 de baja presión. Como tal, agua a presión suministrada por la bomba 136 a través de la válvula venturi 134 extrae agua desde el vacío 126 hacia la trayectoria 142 de flujo de la válvula venturi 134, y disminuye la presión en el vacío 126. La válvula venturi 134 no requiere partes móviles para disminuir la presión en el vacío 126. Así, la válvula venturi 134 reduce el riesgo de avería del sistema 130 de vacío y reduce la introducción de desechos en la RPV 10. La válvula venturi 134 permite un mayor control de la fuerza de vacío, en comparación con el uso de una bomba para bombear el agua directamente desde el vacío. La fuerza de vacío proporcionada por la válvula venturi 134 se controla como una función del flujo de agua a presión o de bombeo de la bomba 136.

Con referencia a la FIG. 2, el ROV 110 incluye adicionalmente un sistema 150 de navegación que está configurado para mover el ROV 110 a lo largo de la superficie de la envoltura 20 del núcleo para posicionar globalmente sondas ultrasónicas, como se describe en más detalle a continuación. En movimiento, el ROV 110 mantiene su orientación con respecto a la envoltura 20 del núcleo de tal manera que el perfil del ROV 110 coincida con el perfil de la superficie de la envoltura 20 del núcleo. El ROV 110 está configurado para maniobrar tanto horizontal como verticalmente utilizando ruedas accionada por motor. Generalmente, el ROV 110 se traslada y no gira.

El sistema de navegación 150 incluye un conjunto de ruedas horizontales 152 que están configuradas para mover el ROV 110 horizontalmente o alrededor de la circunferencia de la envoltura 20 del núcleo. El sistema 150 de navegación también incluye un conjunto de ruedas verticales 154, que están configuradas para mover el ROV 110 verticalmente o a lo largo del eje longitudinal de la envuelta 20 de núcleo. Con referencia a las FIGS. 5 y 6, las ruedas horizontales 152 están fijadas en posición y las ruedas verticales 154 están configuradas para retraerse y extenderse. Durante un modo de desplazamiento horizontal operativo que se ilustra en la FIG. 5, las ruedas horizontales 152 hacen contacto con la superficie de la envoltura 20 del núcleo, y las ruedas verticales 154 se retraen para no estar en contacto con la superficie de la envoltura 20 del núcleo. Durante un modo de recorrido vertical operativo que se ilustra en la FIG. 6, las ruedas verticales 154 se extienden para hacer contacto con la superficie de la envoltura 20 del núcleo y para liberar las ruedas horizontales 154, para que las ruedas horizontales 154 no estén en contacto con la superficie de la envoltura 20 del núcleo. Las ruedas verticales 154 se extienden mediante el accionamiento de unos pistones neumáticos 155 (que se muestran esquemáticamente en las FIGS. 2, 5, y 6) por parte de la unidad 112 de control. Por ejemplo, dichos pistones neumáticos 155 están diseñados a medida con una junta Quad-ring® y un inserto de bronce para el cilindro. Las ruedas verticales 154 se retraen por la presión del agua a determinada profundidad, por la fuerza de sujeción por vacío, y/o por muelles de tensión (no mostrados).

Con referencia de nuevo a la FIG. 2, cada conjunto de ruedas 152, 154 está configurado para su accionamiento por parte de la unidad 112 de control, al igual que los motores 156, 158 que impulsan cada conjunto de ruedas 152, 154 están controlados por la unidad 112 de control. Las ruedas 152, 154 están configuradas para ser accionadas independientemente por los motores 156, 158, para facilitar la corrección del sentido de la marcha si es necesario. Cada conjunto de ruedas 152, 154 tiene unas ruedas no motrices 162, 166 independientes que proporcionan información de posición a la unidad 112 de control. Las ruedas no motrices 162, 166 son pasivas y están acopladas a un codificador 160, 164. Los codificadores 160, 164 se utilizan en conjunción con otros sensores (no mostrados), tales como inclinómetros sensores giroscópicos, sensores de profundidad endurecidos frente a la radiación, y similares, para determinar la posición del ROV 110, y en particular la posición de las sondas ultrasónicas sobre la superficie del núcleo 20. El material de las ruedas se selecciona para que cumpla con los requisitos de uso en una planta de energía nuclear, y para que tenga un coeficiente de fricción óptimo cuando estén sumergidas y contra la superficie de la envoltura 20 del núcleo. Además, el sistema de navegación 150 incluye rodillos 168 de bolas que soportan las alas 122.

Continuando con referencia a las FIGS. 2 y 7, el ROV 110 incluye un sistema 170 de exploración de soldaduras que está configurado para inspeccionar las soldaduras de la envoltura 20 del núcleo. El sistema 170 de exploración de soldaduras incluye unas sondas ultrasónicas 172 y un sistema 174 de posicionamiento de sondas que está configurado para posicionar localmente las sondas ultrasónicas 172 para inspeccionar varias soldaduras. El sistema 174 de posicionamiento de sondas está configurado para posicionar las sondas ultrasónicas 172 para inspeccionar soldaduras con diversas orientaciones, incluyendo soldaduras horizontales, soldaduras verticales, y soldaduras en ángulo entre la horizontal y la vertical. El sistema 174 de posicionamiento de sondas incluye unos brazos 176 de exploración en los bordes exteriores de las alas 122. En general, los brazos 176 de exploración son sustancialmente similares y están orientados simétricamente. Con fines de enseñanza, se describe con más detalle uno de los brazos 176 de exploración y la descripción es aplicable a cada uno de los brazos 176 de exploración.

El brazo 176 de exploración incluye un raíl 178 y un cardán 180 que está unido al raíl 178 con un cojinete lineal 182. Como ejemplo, el raíl 180 proporciona una longitud de exploración de 60,96 cm.

El cojinete lineal 182 se selecciona basándose en la fiabilidad y en el potencial de mínimos materiales extraños (FM). Un mecanismo motriz del movimiento está configurado para su accionamiento, para mover el cardán 180 a lo largo del raíl 178. Por ejemplo, el mecanismo motriz de movimiento incluye un motor 184 que acciona un tornillo 186 de avance. El motor 184 está acoplado al tornillo 186 de avance mediante el uso de una correa o tren de engranajes, con el fin de transmitir un par al tornillo 186 de avance. El tornillo 186 de avance está acoplado al

cojinete lineal 182. El motor 184 está desplazado con respecto al tornillo 186 de avance, a fin de restringir mínimamente el movimiento del cardán 180 a lo largo del raíl 178.

5 Cada sonda ultrasónica 172 está unida a uno de los cardanes 180 y cada cardán 180 incluye una articulación 190 accionada. Un motor 192 accionado está configurado para girar una porción distal 181 del cardán 180 con respecto a una porción proximal 181 del cardán 180, sobre la articulación 190. Con el fin de lograr una rotación fiable y robusta, se utiliza un tornillo sin fin. Esto permite mantener un perfil bajo del mecanismo, así como lograr una alta relación de transmisión para que pueda usarse un motor pequeño. Durante el funcionamiento, la articulación 190 se orienta de tal manera que la dirección de rotación sea sustancialmente perpendicular a la superficie de la envoltura 20 del núcleo. El cardán 180 incluye unos muelles 194 de torsión que están configurados para desviar las sondas ultrasónicas 172 contra la superficie de la envoltura 20 del núcleo. Se utiliza un protector (no mostrado) de exclusión de materiales extraños (FME) para cubrir los muelles de torsión. Las sondas ultrasónicas 172 están unidas al cardán 180 de manera que puedan girar para estar en contacto sustancialmente plano con la superficie de la envoltura 20 del núcleo.

15 Cada sonda ultrasónica 172 está configurada para su colocación a lo largo de la longitud de un raíl 178 asociado, y para su posicionamiento angular en un rango de ciento ochenta grados para la inspección de soldaduras. Las sondas ultrasónicas 172 se pueden situar a lo largo de los lados del ROV 110 para inspeccionar soldaduras horizontales y soldaduras verticales, así como por encima y por debajo del ROV 110. Las sondas ultrasónicas 172 se pueden mover y posicionar de forma independiente entre sí. La unidad 112 de control controla el accionamiento de los motores 184, 192 para posicionar las sondas ultrasónicas 172.

20 Con referencia a las FIGS. 1 y 2, el ROV 110 incluye adicionalmente un asa 200 de alzamiento para facilitar la instalación del ROV 110 con un brazo 202. En general, el brazo 202 incluye un puntal 204 y un elemento 206 de agarre en el extremo del puntal 204, y está configurado para instalar el ROV 110, por ejemplo, a 21,34 m bajo el agua. El asa 200 de alzamiento está configurada para poder enganchar la misma con el elemento 206 de agarre, y para centrar y alinear el ROV 110 en una posición vertical sustancialmente recta para facilitar la fijación del ROV 110 a la envoltura 20 del núcleo. El puntal 204 es un puntal de manejo desplazado que está configurado para moverse alrededor de las líneas de rociado del núcleo y para acceder a barriles inferiores o a otras estructuras 24 de la envoltura del núcleo. El elemento 206 de agarre está desviado hacia una posición cerrada. La operación de apertura del elemento 206 de agarre está accionada por un pistón al que suministra aire una bomba de aire (no mostrada). Como tal, en el caso de pérdida del aire de suministro, el elemento 206 de agarre se mantiene en la posición cerrada y acoplado al asa 200 de alzamiento.

35 El asa 200 de alzamiento incluye unos bordes exteriores 210 elevados que se inclinan hacia una porción central 212 plana. La anchura W de la porción central 212 plana es sustancialmente igual a la anchura del elemento 206 de agarre. Cuando el elemento de agarre 206 engancha con la porción central 212, el ROV 110 se centra sobre el brazo 202 y queda debidamente orientado para su instalación. Los bordes exteriores 210 elevados guían el elemento 206 de agarre hacia la porción media 212, cuando el asa 200 de alzamiento está activada. Como tal, el asa 200 de alzamiento está configurada para su acoplamiento correcto consistente por parte del elemento 206 de agarre, a pesar de que pueda ser difícil colocar el elemento 206 de agarre para que enganche el centro exacto del asa 200 de alzamiento.

40 Se describe a continuación de forma general un procedimiento de inspección de soldaduras. Cada etapa se lleva a cabo de acuerdo con la ejecución de un módulo de software de instrucciones ejecutables por ordenador, por parte de la unidad 112 de control. El brazo 202 de instalación mueve el ROV 110 a una posición sobre la envoltura 20 del núcleo. El sistema 130 de vacío fija el ROV 110 a la envoltura 20 del núcleo, y el brazo 202 libera el ROV 110. El sistema 150 de navegación mueve el ROV 110 a lo largo de la superficie de la envoltura 20 del núcleo, para posicionar globalmente el ROV 110. El sistema 174 de posicionamiento de sondas sitúa y orienta localmente las sondas ultrasónicas 172, con respecto a una grieta en una soldadura u otra característica a medir. Las sondas 172 miden la longitud y anchura de la grieta y se registra la medición en la memoria de la unidad 112 de control. Se repiten las etapas seleccionadas según sea necesario para hacer más mediciones.

50 Las realizaciones anteriormente descritas son meramente ejemplos ilustrativos de implementaciones que se exponen para una clara comprensión de los principios. Las variaciones, modificaciones y combinaciones asociadas con las realizaciones anteriormente descritas pueden llevarse a cabo sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de inspección (100) para la inspección de una envoltura (20) del núcleo, que comprende:
- 5 un vehículo telemaniobable (110) que tiene una superficie curvada para conformar con la superficie de la envoltura (20) del núcleo, para reducir al mínimo la altura del vehículo telemaniobable (110) , medida desde la superficie de la envoltura (20) del núcleo;
- comprendiendo el vehículo telemaniobable:
- una parte central (120), conectada a un ala (122) mediante una articulación (124) cargada por muelle;
- una sonda ultrasónica (172);
- 10 un sistema (174) de posicionamiento de sonda que está configurado para trasladar y girar la sonda ultrasónica;
- un conjunto de ruedas horizontales (152) que está configurado para mover el vehículo telemaniobable (110) alrededor de la circunferencia de la envoltura (20) del núcleo;
- un conjunto de ruedas verticales (154) que está configurado para mover el vehículo telemaniobable (110) a lo largo del eje de la envoltura (20) del núcleo, estando configurado al menos uno de los conjuntos de ruedas (154) para su extensión y retracción; y
- 15 un sistema (130) de vacío que está configurado para adherir el vehículo telemaniobable (110) a la superficie de la envoltura (20) del núcleo; comprendiendo el sistema de vacío:
- una válvula venturi (134) que está configurada para extraer agua de un vacío (126) en el vehículo telemaniobable (110) ; y
- una bomba (136) configurada para suministrar presión de agua a la válvula venturi (134).
- 20 2. El sistema de inspección de la reivindicación 1, comprendiendo el vehículo telemaniobable:
- un asa (200), que está configurada para guiar un brazo (202) de instalación a una porción central (212) plana del asa (200).
3. El sistema de inspección de la reivindicación 2, comprendiendo el asa (200) unos bordes exteriores (210) elevados que están inclinados hacia la porción central (212) plana.
- 25 4. El sistema de inspección de la reivindicación 1, comprendiendo el sistema (130) de vacío un anillo (132) de estanqueidad que define el vacío (126).
5. El sistema de inspección de la reivindicación 4, comprendiendo el anillo (130) de estanqueidad un anillo (230) de espuma y una cubierta (232) sobre el anillo (230) de espuma.









