

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 771 350**

51 Int. Cl.:

B08B 3/10 (2006.01)

B08B 3/12 (2006.01)

B08B 7/02 (2006.01)

B08B 9/02 (2006.01)

B08B 9/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2014 PCT/US2014/028664**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14144315**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2014 E 14764658 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 2969271**

54 Título: **Limpieza ultrasónica de recipientes y tubos**

30 Prioridad:
15.03.2013 US 201361787238 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.07.2020

73 Titular/es:
**DOMINION ENGINEERING, INC. (100.0%)
12100 Sunrise Valley Drive, Suite 220
Reston VA 20191, US**

72 Inventor/es:
**KANEDA, SOTARO;
COLLIN, JEAN E.;
LUSZCZ, JOSHUA M.;
CASAREZ, CHRISTOPHER R.;
KREIDER, MARC A.;
VARRIN, JR., ROBERT D. y
GROSS, DAVID J.**

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 771 350 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

Limpieza ultrasónica de recipientes y tubos

Antecedentes

Campo de la invención

5 Esta invención se relaciona con el uso de energía acústica generada por transductores ultrasónicos para limpiar (o prevenir la formación de) depósitos que se acumulan en las superficies de tubos, recipientes, u otros componentes en sistemas industriales. Más particularmente, la invención se relaciona con la aplicación de energía ultrasónica a tales tubos, recipientes u otros componentes usando una unión no permanente entre los transductores y los componentes.

Breve resumen de la invención

10 Los recipientes, tubos, y componentes usados en sistemas industriales para contener y transportar líquido y/o vapor están frecuentemente sujetos a la acumulación de depósitos formados a través de procesos tales como precipitación química, corrosión, ebullición/evaporación, sedimentación en partículas, y otros mecanismos de deposición. La acumulación de tales depósitos puede tener un amplio rango de consecuencias adversas, incluyendo pérdida de eficiencia de transferencia de calor, obstrucción de trayectorias de flujo, y contaminación química o radiactiva de corrientes de flujo o personal, entre otros. Por consiguiente, el retiro y/o prevención efectiva de tales depósitos con interrupción mínima del sistema en el cual está situado el recipiente o tubería (por ejemplo, evitar actividades de mantenimiento costosas y que consumen mucho tiempo, reducir tiempo inactivo del sistema, etc.) es con frecuencia una prioridad para muchos operadores de instalaciones industriales.

20 Una de tales aplicaciones que se ha visto afectada negativamente por depósitos involucra el tratamiento de desechos líquidos radiactivos producidos durante la operación de una central eléctrica con reactor de agua presurizada (PWR). Los operadores de plantas con PWR comúnmente desean procesar estos desechos líquidos en una forma sólida. Métodos para crear los desechos sólidos incluyen la solidificación de asfalto (por ejemplo, de acuerdo con el método descrito en la Patente de los Estados Unidos No. 4,832,874) y solidificación de cemento (por ejemplo, de acuerdo con Kaneko, et al. [1]). Los objetivos principales de estos procesos son lograr una forma estable, sólida que requiera menos volumen que el líquido original como un medio para facilitar el almacenamiento y/o eliminación segura.

25 La reducción de volumen en los procesos de solidificación de desechos de PWR a menudo involucra el uso de un evaporador de película por frotación como un medio para retirar el agua de la corriente de desechos y permitir que los desechos sólidos separados se procesen además. Un evaporador típico de película por frotación incluye: a) un recipiente cilíndrico con un eje orientado verticalmente; b) una camisa de calentamiento que consiste en una carcasa que rodea el recipiente, formando una región anular entre el recipiente y la carcasa; c) un tubo de alimentación de desechos líquidos que está conectada a la parte superior del recipiente; d) un árbol giratorio central alineado con el eje del recipiente; e) una serie de cuchillas de frotación fijadas al eje giratorio central; f) un tubo de extracción de vapor dispuesto en el extremo superior del recipiente el cual permite que el agua evaporada de la corriente de desechos salga del recipiente; y g) un tubo de salida de desechos sólidos dispuesto en la base del recipiente.

30 Los procesos básicos mediante los cuales opera el evaporador de película por frotación pueden describirse con la siguiente secuencia: 1) los desechos de PWR líquidos ingresan al evaporador a través del tubo de alimentación de desechos, 2) esta corriente de desechos entrantes entra en contacto con el árbol giratorio central y, a través de la acción giratoria del árbol, es guiada a las paredes internas del recipiente, con lo cual desciende bajo la acción de gravedad; 3) las paredes internas del recipiente se calientan a través del contacto con vapor presurizado o aceite contenido dentro de la camisa de calentamiento; 4) los desechos líquidos se calientan a su vez por contacto con las paredes internas de recipiente a medida que descienden; 5) los desechos líquidos alcanzan su punto de ebullición, creando tanto vapor, que ahora asciende hacia arriba a través del recipiente, como depósitos de desechos sólidos, que se acumulan en las paredes internas de recipiente; y 6) las cuchillas de frotación, fijadas al árbol giratorio central, liberan los depósitos de desechos sólidos que se han acumulado en las paredes de recipiente, permitiéndoles descender a la base del recipiente bajo la acción de gravedad y luego salir del recipiente a través del tubo de salida de desechos para procesamiento adicional.

35 Debido a la naturaleza de su función esencial de crear sólidos a través de la ebullición algunos operadores han encontrado que los evaporadores de película por frotación usados en el tratamiento de desechos líquidos de PWR pueden estar sujetos a la acumulación excesiva de depósitos de desechos en diversas superficies de componentes internos además de las paredes internas de recipientes. Estos depósitos pueden afectar negativamente las características de transferencia de calor del evaporador, obstruir trayectorias de flujo, e impedir de otro modo el funcionamiento adecuado del evaporador y la tubería y equipo conectados.

40 Por consiguiente, se requiere algún medio para retirar estos depósitos. Un método consiste en el desensamblaje parcial del evaporador seguido por el retiro manual de los depósitos de las superficies afectadas con herramientas manuales. Sin embargo, este método tiende a ser costoso y a involucrar la exposición de trabajadores a un riesgo aumentado de contaminación con los depósitos radiactivos que están retirando de las superficies de componentes de evaporador. Un segundo método involucra el uso de tecnología de punción por agua. Sin embargo, esta metodología

típicamente requiere que el evaporador se limpie fuera de operación con actividades de intenso trabajo, genera desechos líquidos adicionales debido a la contaminación del agua de limpieza, aumenta el riesgo de contaminación de personal (por ejemplo, a través de generación de aerosoles), y potencialmente aumenta el tiempo inactivo del equipo. La efectividad de punción por agua también está restringida a aquellas superficies de evaporador a las cuales los chorros de punción por agua tienen acceso de línea de visión.

Un método que tiene el potencial de superar las restricciones de línea de visión y riesgos de contaminación de personal es el uso de tecnología de limpieza ultrasónica. Los transductores ultrasónicos se han usado como un medio para retirar eficientemente depósitos no deseados de las superficies durante muchos años en una variedad de aplicaciones. En muchos casos, estas aplicaciones involucran el uso de transductores ultrasónicos sumergidos en un medio líquido, de tal manera que la energía acústica se transmite desde los transductores al medio líquido y luego desde el medio líquido a la superficie de componente que contiene el depósito. Ejemplos de esta metodología incluyen la limpieza de intercambiadores de calor tales como intercambiadores de calor de carcasa y tubo de acuerdo con los métodos y dispositivos descritos en las Patentes de los Estados Unidos No. 4,244,749; 4,320,528; 6,290,778; y 6,572,709 así como muchas de las referencias citadas en las mismas. Otros ejemplos de tecnologías de limpieza ultrasónica que usan el medio líquido para transmitir energía acústica directamente a la superficie objetivo incluyen aplicaciones que involucran otros componentes o procesos industriales tales como limpieza de partes metálicas (por ejemplo, Publicación Japonesa No. 4-298274(A)) y el retiro de películas orgánicas de tubos (por ejemplo, Publicación Japonesa No. 7-198286).

En muchas aplicaciones, incluyendo como un ejemplo el evaporador de película por frotación para tratar desechos líquidos de PWR descritos anteriormente, las superficies internas de recipientes o tubos no son fácilmente accesibles para instalar sistemas de limpieza ultrasónicos convencionales, haciendo difícil y/o poco práctico transmitir directamente energía acústica desde un transductor ultrasónico a través de un medio líquido dentro del recipiente o tubo (y luego a la superficie que contiene los depósitos que van a ser limpiados). También, como se describió anteriormente para el evaporador de película por frotación, se desea limpiar durante la operación del sistema (es decir, "limpieza en operación") para minimizar el tiempo inactivo del equipo, haciendo de nuevo difícil o poco práctico implementar transductores que transmitan energía acústica a un medio líquido y luego a las superficies que contienen depósitos dentro de los recipientes tal como el recipiente de evaporador de película por frotación. Además, el fluido dentro del recipiente puede ser de dos fases (vapor y líquido), haciendo difícil transmitir energía acústica desde los transductores ubicados dentro del recipiente hasta las superficies objetivo.

La técnica anterior indica que el uso de transductores ultrasónicos externos al recipiente, tubo, o superficie de componente es una opción para aplicaciones de limpieza en operación. Específicamente, la Patente de los Estados Unidos No. 4,762,668 describe un dispositivo ultrasónico para la limpieza en operación de boquillas de flujo Venturi montadas en un tubo. Esa patente describe el montaje de múltiples transductores ultrasónicos en la superficie externa del tubo, con el resonador de cada transductor ultrasónico colocado en contacto con la superficie exterior de la boquilla Venturi (ubicada concéntricamente dentro del tubo) a través de la carga por resorte.

Un segundo ejemplo de la técnica anterior relacionado con el uso de transductores externos es la Publicación de Patente Japonesa No. 2005-199253, la cual describe una invención que involucra un transductor ultrasónico montado externamente capaz de producir campos acústicos uniformes en el líquido contenido dentro del contenedor tubular (tal como un tubo) y de esa manera aumentar la eficiencia de procesamiento de líquidos dentro del contenedor tubular (por ejemplo, emulsificación, reacciones químicas, tratamiento de aguas residuales). Esta invención describe la fijación del transductor ultrasónico al tubo con una pinza que se aprieta con conexiones roscadas tales como tornillos o pernos.

Las invenciones descritas tanto en la Patente de los Estados Unidos No. 4,762,668 como en la Publicación de Patente Japonesa No. 2005-199253 dependen del contacto de superficie a superficie entre el resonador del transductor y la pared exterior del componente a través del cual se transmiten las ondas ultrasónicas. Debido a la irregularidad inherente de incluso superficies cuidadosamente pulidas, el área real de contacto entre el resonador y el componente es típicamente muy pequeña, limitando la eficiencia con la cual se puede suministrar energía ultrasónica al componente objetivo. Adicionalmente, la fricción entre las superficies en contacto genera calor, limitando además la eficiencia de transmisión. Estas reducciones en la eficiencia de transmisión requieren que se ingrese energía adicional al transductor ultrasónico, haciendo potencialmente que las soluciones ultrasónicas sean poco prácticas, particularmente en los casos donde el grosor de pared de componente es grande. También, la dependencia del contacto de superficie a superficie para la transmisión de energía ultrasónica puede alterar de manera impredecible las características dinámicas del sistema transductor/componente. Tal imprevisibilidad puede ser un problema en aplicaciones donde los estrés inducidos en el componente objetivo por la aplicación ultrasónica deben limitarse para asegurar la integridad de componente a largo plazo. Esto es particularmente importante en vista de investigación reciente que ha demostrado que la mayoría de los materiales no exhiben un límite de fatiga (es decir, un estado de estrés en el cual se puede aplicar un número ilimitado de cargas cíclicas sin dar como resultado una falla por fatiga del componente) (véase, Kazymyrovych, [2]).

Algunos otros métodos para fijar el resonador de transductor a la pared exterior, tales como conexiones roscadas (por ejemplo, pernos), también dependen del contacto de superficie a superficie y por lo tanto sufren los mismos problemas con una eficiencia de transmisión reducida. Adicionalmente, tales métodos requieren modificaciones permanentes en la pared exterior del recipiente o componente para facilitar la fijación.

Métodos existentes para superar las limitaciones asociadas con el contacto de superficie a superficie como un medio de transmisión de energía ultrasónica incluyen soldadura y soldadura con bronce. El desarrollo de materiales magnetostrictivos para generar energía ultrasónica en las décadas de 1950 y 1960 condujo a aplicaciones en las cuales el transductor está unido a la superficie objetivo a través de soldadura o soldadura con bronce. Sin embargo, en ciertas aplicaciones, estos métodos de fijación requieren una entrada de calor significativa al componente objetivo, lo cual puede alterar las propiedades metalúrgicas, estado de estrés, y/o dimensiones del componente. Tales cambios pueden ser indeseables en ciertas aplicaciones, donde, por ejemplo, los cambios en el campo de estrés inducidos por soldadura deben calificarse como aceptables a través de costosas técnicas de análisis y/o inspección. En otras aplicaciones, la distorsión geométrica inducida por soldadura o soldadura con bronce puede conducir a interferencias o hacer de otro modo que el equipo no funcione. Adicionalmente, el uso de soldadura en particular hace que la instalación de transductor sea permanente en el sentido de que se deben llevar a cabo alteraciones importantes en el componente para retirar el transductor. Por último, el uso de modificaciones de soldadura a componentes industriales con frecuencia involucra procedimientos de campo extensivos así como procesos de aprobación de proveedores de componentes y/o operadores costosos y que consumen mucho tiempo.

Otro método alternativo para superar las limitaciones de contacto de superficie a superficie es el uso de adhesivos convencionales. Tales adhesivos se usan para montar transductores ultrasónicos para una variedad de aplicaciones. Sin embargo, estos adhesivos pueden no ser adecuados para todas las aplicaciones que requieren montaje externo de transductor debido a las propiedades dinámicas de material de los adhesivos (incluyendo una rigidez estructural relativamente baja), cambios a largo plazo en estas propiedades después de la exposición a vibración, y/o limitaciones de temperatura asociadas con el material adhesivo.

El documento JP 2002 267089 A divulga un tubo portador de líquido que comprende este dispositivo de tubo portador de líquido provisto de un cuerpo de tubo portador de líquido y un vibrador fijado a su parte de superficie circunferencial externa. El vibrador aplica vibración al cuerpo de tubo portador de líquido de tal manera que previene o suprime la materia foránea incluida en el líquido transportado para ser descargado a su través de la adhesión y apilamiento en la cara circunferencial interna de tubo portador de líquido. La vibración se propaga a todo el cuerpo de tubo portador de líquido de tal manera que sea efectiva en todo el cuerpo de tubo portador de líquido. La vibración se aplica al cuerpo de tubo portador de líquido en su limpieza de tal manera que limpie eficientemente la materia foránea pegada a la cara circunferencial interna.

El documento JP 2005 199253 A divulga un aparato de tratamiento de líquido ultrasónico, que está provisto con un recipiente de tratamiento tubular, un oscilador para generar ondas ultrasónicas, y una pinza que tiene el oscilador y que sujeta la superficie externa del recipiente de tratamiento tubular. La pinza transmite vibraciones generadas por el oscilador al recipiente de tratamiento tubular e irradia las ondas ultrasónicas desde las superficies internas y externas con el recipiente de tratamiento tubular como una superficie radiante.

El documento US 2005/109368 A1 divulga un sistema de limpieza ultrasónica, que incluye un tanque compuesto de cuarzo o carburo de silicio y uno o más transductores ultrasónicos con manguito montados en el tanque. El transductor ultrasónico con manguito tiene una masa de cabeza de dos partes, que incluye un manguito roscado y un alojamiento externo que está compuesto de diferentes materiales. El manguito roscado es preferiblemente un metal que proporciona una resistencia de rosca superior para el emparejamiento con un perno de compresión, mientras que el alojamiento exterior es preferiblemente carburo de silicio u otro material cerámico que proporciona una buena coincidencia de expansión térmica al tanque para facilitar la unión por adhesivo del transductor al tanque.

El documento US 2008/283084 A1 divulga un método y aparato para retirar sedimentos, agentes que originan incrustaciones y similares del fluido, en particular líquido, ductos y/o tanques, en donde el método comprende aplicar una vibración de ultrasonido a una pluralidad de puntos de la estructura, ducto o tanque que va a ser tratado, siendo dicha vibración de ultrasonido aplicada continuamente fuera de la estructura a una frecuencia y potencia dadas.

El documento EP 0 427 608 A1 divulga un dispositivo que consiste en un alojamiento sellado que se puede aplicar de manera removible a la pared del aparato, la forma de todos o algunos de los cuales se ajusta con exactitud. Comprende al menos un elemento vibrante que consiste en una tableta cerámica piezoeléctrica conectada a un oscilador. Este último posee medios para la excitación selectiva del elemento vibrante y puede o puede no estar situado a una distancia del alojamiento. El elemento vibrante se usa para detectar la ausencia o la presencia de agua.

Aspectos de realizaciones de la presente invención pueden incluir métodos mediante los cuales uno o más transductores ultrasónicos, que pueden incluir (pero no están limitados a) aquellos que contienen elementos activos piezocerámicos, pueden unirse a la superficie externa de un componente con un medio no permanente que es capaz de transmitir energía acústica a través de la pared de componente, y de esa manera inducir tanto vibración de la pared de componente como cavitación dentro de un líquido en el lado opuesto de la pared de componente, de manera más eficiente que con el contacto de superficie a superficie en la ausencia de la unión no permanente. El método de unión no permanente asociado con la presente invención puede instalarse y retirarse sin la entrada de calor, distorsión geométrica, o cambio en el estado de estrés asociado con soldadura o soldadura con bronce.

En detalle la invención proporciona un método para limpiar un recipiente que tiene depósitos en una superficie interior del mismo, que comprende unir de manera removible un transductor ultrasónico a una pared externa del recipiente

- 5 mediante el uso de un material de unión; usar el transductor ultrasónico para producir energía ultrasónica acoplada a la pared de recipiente de tal manera que al menos una porción de la energía ultrasónica se transmita a la superficie interior, en donde el material de unión es un material de unión removible, formado a partir de un material que es estructuralmente más débil que la pared de recipiente, haciéndolo selectivamente frágil de tal manera que sea removible sin daño significativo a la pared de recipiente.
- 10 La invención también proporciona un sistema para limpiar un recipiente que tiene depósitos en una superficie interior del mismo, que comprende un transductor ultrasónico, unido de manera removible a una pared externa del recipiente mediante un material de unión; un controlador, configurado y dispuesto para hacer que el transductor ultrasónico produzca energía ultrasónica para acoplarse a la pared de recipiente de tal manera que al menos una porción de la energía ultrasónica se transmita a la superficie interior, en donde el material de unión es un material de unión removible, formado a partir de un material que es estructuralmente más débil que la pared de recipiente, haciéndolo selectivamente frágil de tal manera que sea removible sin daño significativo a la pared de recipiente.
- Breve descripción de los dibujos
- 15 Una realización de ejemplo de los métodos que pueden utilizarse en la práctica de la invención se abordan a continuación con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:
- La figura 1 ilustra una realización de ejemplo de acuerdo con la invención como se aplica a un recipiente tal como el asociado con un evaporador de película por frotación;
- La figura 2 ilustra un evaporador típico de película por frotación usado para aislar productos de desechos sólidos de una corriente de desechos líquidos.
- 20 Debe anotarse que estas figuras están previstas para ilustrar las características generales asociadas con una realización de ejemplo de la invención y de esa manera complementan la descripción escrita que se proporciona a continuación. Sin embargo, estos dibujos no están a escala, pueden no reflejar con precisión las características de cualquier realización dada, y no deben interpretarse como que definen o que limitan el rango de valores o propiedades de realizaciones dentro del alcance de esta invención.
- 25 Descripción de una realización de ejemplo
- Una realización de acuerdo con aspectos de la presente invención se ilustra en la figura 1. La figura muestra el resonador 2 de un transductor ultrasónico conectado a una pared 1 de recipiente con una unión 3 no permanente. También se muestra un soporte 5 estructural que aplica una carga de compresión a la unión 3 no permanente contra la pared 1 de recipiente. El elemento 4 transductor activo y la conexión 6 de señal ultrasónica también se ilustran en esta realización de ejemplo. La unión 3 no permanente se selecciona para proporcionar un acoplamiento suficiente para permitir la transmisión de la energía ultrasónica desde el transductor hasta el recipiente. Adicionalmente, la unión se selecciona de tal manera que sea removible sin daño significativo a la pared de recipiente. A este respecto, la unión se forma a partir de un material que es estructuralmente más débil que la pared de recipiente, haciéndolo selectivamente frágil.
- 30 Una o más realizaciones de la invención pueden emplear transductores ultrasónicos, que incluyen (pero no se limitan a) aquellos con elementos activos piezocerámicos, que operan a frecuencias de entre 10 kHz y 140 kHz o más. El transductor puede configurarse y disponerse para producir frecuencias y/o rangos variables de frecuencias (es decir, señales de banda ancha o banda estrecha en vez de banda única).
- 35 Se pueden usar una o más realizaciones de la invención a temperaturas elevadas hasta y en algunos casos por encima de las temperaturas de operación de sistemas objetivo tales como evaporadores de película por frotación (por ejemplo, por encima de 100°C).
- 40 Se pueden usar una o más realizaciones de la invención para transmitir eficientemente energía acústica a través de componentes en paredes gruesas (por ejemplo, al menos 10 mm).
- 45 En una o más realizaciones de la invención, la eficacia y/o fiabilidad del método de unión no permanente se puede mejorar a través de carga compresiva continua de la unión. Tal carga puede producirse por medio del montaje de hardware, accionadores, y/u otros componentes estructurales configurados y dispuestos para desviar el transductor hacia la superficie del recipiente, comprimiendo de esa manera la unión.
- 50 En una o más realizaciones de la invención, se puede implementar una pluralidad de transductores ultrasónicos como un único sistema en un recipiente o componente. La pluralidad de transductores puede operar a frecuencias y/o potencias independientes, puede accionarse conjuntamente, y/o puede emplearse como un arreglo paramétrico para generar efectos de interferencia constructivos y/o destructivos direccionados.
- Una o más realizaciones de la invención pueden operar de manera continua o intermitentemente sin intervención manual por operadores del sistema. En realizaciones, el proceso de limpieza puede realizarse mientras el sistema o

recipiente está en uso, mientras que en metodologías alternativas, puede realizarse durante una pausa en las operaciones.

5 Realizaciones de la presente invención se pueden aplicar a los recipientes de evaporadores de película por frotación usados para tratar los desechos líquidos de PWR. Un evaporador típico de película por frotación se muestra en la figura 2, con recipiente 10 cilíndrico, camisa 12 de calentamiento, tubo 13 de alimentación de desechos líquidos, árbol 14 giratorio central, cuchillas 15 de frotación, tubo 16 de extracción de vapor, y tubo 17 de salida de desechos sólidos. Sin embargo, la aplicabilidad de la invención no está limitada a los evaporadores de película por fricción. Los experimentados en la técnica reconocerán el uso potencial de la invención con diversos recipientes, tubería, y componentes en aplicaciones industriales variadas relacionadas con la generación de potencia y la industria de procesos químicos.

10 Realizaciones de la presente invención pueden involucrar un soporte estructural no permanente de las estructuras existentes en el exterior del recipiente objetivo, tal como una conexión con rebordes.

Referencias citadas

15 1. Kaneko, M., M. Toyohara, T. Satoh, T. Noda, N. Suzuki, and N. Sasaki, "Development of High Volume Reduction and Cement Solidification Technique for PWR Concentrated Waste," paper presented at the Waste Management '01 Conference held in Tucson, AZ, February 25-March 1, 2001.

2. Kazymyrovych, V., Very High Cycle Fatigue of Engineering Materials, Karlstad, Sweden: Karlstad University Studies, 2009. ISBN 978-91-7063-246-4.

REIVINDICACIONES

1. Un método para limpiar un recipiente que tiene depósitos en una superficie interior del mismo, que comprende:
unir de manera removible un transductor (4) ultrasónico a una pared (1) externa del recipiente mediante el uso de un material de unión;
- 5 2. Un método según la reivindicación 1, en donde la porción transmitida de la energía ultrasónica se aplica durante un tiempo y a una densidad de potencia suficiente para efectuar el retiro de al menos una porción de los depósitos.
- 10 3. Un método según la reivindicación 2, en donde los actos respectivos se realizan hasta que se retiren al menos 50% de los depósitos.
- 15 4. Un método según la reivindicación 1, en donde la energía ultrasónica está en un rango de frecuencia entre 10kHz y 140kHz.
- 20 5. Un método según la reivindicación 1, en donde la unión removible comprende unir el transductor (4) ultrasónico al recipiente con un material que es estructuralmente más débil que un material de la pared (1) externa del recipiente.
- 25 6. Un método según la reivindicación 1, en donde la unión removible comprende unir el transductor (4) ultrasónico al recipiente con un material que se selecciona para poder instalarse y retirarse sin distorsión geométrica o cambio en el estado de estrés de la pared (1) externa.
- 30 7. Un sistema para limpiar un recipiente que tiene depósitos en una superficie interior del mismo, que comprende:
un transductor (4) ultrasónico, unido de manera removible a una pared (1) externa del recipiente mediante un material (3) de unión;
un controlador, configurado y dispuesto para hacer que el transductor (4) ultrasónico produzca energía ultrasónica para acoplarse a la pared (1) de recipiente de tal manera que al menos una porción de la energía ultrasónica se transmita a la superficie interior,
en donde el material de unión es un material de unión removible, formado a partir de un material que es estructuralmente más débil que la pared (1) de recipiente, haciéndolo selectivamente frágil de tal manera que sea removible sin daño significativo a la pared (1) de recipiente.
- 35 8. Un sistema según la reivindicación 7, en donde el transductor y controlador están configurados y dispuestos para producir la energía ultrasónica en un rango de frecuencia entre 10kHz y 140kHz.
- 40 9. Un sistema según la reivindicación 7, en donde el transductor (4) ultrasónico está unido de manera removible a la pared (1) externa del recipiente con un material de unión que es estructuralmente más débil que un material de la pared (1) externa del recipiente.
- 45 10. Un sistema según la reivindicación 7, en donde el transductor ultrasónico está unido de manera removible a la pared (1) externa del recipiente con un material de unión que se selecciona para poder instalarse y retirarse sin distorsión geométrica o cambio en el estado de estrés de la pared externa.
11. Un sistema según la reivindicación 7, en donde el material de unión removible que se selecciona para, en uso, proporcionar una unión removible entre el transductor ultrasónico y una pared (1) externa del recipiente.
12. Un sistema según la reivindicación 11, en donde el transductor y controlador están configurados y dispuestos para producir la energía ultrasónica en un rango de frecuencia entre 10kHz y 140kHz.
13. Un sistema según la reivindicación 11, en donde el transductor (4) ultrasónico está unido de manera removible a la pared (1) externa del recipiente con un material de unión que es estructuralmente más débil que un material de la pared (1) externa del recipiente.
14. Un sistema según la reivindicación 11, en donde el transductor (4) ultrasónico está unido de manera removible a la pared (1) externa del recipiente con un material de unión que se selecciona para poder instalarse y retirarse sin distorsión geométrica o cambio en el estado de estrés de la pared externa.

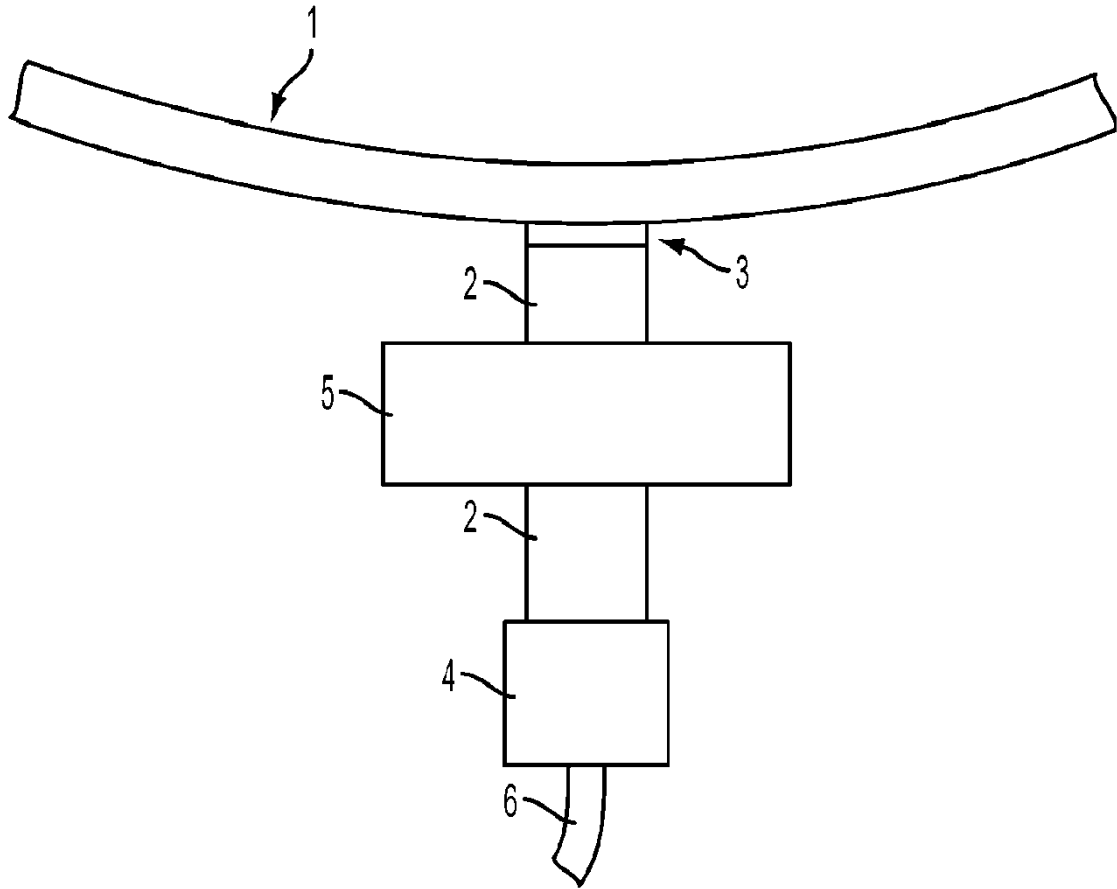


FIG. 1

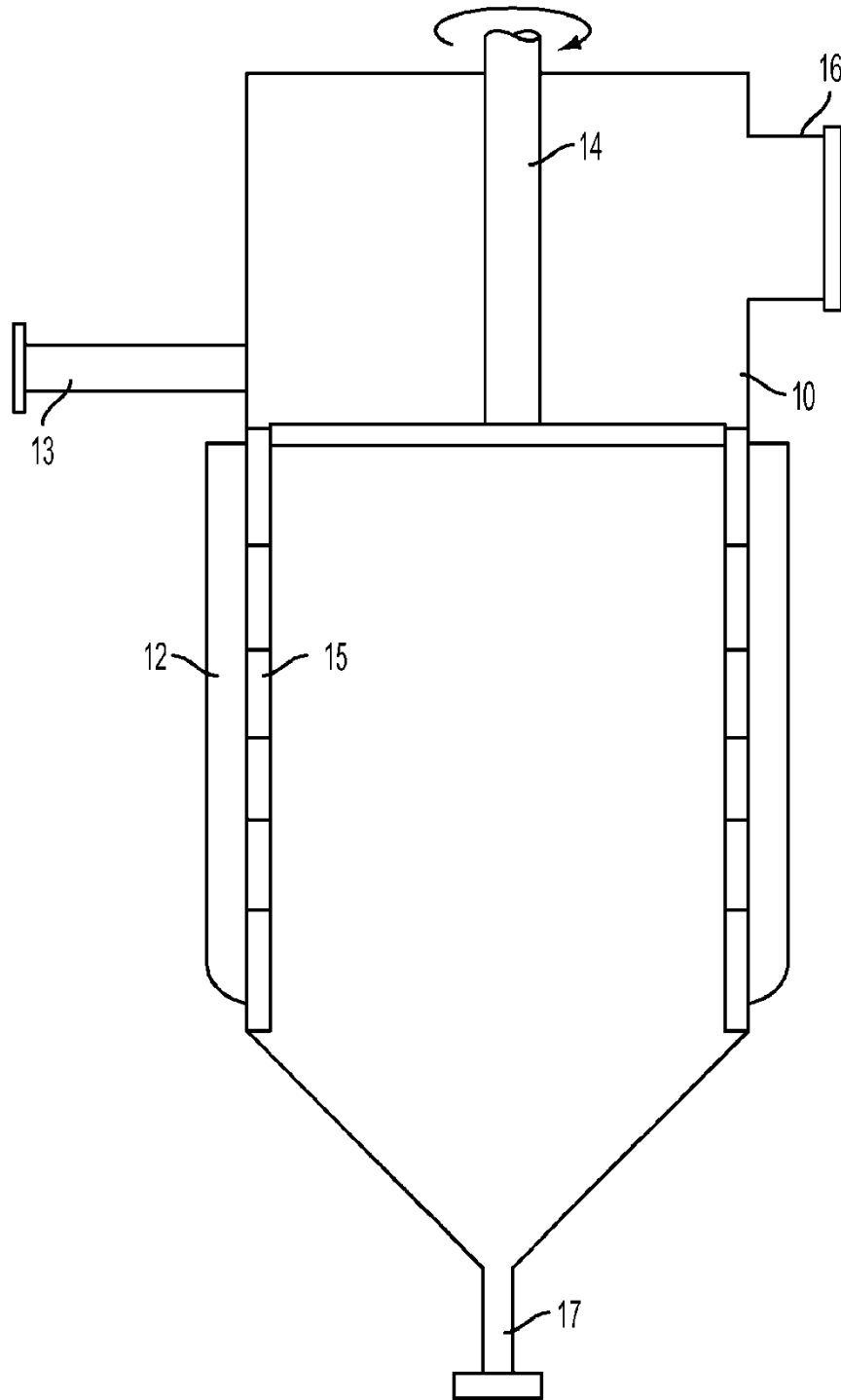


FIG. 2