

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 568**

51 Int. Cl.:

G01B 11/24 (2006.01)
F27D 21/00 (2006.01)
F27D 21/02 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G01B 11/06 (2006.01)
G01B 11/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2020** **PCT/US2020/036038**
87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2020** **WO20256946**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2020** **E 20825482 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023** **EP 3987247**

54 Título: **Sistema, dispositivo y método para medir el revestimiento refractario interior de un recipiente**

30 Prioridad:

18.06.2019 US 201962862899 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.06.2024

73 Titular/es:

PROCESS METRIX, LLC (100.0%)
6622 Owens Drive
Pleasanton, California 94588, US

72 Inventor/es:

BONIN, MICHEL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 972 568 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

Sistema, dispositivo y método para medir el revestimiento refractario interior de un recipiente

5 Antecedentes de la invención

(1) Campo de la invención

10 Las realizaciones de la materia divulgada en la presente se refieren en general a aparatos, métodos y sistemas y, más en particular, a dispositivos, procesos, mecanismos y técnicas para la caracterización de conductos refractarios de recipientes metalúrgicos.

(2) Descripción de la materia relacionada

15 Los receptáculos, como una olla, contienen un revestimiento refractario que actúa como protección contra las altas temperaturas cuando el receptáculo contiene metal fundido. Sin embargo, el revestimiento refractario está sujeto al desgaste o a los depósitos procedentes del metal fundido. El control del revestimiento refractario desempeña un papel importante para lograr un funcionamiento continuo y seguro del receptáculo. Realizar una comprobación visual del receptáculo, cuando está vacío, ha sido la forma más habitual de controlar el avance del desgaste y el deterioro de un
20 revestimiento refractario. Por razones de tiempo y coste, el método de medición no debería requerir la refrigeración del recipiente; en su lugar, debería ser posible realizar las mediciones en un recipiente que esté a la temperatura de funcionamiento o cerca de ella. Por este motivo, no pueden utilizarse métodos de medición mecánicos por contacto con la superficie.

25 La medición del perfil interior de los recipientes utilizados en la producción de metal fundido mediante telémetros láser de escaneo de alta velocidad se utiliza ampliamente en la industria de producción de metales. Las ollas de hierro y acero, los hornos básicos de oxígeno (BOF), los recipientes de descarburación de argón-oxígeno (AOD), los hornos de arco eléctrico (EAF), los recipientes de fundición de aluminio y cobre, los hornos de fundición, los vagones torpedo y los hornos de soplado de fondo (Q-BOP) se analizan con escáneres láser para determinar el perfil refractario interior y calcular el
30 espesor restante del revestimiento.

Es bien sabido en la técnica realizar mediciones en recipientes refractarios calientes utilizando un escáner láser que tenga un emisor de haz láser, un espejo para desviar el haz láser, y un receptor de haz láser para recibir un haz láser reflejado por la superficie del revestimiento refractario. El tiempo de tránsito entre la emisión y la recepción del haz láser por el
35 escáner láser puede utilizarse para calcular una distancia entre el revestimiento refractario y el escáner láser en la dirección del haz láser emitido. La alteración de la dirección del haz láser produce una familia de tiempos de tránsito, de la que se puede derivar una familia de distancias y una familia de puntos. Se aplica una transformación de coordenadas para desplazar el conjunto de datos del sistema de coordenadas del escáner al del recipiente, y las mediciones pueden utilizarse para determinar el espesor del revestimiento.

40 La rotación del espejo alrededor de un primer eje de rotación y del propio escáner láser alrededor de un segundo eje de rotación permite escanear el revestimiento refractario en dos direcciones mutuamente perpendiculares, a fin de obtener una pluralidad de puntos que representen la superficie escaneada. Al comparar imágenes sucesivas de la superficie, es posible determinar qué partes del revestimiento refractario se han corroído o erosionado, o han crecido debido a los
45 depósitos, ya que el escáner láser es bastante preciso. Los sistemas típicos ofrecen precisiones de medición del espesor del revestimiento de +/- 5-6 mm.

Sin embargo, debido a la forma interna del receptáculo, a las limitaciones geométricas internas del mismo y al hecho de que el escáner láser no puede estar demasiado cerca de un receptáculo que se encuentra a la temperatura de
50 funcionamiento o cerca de la temperatura de funcionamiento, es posible que el escáner láser no pueda obtener una vista completa de la superficie de interés.

Para superar este problema, el escáner láser puede desplazarse sucesivamente a diferentes ubicaciones, o el receptáculo puede reposicionarse con respecto al escáner para que éste pueda obtener una imagen en cada ubicación. A continuación,
55 estas imágenes se fusionan en una "imagen" global. La fusión de las imágenes sucesivas en la imagen global requiere un conocimiento muy preciso de la posición del escáner láser con respecto al receptáculo en cada ubicación de medición. Esto añade complejidad al proceso, reduce la precisión de la imagen global que se produce, expone el equipo a un calor adicional y prolonga el tiempo necesario para completar la medición.

60 WO2008109510 contiene una descripción de un dispositivo para medir el desgaste de un revestimiento refractario de un receptáculo destinado a contener metal fundido. Sin embargo, el dispositivo requiere dos montajes de escáner para realizar su función prevista, lo que introduce las complicaciones de fusionar los conjuntos de datos producidos por cada montaje de escáner. Además, el campo de visión combinado de los dos montajes del escáner está limitado por la caja en la que se alojan los montajes de escáner. En términos de un sistema de coordenadas esféricas, los valores de *phi* (los
65 ángulos alrededor de los ejes de rotación de cada uno de los escáneres láser), están limitados a aproximadamente 180 grados. Además, los valores de *theta* (los ángulos, dentro de un plano, delimitados por los límites del campo de visión del

espejo dentro del montaje de escáner) no incluyen el eje z.

US8072613 contiene una descripción de un sistema y un método para medir el desgaste de un revestimiento de un recipiente, tal como, por ejemplo, una olla torpedo. El revestimiento interior del recipiente es escaneado por un cabezal de escáner desde una primera posición en el recipiente que se encuentra en un ángulo relativo al eje vertical del contenedor. El cabezal del escáner se coloca en una segunda posición en el recipiente en un ángulo relativo al eje vertical del recipiente en un ángulo relativo al eje vertical del recipiente y, desde la segunda posición, el cabezal del escáner escanea las porciones del revestimiento interior del recipiente que no se escanearon durante el escaneo de la primera posición. Al comparar las mediciones de escaneo del conducto del primer escaneo de posición y del segundo escaneo de posición después de que el contenedor se haya cargado y descargado con una primera medición de referencia del revestimiento, se puede medir el desgaste del revestimiento. El sistema y el método requieren, por lo tanto, dos escaneos para completar la medición y obligan a desplazar el montaje de escáner a una nueva posición para realizar el segundo escaneo. En términos de un sistema de coordenadas polares, los valores permitidos de *theta* (los ángulos, dentro de un plano, delimitados por los límites del campo de visión del espejo dentro del montaje de escáner) se extienden a igual magnitud a ambos lados de un plano ortogonal al eje z. Las proyecciones de los valores permitidos de *theta* sobre el interior de una esfera que tiene como centro el espejo forman un cinturón ecuatorial sobre la esfera. Los valores permitidos de *theta* no incluyen el eje z.

Se pueden encontrar más ejemplos de dispositivos utilizados para medir recipientes refractarios calientes en los documentos US 2006/232786 A1, JP S60 235005 A o JP 2018 185253 A.

Por lo tanto, basándose al menos en los retos antes mencionados de las técnicas convencionales, sería deseable disponer de dispositivos, sistemas y métodos que redujeran el número de escaneos, y, por lo tanto, los tiempos de medición, necesarios para obtener mediciones de espesores de revestimientos refractarios en recipientes metálicos configurados para transportar materiales por encima del punto de fusión del metal, que den lugar a una exposición reducida del escáner a las condiciones interiores del recipiente que se está midiendo y reconfiguren el campo de visión para aumentar la utilidad y disminuir la complejidad del proceso de escaneo.

Breve descripción de la invención

Una o varias de las necesidades resumidas anteriormente u otras conocidas en la técnica se abordan mediante aparatos, métodos y procesos para caracterizar el revestimiento refractario de un recipiente o contenedor. Los aparatos divulgados incluyen un montaje de escáner configurado para ser montado en un brazo manipulador de escáner, para ser colocado en proximidad a una abertura en un recipiente o insertado en una abertura en un recipiente hasta una posición designada en el interior cóncavo del recipiente, y para medir distancias desde un emisor/sensor de escáner dentro del montaje de escáner hasta una pluralidad de puntos en la superficie del revestimiento refractario para caracterizar el interior del recipiente en un solo escaneo. Los aparatos divulgados también incluyen un manipulador de escáner que tiene un brazo manipulador unido a un montaje de escáner, en donde el brazo manipulador mantiene el montaje de escáner en una posición de medición y permite que un emisor/sensor de escáner dentro del montaje de escáner asuma orientaciones, a partir de las cuales un emisor/sensor de escáner puede medir distancias a una pluralidad de puntos en la superficie del revestimiento refractario para caracterizar el interior del recipiente en un solo escaneo. Los aparatos divulgados también incluyen un dispositivo robótico acoplado al manipulador del escáner, el dispositivo robótico tiene un sistema de control en donde el sistema de control comprende hardware y software para controlar la posición del montaje de escáner, la orientación del sensor emisor y la adquisición, almacenamiento, procesamiento y presentación de las mediciones producidas por el sensor emisor; el sistema de control está conectado comunicativamente al montaje de escáner; el sistema de control caracteriza el revestimiento refractario comparando la pluralidad de distancias medidas por el sistema de escaneo láser con una superficie de referencia del revestimiento refractario.

Los métodos y procesos para caracterizar un revestimiento refractario en un recipiente también están dentro del ámbito de la materia divulgada en la presente. Tales métodos incluyen los pasos de colocar un dispositivo robótico en una posición de observación; controlar el robot mediante el uso de un sistema de control que comprende hardware y software, en donde dicho sistema de control está conectado comunicativamente a un montaje de escáner; extender el conjunto del escáner, montado en un brazo manipulador acoplado al dispositivo robótico, hacia la proximidad de un recipiente o hacia el interior de un recipiente, posicionar el montaje de escáner, orientar el emisor/sensor del escáner en una pluralidad de orientaciones secuenciales, medir la distancia en cada orientación desde el emisor/sensor del escáner hasta el interior del recipiente, y obtener una caracterización del revestimiento refractario comparando la pluralidad de distancias medidas por el sistema de escaneo láser con una superficie de referencia del revestimiento refractario.

La invención está definida en las reivindicaciones anexas.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista en sección de un recipiente configurado para mantener materiales a temperaturas elevadas; La FIG. 2 es una vista esquemática de un manipulador del escáner de la invención; La FIG. 3 es una elevación lateral de un montaje de escáner según la invención; La FIG. 4 es una vista en perspectiva de un montaje de escáner según la invención;

La FIG. 5 es una vista en sección de una olla torpedo que contiene un manipulador de escáner según la invención;
 La FIG. 6 es una representación esquemática de un sistema de escaneo según la invención;
 La FIG. 7 es una representación esquemática de un sistema de coordenadas esféricas;
 La FIG. 8 es una representación esquemática de la geometría de colocación de un montaje de escáner;
 La FIG. 9 es una representación esquemática de la porción mecánica de un sistema de escaneo según la invención;
 La FIG. 10 es una representación esquemática de la porción mecánica de un sistema de escaneo según la invención;
 La FIG. 11 es una vista en perspectiva de la porción mecánica de un sistema de escaneo según la invención; y
 La FIG. 12 es una representación esquemática de la porción mecánica de un sistema de escaneo según la invención.

10 Descripción detallada de la invención

La siguiente descripción de las realizaciones ejemplares se refiere a los dibujos adjuntos. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos identifican elementos iguales o similares. La siguiente descripción detallada no limita la invención. En su lugar, el alcance de la invención queda definido por las reivindicaciones anexas. Las siguientes realizaciones se discuten, para simplificar, con respecto a la terminología y la estructura de los aparatos, sistemas o métodos para escanear de forma autónoma el revestimiento refractario de los recipientes metalúrgicos. Sin embargo, las realizaciones que se discutirán a continuación no se limitan a estos conjuntos, sino que pueden aplicarse a otros aparatos, sistemas o métodos, incluyendo, pero sin limitarse a, la caracterización de materiales de revestimiento en recipientes configurados para transportar sustancias a temperaturas superiores al punto de fusión del material del que está construido el recipiente. Como se utiliza en la presente, el término "caracterizar", tal como, por ejemplo, en la expresión "caracterizar el revestimiento refractario", significa analizar y/o medir la superficie interior del revestimiento refractario, utilizando un escáner láser autónomo, con el fin de determinar el perfil interior del revestimiento refractario y calcular el espesor restante del revestimiento para, por ejemplo, evaluar la vida útil máxima admisible manteniendo una baja probabilidad de rotura o determinar cuándo es necesario realizar reparaciones. La caracterización del revestimiento también puede utilizarse para determinar la posición de los dispositivos auxiliares utilizados en la industria metalúrgica durante el procesamiento, como, por ejemplo, la altura adecuada del punto de ajuste por encima del baño de acero para la altura de una lanza de oxígeno.

La referencia a lo largo de la memoria descriptiva a "una configuración" significa que un rasgo, estructura o característica particular descrito en relación con una configuración está incluido en al menos una configuración de la materia divulgada. Por lo tanto, la aparición de la frase "en una configuración" en varios lugares a lo largo de la memoria descriptiva no se refiere necesariamente a la misma configuración. Además, los rasgos, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más configuraciones.

La referencia a lo largo de toda la memoria descriptiva a "en comunicación de datos" significa que dos elementos están conectados de modo que los datos en forma electrónica o de radiación pueden pasar de al menos uno de los elementos al otro de los elementos. La expresión "en comunicación de órdenes" significa que una orden en forma electrónica o de radiación puede transmitirse de uno de los elementos al otro de los elementos. La expresión "en comunicación de control" significa que uno de los elementos es capaz de controlar el movimiento o la actividad del otro de los elementos mediante instrucciones transmitidas en forma electrónica o de radiación. La expresión "conectados de forma móvil" significa que dos elementos están conectados de forma que uno de ellos puede moverse con respecto al otro, por ejemplo, a lo largo de un eje común, alrededor de un eje o de forma articulada, mientras permanece en contacto con el otro elemento. La expresión "movimiento de forma articulada" y la palabra "articuladamente" se refieren a un movimiento en el que uno de un par de elementos en comunicación está limitado al movimiento alrededor de un eje de comunicación con respecto al otro elemento. La expresión "conectado de manera fija" significa que dos elementos están conectados de forma que permanecen en contacto y no pueden girar, moverse articuladamente, o desplazarse traslacionalmente uno respecto al otro. La expresión "supera un hemisferio" se refiere a una forma que representa la porción de una esfera, o una porción de una superficie de una esfera, descrita por 360 grados de longitud y más de 90 grados de latitud con respecto a un polo, e incluyendo el polo. Un ángulo "contiene una línea" si la línea pasa por el vértice del ángulo, se alinea en el plano del ángulo y se encuentra entre los lados del ángulo.

La FIG. 1 ilustra un recipiente 2 configurado para mantener materiales a temperaturas elevadas. Como se utilizan en la presente, los términos "contenedor" o "recipiente" se emplean indistinta y ampliamente, incluyendo la referencia a todo tipo de recipientes metálicos o no metálicos de diversos tamaños y formas diseñados para contener materiales o gases (en el caso de un gasificador) a temperaturas elevadas que pueden estar por debajo, al nivel o por encima del punto de fusión del material del recipiente. Ejemplos de dichos contenedores o recipientes son los utilizados en aplicaciones como, pero sin limitarse a, los procesos de gasificación en la producción química y energética, los hornos de arco eléctrico (EAF), los hornos básicos de oxígeno (BOF), las ollas, los altos hornos, los desgaseadores y los hornos de descarburación de argón-oxígeno (AOD) en la fabricación de acero. Además, como se utiliza en la presente, el término "materiales a temperatura elevada" se emplea en sentido amplio para referirse a los materiales constituidos para ser dispuestos en el interior de estos recipientes con temperaturas lo suficientemente elevadas como para causar daños una vez que los mismos se exponen a ellas cuando la integridad de los materiales refractarios que cubren al menos una porción de la superficie del recipiente se ve comprometida de algún modo para exponer el recipiente a los materiales a las temperaturas elevadas. Como se muestra, el recipiente 2 tiene un eje longitudinal de recipiente 3, cubierta 4, una capa interna de material refractario 6 dentro de la cubierta 4, y una abertura 8. El eje longitudinal del recipiente 3 pasa a través de la abertura 8. La línea punteada 7 de la FIG. 1 ilustra la capa original de material refractario 6 antes de que el recipiente se pusiera en uso.

La FIG. 2 ilustra un montaje de escáner **10** para medir el desgaste en un revestimiento refractario. El montaje de escáner comprende un extremo proximal del montaje de escáner **12**, un extremo distal del montaje de escáner **14**, y un eje longitudinal del montaje de escáner **16** que se extiende desde el extremo proximal **12** hasta el extremo distal **14**. Un brazo de montaje **20** que tiene un extremo proximal del brazo de montaje **22** y un extremo distal del brazo de montaje **24** está situado en el extremo proximal **12** del montaje de escáner **10**. Un escudo térmico **26** que tiene un extremo proximal de escudo térmico **28** y un extremo distal de escudo térmico **30** está dispuesto alrededor de al menos una porción de la circunferencia del extremo distal del brazo de montaje **24**. Una torreta **32** que tiene un extremo proximal de torreta **34** y un extremo distal de torreta **36** está situada en el extremo distal **14** del montaje de escáner **10**. El extremo distal del brazo de montaje **20** está unido de forma giratoria al extremo proximal de la torreta **34**. Por tanto, la torreta **34** puede girar alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner **16**. El brazo de montaje **20** y la torreta **32** también pueden describirse como en una comunicación en donde el extremo proximal **34** de la torreta **32** está montado de forma giratoria en el extremo distal **24** del brazo de montaje **20**, de modo que la torreta **32** puede girar con respecto al brazo de montaje **20** en torno al eje longitudinal. La comunicación entre el brazo de montaje **20** y la torreta **32** puede estar contenida en un plano ortogonal al eje longitudinal. Un emisor/sensor **40** está montado en una posición fija en la torreta **34**. El centro óptico del emisor/sensor **40** se encuentra en el eje longitudinal del montaje de escáner **16**. El campo de visión del emisor/sensor **40** es lineal en la dirección longitudinal. El campo de visión del emisor/sensor **40** también puede describirse como contenido en un plano que también contiene el eje longitudinal del montaje de escáner **16**. En la configuración mostrada, el plano del campo de visión del emisor/sensor **40** contiene la porción del eje longitudinal del montaje de escáner **16** que se extiende en dirección distal desde el emisor/sensor **40**. El campo de visión del emisor/sensor **42** comprende un límite distal del campo de visión del emisor/sensor **44** que se extiende desde el extremo distal de la torreta, y comprende un límite proximal del campo de visión del emisor/sensor **46** dispuesto frente al límite distal. El campo de visión del emisor/sensor **42** está descrito, en la dirección longitudinal, por un ángulo obtuso que contiene la extensión del eje longitudinal del montaje de escáner **16** desde el extremo distal del montaje de escáner, y que contiene una línea **48** en el plano del campo de visión **42** que se extiende desde el emisor/sensor **40** en un plano ortogonal al eje longitudinal **16**.

En configuraciones seleccionadas, el ángulo agudo **50** entre el límite distal del campo de visión del emisor/sensor **44** y el plano ortogonal al eje longitudinal del montaje de escáner **16** y que pasa por el emisor/sensor **40** puede tener un valor comprendido desde 1 grado hasta 10 grados. En configuraciones seleccionadas, el ángulo agudo **52** entre el límite proximal **46** del campo de visión del emisor/sensor **42** y el eje longitudinal del montaje de escáner **16** puede tener un valor desde 70 grados hasta 88 grados.

El emisor/sensor **40** contiene un láser, una óptica, un fotodetector y una electrónica receptora (no mostrada). Estos dispositivos emisores/sensores están configurados para disparar pulsos rápidos de luz láser a una superficie objetivo, algunos hasta a 500.000 pulsos por segundo. La capacidad del emisor/sensor **40** mide el tiempo que tarda cada pulso en regresar desde la superficie objetivo hasta el escáner a través de un campo de visión determinado. La luz se mueve a una velocidad constante y conocida, de modo que la información proporcionada por el emisor/sensor **40** puede utilizarse para calcular la distancia entre el emisor/sensor **40** y el objetivo con gran precisión. Al repetir este proceso en rápida sucesión e incorporar la orientación del emisor/sensor **40** y la posición del montaje de escáner **10** con respecto al recipiente que se está midiendo, el instrumento construye un "mapa" complejo del espesor de la superficie refractaria que está midiendo. Al calcular y/o comparar los cambios entre los mapas de espesor refractario medidos de las superficies internas del revestimiento refractario con una medición de referencia de las mismas superficies, se detectan los cambios y se evalúan las posibles condiciones que pueden provocar un fallo de la combinación de revestimiento refractario/cubierta. Las mediciones individuales pueden realizarse en 20 o 30 segundos.

El emisor/sensor **40** puede comprender un escáner láser con un diámetro de haz pequeño (aproximadamente 4 mm), gran precisión (aproximadamente ± 6 mm de error de rango pico-pico), altas velocidades de escaneo (hasta 500.000 Hz), un diseño robusto adecuado para el entorno del molino y las cargas térmicas impuestas al escanear superficies a alta temperatura, una longitud de onda láser segura para los ojos (que elimina y/o reduce sustancialmente los problemas de seguridad en el lugar de trabajo), un ángulo de escaneo vertical de $\pm 55^\circ$ y un ángulo de escaneo horizontal de $0-360^\circ$. Estos escáneres láser permiten realizar escaneos de resolución estándar del interior de un recipiente en aproximadamente de veinte a treinta segundos, lo que se traduce en un menor tiempo de inactividad del recipiente y una mayor disponibilidad de la producción. En modo de alta resolución, el escáner puede proporcionar imágenes detalladas del recipiente que pueden utilizarse para caracterizar el revestimiento refractario, definir la región alrededor de un agujero de colada o el estado de un tapón de purga.

El campo de visión del emisor/sensor en un plano vertical se muestra como ángulo **42**. El campo de visión **42** del emisor-sensor en un plano vertical, en todas las posiciones de rotación de la torreta **32**, incluye la línea central óptica del emisor-sensor **46** y una línea **48** que se extiende hacia el exterior desde el emisor-sensor **40** en un plano horizontal que es ortogonal a la línea central óptica del emisor-sensor **46**.

La FIG. 3 es una vista lateral del montaje de escáner **10**, dispuesto de modo que el extremo proximal **14** y el brazo de montaje **20** estén orientados hacia la izquierda, y de modo que la torreta **32**, que está unida al brazo de montaje **20** de forma giratoria, se muestre a la derecha. El extremo distal del montaje de escáner **12** está orientado hacia la derecha. El eje longitudinal del montaje de escáner **16** es horizontal en esta vista. El campo de visión **42** del emisor-sensor se muestra incluyendo el eje longitudinal del montaje de escáner **16**, y la línea **48** que se extiende hacia el exterior desde el

emisor/sensor **40** en un plano ortogonal al eje longitudinal del montaje de escáner **16**. El emisor/sensor **40** está blindado por la ventana del emisor/sensor **62**. Un escudo térmico **26** está dispuesto alrededor de al menos una porción de la circunferencia del extremo distal del brazo de montaje **24**.

5 La FIG. 4 es una vista en perspectiva del montaje de escáner **10**. La torreta **32** está unida al brazo de montaje **20** de forma giratoria. El escudo térmico estacionario **26** se dispone alrededor de al menos una porción de la circunferencia del brazo de montaje **20**. El brazo de montaje **20** está configurado para acoplarse de manera fija a un brazo manipulador.

10 El montaje de escáner **10** puede incluir un sistema de enfriamiento integral y un amplio blindaje contra la radiación para permitir que el montaje de escáner **10** se coloque lo más cerca posible (por ejemplo, dentro de un rango de aproximadamente 2 a aproximadamente 3 m) de las superficies de alta temperatura (1700°C)), permitiendo así mediciones del espesor refractario en entornos de alta temperatura que tienen un acceso óptico limitado, tal como un gasificador.

15 La FIG. 5 muestra una sección vertical de un manipulador de escáner **80** en un recipiente **2**, que es una olla torpedo en esta ilustración. El manipulador de escáner **80** contiene un montaje de escáner **10**, que contiene la torreta **32** y el emisor/sensor **40**. El manipulador del escáner comprende además una forma extendida o brazo manipulador del escáner **82** que tiene un extremo distal y un extremo proximal, y un eje longitudinal del brazo manipulador **84** que puede ser paralelo o colineal con el eje longitudinal del montaje de escáner **10** y se extiende desde el extremo distal hasta el extremo proximal del brazo manipulador. En la orientación mostrada, los extremos proximales del montaje de escáner **10**, el manipulador del escáner **80**, y el brazo manipulador del escáner **82** son los extremos superiores; los extremos distales son los extremos inferiores. El extremo distal del brazo manipulador **82** está unido de manera fija al extremo proximal del montaje de escáner **10**; y el brazo manipulador **82** se extiende longitudinalmente desde el montaje de escáner **10**. El brazo manipulador **82** y el montaje de escáner **10** pueden estar unidos de extremo a extremo; uno de los brazos manipuladores **82** y el montaje de escáner **10** puede contener una porción receptora para aceptar una porción de inserción del otro de los brazos manipuladores **82** y el montaje de escáner **10**; o el brazo manipulador **82** y el montaje de escáner **10** pueden unirse de forma sobrepuesta.

25 El manipulador del escáner **80** está colocado de forma que, al girar la torreta **32** alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner **16**, el emisor/sensor es capaz de ver todo el interior del recipiente **2**.

30 El campo de visión del emisor/sensor en un plano longitudinal se muestra como ángulo **42**. El ángulo **42** es la suma de (a) el ángulo constitutivo del campo de visión distal obtuso **86** en un plano vertical delimitado por (i) una línea **48** que se extiende hacia fuera desde el emisor/sensor **40** en un plano ortogonal al eje longitudinal del montaje de escáner y (ii) una línea que se extiende hacia el exterior desde el emisor/sensor **40** a través del extremo distal del montaje de escáner **10** (correspondiente aquí al límite distal del campo de visión **44**); y (b) un ángulo constitutivo del campo de visión agudo **88**, coplanar con el ángulo constitutivo del campo de visión distal **86**, el ángulo **88** delimitado por (i) una línea **48** que se extiende hacia el exterior desde el emisor/sensor **40** en un plano ortogonal al eje longitudinal del montaje de escáner y (ii) una línea que se extiende hacia el exterior desde el emisor/sensor **40** en el lado opuesto de la línea **48** desde el ángulo **86** (correspondiente aquí al límite proximal del campo de visión **46**). El campo de visión **42** del emisor-sensor se muestra incluyendo el eje longitudinal del montaje de escáner **16**, y la línea **48** que se extiende hacia el exterior desde el emisor/sensor **40** en un plano ortogonal al eje longitudinal del montaje de escáner, y el campo de visión **42** del emisor-sensor en un plano longitudinal, en todas las posiciones de giro de la torreta **32**, incluye la porción del eje longitudinal del montaje de escáner **16** que se extiende en dirección distal desde el emisor/sensor **40** y la porción de una línea **48** que se extiende hacia fuera desde el emisor/sensor **40** en un plano horizontal ortogonal al eje longitudinal del montaje de escáner **16**.

45 La FIG. 6 representa un sistema de escaneo **100** para medir el revestimiento refractario interior de un recipiente **2**. El sistema contiene un montaje de escáner **10** que contiene una torreta **32** en la que se aloja un emisor/sensor **40**. El montaje de escáner está **10** unido a un brazo manipulador **82** para formar un manipulador de escáner **80**. El extremo proximal del brazo manipulador **82** está unido a una base de soporte **110** mediante un brazo de soporte **112** que está configurado para mover el brazo manipulador **82** a posiciones y orientaciones predeterminadas. El extremo proximal del brazo de soporte **112** puede estar conectado de forma móvil a la base de soporte **110**. El brazo de la plataforma de soporte **112** puede trasladarse, girarse y/o moverse articuladamente con respecto a la base de soporte **110**. El brazo de soporte **112** puede fijarse a la base de soporte **110** mediante la plataforma de la base de soporte **114**, que es móvil o giratoria con respecto a la base de soporte **110**. Los accionadores del brazo de soporte **116** están dispuestos en secciones articuladas del brazo soporte **112** para controlar las posiciones relativas de las secciones conectadas, o para controlar la orientación del brazo de soporte **112** con el brazo manipulador **82**. El extremo proximal del manipulador del escáner **80** puede estar conectado de forma móvil, o articulada, al extremo distal del brazo de soporte **112**. El manipulador del escáner **80** puede trasladarse, girarse o moverse de forma articulada con respecto al brazo de soporte **112**.

60 La combinación de base de soporte **110**, plataforma de la base de soporte **114**, brazo de soporte **112**, y brazo manipulador **82**, o una combinación análoga de elementos que mueven el montaje de escáner **10**, tiene el simple requisito de moverse de una posición de reposo a una posición de medición, y de vuelta a la posición de reposo. La geometría y las dimensiones del manipulador deben seleccionarse de modo que el montaje de escáner **10** pueda colocarse en posición de medición para el recipiente específico que se está examinando.

Otras configuraciones del sistema de escaneo pueden hacer uso de diferentes combinaciones de soportes, brazos de soporte, juntas y dispositivos de rotación para mover el montaje de escáner **10** a una posición de medición. El brazo de soporte **112** y el brazo manipulador **82** pueden combinarse en un montaje en el que el brazo de soporte **112** y el brazo manipulador **82** están dispuestos en ángulo recto, y el brazo de soporte **112** comprende un pivote que está en comunicación con un soporte.

Los sensores **130** pueden estar dispuestos en la base de soporte **110**, el brazo manipulador **82**, el montaje de escáner **10** y/o el recipiente **2** para proporcionar datos que determinen la posición del recipiente con respecto a un marco de referencia independiente, el mismo marco de referencia al que se refiere el sistema de escaneo, teniendo en cuenta hasta seis grados de libertad. Los sensores **130** dispuestos en el recipiente **2** pueden ser telémetros láser de un solo punto o inclinómetros.

Un accionador **134**, que puede estar situado dentro del montaje de escáner **10**, controla el movimiento giratorio de la torreta **32** con respecto al brazo de montaje del montaje de escáner **10**. Un accionador **134** controla la posición angular de un espejo que refleja la luz producida o detectada por el emisor/sensor **40**; en donde el ángulo está contenido en un plano que incluye el eje longitudinal del montaje de escáner. Un accionador **134** puede comprender un microprocesador y puede tener capacidades adicionales utilizadas en el proceso de medición, incluyendo el control del movimiento lento del motor de escaneo de la torreta **32** alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner **16** (acimut), control del movimiento rápido del motor de escaneo fijando el ángulo descrito entre la dirección de emisión/detección del emisor/sensor **40** y el eje longitudinal del montaje de escáner **16** (elevación), disparo del láser, cálculo de datos de rango y almacenamiento en memoria intermedia de datos, y transferencia final de datos de rango a un dispositivo de control **140**.

El dispositivo de control **140** está en comunicación de datos con los sensores **130** y el emisor/sensor **40** está situado en la combinación de la base de soporte **110**, brazo manipulador **82** y montaje de escáner **10**. La comunicación de datos puede realizarse por conexión física o por transmisión inalámbrica. En algunas configuraciones, el dispositivo de control **140** está conectado a, y en comunicación de datos con, uno o más sensores **130** montados en el recipiente **2**.

El dispositivo de control **140** acepta la entrada de datos de los sensores **130** y del emisor/sensor **40** en la combinación de la base de soporte **110**, brazo manipulador **82** y montaje de escáner **10**. En algunas configuraciones, el dispositivo de control **140** acepta la entrada de datos de uno o varios sensores **130** montados en el recipiente **2**. Los datos se aceptan a través de uno o más puertos de entrada de datos **142**.

El dispositivo de control **140** transmite órdenes a uno o más accionadores **134** ubicados en el montaje de escáner **10** para mover los componentes entre sí en el montaje de escáner **10**, a los accionadores del brazo de soporte **116** para mover los componentes del brazo de soporte **112** entre sí, y al accionador de la plataforma de la base de soporte **118** para mover la plataforma de la base de soporte **114** con respecto al resto de la base de soporte **110**. Las órdenes de los accionadores se transmiten desde el dispositivo de control **140** a través de uno o varios puertos de salida de control **144** a los accionadores. El dispositivo de control **140** está configurado para permitir, mediante la transmisión de órdenes a los accionadores **116**, **118** y **134**, abordar los seis grados de libertad para posicionar el montaje de escáner **10** en una ubicación y orientación predeterminadas con una precisión acorde con la incertidumbre de la medición global. La precisión global puede determinarse ordenando a los accionadores que se muevan contra un tope mecánico, limitando el tope el movimiento posterior, o hasta una posición determinada midiendo la posición del brazo mediante una combinación de codificadores lineales o angulares, en su caso. Los accionadores **116**, **118** y **134** pueden comprender servomotores y/o accionadores hidráulicos.

El dispositivo de control **140** contiene una interfaz humano/sistema **152** para la entrada y visualización de datos, que puede incluir dispositivos como un teclado, una pantalla de visualización, una pantalla táctil, indicadores, y dispositivos y superficies de control.

El dispositivo de control **140** contiene un dispositivo de almacenamiento de datos **154**, tal como una memoria RAM o un disco duro, que almacena los datos producidos por los sensores **130**, el emisor/sensor **40**, almacena datos para ser utilizados en la realización de cálculos, almacena programas de órdenes y control para el movimiento de elementos del dispositivo, tales como los accionadores **116**, **118** y **134**, y almacena programas de cálculo para el procesamiento de los datos adquiridos.

El dispositivo de control **140** contiene una memoria temporal de datos **156** que almacena temporalmente los datos adquiridos a través de un puerto de importación de datos **142** hasta que puedan ser alojados por el dispositivo de almacenamiento de datos **154**.

El dispositivo de control **140** contiene un procesador **170** que convierte las instrucciones programadas en órdenes y procesa los datos adquiridos. El procesador **170** convierte la información de posición relativa a la ubicación del recipiente **2** y relativa a la ubicación del emisor/sensor **40** en un marco de referencia común.

Como se representa acumulativamente en las FIGS. 1-6, el dispositivo de control **140** emite una orden para realizar una medición, y un accionador **134** o microprocesador dentro del montaje de escáner **10** controla el proceso de medición,

incluyendo el movimiento lento del motor de escaneo de la torreta **32** alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner **16** (acimut), el movimiento rápido del motor de escaneo fijando el ángulo descrito entre la dirección de emisión/detección del emisor/sensor **40** y el eje longitudinal del montaje de escáner **16** (elevación), disparo del láser, cálculo de datos de rango y almacenamiento en memoria intermedia de datos, y transferencia final de datos de rango a un dispositivo de control **140**. En un ejemplo de método de funcionamiento, el montaje de escáner puede estar orientado a un acimut especificado, y las mediciones se realizan en un rango de valores de elevación. El proceso se repite a lo largo de un rango de valores de acimut.

El emisor/sensor **40** es una tecnología de teledetección que mide la distancia iluminando un objetivo con un láser y midiendo el tiempo de tránsito de los fotones emitidos por la fuente láser para atravesar la distancia de ida y vuelta entre la fuente y la superficie reflexiva del campo lejano. El emisor/sensor 3-D **40** incluye un láser, un escáner, óptica, un fotodetector y una electrónica receptora. Los expertos en la técnica entenderán, tras revisar la materia divulgada en la presente, que en el emisor/sensor **40** pueden utilizarse distintos tipos de láser, incluyendo láseres con distintas longitudes de onda y distintos modos de funcionamiento (por ejemplo, de tipos pulsado o continuo). La precisión y la resolución de la caracterización y la medición del desgaste refractario del recipiente **2** dependerán de cómo la óptica enfoque el láser del emisor/sensor **40**, lo que también definirá el campo de visión del emisor/sensor **40**. Se puede conseguir una mejor resolución con pulsos más cortos siempre que el detector y la electrónica del receptor tengan un ancho de banda suficiente para hacer frente a la anchura de pulso reducida. La velocidad a la que se pueden revelar las imágenes se ve afectada por la velocidad a la que se pueden escanear en el sistema. Existen diversos métodos de escaneo para escanear el haz a través de los ángulos de elevación requeridos. El posicionamiento exacto del espejo afecta a la precisión de la medición.

Además, el dispositivo de control **140** del sistema de escaneo láser **100** puede incluir un procesador **170** para gestionar la caracterización del desgaste y la medición de la temperatura de la superficie. El procesador **170** puede estar incorporado en el interior o conectado al sistema de escaneo láser **100**. Un emisor/sensor típico de telémetro láser **40** incorpora un montaje que consiste en un láser pulsado, un método para detectar el evento de emisión láser, un espejo multifacético, un detector de alta velocidad para detectar la luz reflejada desde la superficie de campo lejano, y un motor o conductor para girar lentamente el montaje mencionado a través de la escena de interés. En la práctica, el láser y los detectores trabajan en combinación para medir la distancia, y el espejo/motor dirigen el láser para crear una imagen rasterizada a través de la escena. Los codificadores de alta resolución se utilizan habitualmente para determinar la posición angular de una rotación de escaneo rápido (elevación) (y también el eje de escaneo lento, con la misma resolución).

En una configuración, el sistema de exploración láser **100** comprende un emisor/sensor **40** que tiene un diámetro de haz pequeño (aproximadamente 3,6 mm), alta precisión (6 mm de error de rango pico-pico) de escaneo, grandes velocidades de escaneo (hasta aproximadamente 500.000 Hz), un diseño robusto adecuado para el entorno del molino y las cargas térmicas impuestas durante el escaneo de superficies a alta temperatura, una longitud de onda láser segura para los ojos (que elimina y/o reduce sustancialmente los problemas de seguridad en el lugar de trabajo), la capacidad de instalarse en un montaje de escáner para producir un rango de ángulo de escaneo vertical de +95° a -15° y un rango de ángulo de escaneo horizontal de 0° a 360°. Un escáner láser de este tipo permite realizar escaneos de resolución estándar del interior de un recipiente en aproximadamente de 6 a 10 segundos, lo que se traduce en un menor tiempo de inactividad del recipiente y una mayor disponibilidad de la producción. En modo de alta resolución, el escáner puede proporcionar imágenes detalladas del recipiente que pueden utilizarse para detectar grietas, definir la región alrededor de un agujero de colada o el estado de un tapón de purga. Los sensores del instrumento miden el tiempo que tarda cada pulso láser en salir, viajar hasta la superficie de campo lejano y, tras reflejarse, regresar desde la superficie del objetivo hasta el escáner. La luz se mueve a una velocidad constante y conocida, por lo que el emisor/sensor **40** puede proporcionar datos que permitan calcular con gran precisión la distancia entre el emisor/sensor **40** y el objetivo. Al repetir esto en rápida sucesión, el instrumento construye un "mapa" de alcance de la superficie que está midiendo. Al calcular y/o comparar los cambios entre los mapas de alcance medidos del material refractario **6** con la medición de referencia de las mismas superficies, se detectan cambios en el espesor del refractario o en la topología de la superficie que pueden provocar fallos en el recipiente **2**.

La FIG. 7 es una representación esquemática de un sistema de coordenadas esféricas **200**. El ángulo **202** es *theta* (θ), el ángulo polar medido desde la dirección cenital fija Z. El ángulo **204** es *phi* (ϕ), el ángulo de acimut de la proyección ortogonal del ángulo polar sobre un plano de referencia que pasa por el origen y es ortogonal a la dirección cenital, medido desde la dirección de referencia fija Y. La longitud **206** es r, la distancia radial de un punto desde el origen fijo del sistema de coordenadas.

El campo de visión del montaje de escáner **10** puede describirse en términos del sistema de coordenadas esféricas **200**. Si el montaje de escáner **10** se alinea de modo que el extremo distal **12** del montaje de escáner corresponda con la dirección positiva del eje Z y el extremo proximal **145** del montaje de escáner corresponda con la dirección negativa del eje Z y el eje longitudinal del montaje de escáner **16** está dispuesto para corresponder con el eje Z, el campo de visión del montaje de escáner **10** incluye todos los valores de phi de 0 grados a 360 grados (es decir, el escáner es libre de girar alrededor del eje Z), y todos los valores de theta de 0 grados a 90 grados, incluyendo así la extensión positiva del eje Z, e incluyendo el plano XY en el giro de la torreta alrededor del eje Z. Otros valores de theta que pueden incluirse en el campo de visión son 10°, -9°, -8°, -7°, -6°, -5°, -4°, -3°, -2°, -1°, 91°, 92°, 93°, 94°, 95°, 96°, 97°, 98°, 99°, 100°, 101°, 102°, 103°, 104° y 105°. En ciertas configuraciones, el límite distal del campo de visión del emisor/sensor **44**, el límite proximal del campo de visión del emisor/sensor **46** permanece constante al girar el emisor/sensor **40** alrededor del eje X.

El montaje de escáner **10** está diseñado para poseer, con el extremo distal del montaje de escáner situado de modo que corresponda a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de coordenadas polares, al girar la torreta todos los valores de ϕ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, un campo de visión que incluye en todos los valores de ϕ , al menos todos los valores de θ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 91 grados.

Como alternativa, el montaje de escáner **10** posee, con el extremo distal del montaje de escáner situado de modo que corresponda a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de coordenadas polares, al girar la torreta todos los valores de ϕ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, un campo de visión que es simétrico con respecto al eje Z y excede una semiesfera. El campo de visión excede una semiesfera en el sentido de que comprende una porción semiesférica y también se extiende desde una intersección con el eje Z hasta un valor θ superior a 90 grados.

El montaje de escáner y el manipulador del escáner divulgados en la presente están configurados de manera que se minimice la profundidad a la que deben ser insertados en un recipiente cuyo interior es totalmente cóncavo en secciones longitudinales y latitudinales. Si todos los ángulos θ , medidos desde el eje X en un sistema de coordenadas esférico que tiene la boca del recipiente como su plano YZ, se encuentran en el rango de 90 grados a 270 grados para el recipiente, el montaje de escáner puede colocarse en cualquier lugar fuera del recipiente sobre el eje longitudinal del mismo. Si el interior del recipiente presenta ángulos θ inferiores a 90 grados o superiores a 270 grados así medidos, el montaje de escáner deberá colocarse más cerca de la boca del recipiente a medida que los valores θ disminuyan desde 90 grados o aumenten desde 270 grados.

Si los valores del ángulo θ de un recipiente se aproximan a 0 grados o 360 grados, el montaje de escáner y el manipulador del escáner deben introducirse en la boca del recipiente para escanear todo el interior. La FIG. 8 muestra un montaje de escáner **10** que se utiliza para escanear el interior de un recipiente **2** que tiene una capa interior de material refractario **6**. La porción de capa interior de material refractario **6** próxima a la abertura del recipiente **3** es ortogonal al eje longitudinal del recipiente y al eje longitudinal del montaje de escáner **16**. La torreta del escáner **32** contiene un emisor/sensor **40** que tiene un límite distal del campo de visión del emisor/sensor **44** y un límite proximal del campo de visión del emisor/sensor **46**. El ángulo **86** es el componente distal del ángulo del campo de visión en un plano que contiene el eje longitudinal del montaje de escáner **16**. El ángulo **88** es el componente proximal del ángulo del campo de visión en un plano que contiene el eje longitudinal del montaje de escáner **16**. La intersección de los ángulos **86** y **88** es una línea contenida en un plano ortogonal al eje longitudinal **16** del montaje de escáner.

La extensión necesaria de la inserción **302** del emisor/sensor **40** en el recipiente **2** puede determinarse a partir del ángulo **88** y de la distancia **304** del emisor/sensor **40** en un plano ortogonal al eje longitudinal **16** del montaje de escáner, desde la capa interna **6**. En la siguiente fórmula, el ángulo **88** se representa como α , la distancia **304** se representa como x , y la extensión de inserción requerida **302** se representa como z :

$$z = x (\tan \alpha)$$

Estos valores se obtienen para el caso especial, en un recipiente cuyo interior es totalmente cóncavo en secciones longitudinales y latitudinales, en donde una porción de la capa interior de material refractario **6** en proximidad a la abertura del recipiente **3** tiene unos valores de ángulo θ esencialmente iguales a 0° o 360°. Para los recipientes cuyo interior es totalmente cóncavo en las secciones longitudinal y latitudinal, y en los que los valores de θ están más próximos a 90° o 270°, la extensión de inserción requerida será mucho menor.

La FIG. 9 es una representación esquemática de la porción mecánica **400** de un sistema de escaneo según la invención. Una superficie **405** soporta una base de soporte **110**. Un canal de base de soporte **410**, representado como vertical en esta representación, pasa a través de la base de soporte **110**. El canal de la base de soporte aloja el extremo superior de un primer brazo de soporte **112**. El movimiento lineal del primer brazo de soporte **112** en el canal de la base de soporte **410** es efectuado y producido por el accionador **412**. El accionador **412** puede incluir un mecanismo de cremallera y engranaje, o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento lineal relativo del primer brazo de soporte **112** en el canal de la base de soporte **410**. La flecha **414** muestra la dirección de movimiento del primer brazo de soporte **112** en el canal de la base de soporte **410**.

El extremo inferior del primer brazo de soporte **112** está unido al extremo superior del primer brazo de soporte **112** mediante una conexión giratoria **420**. El giro del extremo inferior del primer brazo de soporte **112** con respecto al extremo superior del primer brazo de soporte **112** se efectúa y produce mediante el accionador **422**. El accionador **422** puede incluir un motor de pasos o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento giratorio preciso y exacto. La flecha **424** muestra la dirección de revolución del extremo inferior del primer brazo de soporte **112**.

El extremo inferior del primer brazo de soporte **112** está configurado para sujetar la superficie longitudinal de un segundo brazo de soporte **112**. Tal y como se representa, el segundo brazo de soporte **112** está colocado de forma que un extremo abierto está más bajo que un extremo cerrado. El segundo brazo de soporte **112** puede colocarse en posición horizontal

o en cualquier ángulo con el plano horizontal. El segundo brazo soporte **112** contiene un canal del brazo de soporte **426** que aloja un manipulador de escáner que tiene un brazo manipulador **82** y una torreta **32**. El accionador **427** efectúa y produce la retracción y la protrusión del brazo manipulador **82** dentro y fuera del canal del brazo de soporte **426**. El accionador **427** puede incluir un mecanismo de cremallera y engranaje, o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento lineal relativo. La flecha **428** muestra la dirección de movimiento del brazo manipulador **82** en el canal del brazo de soporte **426**.

La FIG. 10 es una representación esquemática de la porción mecánica **400** de un sistema de escaneo según la invención. Una superficie **405** soporta una base de soporte **110**. La base de soporte **110** está unida a la plataforma de la base de soporte **114** mediante una conexión giratoria **420**. La rotación de la plataforma de la base de soporte **114** con respecto a la base de soporte **110** se efectúa y produce mediante el accionador **430**. El accionador **430** puede incluir un motor de pasos o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento giratorio preciso y exacto. La flecha **432** muestra la dirección de revolución de la plataforma de la base de soporte **114**.

Un primer brazo de soporte **112** se extiende hacia abajo desde la plataforma de la base de soporte **114**. El primer brazo de soporte **112** está conectado a un segundo brazo de soporte **112** mediante un pivote **434**. El accionador **436** efectúa y produce el movimiento giratorio del segundo brazo de soporte **112** alrededor del eje del pivote **434**. La flecha **438** muestra la dirección del movimiento del segundo brazo de soporte **112** alrededor del pivote **434**. El segundo brazo de soporte **112** se une al extremo proximal del brazo manipulador **82**. La conexión del segundo brazo de soporte **112** con el extremo proximal del brazo manipulador **82** se representa como un ángulo recto; puede adoptar cualquier forma que agilice el escaneo de un recipiente; puede ser fija o ajustable. El segundo brazo de soporte **112** y el brazo manipulador **82** pueden estar formados como una sola pieza. El segundo brazo de soporte **112** puede contener un pivote y un accionador adicionales para proporcionar grados de libertad de movimiento adicionales.

En una variación de la porción mecánica **400** del sistema de escaneo representado, se omiten la plataforma de la base **114** y el accionador **430**, y el segundo brazo de soporte **112** está en comunicación directa con la base de soporte **110**.

La FIG. 11 es una vista en perspectiva de la porción mecánica de un sistema de escaneo **400** según la invención, apoyado sobre una base de soporte **110**. La base de soporte **110** está unida a la plataforma de la base de soporte **114** mediante una conexión giratoria **420**. La rotación de la plataforma de la base de soporte **114** con respecto a la base de soporte **110** se efectúa y produce mediante el accionador **430**. El accionador **430** puede incluir un motor de pasos o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento giratorio preciso y exacto. La flecha **432** muestra la dirección de revolución de la plataforma de la base de soporte **114**.

Un primer brazo de soporte **112** se extiende hacia arriba desde la plataforma de la base de soporte **114**. El primer brazo de soporte **112** está conectado a un segundo brazo de soporte **112** mediante un pivote **434**. El accionador **436** efectúa y produce el movimiento giratorio del segundo brazo de soporte **112** alrededor del eje del pivote **434**. La flecha **438** muestra la dirección del movimiento del segundo brazo de soporte **112** alrededor del pivote **434**. El movimiento giratorio del segundo brazo de soporte **112** alrededor del eje de pivote **434** puede controlarse mediante servomotores y/o accionadores hidráulicos.

El segundo brazo de soporte **112** tiene un extremo abierto y contiene un canal del brazo de soporte interior que aloja, de forma telescópica, un tercer brazo de soporte **112**. El tercer brazo de soporte **112** tiene un extremo abierto y contiene un canal del brazo de soporte interior que aloja, de forma telescópica, un manipulador de escáner que tiene un brazo manipulador **82** y una torreta **32**. El accionador **440** efectúa y produce la retracción y protrusión del brazo manipulador **82** dentro y fuera del canal del brazo de soporte del tercer brazo de soporte **112**, y la retracción y protrusión del tercer brazo de soporte **112** dentro y fuera del canal del brazo de soporte del segundo brazo de soporte **112**. El accionador **440** puede incluir un mecanismo de cremallera y engranaje, o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento lineal relativo. La flecha **442** muestra la dirección de movimiento del tercer brazo de soporte **112** hacia dentro y hacia fuera del canal de brazo de soporte del segundo brazo de soporte **112**. La flecha **428** muestra la dirección de movimiento del brazo manipulador **82** hacia dentro y hacia fuera del canal de brazo de soporte del tercer brazo de soporte **112**.

La FIG. 12 es una representación esquemática de la porción mecánica **400** de un sistema de escaneo según la invención. El pivote **434** se apoya en o sobre una superficie **405**. El accionador **436** permite la rotación del brazo de soporte **112** en su extremo proximal desde una posición vertical (una posición de almacenamiento, indicada por líneas sólidas) a una posición de trabajo horizontal, indicada por líneas punteadas. La flecha **438** muestra la dirección de movimiento del brazo de soporte **112** entre la posición vertical y la posición horizontal.

El brazo de soporte **112** está unido, en su extremo distal, al extremo proximal de un brazo manipulador **82** que tiene una torreta **32** en su extremo distal, a través de una conexión giratoria **420**. El giro de la conexión giratoria **420** tiene lugar alrededor de un eje ortogonal al eje longitudinal del brazo soporte **112** y ortogonal al eje longitudinal del brazo manipulador **82**, y es efectuada y producida por el accionador **422**. El accionador **422** puede incluir un motor de pasos o cualquier otro mecanismo capaz de producir un movimiento giratorio preciso y exacto. La flecha **424** muestra la dirección de revolución del extremo inferior del primer brazo de soporte **112** en la posición de trabajo horizontal de la porción mecánica del sistema de escaneo **400**.

El siguiente proceso se utiliza para realizar mediciones en un recipiente: Se vacía el recipiente y se elimina el material extraño. A continuación se determina la posición del recipiente, ya sea por estima (el recipiente se coloca en la misma posición cada vez que se mide) o mediante el uso de sensores externos. A continuación, el recipiente se orienta de modo que la superficie de interés dentro del recipiente pueda estar contenida en el campo de visión del montaje de escáner acoplado al manipulador del escáner. El manipulador del escáner se coloca en una posición de medición, normalmente una posición sobre o cerca de un eje longitudinal del recipiente que pasa por la abertura del recipiente. La torreta del manipulador del escáner gira alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner; se realizan mediciones y se produce un perfil del interior del recipiente. El perfil del interior del recipiente se compara con un conjunto de datos de referencia o con un modelo tridimensional creado del recipiente. La comparación permite detectar las zonas desgastadas o en las que se han producido depósitos.

Un método de medición del desgaste en un revestimiento refractario se define en la reivindicación 14.

Un montaje de escáner para medir el desgaste en un revestimiento refractario se define en la reivindicación 1. El montaje de escáner puede estar configurado de modo que la unión giratoria del extremo distal del brazo de montaje con el extremo proximal de la torreta permita a la torreta girar 360 grados alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner. El montaje de escáner puede estar configurado de modo que el campo de visión del emisor/sensor se sitúe en un plano que incluya el eje longitudinal del emisor/sensor. El montaje de escáner puede comprender un escudo térmico dispuesto sobre al menos una porción de la circunferencia del extremo distal del brazo de montaje. El montaje de escáner puede contener un único emisor/sensor; el montaje de escáner puede excluir un segundo emisor/sensor; el número de emisores/sensores del montaje de escáner puede ser exactamente uno.

El montaje de escáner puede configurarse de modo que el ángulo agudo descrito por el límite distal del campo de visión y el eje longitudinal tenga un valor desde 1 grado hasta 10 grados. El montaje de escáner puede configurarse de modo que el ángulo agudo descrito por el límite proximal del campo de visión y el eje longitudinal tenga un valor desde 70 grados hasta 88 grados.

El montaje de escáner puede configurarse de modo que no esté en comunicación con un dispositivo de aplicación refractario, o de modo que no forme parte de un dispositivo que incluya un dispositivo de aplicación refractario. Un dispositivo de aplicación de material refractario es un dispositivo configurado para atomizar, pulverizar o transportar de otro modo un material refractario a una superficie de modo que el material se adhiera a la superficie. El montaje de escáner puede estar configurado de modo que la torreta no pueda girar alrededor sobre el brazo de montaje alrededor de cualquier eje que no sea el eje longitudinal del montaje de escáner.

El montaje de escáner puede estar configurado de modo que, con el extremo distal del montaje de escáner situado de modo que corresponda a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de coordenadas polares, al girar la torreta todos los valores de ϕ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, el montaje de escáner posee un campo de visión que incluye en todos los valores de ϕ , todos los valores de θ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 91 grados.

El montaje de escáner puede estar configurado de modo que, con el extremo distal del montaje de escáner situado de modo que corresponda a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de coordenadas polares, al girar la torreta todos los valores de ϕ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, el montaje de escáner posee un campo de visión que es simétrico con respecto al eje Z y excede una semiesfera.

Un manipulador de escáner que comprenda un montaje de escáner según cualquiera de una o más de las descripciones anteriores puede estar configurado de modo que el manipulador de escáner comprenda además una forma extendida o brazo manipulador de escáner que tenga un extremo distal y un extremo proximal, y un eje longitudinal colineal con el eje longitudinal del montaje de escáner y que se extienda desde el extremo distal hasta el extremo proximal; en donde el extremo distal del manipulador de escáner está unido de manera fija al extremo proximal del montaje de escáner; y en donde la forma extendida o brazo manipulador de escáner se extiende longitudinalmente desde el montaje de escáner.

Las realizaciones ejemplares divulgadas proporcionan aparatos, métodos y sistemas para caracterizar de forma autónoma el revestimiento refractario de un recipiente metalúrgico, así como los demás usos aquí resumidos y apreciados por los expertos en las técnicas aplicables. Debe entenderse que esta descripción no pretende limitar la invención. Por el contrario, las realizaciones ejemplares pretenden cubrir alternativas, modificaciones y equivalentes, que se incluyen en el alcance de la invención tal y como se define en las reivindicaciones anexas. Además, en la descripción detallada de las realizaciones ejemplares, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión global de la invención reivindicada. Sin embargo, un experto en la técnica entendería que diversas realizaciones podrían practicarse sin tales detalles específicos.

Aunque las características y elementos de las presentes realizaciones ejemplares se describen en las realizaciones en combinaciones particulares, cada característica o elemento puede utilizarse sólo sin las demás características y elementos de las realizaciones, o en diversas combinaciones con o sin otras características y elementos divulgados en la presente.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos de la materia descrita para permitir que cualquier persona especializada en la técnica ponga en práctica la misma, incluyendo elaborando y utilizando cualquier dispositivo o sistema, y llevando a cabo cualquier método incorporado. El alcance patentable de la materia se define en las reivindicaciones.

- 5 Aunque las realizaciones divulgadas de la materia descrita en la presente se han mostrado en los dibujos y se han descrito por completo con particularidad y detalle en relación con varias realizaciones ejemplares, será evidente para los expertos en la técnica que son posibles muchas modificaciones, cambios y omisiones sin apartarse materialmente de las enseñanzas novedosas, los principios y conceptos expuestos en la presente, y las ventajas de la materia recitada en las
- 10 reivindicaciones anexas. Por lo tanto, el alcance adecuado de las innovaciones divulgadas debe determinarse únicamente mediante la interpretación más amplia de las reivindicaciones anexas, de modo que abarque tales modificaciones, cambios y omisiones. Además, el orden o la secuencia de cualquiera de los pasos del proceso o del método puede variar o volver a secuenciarse según realizaciones alternativas.
- 15 Elementos
- 2. Recipiente
 - 3. Eje longitudinal del recipiente
 - 4. Cubierta
 - 20 6. Capa de material refractario
 - 7. Capa original de material refractario
 - 8. Abertura
 - 10. Montaje de escáner
 - 12. Extremo distal del montaje de escáner
 - 25 14. Extremo proximal del montaje de escáner
 - 16. Eje longitudinal del montaje de escáner
 - 20. Brazo de montaje
 - 22. Extremo proximal del brazo de montaje
 - 24. Extremo distal del brazo de montaje
 - 30 26 Escudo térmico
 - 28 Extremo proximal del escudo térmico
 - 30 Extremo distal del escudo térmico
 - 32. Torreta
 - 34 Extremo proximal de la torreta
 - 35 36. Extremo distal de la torreta
 - 40 Emisor/sensor
 - 42 Campo de visión del emisor/sensor
 - 44. Límite distal del campo de visión del emisor/sensor
 - 46. Límite proximal del campo de visión del emisor/sensor.
 - 40 48. Línea que se extiende desde el emisor/sensor en un plano ortogonal al eje longitudinal
 - 50. Ángulo agudo entre el límite proximal del campo de visión del emisor/sensor y la línea que se extiende desde el emisor/sensor en un plano ortogonal al eje longitudinal.
 - 52. Ángulo agudo entre el límite distal del campo de visión del emisor/sensor y el eje longitudinal del montaje de escáner
 - 54. Ángulo agudo entre el límite proximal del campo de visión del emisor/sensor y el eje longitudinal del montaje de
 - 45 escáner
 - 62. Ventana del emisor/sensor
 - 80. Manipulador del escáner
 - 82. Brazo manipulador
 - 84. Eje longitudinal del brazo manipulador (línea central óptica del escáner)
 - 50 86. Ángulo constitutivo del campo de visión distal
 - 88. Ángulo constitutivo del campo de visión proximal
 - 100. Sistema de escaneo
 - 110. Base de soporte
 - 112. Brazo de soporte
 - 55 114. Plataforma de la base de soporte
 - 116. Accionador del brazo de soporte
 - 118. Accionador de la plataforma de la base de soporte
 - 130. Sensor de posicionamiento
 - 134. Accionador manipulador
 - 60 140. Dispositivo de control
 - 142. Puerto de entrada de datos
 - 144. Puerto de salida de control
 - 152. Interfaz humano/sistema
 - 154. Almacenamiento de datos
 - 65 170. Procesador
 - 200. Sistema de coordenadas esféricas

- 202. Ángulo theta (θ)
- 204. Ángulo phi (ϕ)
- 206. Distancia radial r
- 302. Extensión de la inserción del emisor/sensor en el recipiente
- 5 304. Distancia del emisor/sensor desde la cara interior horizontal de la pared en la abertura
- 400. Porción mecánica del sistema de escaneo
- 405. Superficie
- 410. Canal de la base de soporte
- 412. Accionador
- 10 414. Sentido de recorrido
- 420. Conexión giratoria
- 422. Accionador
- 424. Sentido de giro
- 426. Canal del brazo de soporte
- 15 428. Sentido de recorrido
- 430. Accionador
- 432. Sentido de giro
- 434. Pivote
- 436. Accionador
- 20 438. Sentido de giro
- 440. Accionador
- 442. Sentido de recorrido

REIVINDICACIONES

1. Un montaje de escáner (10) para medir el desgaste en un revestimiento refractario, que comprende: un primer extremo proximal (12), un primer extremo distal (14) y un eje longitudinal (16) que se extiende desde el primer extremo proximal (12) hasta el primer extremo distal (14);
un brazo de montaje (20) que tiene un segundo extremo proximal (22) y un segundo extremo distal (24) y está situado en el primer extremo distal (14) del montaje de escáner (10) una torreta (32) que tiene un tercer extremo proximal (34) y un tercer extremo distal (36), en donde el tercer extremo proximal (34) de la torreta (32) está montado de forma giratoria en el segundo extremo distal (24) del brazo de montaje (20), de modo que la torreta (32) puede girar con respecto al brazo de montaje (20) alrededor del eje longitudinal (16); y
un emisor/sensor (40) montado en la torreta (32); en donde el emisor/sensor (40) comprende un centro óptico; en donde el emisor/sensor (40) contiene un láser, óptica, un fotodetector y una electrónica receptora;
en donde el centro óptico del emisor/sensor (40) está situado en el eje longitudinal (16);
en donde un campo de visión (42) del emisor/sensor (40) está contenido en un plano que también contiene el eje longitudinal del montaje de escáner (16); en donde el campo de visión (42) comprende un límite distal (44) que se extiende desde el extremo distal (36) de la torreta (32), y comprende un límite proximal (46) dispuesto opuesto al límite distal (44);
caracterizado porque
- el campo de visión (42) del emisor/sensor (40) está descrito, en la dirección longitudinal, por un ángulo obtuso que contiene, en todas las posiciones de giro de la torreta (32) alrededor del eje longitudinal del montaje de escáner (16), la extensión del eje longitudinal (16) desde el extremo distal (14) del montaje de escáner (10), y que contiene una línea (48) que se extiende desde el emisor/sensor (40) en un plano ortogonal al eje longitudinal (16),
- el emisor/sensor (40) está montado en una posición fija en la torreta (32), en donde el emisor/sensor (40) está configurado para disparar pulsos rápidos de luz láser a una superficie objetivo y está configurado para medir la cantidad de tiempo que tarda cada pulso en regresar desde la superficie objetivo al montaje de escáner (10) a través del campo de visión (42).
2. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde la unión giratoria del extremo distal (24) del brazo de montaje (20) con el extremo proximal (34) de la torreta (32) permite a la torreta girar 360 grados alrededor del eje longitudinal (16) del montaje de escáner (10).
3. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde un escudo térmico (26) está dispuesto sobre al menos una porción de una circunferencia del extremo distal (24) del brazo de montaje (20).
4. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde el montaje de escáner (10) contiene exactamente un emisor-sensor (40).
5. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde el montaje de escáner (10) no está en comunicación con un dispositivo de aplicación refractario.
6. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde la torreta (32) está limitada para girar sobre el brazo de montaje (20) alrededor de cualquier eje que no sea el eje longitudinal (16) del montaje de escáner (10).
7. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde, con el extremo distal (14) del montaje de escáner (10) situado de modo que corresponda a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal (16) del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de coordenadas polares, al girar la torreta (32) todos los valores de *phi* en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, el montaje de escáner posee un campo de visión que incluye en todos los valores de *phi*, todos los valores de *theta* en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 91 grados.
8. El montaje de escáner (10) de conformidad con la reivindicación 1, en donde, con el extremo distal (14) del montaje de escáner (10) situado de modo que corresponda a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal (16) del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de coordenadas polares, al girar la torreta (32) todos los valores de *phi* en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, el montaje de escáner posee un campo de visión que es simétrico con respecto al eje Z y excede una semiesfera.
9. Un manipulador de escáner (80), que comprende un montaje de escáner de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el manipulador de escáner (80) comprende además un brazo manipulador (82) que tiene un extremo distal y un extremo proximal, y un eje longitudinal del brazo manipulador (84) colineal con el eje longitudinal del montaje de escáner (16) y que se extiende desde el extremo distal hasta el extremo proximal; en donde el extremo distal del manipulador del escáner (80) está unido de manera fija al extremo proximal del montaje de escáner (10); y en donde el brazo manipulador (82) se extiende longitudinalmente desde el montaje de escáner (10).
10. Un sistema de escaneo (100) para medir el desgaste en un revestimiento refractario, que comprende:

- el manipulador de escáner (80) de conformidad con la reivindicación 11;
 un brazo de soporte (112) que tiene un extremo proximal y un extremo distal;
 una base de soporte (110);
 un dispositivo de control del sistema (140);
- 5 al menos un sensor de posicionamiento del recipiente (130) en comunicación de transmisión de datos con el dispositivo de control (140);
 un accionador manipulador (134) en comunicación con el manipulador (80), en donde el dispositivo de control (140) está en comunicación de órdenes con el accionador manipulador (134), y en donde el accionador manipulador (134) está en comunicación de transmisión de datos con el dispositivo de control (140);
- 10 un accionador del brazo de soporte (116) en comunicación con el brazo de soporte (112), en donde el dispositivo de control (140) está en comunicación de control con el accionador del brazo de soporte (116); y un procesador (170); en comunicación de datos con al menos un sensor de posicionamiento (130), el accionador manipulador (134), el accionador del brazo de soporte (116) y el emisor-sensor (40); en donde el extremo distal del brazo de soporte (112) está conectado al extremo proximal del manipulador del escáner (80); y
- 15 en donde el extremo proximal del brazo de soporte (112) está conectado a la base de soporte (110).
11. El sistema de escaneo (100) de conformidad con la reivindicación 12, en donde el extremo proximal del manipulador del escáner (80) está conectado articuladamente al extremo distal del brazo de soporte (112).
- 20 12. El sistema de escaneo (100) de conformidad con la reivindicación 12, en donde el extremo proximal del brazo de soporte (112) está conectado de forma móvil a la base de soporte (110).
13. El sistema de escaneo (100) de conformidad con la reivindicación 12, en donde el extremo distal del brazo de soporte (112) está conectado de manera fija al extremo proximal del manipulador del escáner (80).
- 25 14. Un método de medición del desgaste en un revestimiento refractario, que comprende:
- a) Vaciar un recipiente (2) que contiene el revestimiento;
 b) Colocar el recipiente (2);
- 30 c) Orientar el recipiente (2) de modo que la superficie de revestimiento de interés dentro del recipiente pueda estar contenida en el campo de visión de un montaje de escáner;
 d) Proporcionar un montaje de escáner (10) que comprende un brazo de montaje (20) una torreta (32) unida al brazo de montaje (20) de forma giratoria, y un emisor/sensor (40) contenido dentro de la torreta (32), en donde el emisor/sensor (40) contiene un láser, óptica, un fotodetector y una electrónica receptora, en donde el emisor/sensor (40) está montado
- 35 en una posición fija en la torreta (32), en donde el emisor/sensor (40) está configurado para disparar impulsos rápidos de luz láser a una superficie objetivo y está configurado para medir el tiempo que tarda cada impulso en regresar desde la superficie objetivo al montaje de escáner (10) a través del campo de visión (42); en donde el montaje de escáner (10) posee, con un extremo distal del montaje de escáner posicionado para corresponder a la dirección positiva del eje Z de un sistema de coordenadas polares y con el eje longitudinal del montaje de escáner alineado con el eje Z del sistema de
- 40 coordenadas polares, al girar la torreta a través de todos los valores de ϕ en el sistema de coordenadas polares desde 0 grados hasta 360 grados, un campo de visión que es simétrico con respecto al eje Z y excede una semiesfera.
- e) Colocar el montaje de escáner (10) en una posición de medición;
 f) Activar el emisor/sensor (40);
- g) Girar la torreta (32) a través de todos los valores de ϕ en el sistema de coordenadas polares;
- 45 h) Obtener, para valores seleccionados de ϕ , datos para valores seleccionados de θ en el sistema de coordenadas polares;
 i) Recolectar los datos proporcionados por el emisor/sensor (40) en un único escaneo; y
 j) Generar un perfil del interior del recipiente a partir de los datos recolectados en el único escaneo.

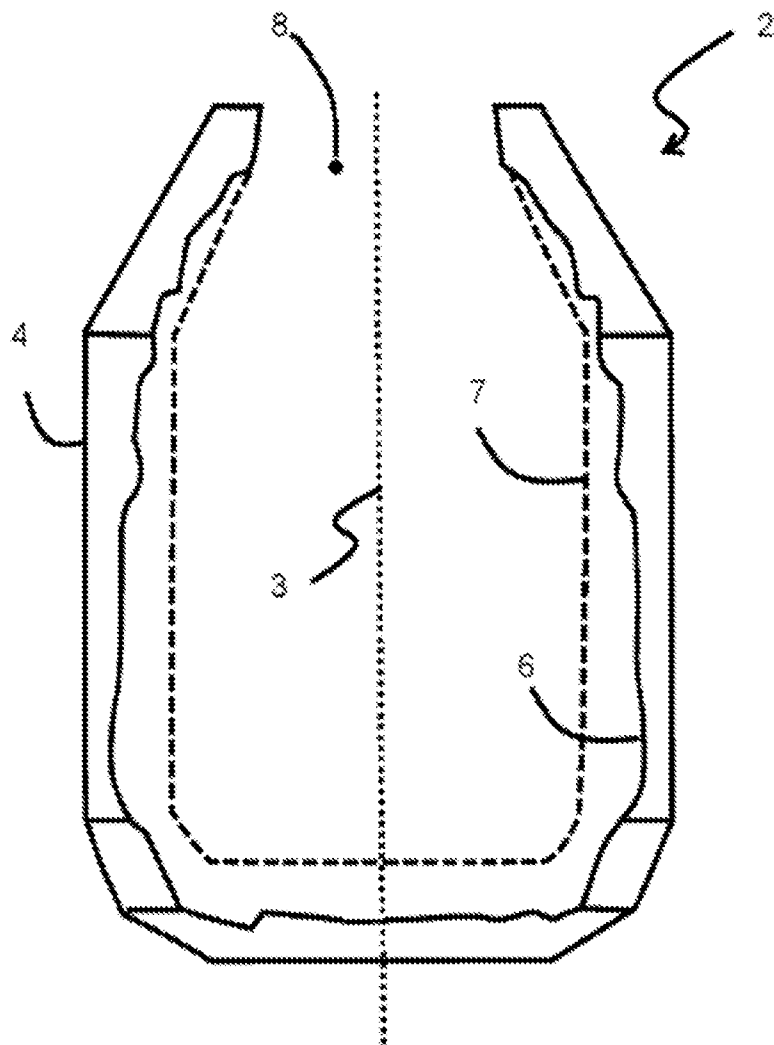


FIG. 1

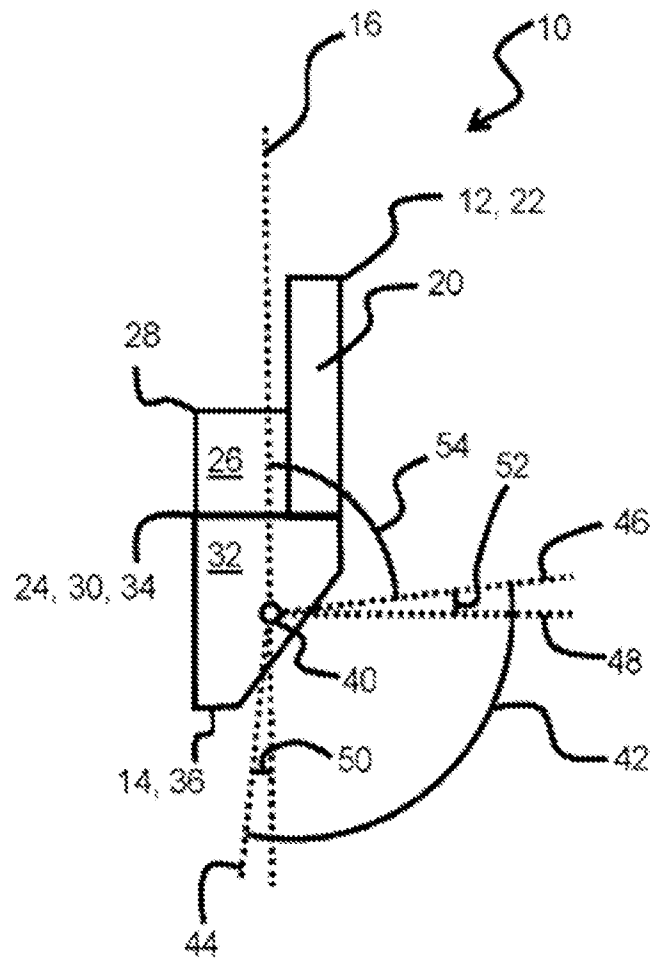


FIG. 2

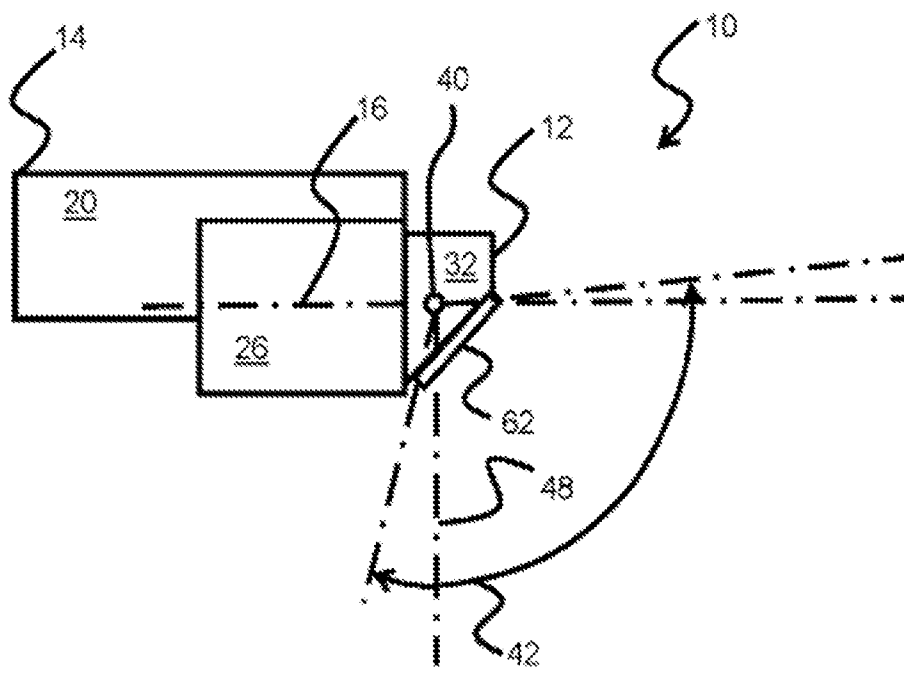


FIG. 3

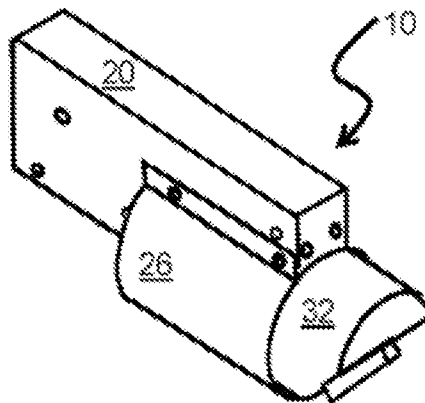


FIG. 4

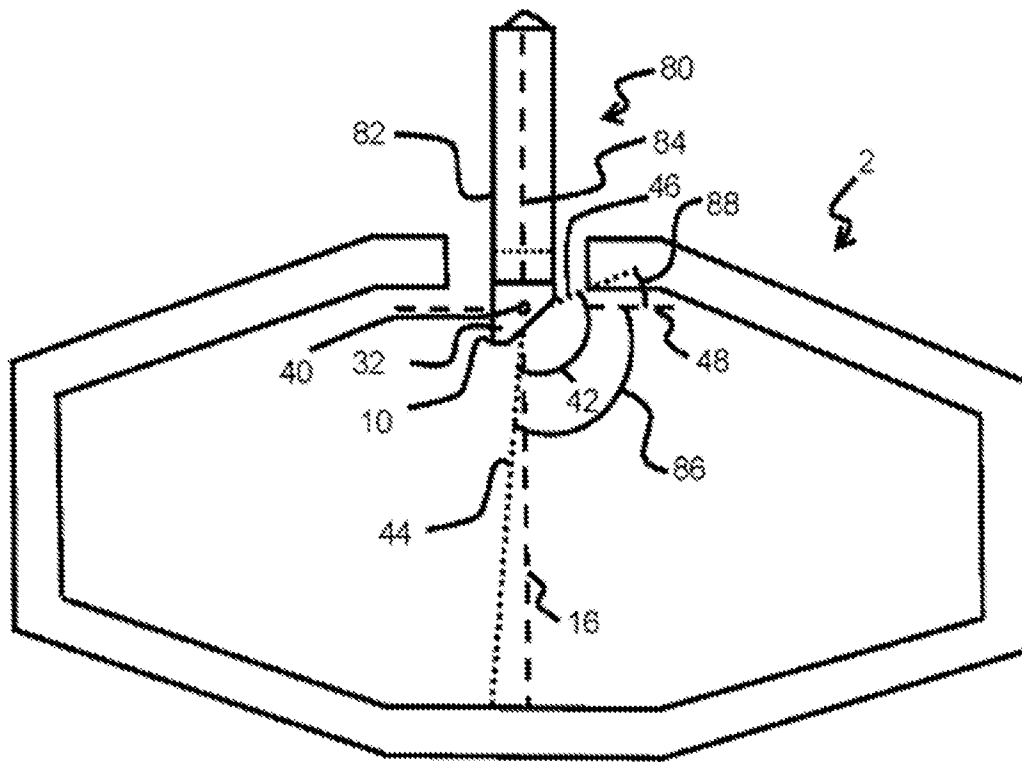


FIG. 5

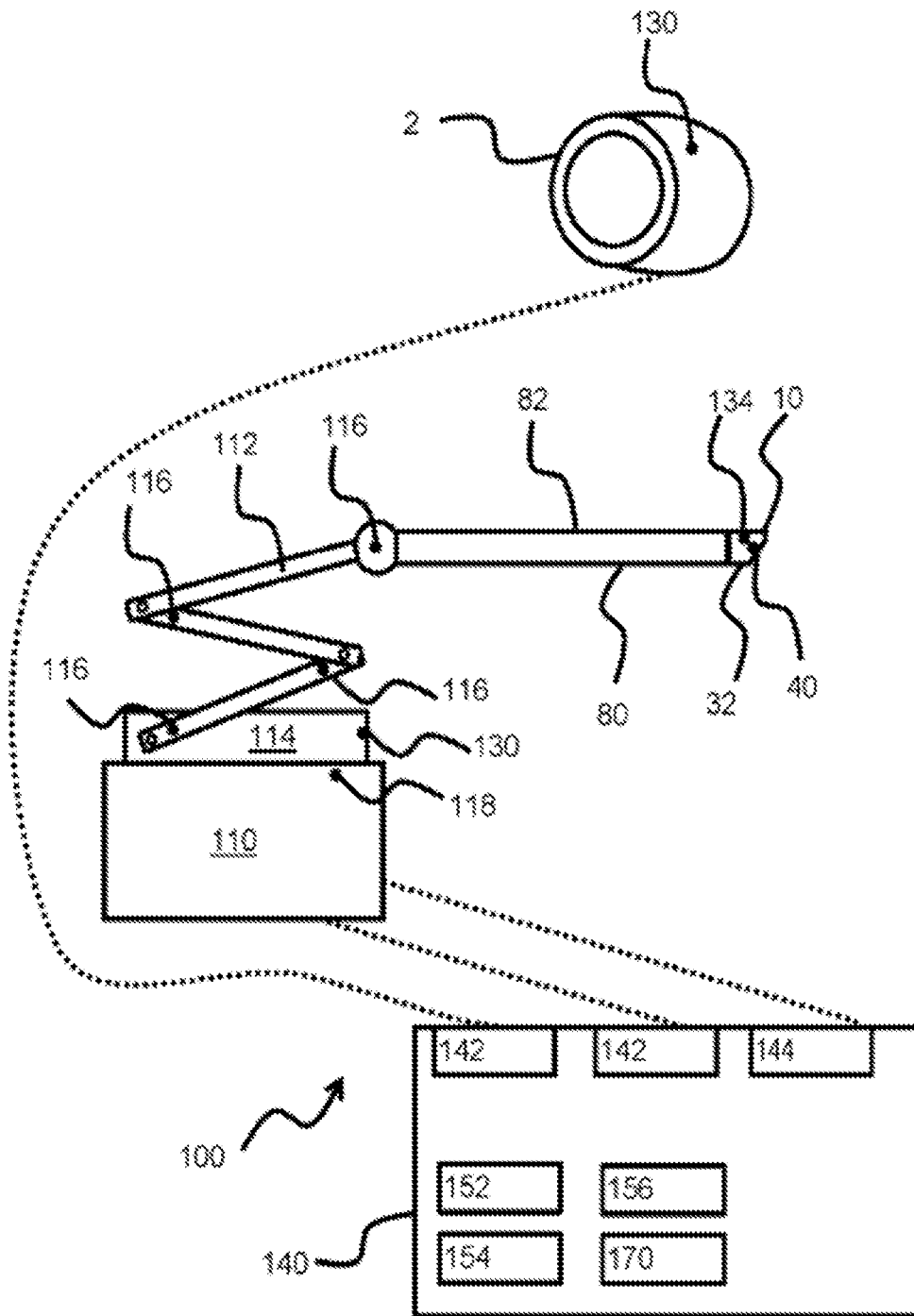


FIG. 6

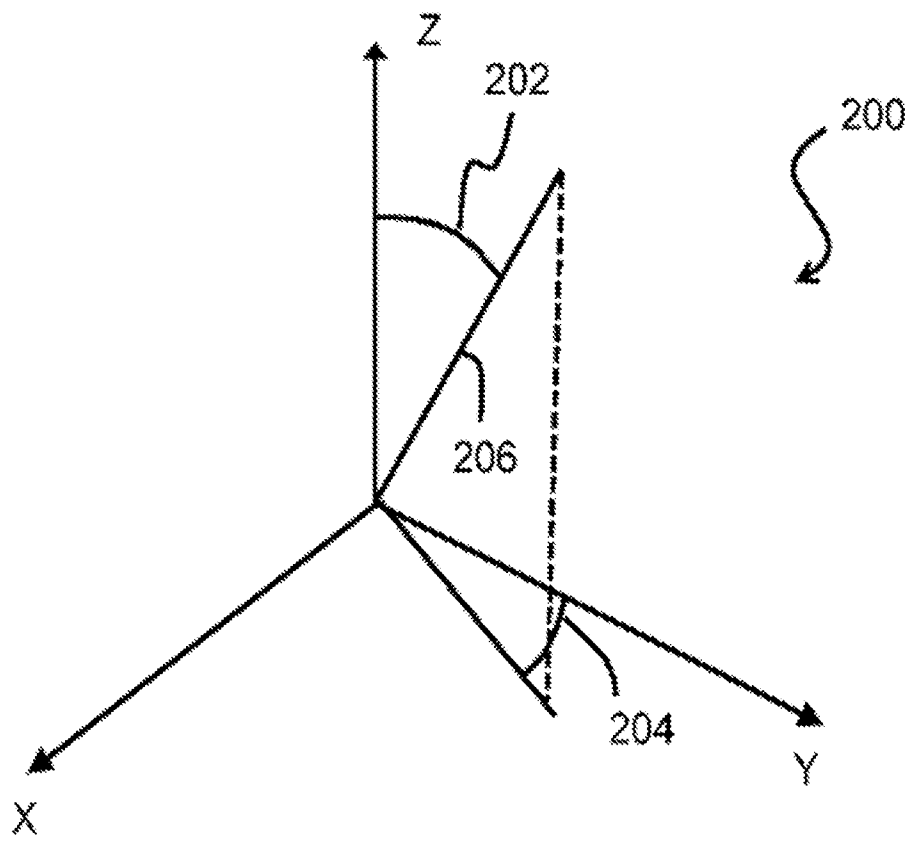


FIG. 7

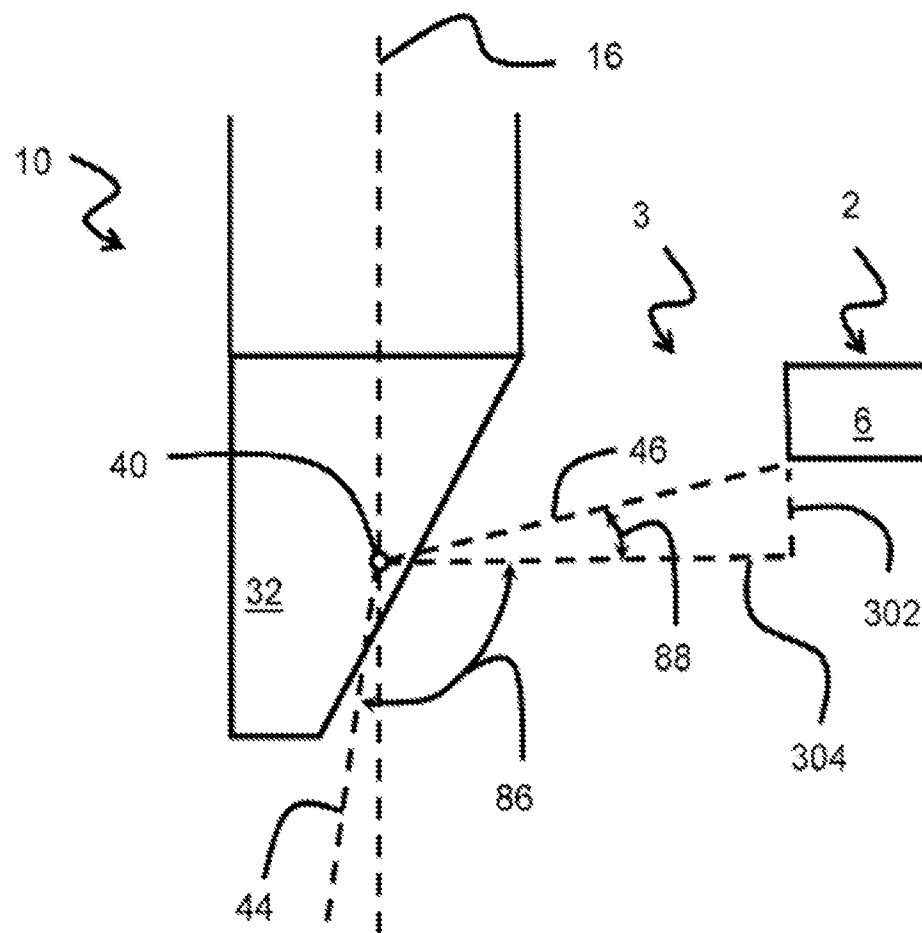
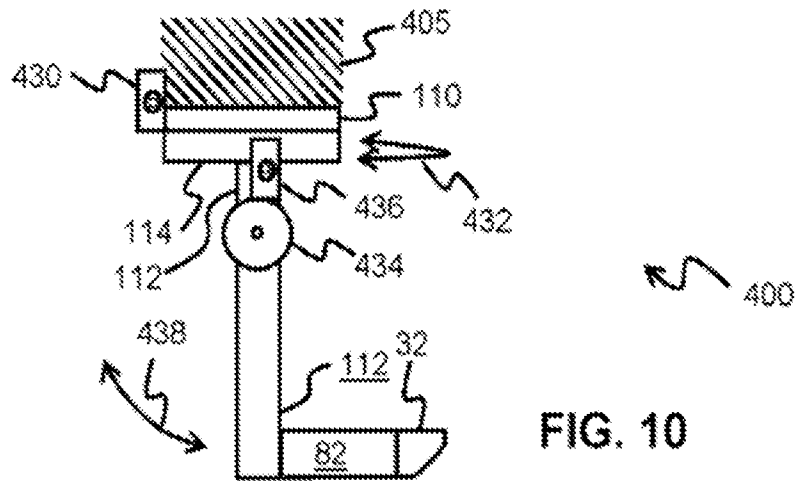
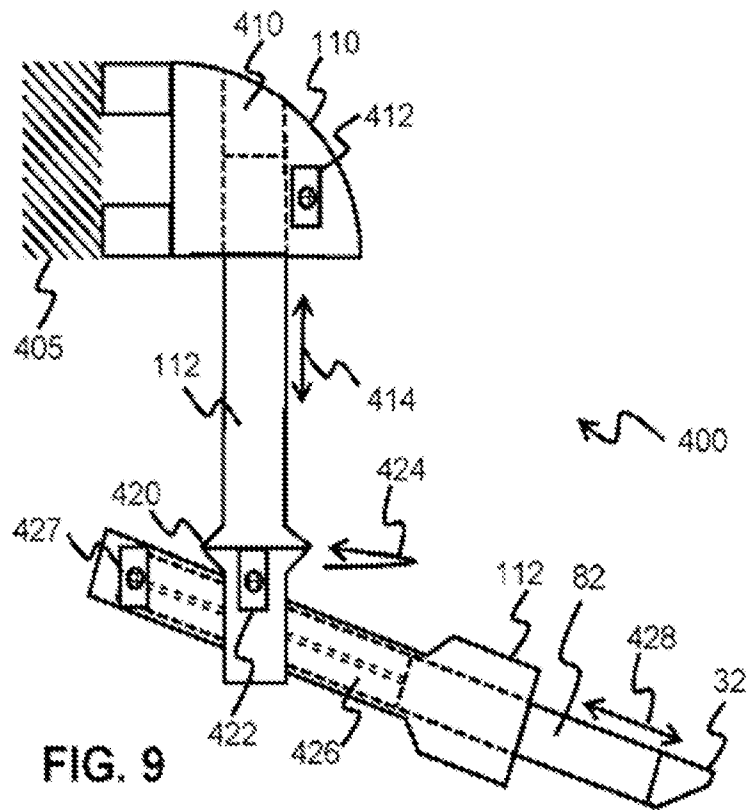


FIG. 8



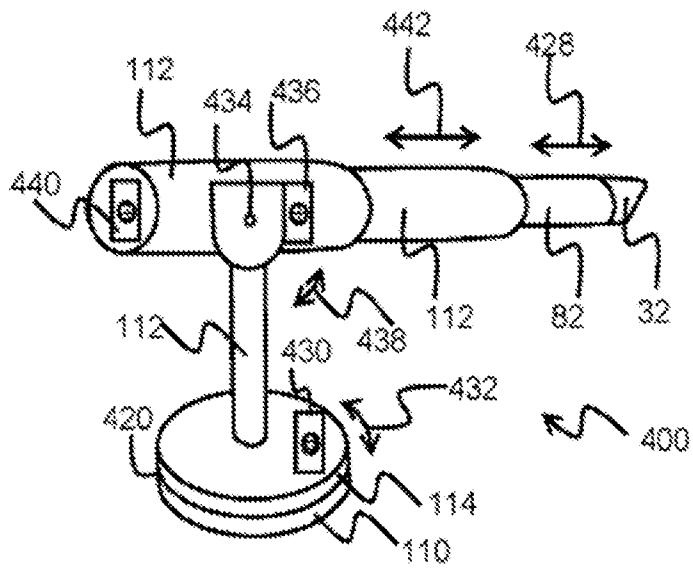


FIG. 11

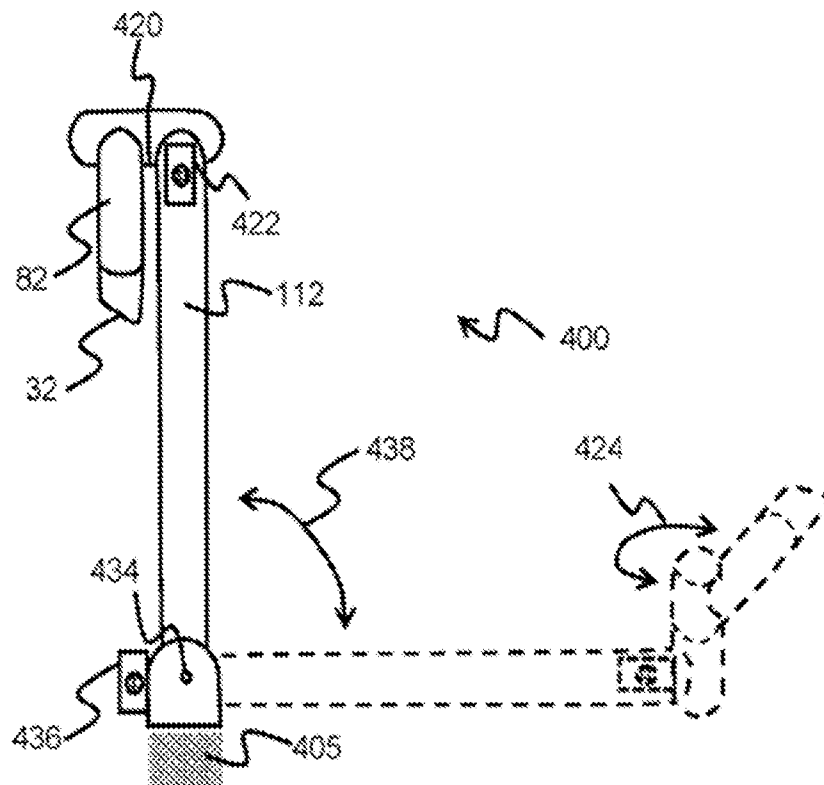


FIG. 12