

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 092**

51 Int. Cl.:

**B08B 9/055** (2006.01)  
**G01M 3/00** (2006.01)  
**B08B 9/057** (2006.01)  
**G01M 3/24** (2006.01)  
**F16L 55/26** (2006.01)  
**G01N 27/87** (2006.01)  
**B08B 9/053** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2013 E 13164479 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 2653238**

54 Título: **Erizo mecánico de tubería y procedimiento para monitorizar usando el erizo mecánico de tubería**

30 Prioridad:

**20.04.2012 GB 201206940**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.06.2020**

73 Titular/es:

**COKEBUSTERS LIMITED (100.0%)  
Cokebusters Technology Centre The Armoury  
Building BAE/Airbus Estate Aviation Park -  
Hawarden Airfield Flint Road  
Chester, Cheshire CH4 0GZ, GB**

72 Inventor/es:

**PHIPPS, JOHN y  
LEWIS, HUGH**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 768 092 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

Erizo mecánico de tubería y procedimiento para monitorizar usando el erizo mecánico de tubería

La presente invención se refiere a mejoras en o relacionadas con los erizos mecánicos de tubería y, en particular, a un erizo mecánico inteligente de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Tal erizo mecánico se conoce por el documento US 2002/011124 A1.

La expresión erizo mecánico se usa para referirse a dispositivos que pasan a través de tuberías o entubados, ya sea para limpiar las tuberías o para monitorizar las superficies internas y el grosor de las tuberías o tubos. También se pueden usar para separar el producto dentro de la tubería o tubo. la presente invención se refiere particularmente a los erizos mecánicos que pueden usarse para inspeccionar tuberías o tubos desde el interior para verificar depósitos e inconsistencias e irregularidades en las paredes de las tuberías o tubos. Se puede realizar una inspección para evaluar la necesidad de limpieza y/o reparación de la tubería o para evaluar la efectividad de la limpieza y/o reparación. Las realizaciones proporcionan además un sistema integrado que proporciona actividades combinadas mediante las cuales las tuberías o tubos pueden limpiarse secuencialmente con un erizo mecánico de limpieza y luego inspeccionarse con un erizo mecánico en la que se usa una fuerza impulsora común para conducir ambos tipos de erizo mecánico a través de las tuberías o tubos.

Aunque la invención es particularmente útil con entubados usados en hornos de refinación de petróleo para transportar los hidrocarburos que están sujetos a altas temperaturas, también se puede usar en conexión con otros tuberías y entubados.

Los sistemas de entubado en los hornos de refinación, tales como la destilación de petróleo crudo, quebradores térmicos al vacío, viscorreductores, coquizadores retardados y similares, típicamente tienen un trayecto sinusoidal a través del horno para optimizar la exposición de los contenidos del tubo al calor; esto se conoce con frecuencia como la bobina del horno serpentina. En un horno típico o un calentador de procedimiento, el producto a tratar generalmente pasa a través de un sistema de tubos que puede ser horizontal o puede ser vertical en una dirección hacia abajo y hacia arriba o una combinación de los mismos y, en algunos hornos, la sección inicial del entubado consiste en una parte superior sección de entubado muy compacta en la que la temperatura del producto a tratar se eleva a la temperatura de tratamiento mediante calentamiento por convección. Típicamente, el producto precalentado luego pasa a una sección inferior del entubado en la que hay más espacio entre las longitudes del entubado y en esta sección los tubos se calientan por calor radiante. Típicamente, en ambas secciones, los tubos de un calentador de procedimiento constan de secciones rectas unidas por secciones de curvatura, que pueden ser semicirculares conocidas como curvas en U o pueden ser cabezales de caja con (curvas pronunciadas) giros internos de 90 grados, a veces referidos como "herraduras" y/u "orejas de mula".

Para un funcionamiento eficiente y seguro de tal un sistema tubular, es importante que los tubos se limpien periódicamente y libres de depósitos, y que también se inspeccionen para garantizar que las paredes del tubo estén libres de depósitos indeseables, anomalías en las condiciones del tubo, adelgazamiento de la pared y/o diversas formas de degradación metalúrgica. Se han realizado inspecciones en línea a través de ventanas de visualización del horno y/o durante el apagado del horno mediante el uso de una variedad de técnicas manuales utilizadas en la superficie externa limpia de las paredes del tubo. Todos estos procedimientos tienen limitaciones de utilidad, además de ser lentos y costosos. Además, cuando un horno contiene entubados muy cerrados, tal como suele ser la característica de la sección de convección de nivel superior, es imposible la inspección visual y manual de los tubos. En consecuencia, puede ser necesario reemplazar esa sección del entubado de acuerdo con la garantía del tiempo de vida provista por el proveedor, lo que puede resultar en un reemplazo innecesario del entubado y también en un tiempo de inactividad innecesario y costoso del horno.

La inspección del tubo o tubería puede realizarse secuencialmente después de la limpieza de la superficie interna del tubo o tubería. Tradicionalmente, los tubos de procedimiento de los hornos se han limpiado/descoquizado utilizando el procedimiento conocido como 'descoquización de aire a vapor'. Más recientemente, desde mediados de la década de 1990, la descoquización mecánica o descoquización de erizo mecánico se ha ganado a favor en las refinación de petróleo en todo el mundo, reemplazando ampliamente la práctica de la 'descoquización de vapor de aire'. La descoquización mecánica se lleva a cabo arrastrando un erizo mecánico abrasivo o rascador a través de la tubería o tubo para rascar los depósitos de la superficie interna de la tubería o tubo. Esto se puede lograr conduciendo el erizo mecánico abrasivo a través del tubo bajo presión de fluido, tal como la presión del agua. Por ejemplo, una unidad de limpieza que tiene tanques y bombas de agua se puede conducir a una refinación, unida con el entubado dentro de un horno de refinación para producir un circuito a través del cual el erizo mecánico de limpieza se puede conducir bajo presión de agua para que los desechos obtenidos por la operación de limpieza se retiren del sistema de entubado en la corriente de agua y se pueda separar del agua para su eliminación. La operación de limpieza puede realizarse mediante varias ejecuciones del erizo mecánico de limpieza que pueden estar en la misma dirección o en direcciones opuestas. Actualmente, después de la operación de limpieza, el sistema de entubado puede inspeccionarse en una operación separada.

Como se mencionó anteriormente, se sabe enviar un erizo mecánico a través de una tubería con el fin de limpiar cualquier bloqueo en la misma y para eliminar los depósitos no deseados que se han formado en la pared interna de la misma. Tal un dispositivo encuentra aplicación, por ejemplo, en la industria petrolera, especialmente para limpiar tubos de calentadores o hornos en una refinería. Los calentadores de refinería pueden estar sujetos a temperaturas normalmente superiores a 200 °C, y en hornos especializados las temperaturas pueden superar los 700 °C. Tales condiciones conducen a la formación de depósitos carbonosos (coque) en la pared de la tubería. Luego, se puede forzar un erizo mecánico a través de él bajo la presión de un fluido, por ejemplo agua, de modo que los depósitos se eliminen por fricción a medida que el erizo mecánico rasca a lo largo de la pared de la tubería. El documento US-A-5 924 158 divulga un erizo mecánico de ejemplo adecuado para este propósito. El erizo mecánico puede pasar a través de la tubería, unidireccional o bidireccional, varias veces para eliminar el coque. La descoquización se lleva a cabo después de que el horno se ha puesto fuera de servicio y se ha enfriado.

Sin embargo, las condiciones extremas mencionadas anteriormente, generalmente exacerbadas por el flujo presionado de petróleo crudo y materia prima semirrefinada (petróleo) a través de la tubería, pueden imponer altos niveles de tensión en la tubería. Además, la actividad de refinación a alta temperatura dentro del horno conduce a la separación del petróleo crudo en sus partes componentes, lo que puede conducir a la corrosión de la pared del tubo. La descoquización que a veces se realiza con vapor o aire también puede provocar un adelgazamiento de la pared del tubo. Además, puede haber corrosión externa de los tubos del horno radiante por la intensidad de calor localizada de los quemadores del horno, lo que puede conducir a la deslaminación del metal del tubo.

En consecuencia, se requiere una monitorización regular del estado del entubado, para asegurar que la limpieza y/o descoquizado haya sido completamente efectiva, y para asegurar que el grosor de la pared no se haya degradado materialmente por la limpieza o descoquizado o por los efectos de la operación del horno en servicio. Si se rompe un tubo del horno durante la operación en servicio, esto puede ser extremadamente peligroso y causar condiciones potencialmente mortales. Del mismo modo, si se permite que una tubería se deteriore más allá de los límites seguros, esto puede conducir, en casos extremos, a una fractura, con el tiempo de inactividad no programado costoso y disruptivo asociado. Las paradas bruscas también pueden provocar el bloqueo de la tubería a medida que los materiales del procedimiento transportados se enfrían y aumentan la viscosidad, tal vez se congelan.

La monitorización del estado del entubado o una tubería se puede llevar a cabo convencionalmente por radiografía, monitorización de precisión del flujo y la presión, imagen térmica o NDT manual (prueba no destructiva). Sin embargo, cada una de estas técnicas tiene desventajas. La NDT manual puede llevar mucho tiempo, por ejemplo, tomar 6 o 7 días completos para inspeccionar un horno completo, y también requiere que el tubo del horno se limpie abrasivamente en la pared exterior para llevar a cabo la inspección con éxito. Además, un horno normalmente necesitaría ser armado internamente para permitir que este trabajo se lleve a cabo, lo que es desventajoso en el tiempo. La imagen térmica generalmente busca puntos calientes como una indicación de contaminación, aunque el entubado de convección estrechamente empaquetado no se puede inspeccionar de esta manera. La monitorización se lleva a cabo mientras el horno está en funcionamiento, y algunas áreas del tubo pueden no ser visibles desde las ventanas de acceso. Además, el lado más alejado de los tubos no puede ser monitorizado mediante esta técnica.

También se sabe proporcionar un erizo mecánico atado con equipo de monitorización y enviarla a través de una tubería, en la cual la operación del equipo se controla desde afuera de la tubería a través de un cable umbilical, un cable de fibra óptica, por ejemplo, y en cuyas respuestas detectadas por el equipo de monitorización a bordo se transmiten a lo largo del cable a la unidad de monitorización externa. Sin embargo, tal un erizo mecánico de monitorización es voluminoso, no se puede usar en tuberías de menos de aproximadamente 6 pulgadas (15 cm) de diámetro y no puede navegar ninguna distancia útil a través de una bobina de tubo en serpentina tal como se encontrará en un calentador de procedimiento.

La publicación de solicitud de patente europea EP 2039440 A1 describe un erizo mecánico de tubería para, y un procedimiento de, monitorizar una tubería o bobina de tubo de una manera conveniente y sin igual de tiempo eficiente. El erizo mecánico se conoce como "erizo mecánico inteligente" abreviado como "IP" y esto también se utilizará en esta solicitud. El documento EP 2039440 A1 describe además cómo puede introducirse el IP en el sistema tubular después de la operación de limpieza sustituyendo el IP por el erizo mecánico de limpieza. Esto permite utilizar el mismo sistema de conducción y control de fluidos para las operaciones de limpieza e inspección, lo que ahorra tiempo y mejora la eficiencia. Este beneficio se deriva en cierta medida de la capacidad del IP para realizar su función sin la necesidad de contactar metal limpio en la pared interna del tubo. El IP produce una señal acústica que viaja a través del fluido y hace eco desde la superficie dura. El IP es capaz de distinguir entre diferentes materiales y de la interpretación de las señales, es posible hacer juicios sobre diferentes materiales que pueden aparecer en las superficies de las paredes de los tubos. En consecuencia, el IP se puede utilizar durante el transcurso de la descoquización de erizos mecánicos y solo es necesario establecer un pasaje despejado para que el IP pueda pasar de manera segura de un extremo a otro.

Esta combinación de descoquización de erizos mecánicos e inspección de erizos mecánicos por parte del IP permite al IP encontrar áreas donde permanece coque. Esto puede impactar de manera útil y valiosa en la descoquización guiando a los operadores de descoquización a áreas donde permanece la contaminación de coque, al mismo tiempo que les ayuda a evitar perder el tiempo ejecutando erizos mecánicos de raspado donde no existe coque. Esta combinación de descoquización e inspección con la misma maquinaria, equipo y mano de obra que las actividades combinadas proporciona una eficiencia de tiempo considerable.

El IP del documento EP 2039440 A1 está provisto de manguitos flexibles que ayudan al IP a pasar a través de una bobina de tubo. Esto limita el peligro de que el IP se aloje en una bobina de tubo que ha tenido su progreso interrumpido por parches de coque u otra contaminación.

El documento EP 2039440 proporciona un IP de tubería para monitorizar una tubería desde el interior de la misma, comprendiendo el IP una disposición de módulo electrónico, que puede estar encerrada dentro de una carcasa externa, en el que la disposición del módulo electrónico comprende un transmisor para transmitir señales de monitorización a la pared de la tubería, una disposición de receptor para recibir señales transmitidas devueltas desde la pared de la tubería, un microprocesador para analizar las señales recibidas, un registrador de datos para almacenar los datos analizados por el microprocesador y una fuente de potencia eléctrica para suministrar al dispositivo transmisor, receptor, microprocesador y registrador de datos.

El IP del documento EP 2039440 no depende de una fuente de potencia externa a la tubería, y puede analizar y almacenar a bordo los resultados de la monitorización para su descarga posterior cuando el IP ha salido de la tubería. Además, el IP puede producirse hasta un tamaño que le permita pasar a través de tubos con, por ejemplo, un diámetro de hasta 85 mm. Como no se requiere anclaje para el IP en el documento EP 203944 0, puede enviarse convenientemente a través de configuraciones de tubería enrevesadas de extremo a extremo, sin el riesgo de enganche.

El IP del documento EP 2039440 comprende dos secciones unidas por una junta universal. Contiene una sección de morro cónico provista de manguitos que se apoyan contra la superficie interior de la tubería para centrar el IP en la tubería y proteger la electrónica. Se proporciona una unidad receptora electrónica que está conectada a una unidad transmisora por medio de la junta universal que ayuda al IP a pasar por las posiciones de doblado en la tubería. La sección posterior está provista de un manguito de pétalo que permite que el agua fluya contra los manguitos en la sección de morro para conducir el IP a través de la tubería y también centra el IP dentro de la tubería.

En el sistema del documento EP 2039440, el erizo mecánico es conducido a través del sistema de entubado por fluido, preferiblemente presión de agua, contra la sección posterior del erizo mecánico y el extremo frontal del IP está provisto de un manguito del tractor que es un manguito cónico flexible que captura el fluido impulsor para que el IP sea conducido a lo largo del tubo. El manguito del tractor se ajusta herméticamente sobre la carcasa del erizo mecánico, que es preferiblemente de acero inoxidable. El manguito está dimensionado de manera que se ajusta herméticamente contra la pared interna del tubo y está diseñado para proporcionar una 'copa' flexible que sella firmemente contra la pared interna del tubo, independientemente de las imperfecciones anómalas en el orificio interno. El efecto de sellado del manguito del tractor aumenta a medida que aumenta la presión del fluido. El fluido llena la copa y fuerza los bordes flexibles más delgados hacia la pared del tubo, perfeccionando el sello y haciendo que el IP sea controlable y suave en su ejecución. El fluido es preferiblemente agua. El IP también está provisto de un disco posterior de 'pétalo' para permitir que el agua se inunde alrededor del carro acústico y llene los espacios entre las secciones centrales del IP y las paredes internas del tubo o tubería y los pétalos del disco deben asentarse firmemente contra la pared interior del tubo para garantizar a) protección del carro acústico contra impactos, y b) el centrado del carro dentro del tubo o tubería.

Mientras que el IP descrito en el documento EP 2039440 ha demostrado ser exitosa para la monitorización de tuberías, se ha encontrado que presenta ciertas desventajas. En primer lugar, su dirección de movimiento dentro de una tubería es unidireccional y no es posible invertir la dirección del movimiento. En segundo lugar, existen algunas dificultades para usar el IP del documento EP 2039440 en tuberías de orificio estrecho, tales como tuberías de 76 mm de diámetro o menos y, en particular, el IP no pasa fácilmente alrededor de los puentes en los extremos de la tubería, particularmente en los cabezales de caja, y algunas dificultades tienen experiencia con secciones semicirculares de orificio estrecho. En tercer lugar, el IP es más pesado de lo que se desea, especialmente porque a veces se requiere que se conduzca verticalmente hacia arriba en las tuberías que se deben inspeccionar.

La presente invención aborda estas desventajas.

Por lo tanto, la presente invención proporciona un erizo mecánico inteligente de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende un solo cuerpo que comprende un recipiente para un transmisor y un receptor para señales para monitorizar el interior de una tubería.

El uso de un IP sin ataduras con todos los componentes encapsulados dentro de un solo cuerpo permite una inspección más precisa de un intervalo más amplio de tubos de diámetros y rutas variables. Además, permite

que la dirección de desplazamiento del IP se invierta fácilmente. El uso de un solo cuerpo ha permitido una reducción en el peso del IP que resulta en un flujo más suave a través de los tubos, particularmente en la dirección vertical. De acuerdo con la invención, el cuerpo único es cilíndrico y también es simétrico y está provisto de una sección de morro en ambos extremos del cuerpo cilíndrico. La simetría no necesita ser total, una o ambas secciones de extremo pueden estar conformadas para permitir conectores electrónicos tal como una USB. El cuerpo único puede fabricarse a partir de varios componentes, por ejemplo, una configuración preferente comprende dos secciones finales entre las cuales se sella un anillo de transductores cuyas superficies están expuestas al fluido que une la superficie del transductor y el interior del tubo o tubería. La electrónica y la fuente de potencia pueden estar contenidas en compartimentos dentro de las dos secciones finales a cada lado del anillo del transductor. El anillo del transductor está sellado en su lugar por un ensamblaje que impide que el fluido ingrese al cuerpo del IP.

En una realización preferente, el cuerpo único está provisto de uno o más anillos para centralizar el IP dentro del tubo o tubería. Los anillos se proporcionan preferiblemente alrededor de la sección cilíndrica del cuerpo cilíndrico y se montan preferiblemente de manera reemplazable para que los anillos dañados se puedan reemplazar y se puedan emplear anillos de diferentes tamaños de acuerdo con el diámetro interno del tubo o tubería que se va a inspeccionar. Los anillos forman una doble función, proporcionan una superficie contra la cual puede soportar la presión del fluido que impulsa al erizo mecánico a través de la tubería y también sirven para garantizar que el erizo mecánico permanezca centralmente dentro de la tubería. Por lo tanto, es preferente que los anillos comprendan una sección interna para impulsar el erizo mecánico provisto de protuberancia que se extienda a la superficie interna de la tubería y que también proporcione espacios para el flujo del fluido impulsor. Se pueden emplear cepillos en el exterior de los anillos.

El número de anillos empleados y su posición a lo largo del cuerpo del recipiente se puede variar, aunque es preferente usar una pluralidad de anillos ubicados simétricamente a lo largo del cuerpo del recipiente. Hemos encontrado dos anillos, uno en cada extremo del recipiente o para tres o cuatro anillos distribuidos igualmente a lo largo de la superficie del recipiente es particularmente útil. Los anillos pueden ser de cualquier material adecuado, siendo especialmente adecuado el poliuretano o el nailon. Los anillos que comprenden una sección interna de una poliolefina tal como polietileno de alta densidad provisto de cepillos de nailon son particularmente útiles.

Cuando se usan cepillos, la densidad y la longitud de las cerdas pueden seleccionarse de acuerdo con el diámetro del tubo o tubería y el tipo de horno que se está inspeccionando. Los cepillos y los anillos son intercambiables para adaptarse al diámetro del tubo o tubería, lo que permite que el cuerpo único se use en tubos y tuberías de diámetro variable. En una realización preferente, los anillos internos y externos se proporcionan con los anillos internos provistos de cerdas más cortas que proporcionan una mayor rigidez que mejora la alineación del IP dentro del tubo o tubería que mejora la precisión de los datos. Se pueden proporcionar anillos con cerdas más largas en los extremos del cuerpo cilíndrico para proporcionar una mayor flexibilidad para ayudar al paso del IP a través de secciones circulares o enchufadas (cabeza de caja). Se pueden usar cepillos con cerdas de diferentes longitudes si el diámetro de la tubería cambia durante una inspección. Las cerdas pueden ser más largas y más flexibles para las secciones de mayor diámetro, de modo que puedan plegarse para pasar a través de secciones de menor diámetro.

El cuerpo cilíndrico singular puede ser de cualquier material adecuado que permita el paso de las señales transmitidas y recibidas y tenga la fuerza suficiente para soportar las presiones a las que está sometido dentro de la tubería que está inspeccionando, por ejemplo, presiones de agua hasta 17.237 bar (250 psi) o más. Sin embargo, es útil que el cuerpo sea liviano para permitir que el erizo mecánico tenga una flotabilidad neutra o casi neutra para que pueda ser conducida verticalmente hacia arriba en una tubería que está inspeccionando. Para lograr esta combinación desafiante de fuerza, resistencia al ingreso de agua y flotabilidad neutra, se ha descubierto que la fibra de carbono y el Kevlar son materiales particularmente útiles para fabricar el cuerpo cilíndrico. El cuerpo cilíndrico se puede hacer en una o más secciones que se pueden asegurar juntas después de la provisión de la electrónica.

En una realización preferente, los extremos del erizo mecánico están diseñados para permitir la unión de conos de morro que pueden ser de un tamaño y forma seleccionados de acuerdo con la tubería o tubo en el que se usan.

La electrónica tal como la fuente de potencia, circuitos, acelerómetros y otras electrónicas están sellados dentro del cuerpo único con las caras de los transductores expuestos al fluido (típicamente agua) que unen la superficie del IP con la superficie interior del tubo o tubería que se está inspeccionando. Los transductores están provistos preferiblemente de una rosca que se bloquea en un anillo roscado dentro del erizo mecánico y la unidad del transductor está provista de un ensamblaje de sello para evitar el flujo del fluido hacia el cuerpo del erizo mecánico. Además, se incluye preferiblemente en la electrónica interna un sensor de humedad, de modo que cuando el IP está conectado a un ordenador de control, el sensor de humedad puede proporcionar una indicación de la humedad interna para confirmar un interior seco o una advertencia de ingreso de agua. Aunque opcional, dicha característica adicional proporciona una valiosa protección para la compleja electrónica interna.

Ventajosamente, las señales transmitidas por el transmisor dentro del cuerpo cilíndrico son señales acústicas, preferiblemente ultrasónicas. Aunque no se prefiere, también se prevé, sin embargo, que se pueda utilizar un láser o un transmisor de radio. Es preferente que el transmisor comprenda una serie de fuentes de pulso ubicadas alrededor de la circunferencia interna del recipiente único. El número óptimo de transmisores y la frecuencia de pulso dependerán del entubado o canalización que se esté monitorizando. Sin embargo, se ha encontrado que se pueden incorporar hasta 32 transmisores en el cuerpo cilíndrico. En el sistema preferente hay 16 o 32 transductores, preferiblemente transductores de cerámica, que están espaciados equitativamente alrededor de la circunferencia interior del cuerpo cilíndrico del IP y cada transductor se maneja individualmente. En una realización, una secuencia puede comenzar con el transductor 1 enviando 8 pulsos acústicos. A medida que cada pulso recupera tres ecos, esta acción proporciona datos de 24 ecos. Entonces el transductor 2 envía sus 8 pulsos. Luego, el transductor 3 envía sus 8 pulsos, y así sucesivamente hasta que los 16 o 32 hayan enviado sus 8 pulsos cada uno. Esa es una secuencia y la secuencia puede repetirse una vez. Las dos secuencias completas alrededor de los 16 o 32 transductores forman un ciclo.

Por lo tanto, en una realización preferente, el ciclo se compone de la siguiente manera: 32 (transductores) x 8 (pulsos) x 3 (ecos) = 768 ecos por ciclo. El sistema preferente implica una opción para seleccionar una cantidad de ciclos por segundo. Por ejemplo, puede haber 10 ciclos por segundo, en cuyo caso cada segundo producirá 7.680 ecos que contienen datos de medición. El sistema de control actualmente permite un ajuste de la tasa de ganancia de hasta 10 veces, por lo tanto, produce 100 ciclos por segundo a su vez, proporcionando 76.800 ecos que contienen datos de medición.

El tamaño del erizo mecánico y el número de transductores se pueden seleccionar de acuerdo con el diámetro interior del tubo que se está inspeccionando. Se puede usar un erizo mecánico más pequeño con 16 transductores con tubos de hasta 15 cm de diámetro y un erizo mecánico de capa con 32 transductores con tubos de mayor diámetro.

Una imagen en sección transversal del tubo puede ser producida por un ciclo. En consecuencia, con el sistema descrito anteriormente puede haber desde 10 mediciones de sección transversal por segundo hasta 100 mediciones de sección transversal por segundo. Suponiendo una velocidad típica del IP de 1 metro por segundo a través de la tubería o tubo, esto produce una imagen detallada del tubo de sección transversal cada 100 mm o tan a menudo como cada 10 mm a lo largo de la longitud de la tubería o tubo. Si se desea producir imágenes más frecuentes, el IP se puede conducir más lentamente.

A una velocidad de desplazamiento de 1 metro por segundo, un IP atravesará una bobina de tubo de horno típica de 480 metros de extremo a extremo en un período de 8 minutos no más de 10. Pueden ser necesarias varias ejecuciones para monitorizar un horno completo, por ejemplo, una operación que incluye 4 ejecuciones de procedimientos separados de 480 metros que suman 1.920 metros en total (aproximadamente 6.300 pies). Es preferente incluir un acelerómetro (o agrupación de acelerómetros, generalmente tres) dentro del cuerpo único que puede ser un componente de los circuitos miniaturizados dentro del IP. Los acelerómetros dentro del cuerpo único, particularmente cuando están centrados dentro del tubo por anillos, permite una identificación precisa de la ubicación de las curvas dentro del entubado.

El IP de la presente invención permite la inversión de la dirección de desplazamiento del erizo mecánico dentro del tubo o tubería sin la necesidad de retirar el erizo mecánico del sistema de tubería. Esto proporciona la clara ventaja de que es posible realizar varias ejecuciones a través de una bobina de tubo, en lugar de solo una sin quitar el erizo mecánico, evitando así los costes del tiempo de inactividad del horno. Por lo tanto, el uso del IP equilibra el tiempo de inactividad mínimo con datos valiosos recuperados en condiciones de tubo. La presente invención puede hacer un uso valioso de su eficiencia de tiempo haciendo una segunda y tercera ejecución de escaneo. Como cada ejecución identificará un detalle de la sección transversal cada 10 mm a 100 mm (según la configuración), las ejecuciones posteriores proporcionarán una cobertura aún más completa. Si una ejecución demora aproximadamente 10 minutos, y permite el tiempo para descargar la información recopilada, un escaneo completo de la bobina demora menos de 25 minutos. Esto abre la oportunidad de realizar más escaneos sin costes de tiempo adicional. Esto es especialmente cierto cuando el escaneo del IP puede llevarse a cabo interrumpiendo la operación de limpieza de descoquizado por un corto tiempo, tal como 10 minutos; luego, mientras se realiza la descarga del escaneo, puede continuar la descoquización. Este tiempo de eficiencia se logra a través de las actividades combinadas de descoquización e inspección realizadas juntas, en un control armonioso.

Una ventaja adicional proporcionada por la fácil acción controlada hacia adelante y hacia atrás de la presente invención es la capacidad de realizar ejecuciones de escaneo en calentadores encendidos que contienen entubados de diversos tamaños. Este suele ser el caso en los calentadores encendidos de destilación al vacío, pero puede incluir otros tipos. En consecuencia, el IP se puede conducir a lo largo del entubado de un diámetro tal como 20 cm (8 pulgadas) hasta el reductor del entubado del siguiente tamaño, que probablemente sea de 15 cm (6 pulgadas). En el reductor, el IP puede detenerse y revertirse al lanzador, donde puede retirarse para descargar. Un procedimiento alternativo sería que el IP continuara desde 20 cm (8 pulgadas) hasta los 15 cm (6 pulgadas) comprimiendo los cepillos exteriores, y luego deteniéndose en la siguiente reducción, típicamente 12,5 cm (5 pulgadas) a 10 cm (4 pulgadas), para revertir al lanzador para su extracción.

La electrónica dentro del IP comprende una disposición de emisor y una disposición de receptor. El emisor envía señales a las superficies internas y externas de las paredes del tubo o tubería y éstas rebotan desde las superficies internas y externas de las paredes del tubo a la disposición del receptor. Conociendo la velocidad de desplazamiento de la señal a través de los medios que separan el emisor y el receptor de las paredes del tubo, el diámetro interno y el grosor de la pared del tubo pueden calcularse a partir de la diferencia de tiempo entre la recepción de las dos señales.

El IP utiliza preferiblemente transductores piezoeléctricos en placa simple o doble. En común con muchos dispositivos de este tipo, ya sea de mano o en otras formas corporales, el pulso acústico se transmite desde el transductor y sus ecos se recuperan, en este caso los ecos se denominan E1 y E2, junto con un tercero y eco de deterioro menos importante típicamente identificado como E3.

El eco E1 es el pulso que golpea la superficie interna dura de la pared del tubo y rebota hacia el transductor de transmisión. El tiempo necesario se mide y calcula con la velocidad conocida del sonido a través del medio. Por ejemplo, se sabe que la velocidad del sonido en agua dulce es de 1.482 m/s a 20 °C. Usando el tiempo registrado que se tarda en recuperar el eco sónico, por lo tanto, es un cálculo simple encontrar la distancia recorrida. Se puede hacer un ajuste para permitir que la mitad del diámetro del carro del transductor proporcione el radio del tubo interno como resultado. Esta medida se puede agregar a la del transductor opuesto para calcular el diámetro del tubo en ese punto.

El eco E2 es la recuperación del eco desde la pared exterior del tubo. Aproximadamente el 80% de la energía en el pulso original se repite desde la superficie dura de la pared interna del tubo. La energía restante del pulso continúa a través de la pared del tubo y produce un eco medible que rebota desde la superficie de la pared del tubo exterior.

La recuperación de este eco presenta un cálculo adicional y relativamente simple. El tiempo necesario para la transmisión y recuperación del E1 se deduce del E2 para aislar el tiempo que tarda el pulso en viajar a través de la pared del tubo desde la superficie dura interna hasta la externa. Este tiempo puede calcularse contra la velocidad conocida del sonido a través del material de la pared del tubo para producir una medición de grosor. Estas características de la tecnología acústica son ampliamente conocidas y de uso variado dentro de las prácticas industriales especializadas.

Este sistema proporciona dos beneficios particulares que permiten la recuperación y presentación de datos valiosos sobre el estado del tubo o tubería.

1. El pulso hará eco en la superficie dura de la pared interna del tubo para proporcionar E1. Es posible que esta superficie dura no sea necesariamente la pared del tubo perfectamente limpia y que pueda estar contaminando la superficie interna restante. A diferencia de muchos dispositivos de inspección, el IP de la presente invención envía su pulso sónico a las paredes del tubo a través de un medio fluido, típicamente agua. No es necesario que el transductor acústico o el sensor toquen la pared del tubo y, de hecho, esto no es deseable. El pulso viaja a través del fluido y golpea la superficie dura para hacer eco de nuevo al transductor. Por lo tanto, se produce una medición que no depende de que la superficie del tubo se limpie perfectamente a su superficie material.

2. Hay otro eco que se conoce aquí como el E3. Para la recuperación e interpretación de este eco, el IP utiliza un software particular para producir datos útiles a partir de lo que puede denominarse "eco deteriorado".

El E3 es en realidad un segundo eco repetitivo derivado del primer eco E1.

El primer eco E1 regresa de la pared interna del tubo y se recibe en el transductor para el almacenamiento y análisis de su información. Un pequeño porcentaje del eco (E1) de retorno rebota en el transductor receptor o la superficie del carro del IP y regresa por segunda vez a la pared interna del tubo. La fuerza de este pulso con eco es baja y no se mueve en una línea recta limpia. El pulso se extiende desde el transductor a un ventilador de aproximadamente 5 grados. Cuando este pulso acústico golpea la pared interna del tubo, no golpea una superficie de punto único, por lo que su eco contiene información comparativa que incluye una 'huella' acústica de la naturaleza del material de la superficie y su consistencia.

La información de retorno contenida en E3 se puede trazar en un gráfico donde el eje 0-X puede representar material blando a duro, y el eje 0-Y puede ser suave a áspero y la información se puede mostrar de manera que diferentes colores en la pantalla puede identificar los diversos tipos de imperfecciones de la pared del tubo, incluidos los tipos de corrosión que pueden existir en la metalurgia.

Un beneficio adicional de la presente invención es que se puede acceder al IP para programación y diagnóstico que permite realizar ajustes para tener en cuenta la velocidad del sonido en diferentes tipos de metal. Los tubos de procedimiento de horno se fabrican a partir de una variedad de tipos de metales, por ejemplo, ocasionalmente en áreas de baja temperatura se utiliza acero al carbono estándar; más frecuentemente se usa acero al cromo, y algunas veces se emplea acero inoxidable. Cada metal tiene una densidad compuesta ligeramente diferente y la

velocidad acústica a través de cada metal es, por lo tanto, ligeramente diferente. Por lo tanto, es (posible) deseable identificar los tipos de acero y hacer los ajustes necesarios al IP para mantener la precisión.

La disposición del receptor en la electrónica del IP puede comprender un receptor analógico para recibir las señales devueltas y un receptor digital asociado dispuesto para convertir las señales analógicas en forma digital y enviar las señales digitales al microprocesador. Por lo tanto, el receptor digital puede comprender convenientemente un convertidor de analógico a digital. La fuente de potencia comprende preferiblemente una batería, preferiblemente una batería de iones de litio que típicamente proporciona una vida útil de 8 horas y la disposición del módulo electrónico comprende ventajosamente un circuito de carga para un paquete de batería recargable que está integrado con el IP. Por ejemplo, la batería puede proporcionar hasta 2 horas de tiempo de operación dentro de la tubería, y la disposición del módulo puede proporcionarse con un cargador rápido para una máxima eficiencia en el uso del IP.

El IP de la presente invención, con su electrónica incorporada autónoma, se puede enviar convenientemente de forma bidireccional a través de orificios pequeños y entubados serpentinos y/o tuberías, y el operador puede descargar y revisar la información obtenida posteriormente, después de que el IP haya salido de la tubería. La monitorización puede llevarse a cabo después de una operación de descoquización para determinar su efectividad, y/o puede llevarse a cabo en otros momentos, por ejemplo de manera regular, para que un ingeniero de procedimientos pueda establecer una comprensión clara del desarrollo de patrones de características de la bobina del tubo y/o la tubería. De esta manera, se puede notar la erosión de la tubería antes de que ocurra de manera dañina y se puede planificar el mantenimiento preventivo en la operación normal de la tubería o tubo, evitando así el tiempo de inactividad no deseado y mejorando la gestión rentable del procedimiento de refinación, por ejemplo. Además, la inspección periódica de los tubos mediante este procedimiento conveniente y eficiente en el tiempo se puede archivar para producir tendencias de degradación de modo que se pueda pronosticar con seguridad una condición mínima, proporcionando datos para la construcción de una evaluación de vida restante informada.

La monitorización de un tubo o tubería de acuerdo con la presente invención puede completarse en tan solo 25 minutos debido al disparo rápido de la acústica que proporciona la masa de fecha necesaria. Estos datos pueden ser tamizados a alta velocidad por el software de control que luego puede presentar pantallas informativas que son paquetes de detalles valiosos.

Se utiliza preferiblemente software personalizado y patentado, y preferiblemente presenta un enlace automático en un paquete de procesamiento de texto tal como 'ms word' para que se construya automáticamente un informe de inspección a medida que avanza el escaneo acústico. De esta forma, el informe de inspección puede enviarse, por ejemplo, en CD o en forma impresa, mientras que el equipo especializado para la limpieza y la monitorización permanece en el sitio donde se está utilizando. Esto es altamente beneficioso para el procedimiento de toma de decisiones del propietario/administrador del sitio con el fin de determinar si el horno debe volver a estar en línea o en su lugar debe quedar fuera de servicio por mantenimiento.

Un problema particular con la tecnología del IP, tanto en operaciones de limpieza como de inspección, es la capacidad de ubicar la posición del erizo mecánico dentro del entubado de manera precisa y consistente. En la presente invención, el IP es preferiblemente ejecutado, operado y controlado por una máquina de unidad de bombeo especializada que alberga una sala de control que incluye todos los dispositivos para controlar el flujo y la presión del fluido. Como otro ejemplo del valor de las actividades combinadas, se incluye en estos controles el software personalizados y patentados que puede identificar la ubicación del IP dentro del tubo o tubería y puede integrar esta información con el diámetro del tubo y las mediciones de grosor de pared realizadas por el IP. El software también puede filtrar a través de las masas de datos para producir una visualización fácil de ver para ayudar en el análisis de los resultados.

En la imagen se incluyen todas las mediciones enumeradas individualmente junto con datos de referencia relevantes. Principalmente se pueden proporcionar las siguientes tres imágenes:

- Una imagen en color de disposición general de la bobina serpentina del tubo en 2D y 3D.
- Un gráfico del eje x/y para mostrar el diámetro interno y el grosor de pared de los tubos contra un nivel de tolerancia central establecido.
- Una imagen de sección transversal (con datos) del tubo en un punto dado del escaneo.

Esto permite que un observador técnico identifique áreas de anomalía en la disposición general y las partes del gráfico de tolerancia, luego dirija la atención a esa área de interés. Desde el dibujo de disposición general es posible simplemente hacer clic en un punto elegido para ser llevado instantáneamente a la sección transversal del tubo en esa ubicación particular.

El funcionamiento del sistema de la presente divulgación puede mejorar tanto la precisión como la consistencia de la determinación de la ubicación dentro del tubo. Los datos registrados incluyen evidencia de la ubicación

tomada de una variedad de fuentes electrónicas, incluyendo el tiempo registrado, acelerómetros, registros de presión/flujo, etc. Dicha información recopilada identificará la ubicación del IP dentro de los sistemas de tubos serpentinos con una precisión típica de 10 mm a 50 mm.

5 La gestión de la velocidad de movimiento del IP dentro del tubo se ayuda mediante el uso de maquinaria de inyección de fluido que está diseñada y construida para incorporar controles y engranajes para promover una presión de fluido constante y, por lo tanto, una velocidad de desplazamiento constante del IP.

10 La ubicación también puede determinarse mediante una señal de presión mediante la cual el IP se ejecuta a través de un circuito de tubo impulsado por fluido proporcionado por maquinaria de unidad de bombeo especializada asociada. Las señales de presión diferencial detectadas en el control del bombeo de fluidos, una vez filtradas e interpretadas con precisión por un software patentado, pueden proporcionar información sobre los cambios de geometría del circuito serpentino. Típicamente, el paso del IP a través de las curvas en U de 180 grados se detectará mediante la interpretación de los diferenciales de presión de fluido. Una vez que se identifica la ubicación de estas señales, la información puede integrarse con la información de ubicación por tiempo (y acelerómetro) para proporcionar evidencia de respaldo que mejore la precisión de la identificación de la ubicación del IP en todo momento durante su recorrido a través de la tubería o entubado.

15 Esto proporciona una característica valiosa que contribuye a la capacidad del operador técnico para localizar con precisión el IP y así identificar la posición en el tubo de una medición particular.

20 El software se puede usar en ordenadores portátiles dedicados en la sala de control de la máquina de la unidad de bombeo de fluidos. La información diferencial de presión de agua se puede alimentar constantemente al ordenador desde, por ejemplo, un transmisor de presión Rosemount D-1151, un transmisor Siemens Sitrans DS111 o un conmutador de presión electrónico inteligente Icenta DS400P. El conmutador de presión alimenta al ordenador una señal precisa, por ejemplo, a través de un cable blindado. La señal proporciona informes instantáneos de cambios en el fluido, generalmente el agua, la presión que impulsa el IP. La información se muestra en la pantalla en lugar de un monitor cardíaco, por lo que el movimiento irrestricto del IP en un tubo recto generalmente se mostrará como una línea plana, lo que indica una presión uniforme.

25 La monitorización de la tubería o tubo proporcionada por la presente divulgación puede integrarse con los mecanismos de limpieza de tubo que emplean un erizo mecánico de rascado o limpieza. Por ejemplo, se puede conectar un sistema de bombeo de fluido al sistema de entubado y se inserta un erizo mecánico de rascado o limpieza en el lanzador y luego se impulsa a través del sistema de entubado por medio de la presión del fluido. Se puede observar el fluido que sale del sistema de entubado y que contiene los escombros eliminados por la operación de rascado, se eliminan los escombros y se recicla el fluido limpio. En algún momento, cuando la limpieza se haya completado sustancialmente, el fluido que sale del sistema de entubado se volverá más limpio y contendrá menos desechos. En este momento, el erizo mecánico de limpieza se puede reemplazar con un IP de acuerdo con la presente invención. De esta manera, el mismo sistema de bombeo, el suministro de fluido y los sistemas de control se pueden usar tanto para la limpieza como para la inspección, lo que mejora significativamente la eficiencia del tiempo de la operación y reduce el tiempo de inactividad del horno requerido para el mantenimiento. Dado que todos los miembros de la tripulación del sitio son colegas y operan la misma maquinaria, es un procedimiento fácil y conveniente consultar sobre los cambios del erizo mecánico de limpieza y del erizo mecánico de inspección para producir los resultados más favorables.

40 El erizo mecánico inteligente de la presente divulgación (que emplea el cuerpo único) por lo tanto proporciona los siguientes beneficios además de los proporcionados por el IP del documento EP 2039440.

1 La dirección de movimiento del IP dentro de la tubería se puede revertir fácilmente sin la necesidad de eliminar el IP del sistema de tubería.

2 El IP es simple de fabricar.

45 3 El IP puede ser de fibra de carbono ligera o construcción de Kevlar y, con flotabilidad neutra o casi neutra, se conduce más fácilmente a través de sistemas de tubería, particularmente secciones verticales hacia arriba del sistema.

4 Los anillos y las unidades de cepillo se pueden reemplazar fácil y rápidamente para permitir la inspección de tubos de diferentes diámetros internos.

50 5 La unidad compacta de un solo cuerpo maniobra más fácilmente alrededor de las curvas en los sistemas de tubería, y permite el paso a través de cabezales enchufados/de caja que probablemente no serían posibles utilizando un IP de múltiples cuerpos.

6 Capacidad para atravesar diámetros de tubo de hasta 60 mm.

55 7 El IP de un solo cuerpo puede manejar más fácilmente los diámetros variables del entubado dentro de un paso o bobina serpentina, tal como la que se presenta en un horno de vacío.

8 Precisión significativamente mejorada de la ubicación dentro del sistema de tubo serpentino.

9 Protección de la electrónica interna mediante sensor de humedad.

10 Se pueden conectar conos de morro diferentes al IP de acuerdo con el tamaño y la forma de la tubería o tubo que se está inspeccionando.

5 11 Datos mejorados del acelerómetro debido al movimiento más suave del IP a través de los tubos.

12 Mayor potencia de la batería para una mayor duración de uso, junto con una mayor potencia del procesador microelectrónico y una mayor capacidad de almacenamiento de datos.

13 Tasa de captura de datos de ultrasonido aumentada significativamente para una frecuencia de medición mejorada como se forma en imágenes en las pantallas de sección transversal por 10 mm.

10 14 Mejor alineación central del IP debido a los anillos y cepillos, lo que da como resultado datos de medición mejorados.

La presente invención se ilustra haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que;

Figura 1 muestra un erizo mecánico inteligente de acuerdo con la presente invención.

Figura 2 muestra una sección transversal a través de A-A de la figura 1.

15 Figuras 3 y 4 muestra detalles adicionales del interior del IP como se muestra en la figura 1.

La figura 1 muestra un IP de acuerdo con la presente invención que comprende un cuerpo (1) cilíndrico provisto de conos de morro (2) y (3) en cada extremo y que comprende un anillo de 16 transductores (4) y adicionalmente provisto de cuatro anillos (5), (6), (7) y (8) que a su vez se forman con cerdas (9) de cepillo en sus extremidades.

20 La figura 2 muestra una sección a través del IP que se muestra en la figura 1 y que comprende un cuerpo (1) cilíndrico hecho de resina epoxídica reforzada con fibra que contiene un anillo de 16 transductores (4) y que proporciona además un compartimento (10) para la electrónica que comprende placas de circuito que contienen los circuitos (no mostrados), acelerómetros (no mostrados) y opcionalmente sensores de humedad y termopares. Se proporciona un compartimento (11) adicional para la fuente de potencia, típicamente baterías de iones de litio.

25 La figura 3 muestra detalles adicionales para los compartimentos ilustrados en la figura 2 que muestran las baterías (14) de iones de litio y muestra cómo se puede proporcionar un conector (12) micro USB en un extremo de la unidad. El anillo del transductor está sellado dentro del cuerpo individual por una brida (13) de sellado.

La figura 4 muestra cómo se pueden proporcionar surcos (15) en el cuerpo individual para recibir los anillos de ubicación de una manera que les permita ser reemplazables.

**REIVINDICACIONES**

1. Un erizo mecánico inteligente que comprende un solo cuerpo (1) que comprende un transmisor (4) y un receptor (10) para señales para monitorizar el interior de un tubo o una tubería, en el que el cuerpo del erizo mecánico es cilíndrico,
- 5 **caracterizado porque**
- El cuerpo (1) es simétrico y está provisto de una sección de morro en ambos extremos del cuerpo cilíndrico.
2. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende una envoltura que contiene componentes electrónicos y fuente de potencia en la que el transmisor comprende un anillo de transductores (4) cuyas superficies están expuestas en el que el anillo de transductores está sellado entre las secciones de extremo de la envoltura para proporcionar el cuerpo único.
- 10 3. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 que contiene un sensor de humedad.
4. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores provisto de uno o más anillos (5), (6), (7) y (8) externos para centralizar el erizo mecánico dentro del tubo o tubería.
- 15 5. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en la que el cuerpo es cilíndrico y se proporcionan anillos alrededor de la sección cilíndrica del cuerpo (1) cilíndrico.
6. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en la que los anillos comprenden una sección sólida interna provista de protuberancias que se extienden a la superficie interna de la tubería y proporcionan espacios para el flujo de un fluido impulsor.
- 20 7. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6 en la que se emplean cepillos (9) en el exterior de los anillos.
8. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en la que los anillos internos y externos están provistos de anillos internos con cerdas (9) más cortas.
- 25 9. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que se proporcionan anillos con cerdas (9) más largas en los extremos del cuerpo cilíndrico.
10. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en la que el cuerpo del erizo mecánico es de fibra de carbono y/o Kevlar.
11. Un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en la que los extremos del erizo mecánico permiten la fijación de diferentes conos de morro (2,3).
- 30 12. Un procedimiento para monitorizar la superficie interior de un tubo o tubería que comprende pasar a través de esta un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 que comprende limpiar secuencialmente la superficie interior de un tubo o tubería con un erizo mecánico de limpieza e inspeccionar la superficie interior del tubo o tubería con un erizo mecánico inteligente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 35 14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que se usa la misma fuerza impulsora para el erizo mecánico de limpieza y el erizo mecánico inteligente.

FIGURA 1

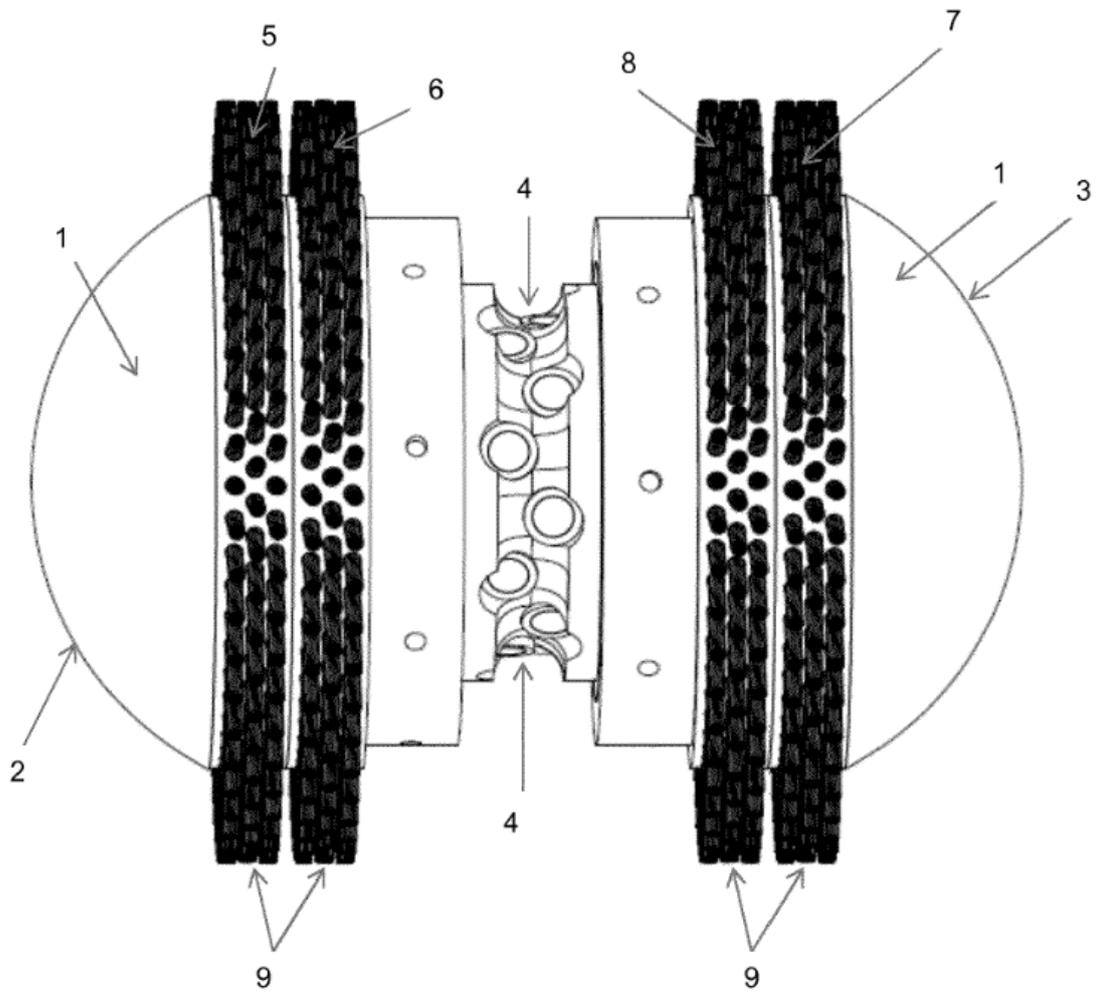


FIGURA 2

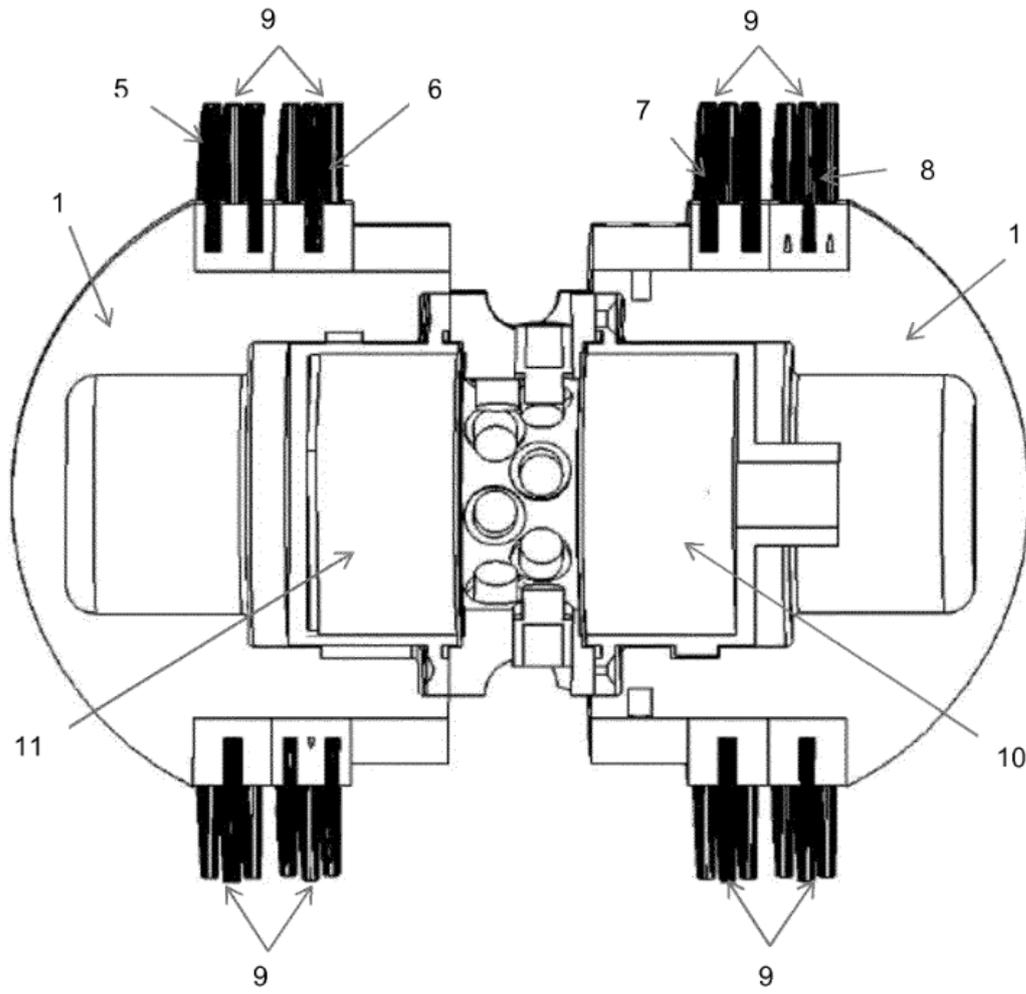


FIGURA 3

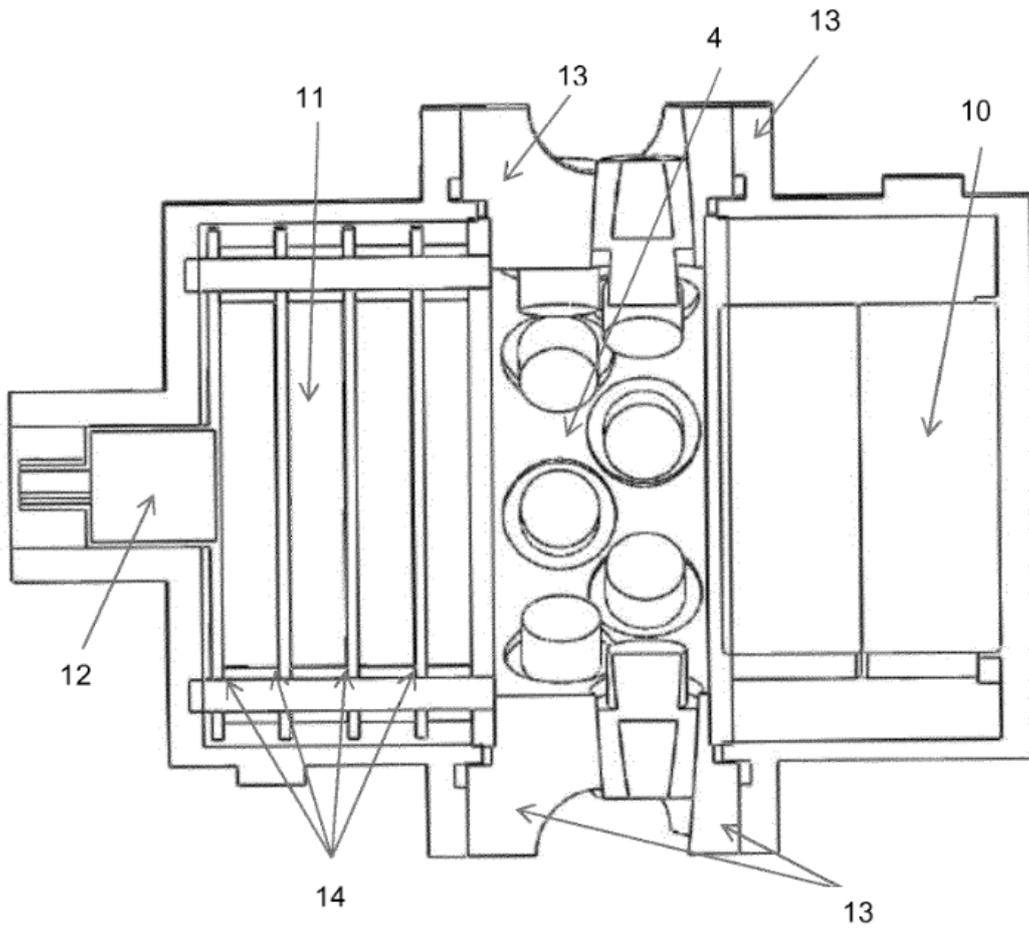


FIGURA 4

