

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 492**

51 Int. Cl.:

B08B 3/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2010 PCT/CA2010/002016**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2011 WO11075831**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2010 E 10838464 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 2516074**

54 Título: **Aparato para limpiar componentes industriales**

30 Prioridad:

22.12.2009 US 289050 P

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

28.09.2020

73 Titular/es:

**TECH SONIC LIMITED PARTNERSHIP (100.0%)
8703-98 Street
Morinville, Alberta T8R 1K6, CA**

72 Inventor/es:

**PHILLIPS, WILLIAM LASH;
SMITH, SHAWN y
KIESER, BYRON**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 784 492 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

Aparato para limpiar componentes industriales

Campo

5 Esto se refiere a un método y sistema que comprende un aparato para limpiar componentes industriales, particularmente intercambiadores de calor, y un líquido de limpieza.

Antecedentes

10 Los intercambiadores de calor y otros componentes industriales, como tramos prefabricados de tubo, válvulas, accesorios, secciones de tubo, etc., se ensucian durante el funcionamiento y requieren una limpieza periódica. Los tipos de componentes que se ensucian varían según la industria. La limpieza es importante porque la eficiencia de funcionamiento de estos componentes depende de que las superficies estén limpias y libres de contaminación para permitir que ocurra un intercambio de calor, flujo, velocidad, mezcla y control adecuados durante un proceso industrial.

Los métodos tradicionales para limpiar componentes industriales del tipo descrito en este documento han implicado el uso de agua a alta presión para desalojar y lavar mecánicamente contaminantes, enjuague químico o remojo para disolver contaminantes, limpieza mecánica (abrasiva) o una combinación de los tres.

15 Los intercambiadores de calor se utilizan para efectuar el intercambio de energía térmica entre dos medios. En algunos casos, este intercambio puede ser con el propósito de enfriar un fluido de proceso, y en otros casos puede ser aumentar la temperatura de un fluido. En la mayoría de los casos, los medios están separados por un material a través del cual debe pasar el calor, típicamente un tubo de metal de algún tipo. Un tipo muy común de intercambiador de calor es el diseño de "carcasa y tubo", en el que un medio fluye a través de una disposición compleja, o "haz" de tubos dentro de una carcasa más grande a través de la cual fluye un segundo medio, por un camino tortuoso, a través del haz de tubos. Se muestran ejemplos de intercambiadores de calor de carcasa y tubos típicos en la Figura 1a y 1b, que sirven para demostrar la complejidad de dicho dispositivo. Los intercambiadores de calor, representados por el número de referencia 101, contienen tubos 106 intercambiadores que generalmente tienen un haz intercambiador de tubos rectos (mostrado parcialmente extraído de la carcasa) o un diseño de "tubo en U" doblado. En la Figura 1a, hay un diseño de tubo 102 doblado o en "U" y en la Figura 1b, hay el diseño más común de tubo 103 recto. La carcasa 104 sirve como conducto para uno de los medios a través de una trayectoria tortuosa, dirigida por deflectores 105 a través del haz de tubos 102 o 103 en el que los medios contactan con el diámetro 107 exterior de los tubos 106 de intercambiado. La lámina 108 de tubo sirve para sostener los tubos 106 en una disposición específica como un haz, y para separar los dos medios (entre la carcasa y los tubos) y permitir que los segundos medios pasen a través del diámetro interno de los tubos del intercambiador de calor. En servicio, tanto los diámetros internos como externos de los tubos que comprenden el haz pueden ensuciarse con contaminantes, de modo que el caudal a través de los tubos y/o las propiedades de transferencia de calor de los tubos se ven afectados negativamente, lo que resulta en una pérdida de eficiencia en el proceso general. Existen muchos otros tipos de diseños de intercambiadores de calor, incluidos los intercambiadores de placas, en los que dos o más medios fluidos están separados por delgadas placas de metal, dispuestas en pilas estrechamente espaciadas de modo que los espacios alternos se llenen con medios alternativos. El diseño del intercambiador de placas proporciona una gran área de superficie para el contacto entre los medios, pero es particularmente difícil de limpiar debido a la compacidad del intercambiador, el hecho de que normalmente no se puede desmontar y la pequeña fracción de la superficie de la placa accesible para los métodos de limpieza mecánica tradicionales.

40 De manera similar, las secciones de tubo, los tramos prefabricados de tubo, las válvulas y otros componentes, tanto aguas arriba como aguas abajo del intercambiador de calor, pueden ensuciarse en la medida en que se reduzca la eficiencia del proceso general, y estos componentes generalmente requieren limpieza en un horario similar al de los intercambiadores de calor con los que están en línea. Otros componentes industriales en sistemas que no incluyen intercambiadores de calor también pueden ensuciarse y requieren limpieza.

45 La composición del ensuciamiento está determinada por los medios y las condiciones (temperatura, presión, velocidad, propiedades de superficie, etc.) presentes en los medios del proceso. Por ejemplo, en la industria del petróleo y el gas, el petróleo crudo pesado presenta contaminantes de asfaltenos y betún, que pueden restringir severamente y en algunos casos bloquear completamente los tubos, válvulas e intercambiadores de calor. En la industria química, los contaminantes poliméricos o parcialmente polimerizados son comunes y en la industria alimentaria, a menudo se observan grasas pesadas, azúcares caramelizados y contaminantes microbianos. La incrustación dura, derivada del agua de enfriamiento, también se observa en todas las industrias donde el agua se usa como medio de enfriamiento.

55 La limpieza de los componentes industriales sucios se ha realizado con mayor frecuencia mediante chorro de agua a alta presión (chorreado). Esta técnica implica el uso de bombas de alta presión, tanto manuales como automáticas, entre 103.421.351Pa - 344.737.836Pa (15.000-50.000psi), para entregar una variedad de corrientes de agua a la parte contaminada para desalojar el material contaminante. Esta técnica tiene un éxito limitado en superficies complicadas no solo por la falta de solubilidad de muchos de los contaminantes y la naturaleza concreta de la contaminación, sino también por la complejidad del haz de tubos, las placas del intercambiador, la parte de la válvula o la sección del tubo, lo que produce un impacto directo en gran parte de la superficie a limpiar por el chorro de agua imposible. La técnica

de chorreado de agua también es bastante peligrosa, ya que requiere que el operador use una armadura y provoca miles de lesiones en el lugar de trabajo en América del Norte cada año, incluidas muertes. Además, los métodos de inyección de agua a alta presión requieren mucho tiempo. Un solo intercambiador de calor puede requerir hasta una semana de chorreados continuos, las 24 horas del día, con un equipo de operadores de 3 hombres para eliminar la mayor parte de la suciedad.

La limpieza química de componentes industriales tales como intercambiadores de calor, tubos y válvulas también se puede hacer usando una estrategia de enjuague químico en la que el fluido del proceso se sustituye por un producto químico diseñado para disolver contaminantes. Esta metodología requiere a menudo grandes volúmenes de productos químicos peligrosos y, a menudo, no elimina la contaminación por completo debido a los complicados patrones de flujo de líquido dentro del sistema o debido a los tubos tapados, a través de los cuales no puede fluir ningún enjuague químico.

Los métodos de limpieza puramente mecánicos que usan abrasivos (como el chorreado de arena) generalmente se usan solo en los casos más extremos, en parte porque estas técnicas sufren algunos de los mismos riesgos y deficiencias que el chorro de agua a alta presión, pero también debido a los posibles impactos en la superficie (daño) a los materiales de las piezas que se están limpiando.

Otra opción para limpiar componentes es con el uso de energía ultrasónica, como se describe en la patente canadiense No. 2,412,432 (Knox) titulada "Tanque de limpieza ultrasónica" que describe un tanque en el que los componentes industriales se limpian con la ayuda de energía ultrasónica.

El documento WO 00/62304 A1 (2000) enseña un limpiador ultrasónico para un conjunto de combustible nuclear que está diseñado para aumentar la penetración de energía ultrasónica en el centro del conjunto de combustible nuclear sin dañar el conjunto de combustible (véase la página 5, líneas 15-18). El documento WO 00/62304 A1 logra esto mediante el uso de transductores de tipo varilla que están desplazados y respaldados por reflectores para producir un campo de energía que llena el espacio al tiempo que evita los niveles de energía que podrían dañar el conjunto de combustible (página 5, líneas 26-30). Las Figuras. 10 a 12 representan transductores a cada lado del conjunto de combustible nuclear y respaldados por un reflector.

El documento WO 99/36197 A1 (1999) describe la distribución de transductores ultrasónicos alrededor de un componente a limpiar. La Figura 2 incluye transductores dispuestos como una placa en las paredes de cada extremo del baño ultrasónico, mientras que la Figura 3 muestra transductores de varilla distribuidos alrededor de los componentes. Sin embargo, la limpieza de los componentes requiere un medio químico.

El documento WO 2005/044440 A2 (2005) El problema técnico resuelto aquí es la forma en que se pueden introducir múltiples frecuencias en una solución de limpieza y no se preocupa por lograr una distribución deseada de energía ultrasónica dentro de un tanque de limpieza, sino que se enfoca en introducir una mezcla de frecuencias en el tanque de limpieza. La primera realización usa transductores "de una construcción apilada" (es decir, transductores de tipo placa) que están "dispuestos en patrones triangulares equiláteros a lo largo de líneas diagonales ... de modo que cada transductor tenga un transductor adyacente de una frecuencia diferente". (véase la página 3, líneas 1-4). Se describen ejemplos de esto comenzando en la página 4, línea 30, y se muestran en las Figuras 1 a 4, donde los círculos oscuros, los círculos abiertos y los semicírculos representan transductores con diferentes frecuencias de funcionamiento dispuestas en la pared del tanque de limpieza (véase la página 5, líneas 3-5). La segunda realización usa transductores de varilla que "tienen diferentes frecuencias de resonancia para que el aparato proporcione una mezcla de varias frecuencias de energía ultrasónica al tanque" (véase la página 3, líneas 5-10). Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 5. Se establece que son conducidos a diferentes frecuencias para proporcionar "varias frecuencias de energía ultrasónica al líquido en el tanque". (véase la página 6, líneas 18-20).

El documento US 3 702 795 A (1972) describe un aparato para el grabado ultrasónico de planchas de impresión poliméricas. Los medios ultrasónicos están dispuestos a lo largo de una pared vertical interna del tanque.

El documento US 6 019 852 A (2000) El problema técnico resuelto aquí es cómo acoplar más de una frecuencia en un tanque de limpieza usando una pared extrema del tanque como diafragma vibratorio común (véase col. 1, líneas 55-61). El documento US 6 019 852 A utiliza transductores de tipo apilado que están unidos a una superficie externa de un tanque. En particular, los transductores de tipo apilado inducen vibraciones en la pared del tanque, que luego acoplan la energía ultrasónica al tanque de limpieza.

Compendio

Se proporciona un aparato compuesto por un recipiente, al que se aseguran los transductores ultrasónicos de manera que dirijan la energía ultrasónica, que, cuando se combina con un fluido de limpieza adecuado, puede usarse para limpiar componentes industriales, tales como intercambiadores de calor, contenidos dentro del recipiente. La relación de transductores ultrasónicos respecto a volumen de líquido proporciona una densidad de energía nominal en el recipiente de entre 1,32 y 6,61 vatios/litro (5 y 25 vatios/galón), sin embargo, la disposición (separación) y el funcionamiento (potencia y tipo) de los transductores proporciona densidades de energía no uniformes en y alrededor de los objetos a limpiar de más de 20 vatios por galón en ciertos lugares. La separación de los transductores a una distancia de entre 2 y 10 longitudes de onda dentro del contenedor está diseñada para proporcionar un campo de

energía uniforme, que mantiene una densidad de energía más alta que la nominal dentro del recipiente en el volumen en el que se aloja el componente a limpiar.

Se proporciona un aparato compuesto por un recipiente, al que se fijan los transductores ultrasónicos de manera que dirijan la energía ultrasónica, a frecuencias entre 20kHz y 30kHz, que, cuando se combina con un fluido de limpieza adecuado, puede usarse para limpiar componentes industriales, especialmente intercambiadores de calor, contenidos dentro del recipiente. La frecuencia de los transductores puede funcionar entre 20-30kHz, lo que proporciona longitudes de onda de energía ultrasónica adecuadas para limpiar componentes a escala industrial, como los intercambiadores de calor.

Los transductores utilizados en un ejemplo del aparato entregan 2000 vatios de energía cada uno, a una frecuencia central nominal de 25kHz, mediante el uso de un diseño "empujar y tirar", como los descritos en US Patent No. 5,200,666 (Walter et al.) titulado "Transductor ultrasónico", en el que una varilla metálica hace resonar la aplicación de energía ultrasónica en ambos extremos de la varilla, a través de la expansión y contracción de elementos de cristal piezoeléctrico apilados dentro de un transductor o dispositivo convertidor conectado a cada extremo de la varilla. Las vibraciones creadas por la expansión y contracción longitudinal de los elementos piezoeléctricos, a veces referidas como modo de espesor, se expresan principalmente por la varilla resonante como vibraciones radiales (con respecto al eje de la varilla) garantizando que la longitud de la varilla esté correctamente ajustada a la frecuencia de resonancia de los elementos del transductor, que funcionan sincrónicamente y están unidos a cada extremo de la varilla.

Debido a la radiación radial de la energía ultrasónica de los transductores de varilla utilizados en el ejemplo descrito anteriormente, la separación de los transductores es importante para garantizar un campo de energía uniforme en el contenedor. Normalmente, la energía transmitida desde el transductor disminuye radialmente (se atenúa) en proporción al cuadrado de la distancia desde el transductor. Para evitar esto, los transductores están separados a distancias de longitud de onda integrales de entre 2 y 10 longitudes de onda, típicamente entre 0,102m y 0,61m (4 y 24 pulgadas) en el rango de frecuencia preferido. Esta disposición crea una aproximación acústica de un transductor plano a distancias de los transductores de aproximadamente 5-10 longitudes de onda, y proporciona una densidad de energía mucho más uniforme en el volumen en el que se debe limpiar un objeto. La densidad de potencia en el contenedor puede calcularse como la salida total de todos los transductores en el contenedor de líquido en vatios dividido por el volumen del contenedor en galones estadounidenses. Preferiblemente, cuando el contenedor 500 está lleno de líquido de limpieza hasta el nivel mínimo de líquido, proporciona entre 2,64-15,85 vatios/litro (10-60 vatios/galón). La densidad de potencia también se puede calcular para volúmenes específicos del contenedor, como alrededor del componente a limpiar.

Según otro aspecto, los transductores pueden ser alimentados por generadores electrónicos adecuados que suministran energía eléctrica en una forma adecuada para hacer que los transductores resuenen entre 20kHz y 30kHz, con una frecuencia central típica de 25kHz, a disiparse entre 500 y 3000 Vatios por transductor de varilla de resonancia individual.

Según otro aspecto, los transductores pueden funcionar a una frecuencia nominal (por ejemplo, 25kHz) que está controlada por los generadores electrónicos, y la frecuencia de los transductores puede fluctuar alrededor de la frecuencia nominal para mantener la máxima potencia de salida, y puede fluctuar intencionalmente para evitar daños por cavitación al equipo por ondas estacionarias. En algunas circunstancias, puede preferirse evitar cualquier control de la fase de las ondas sonoras entre los transductores adyacentes, de modo que los transductores puedan funcionar a frecuencias ligeramente diferentes y variables. En al menos algunas circunstancias, el efecto de las frecuencias variables crea un campo de energía dinámico, que mejora la acción de limpieza y al mismo tiempo reduce el potencial de daño a los componentes por ondas estacionarias estáticas de alta energía.

Según otro aspecto, se proporciona un fluido de limpieza apropiado basado en una evaluación apropiada de los contaminantes que ensucian los componentes que se limpiarán. Para los asfaltenos, el betún y otros derivados del petróleo crudo pesado, se ha encontrado que una solución desengrasante de base acuosa, con un pH casi neutro, como el Parateno D-728 producido por Woodrising Resources Ltd. de Calgary, Alberta, proporciona un rendimiento excelente y una eliminación relativamente simple. En algunos casos, se pueden agregar pequeñas cantidades de disolvente a la solución acuosa para mejorar la eliminación de ciertos contaminantes. En algunos otros casos, es necesario usar líquidos de limpieza fuertemente ácidos o básicos para tratar contaminantes específicos, como polímeros, epoxis, escamas, etc. Por lo tanto, la elección de los materiales en la construcción del contenedor es importante y se ha descubierto que los aceros normales (o de "carbono") funcionan bien como elementos estructurales, y como paredes de contenedor en aplicaciones estrictamente cercanas a las neutras, se prefiere el acero inoxidable como material de pared para evitar la corrosión en el caso de fluidos de limpieza no neutros. También se pueden usar otros materiales de construcción basados en el fluido de limpieza y contaminantes anticipados, como reconocerán los expertos en la técnica.

Por lo tanto, se proporciona un sistema que comprende un aparato para limpiar componentes industriales y un líquido según la reivindicación 1 y un método para limpiar componentes industriales según la reivindicación 8. Realizaciones adicionales se encuentran en las reivindicaciones 2 a 7 y 9 a 14.

5 Según otro aspecto, se proporciona un método de limpieza de componentes industriales, que comprende las etapas de: fijar los transductores ultrasónicos a al menos una porción de un contenedor de líquido a una separación de entre 2 y 10 longitudes de onda en función de la frecuencia de funcionamiento y la longitud de onda de los transductores ultrasónicos en un líquido de limpieza; introducir el líquido de limpieza en el contenedor de líquido de modo que se alcance un nivel mínimo de líquido y todos los transductores ultrasónicos se sumerjan en el líquido de limpieza; introducir un componente industrial en el líquido de limpieza; y hacer funcionar los transductores ultrasónicos para generar una densidad de potencia mayor en el área de recepción de componentes del contenedor de líquido que una densidad de potencia media del contenedor de líquido.

10 Según otro aspecto, los transductores pueden generar una frecuencia de entre 20kHz y 30kHz, y pueden generar frecuencias alrededor de la frecuencia central de 25kHz. Al menos algunos de los transductores simultáneamente pueden generar diferentes frecuencias entre 20kHz y 30kHz. Al menos algunos de los transductores pueden estar desfasados.

15 Según otro aspecto, los transductores están asegurados a una superficie interna del recipiente de líquido. Los transductores son transductores de varilla resonante. Los transductores de varilla resonante pueden comprender uno o dos cabezales ultrasónicos activos. Los transductores pueden generar una densidad de potencia dentro del contenedor de líquido cuando se llena con líquido de entre 2,64-15,85 vatios/litro (10-60 vatios/galón). Los transductores pueden montarse verticalmente, horizontalmente y/o diagonalmente en la superficie interna del contenedor de líquido. Los transductores pueden montarse usando una sujeción compatible en la parte superior del transductor y un dispositivo de montaje que no restrinja el movimiento a lo largo del eje de la varilla resonante.

20 Según un aspecto, el contenedor puede ser un tanque de líquido que tiene una parte superior abierta. El contenedor puede tener una cubierta superior extraíble o retráctil. El contenedor puede ser lo suficientemente grande como para recibir un conjunto de tubos intercambiadores de calor que pueden tener entre 0,6 y 46 metros (2 y 150 pies) de longitud y entre 0,15 y 3,7 metros (6 pulgadas y 12 pies) de diámetro. El fondo del contenedor de líquido puede ser plano, cóncavo o en forma de "V".

25 Según un aspecto, el contenedor de líquido puede comprender una solución tensioactiva desengrasante de base acuosa que tiene un pH entre 7 y 11, una solución de limpieza acuosa que comprende una solución ácida o una solución de limpieza acuosa que comprende una solución alcalina.

Breve descripción de los dibujos

30 Estas y otras características se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos, los dibujos son solo para fines ilustrativos y no están destinados a ser de ninguna manera limitativos, en donde:

La Figura 1a es una vista lateral en sección de un intercambiador de calor de tubo y carcasa típico, que muestra el haz y la carcasa del tubo.

35 La Figura 1b es una vista en perspectiva despiezada del intercambiador de calor de tubo y carcasa que se muestra en la Figura 1a.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de un aparato para limpiar componentes industriales.

La Figura 3a es una vista en perspectiva de un aparato para limpiar componentes industriales que está diseñado para limpiar un intercambiador de calor de 1,524m x 9,144m (5 'x 30').

La Figura 3b es una vista en alzado extremo en sección del aparato que se muestra en la Figura 6a.

40 La Figura 3c es una vista en planta superior del aparato que se muestra en la Figura 6a.

La Figura 3d es una vista en alzado lateral del aparato que se muestra en la Figura 6a.

La Figura 4a es una vista en perspectiva de un aparato alternativo para limpiar componentes industriales que tiene un tanque orientado verticalmente.

La Figura 4b es una vista en planta superior en la sección del aparato alternativo que se muestra en la Figura 7a.

45 La Figura 4c es una vista en alzado lateral en sección del aparato alternativo que se muestra en la Figura 7a.

La Figura 5a es una vista en alzado lateral en sección de un aparato para limpiar tubos del intercambiador construidos a partir de la carcasa del intercambiador de calor.

La Figura 5b es una vista en alzado final del aparato que se muestra en la Figura 8a.

50 La Figura 6a es una vista en perspectiva de un aparato alternativo para limpiar componentes industriales diseñado para limpiar intercambiadores de calor y válvulas más pequeños.

La Figura 6b es una vista en planta superior del aparato alternativo que se muestra en la Figura 9a.

La Figura 6c es una vista en alzado lateral del aparato alternativo que se muestra en la Figura 9a.

La Figura 7 representa un ejemplo de un transductor de estilo de varilla resonante.

La Figura 8 representa un ejemplo de un transductor de tipo placa.

5 La Figura 9a es una vista en alzado lateral en sección de un montaje de transductor que se puede usar para montar los transductores en el aparato.

La Figura 9b es una vista en perspectiva detallada del montaje del transductor que se muestra en la Figura 12a.

La Figura 9c es una vista en perspectiva del montaje del transductor que se muestra en la Figura 12a.

10 La Figura 10 es una vista en perspectiva de un aparato alternativo diseñado para limpiar componentes industriales de hasta un tamaño de 1,829m x 9,449m (6' x 31').

Las Figuras 5a, 5b., 6a, 6b, 6c, 8 no caen en el alcance de las reivindicaciones.

Descripción detallada

15 La limpieza ultrasónica emplea el uso de ondas de sonido ultrasónicas para interrumpir la capa normal de difusión de líquido alrededor de una superficie para aumentar drásticamente la velocidad de reacción (interacción) entre un contaminante superficial y el fluido de limpieza. Además, la cavitación creada en el líquido, cerca de la superficie, por la compresión y la rarefacción inducida por las ondas de sonido incidentes, crea microchorros de alta presión y alta temperatura, que ayudan a perturbar físicamente los contaminantes en la superficie y los desaloja al líquido de limpieza.

20 Al combinar ultrasonidos con un líquido de limpieza adecuado, por ejemplo, una solución/desengrasante de surfactante a base de agua y pH casi neutro, los componentes pueden limpiarse eficazmente en una fracción del tiempo requerido por los métodos tradicionales descritos anteriormente.

La presente exposición se relaciona con una mejora en los tanques de limpieza ultrasónica, que aumenta la efectividad y amplía las situaciones en las que se pueden usar, incluido el uso en componentes industriales más grandes o más complejos.

25 En particular, los transductores ultrasónicos utilizados en asociación con el tanque de limpieza se colocan relativamente próximos entre sí, como separados entre 2 y 10 longitudes de onda, o separados entre 2 y 6 longitudes de onda, o separados entre 6 y 10 longitudes de onda. Esto hace que las ondas ultrasónicas generadas por los transductores interfieran entre sí. Se ha encontrado que, al hacerlo, puede modificarse el gradiente de la densidad de potencia resultante de las ondas ultrasónicas en el tanque de limpieza, de modo que se aumenta la penetración de las ondas ultrasónicas a través del tanque. Una vez que se entiendan los principios descritos en este documento, un experto medio comprenderá la relación entre las ondas ultrasónicas generadas por los transductores y la densidad de potencia inducida en el líquido de limpieza por estas ondas. Los transductores se hacen funcionar de manera tal que la frecuencia y la fase de los transductores adyacentes no se controlan simultáneamente, lo que evita la formación de ondas estacionarias estáticas y posiblemente dañinas en el líquido de limpieza.

35 Refiriéndose a la Figura 2, se muestra un contenedor 200 que tiene paredes 202 y 203 laterales, paredes 204 y 205 extremas, una placa 201 inferior inclinada y curvada, y un deflector 206 extremo para soportar las partes sumergidas y evitar que se deslicen en la pared 205 extrema. El contenedor 200 se construye utilizando prácticas de diseño estructural apropiadas para recipientes que contendrán líquidos, y típicamente incluirán elementos estructurales tales como vigas de refuerzo verticales y horizontales, placas de soporte, etc., que no se detallan aquí pero serán entendidos por los expertos en la técnica y familiarizados con este tipo de diseño de contenedores. El interior de las paredes 202 y 203 laterales del contenedor 200 está equipado con transductores 207 ultrasónicos, montados usando montajes 208 superiores y montajes 209 inferiores de manera que los transductores están separados aproximadamente 4 longitudes de onda (por ejemplo, centros de 25,4 cm (10")). La altura de montaje de los transductores sigue preferiblemente la pendiente de la placa 201 inferior para mantener la proximidad a los objetos largos colocados en el contenedor 200 que descansan sobre la placa 201 inferior. Las barras 210 de protección se colocan entre los transductores 207 para evitar daños accidentales a los transductores 207 por contacto con componentes grandes en el tanque. El contenedor 200 está equipado preferiblemente con orejetas 211 de elevación para facilitar el movimiento del contenedor 200, y para facilitar las eslingas usadas para soportar objetos suspendidos en el contenedor 200 para la limpieza. Pueden incluirse puertos 213 de drenaje para facilitar la extracción del líquido de limpieza. Un conjunto 212 de patín puede integrarse en el diseño para facilitar el movimiento del contenedor 200 en el suelo y desde vehículos de transporte con inclinación.

Las Figuras 3a-3d muestran un aparato de ejemplo, generalmente indicado por el número de referencia 300, que está construido para limpiar intercambiadores de calor y otros componentes de hasta 1,524m (5 pies) de diámetro y 9,144m (30 pies) de longitud. Además de las características descritas en otros ejemplos, este ejemplo está construido con

pasarelas 304 soportadas por puntales 305, equipados con pasamanos 308 y accesos por escaleras 306 y 307. Estos componentes pueden incluirse para mejorar la seguridad de los trabajadores y para facilitar su trabajo. Además de las paredes 309 y 310 laterales, las paredes 311 y 312 extremas y el fondo 313 inclinado, el contenedor también puede estar equipado con soportes 314 que permiten la fijación de una tapa dura o flexible sobre el contenedor. La tapa se usa para ayudar a mantener la temperatura en el contenedor de líquido, si se calienta. También se puede usar para evitar pérdidas por evaporación. Los cables eléctricos de los transductores 315 se agrupan preferiblemente en pasajes 316, 317 y 318 de cables donde saldrán del contenedor y se conectarán a los amplificadores eléctricos (generadores) que proporcionan la señal a los transductores ultrasónicos.

Las Figuras 4a-4c muestran un ejemplo vertical alternativo del aparato, que fue construido para acomodar la inmersión de intercambiadores de calor y secciones de tubo de manera que los desechos de las partes caigan fácilmente al fondo del contenedor y puedan ser fácilmente bombeados o drenados, y otros tipos de componentes que se beneficiarían de un tanque orientado verticalmente. Este contenedor está construido con cuatro paredes 403, 404, 405, 406 laterales y una placa 407 inferior y una tapa 408 superior extraíble. Los transductores 409 se muestran montados en un ángulo de 45 grados, aproximadamente a 10 longitudes de onda separadas (aproximadamente 0,61m (24")) y separados por protectores 410, que evitan cualquier daño accidental a los transductores por contacto de los componentes que se limpian mientras están en el tanque y durante la inmersión o extracción. Se proporciona un puerto 411 de drenaje para la extracción conveniente del líquido de limpieza o capa inferior de desechos y contaminación. Se proporcionan orejetas 412, 413 y 414 de elevación para facilitar la retirada y el soporte del tanque durante el funcionamiento.

La Figura 5a y 5b muestran un ejemplo alternativo del aparato, en el que el contenedor está formado por la carcasa del propio intercambiador de calor y los transductores están montados dentro de la carcasa. En este ejemplo, la carcasa 501 forma el contenedor de limpieza que está compuesto por paredes laterales en forma de un tubo de recipiente a presión. Los transductores 502 se montan dentro de la carcasa mediante cualquier método conveniente, en este caso mediante el uso de deflectores 503, que mantienen los transductores 502 en su lugar, para proporcionar la energía ultrasónica para la limpieza del haz del intercambiador (no representado) in situ, es decir, sin la necesidad de retirar el haz de la carcasa 501. Los deflectores 503 están diseñados para trabajar con los deflectores del haz de tubos para promover una trayectoria tortuosa de flujo de líquido durante el funcionamiento desde la entrada 505 a la salida 506. Una interfaz intrínsecamente segura en una placa añadida al colector 504 de carcasa se proporciona preferiblemente para el cableado utilizado para transmitir la energía eléctrica a los transductores 502. Los transductores 502 utilizados en esta configuración son de un tipo intrínsecamente seguro disponible comercialmente, llenándose de un material inerte, fluido no conductor. Como se representa, los transductores 502 son transductores de tipo varilla montados horizontalmente. Sin embargo, también se pueden usar transductores de tipo placa unidos externamente a la carcasa, o transductores sumergibles soportados de otra manera dentro de la carcasa, como entenderán los expertos en la técnica.

Las Figuras 6a-6c muestran un ejemplo más pequeño del aparato, construido para la limpieza de componentes más pequeños, como intercambiadores de calor, válvulas, etc. El aparato 600 se compone de un contenedor formado por paredes 603 y 604 laterales, paredes 605 y 606 extremas y una placa 607 inferior con transductores 608 montados verticalmente en las paredes laterales y horizontalmente en las paredes 605 y 606 extremas. Debido a que el volumen del contenedor es significativamente más pequeño que algunos de los ejemplos más grandes, la separación del transductor no es tan importante, y en este ejemplo, los transductores son montados con un espacio de aproximadamente 7 longitudes de onda, o aproximadamente 0,43m (17"). El aparato está equipado preferiblemente con placas 609 de protección plegables que sirven para proteger los transductores y proporcionan un conducto para el cableado necesario para suministrar a los transductores la energía eléctrica requerida. El aparato está equipado además preferiblemente con una pasarela 610 sostenida en su lugar por puntales 611, un tapón 612 de drenaje y tubos 613 deslizantes para un fácil manejo con una carretilla elevadora. Se proporcionan preferiblemente al contenedor orejetas 614 para ser levantado, así como a los componentes de eslinga dentro del contenedor durante la limpieza.

Se utiliza un sistema generador de ultrasonidos electrónico para suministrar energía ultrasónica (por ejemplo, en forma de corriente alterna a 25kHz) a los transductores. Un generador electrónico adecuado está disponible en Crest Ultrasonics Corp. ubicado en Trenton, NJ. El tipo de generador seleccionado dependerá de las preferencias del usuario y los requisitos del diseño particular. Los transductores están conectados a los generadores a través de un cableado eléctrico, que conecta cada transductor a un suministro apropiado de energía eléctrica. En algunos ejemplos, cada transductor puede requerir un generador para alimentarlo. En otros ejemplos, se puede usar un equipo transductor/generador disponible comercialmente que permita que más de un transductor sea suministrado por un solo generador. En algunas circunstancias, solo ciertos transductores pueden estar activos, de modo que solo habrá ciertas áreas del tanque que sean componentes de limpieza activa. En otras circunstancias, los tanques especializados solo pueden montar transductores en ciertas áreas, como para limpiar porciones específicas de componentes.

La Figura 7 muestra un ejemplo de un transductor 700 ultrasónico de varilla de resonancia. El transductor 700 tiene una varilla 701 de resonancia unida por un dispositivo 702 y 703 de acoplamiento a los llamados "cabezales de transductor" 704 y 705 que están formados (internamente) por una pila de cristales 706 piezoeléctricos conectados eléctricamente en serie y respaldados con un contrapeso/masa 707 de disipador de calor que, bajo la influencia de un voltaje eléctrico alterno, se expandirá y contraerá, creando vibraciones que se transmiten a la varilla 701 de resonancia a través de los acopladores 702 y 703. Cada pila de los elementos de cristal piezoeléctrico generalmente tiene

frecuencias resonantes específicas, algunas de las cuales resultan en la expansión y contracción radial del cristal, y algunas de las cuales resultan en la expansión y contracción axial (o espesor) del material. Estos transductores de varilla típicos generalmente funcionan a frecuencias sintonizadas con la frecuencia resonante del sistema de pilas de cristal y varilla resonante. En los ejemplos preferidos descritos en el presente documento, las frecuencias utilizadas están entre 20 y 30kHz, siendo 25kHz la frecuencia de funcionamiento normal. Los transductores de varilla se pueden montar en un tanque de líquido en una orientación vertical, horizontal o diagonal. A medida que se montan en el tanque, se considera la separación de estos transductores para la dirección de propagación de las ondas ultrasónicas. Por ejemplo, con los transductores 701 de varilla mostrados en la Figura 7, se propaga relativamente poca energía hacia afuera desde los cabezales 704 y 705 de transductor. Por lo tanto, la separación se mide en la dirección radial, es decir, entre varillas paralelas, en lugar de la dirección axial, es decir, las varillas colocadas de extremo a extremo. Otros tipos de transductores ultrasónicos también están disponibles comercialmente y pueden usarse en los ejemplos descritos en el presente documento en circunstancias adecuadas. Por ejemplo, otros tipos de transductores incluyen transductores de varilla resonante de un solo cabezal, transductores de placa sumergible (como se muestra en la Figura 8, representados por el número de referencia 810), etc. Los transductores de placa están disponibles comercialmente y pueden estar unidos a las paredes exteriores del contenedor, o pueden estar completamente encerrados y diseñados para sumergirse. Por consiguiente, hay una variedad de transductores que pueden usarse para suministrar energía ultrasónica a los ejemplos descritos en el presente documento. El diseño del contenedor y el montaje de los transductores deberían optimizarse para cada estilo de transductor elegido para proporcionar un campo uniforme de energía ultrasónica dentro del contenedor.

Las Figuras 9a-9c muestra un ejemplo de un soporte de transductor 900 que puede usarse en los aparatos descritos en el presente documento. El soporte 900 tiene un montaje 901 superior y un montaje 902 inferior que fijan el transductor 912 en su lugar. El diseño incorpora una sujeción para el cabezal superior del transductor que sujeta el cabezal 903 suavemente entre dos juntas 904 y 905, y el tubo 906 de montaje soporta el peso del transductor en posición vertical. El montaje inferior preferiblemente no fija el cabezal 907 inferior del transductor, sino que permite el movimiento vertical libre del transductor para una salida vibratoria óptima durante el funcionamiento, al mismo tiempo que restringe el movimiento del cabezal 907 inferior del transductor en el plano horizontal por medio de una junta 908 de retención correspondiente intercalada entre una placa 909 de guía y la placa 910 de montaje, evitando así daños por vibración o par de torsión durante el envío del contenedor. El soporte 901 superior está atornillado a la pared 911 del contenedor para una fácil extracción de servicio y el soporte 902 inferior se fija al contenedor mediante soldadura o sujeciones adecuadas.

La Figura 10 muestra un aparato 1000 para limpiar componentes industriales que ha sido construido para acomodar intercambiadores de calor de 1,829m (6 pies) de ancho por 9,449m (31 pies) de largo. Este recipiente está diseñado para incorporar el montaje del transductor que se muestra en la Figura 9, utilizando 86 transductores de varilla resonante de doble cabezal del tipo descrito en la Figura 7.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende un aparato para limpiar componentes industriales y un líquido de limpieza, que comprende:
 - 5 un contenedor (200) de líquido que tiene paredes (202, 203; 309, 310; 403, 404, 405, 406) laterales que definen un recinto líquido para contener el líquido de limpieza, el contenedor (200) de líquido que tiene un área de recepción de componentes separada de las paredes (202, 203; 309, 310; 403, 404, 405, 406) laterales; y
 - 10 transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos que tienen una frecuencia de funcionamiento y una longitud de onda en el líquido de limpieza y se fijan al menos a una porción del contenedor (200) de líquido con una separación de entre 2 y 10 longitudes de onda el líquido de limpieza, en el que en funcionamiento los transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos generan una densidad de potencia en el área de recepción de componentes del contenedor (200) de líquido que es mayor que una densidad de potencia promedio del contenedor de líquido, en donde los transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos son transductores de varilla resonante fijados a la superficie interna del contenedor (200) de líquido; y
 - 15 en donde el contenedor (200) de líquido comprende una solución de limpieza acuosa que comprende al menos uno de, aditivos disolventes, una solución ácida y una solución alcalina.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que los transductores (207; 315; 409; 700; 912) resuenan entre 20kHz y 30kHz, con una frecuencia central típica de 25kHz.
3. El sistema de la reivindicación 1, en el que el contenedor (200) es lo suficientemente grande como para recibir un conjunto de tubos (106) intercambiadores de calor entre 0,6m y 45,7m de longitud y entre 0,15m y 3,7m de diámetro.
- 20 4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el contenedor (200) de líquido comprende una superficie (201) inferior que tiene una forma inclinada, plana, cóncava o en "V".
5. El sistema de la reivindicación 1, en el que los transductores (207) generan una densidad de potencia dentro del contenedor (200) de líquido cuando se llena con líquido de entre 2,64-15,85 vatios/litro.
- 25 6. El sistema de la reivindicación 1, en el que los transductores (207; 315; 409; 700; 912) se montan verticalmente en la superficie interna del contenedor (200) de líquido y se montan usando una sujeción compatible en la parte superior del transductor (207; 315; 409; 700; 912) y un dispositivo de montaje que no restringe el movimiento a lo largo del eje de la varilla resonante.
7. El sistema de la reivindicación 1, en el que el contenedor (200) de líquido comprende una solución de limpieza que comprende al menos una de una solución de tensioactivo desengrasante de base acuosa que tiene un pH entre 7-11.
- 30 8. Un método para limpiar componentes industriales, que comprende las etapas de:
 - 35 fijar transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos de varilla resonante a una superficie interna de paredes (202, 203; 309, 310; 403, 404, 405, 406) laterales de al menos una porción de un contenedor (200) de líquido a una separación de entre 2 y 10 longitudes de onda en el líquido de limpieza en función de la frecuencia de funcionamiento y la longitud de onda de funcionamiento de los transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos en el líquido de limpieza;
 - introducir el líquido de limpieza en el contenedor (200) de líquido de manera que se alcance un nivel mínimo de líquido y todos los transductores ultrasónicos se sumerjan en el líquido de limpieza;
 - introducir un componente industrial en el líquido de limpieza y colocar el componente industrial en un área de recepción de componentes del contenedor (200) de líquido que está separada de una pared (202, 203, 204, 205) lateral del contenedor (200) de líquido; y
 - 40 hacer funcionar los transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos para generar una densidad de potencia en el área de recepción de componentes del contenedor (200) de líquido que es mayor que una densidad de potencia media en el contenedor (200) de líquido.
- 45 9. El método de la reivindicación 8, en donde hacer funcionar los transductores (207; 315; 409; 700; 912) ultrasónicos comprende hacer funcionar los transductores (207; 315; 409; 700; 912) a una frecuencia entre 20kHz y 30kHz.
10. El método de la reivindicación 8, en donde el componente industrial es un conjunto de tubos (106) intercambiadores de calor entre 0,6m y 45,7m de longitud y entre 0,15m y 3,7m de diámetro.
11. El método de la reivindicación 8, en donde el contenedor (200) de líquido comprende una superficie (201) inferior que tiene una forma inclinada, plana, cóncava o en "V".

12. El método de la reivindicación 8, en donde los transductores (207; 315; 409; 700; 912) generan una densidad de potencia dentro del contenedor (200) de líquido cuando se llena con líquido de entre 2,64-15,85 vatios/litro.
13. El método de la reivindicación 8, en donde los transductores (207) comprenden uno o dos cabezales ultrasónicos activos y están montados verticalmente en la superficie interna del contenedor (200) de líquido usando una sujeción (908, 909) compatible en la parte superior del transductor (207), y un dispositivo (910) de montaje que no restringe el movimiento a lo largo del eje de la varilla resonante.
14. El método de la reivindicación 8, en el que el recipiente de líquido (200) comprende una solución de limpieza que comprende al menos una de, una solución tensioactiva desengrasante de base acuosa que tiene un pH entre 7-11, aditivos disolventes, una solución ácida y una solución alcalina.

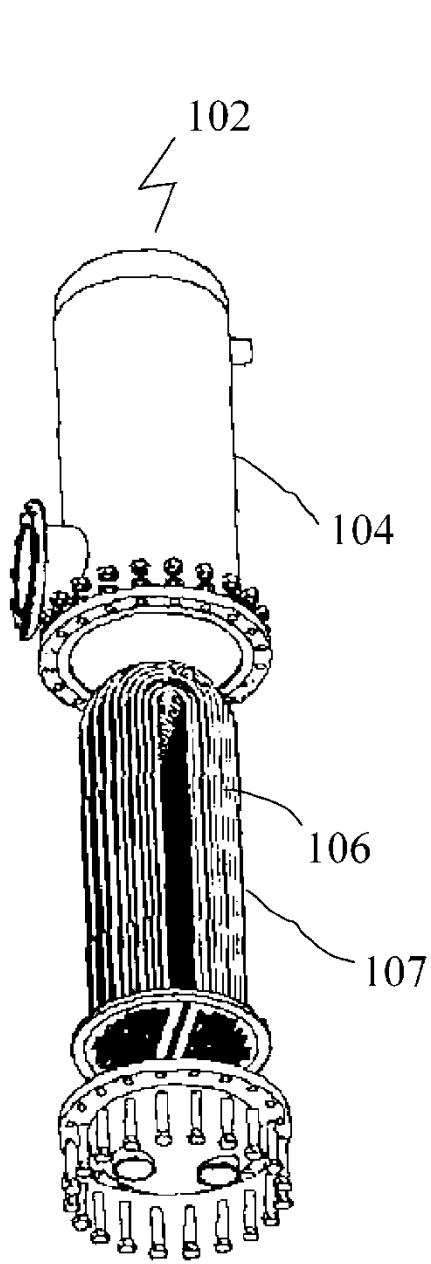


FIG. 1a

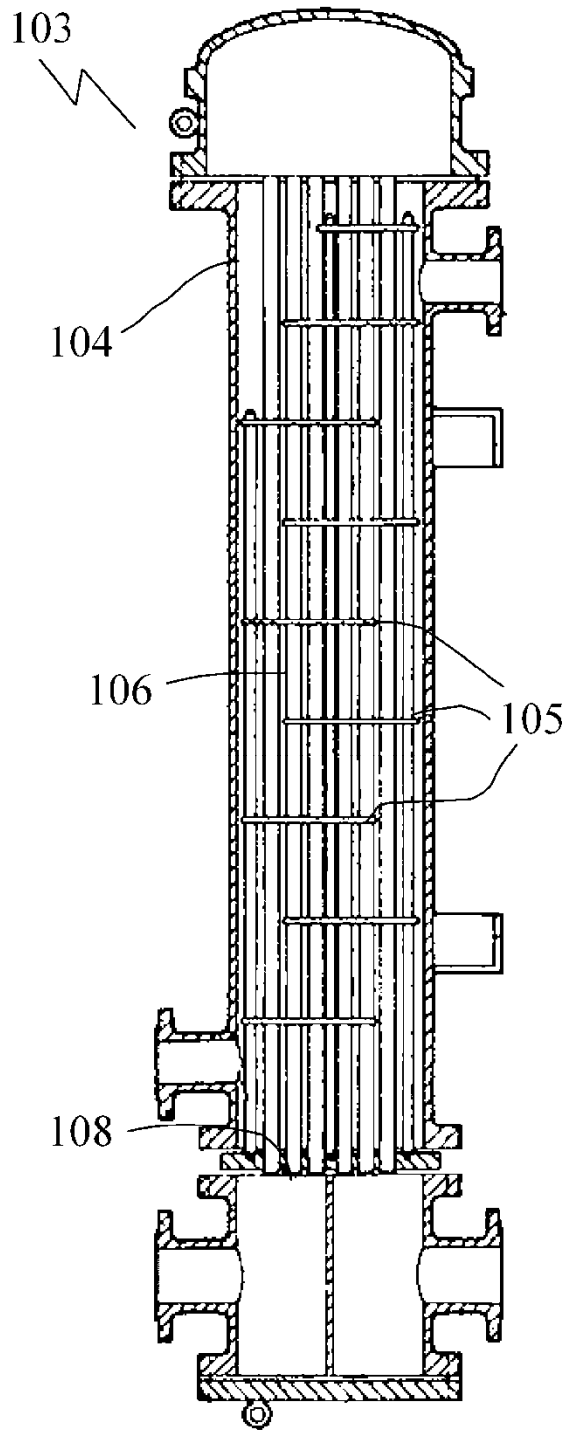


FIG. 1b

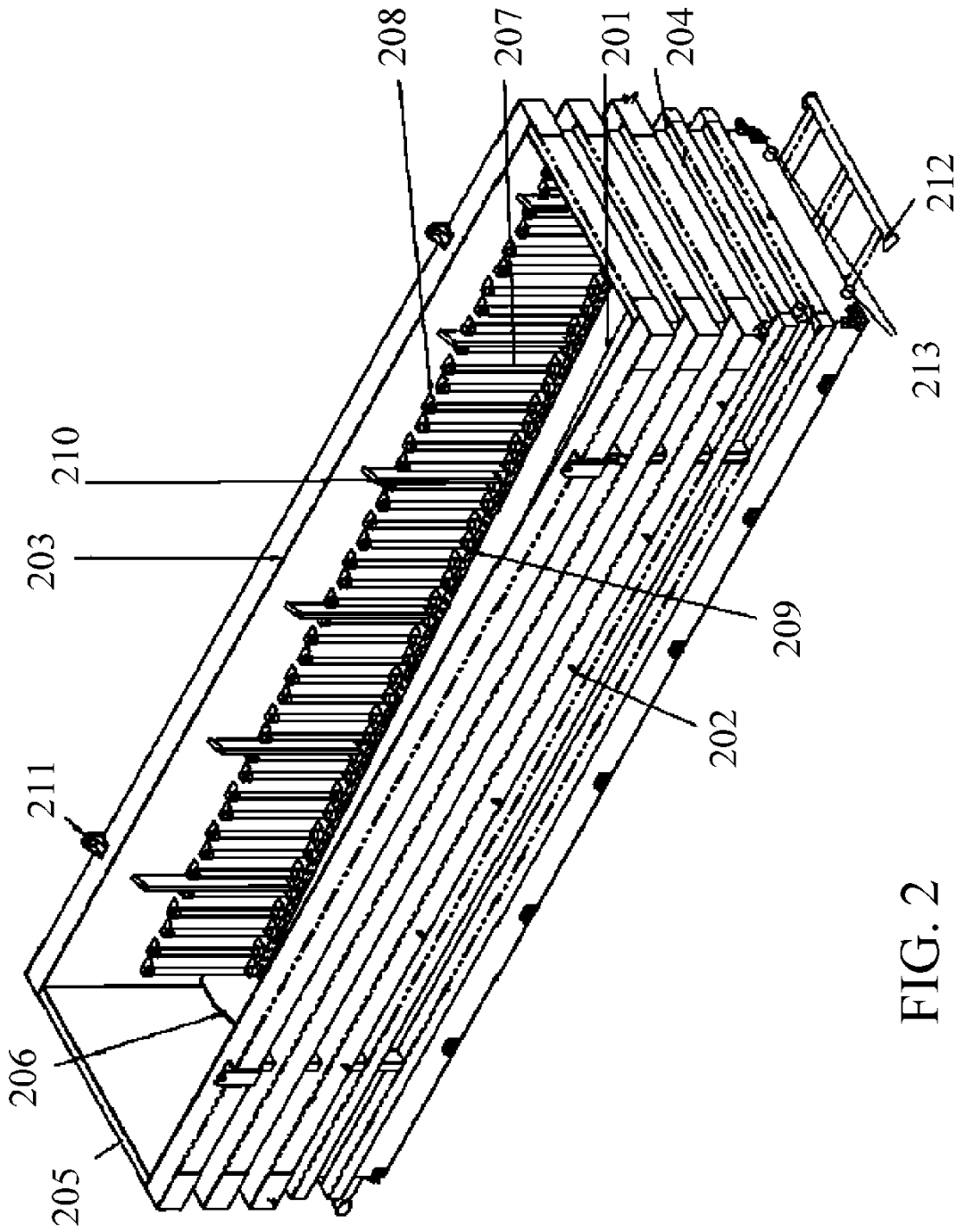


FIG. 2

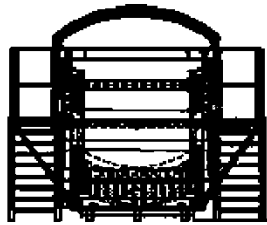
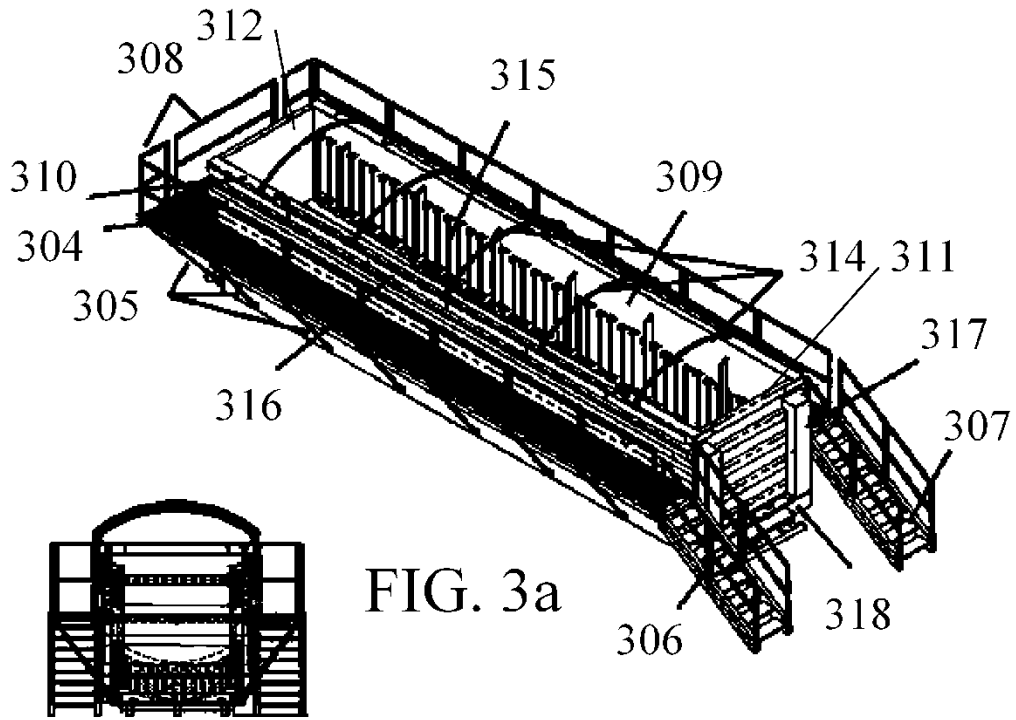


FIG. 3b

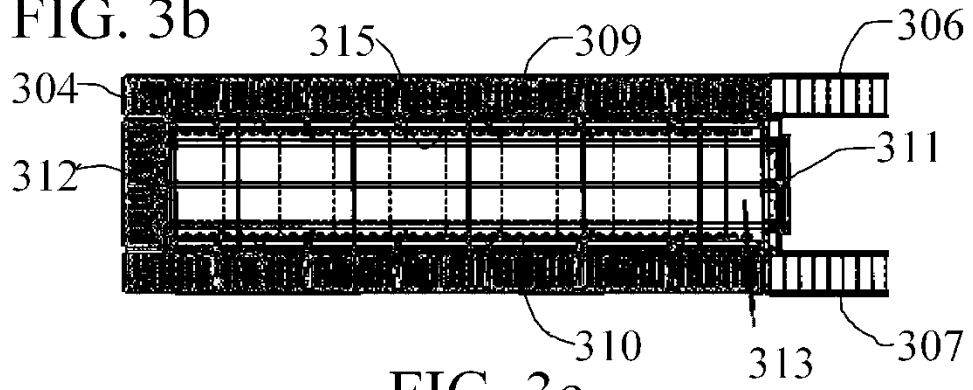


FIG. 3c

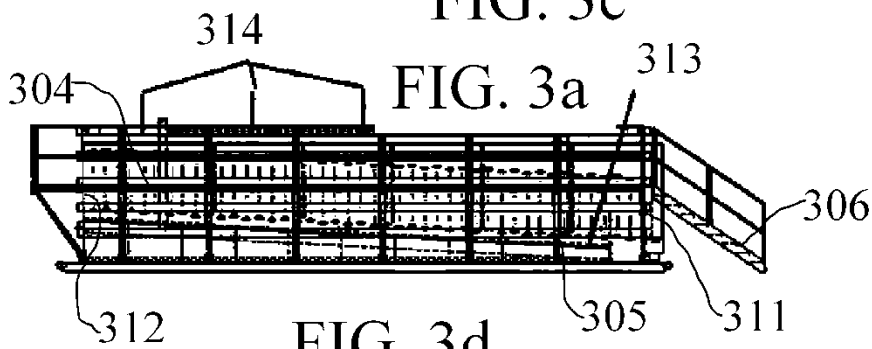


FIG. 3d

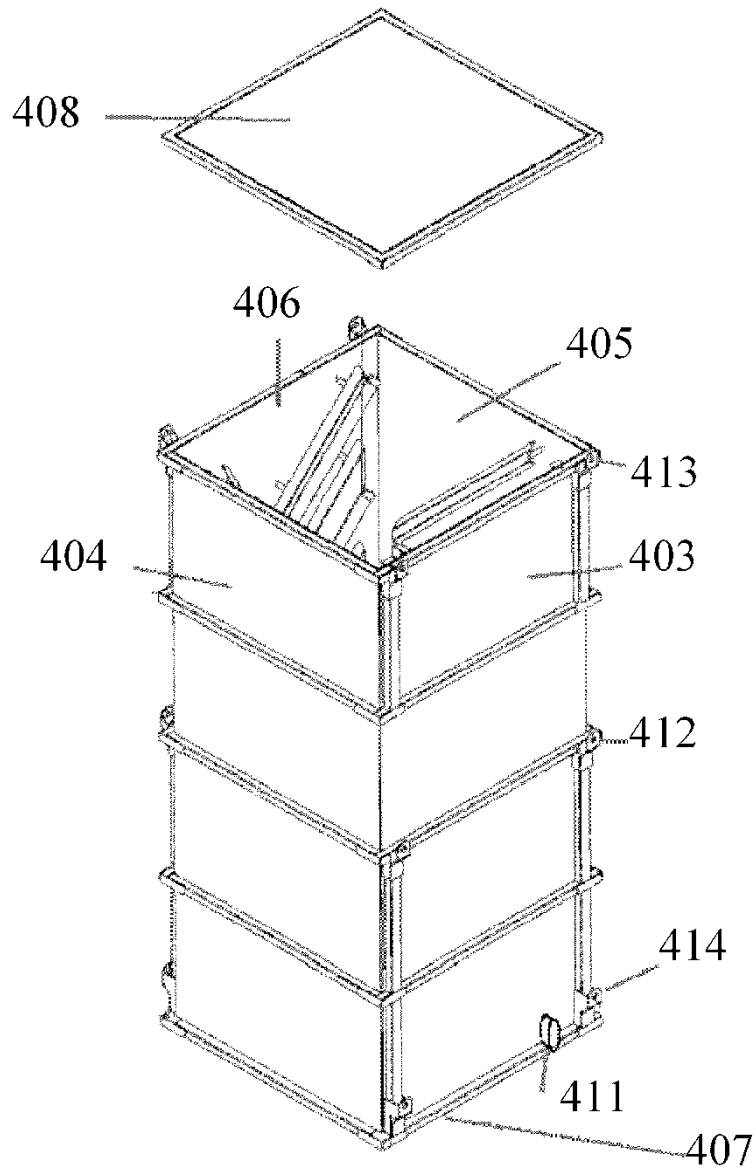


FIG. 4a

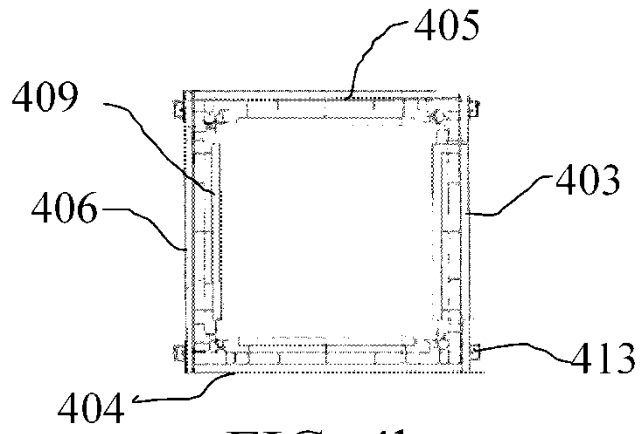


FIG. 4b

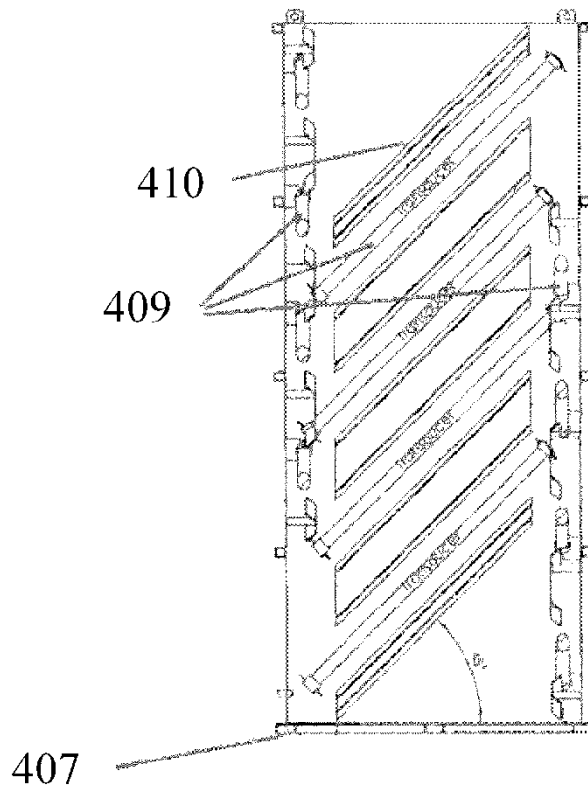
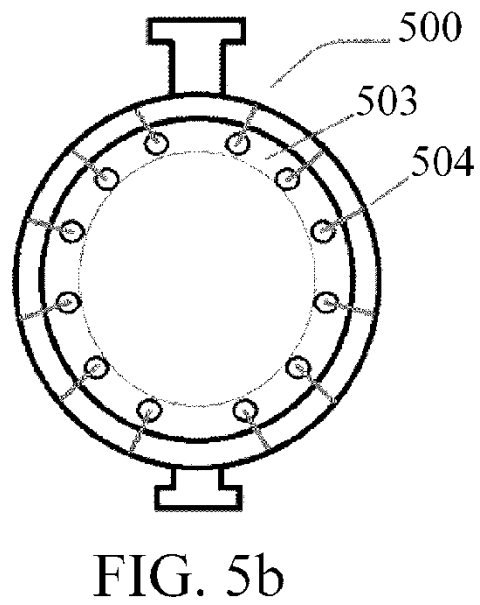
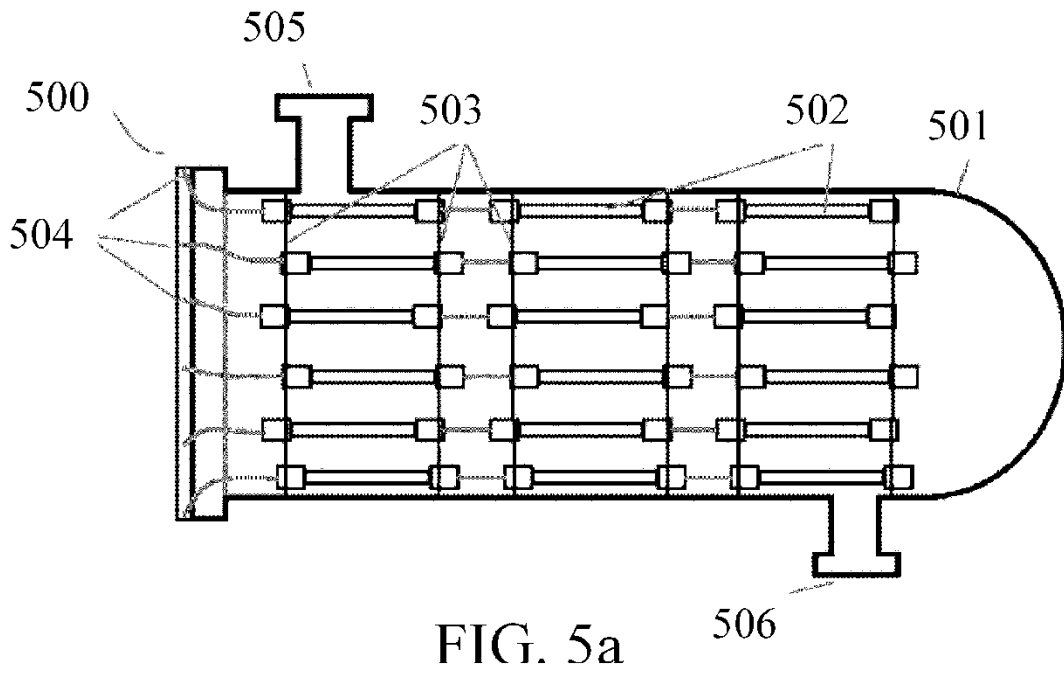


FIG. 4c



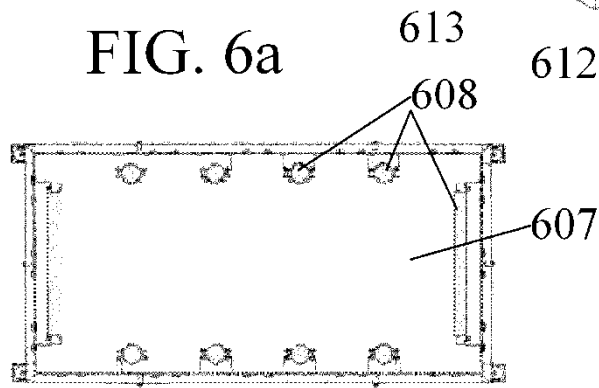
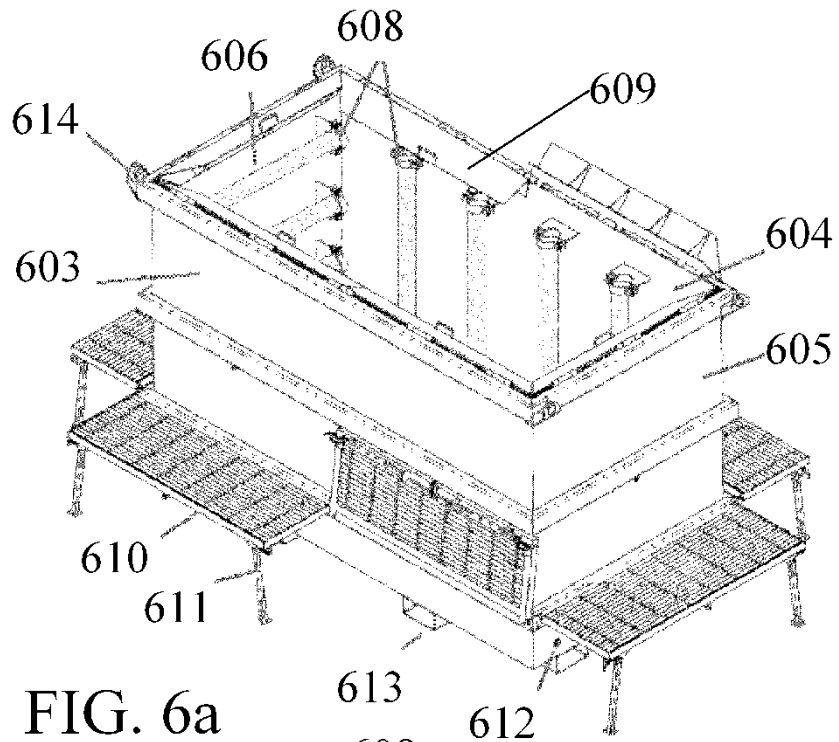


FIG. 6b

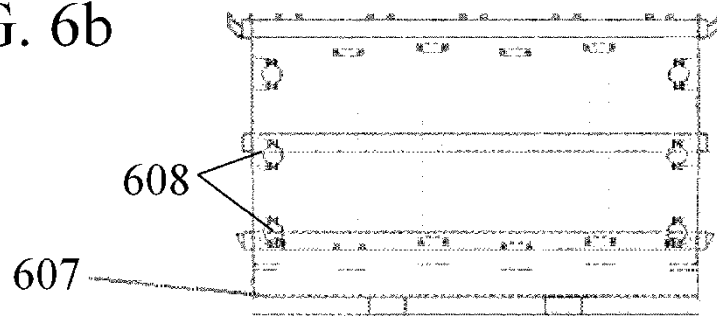


FIG. 6c

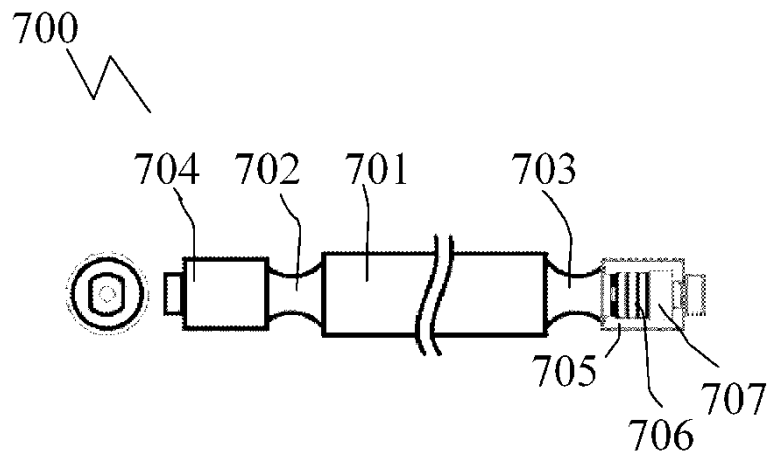


FIG. 7

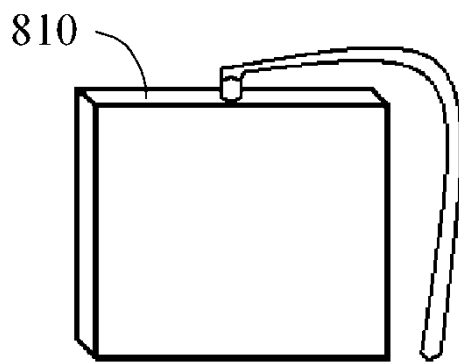


FIG. 8

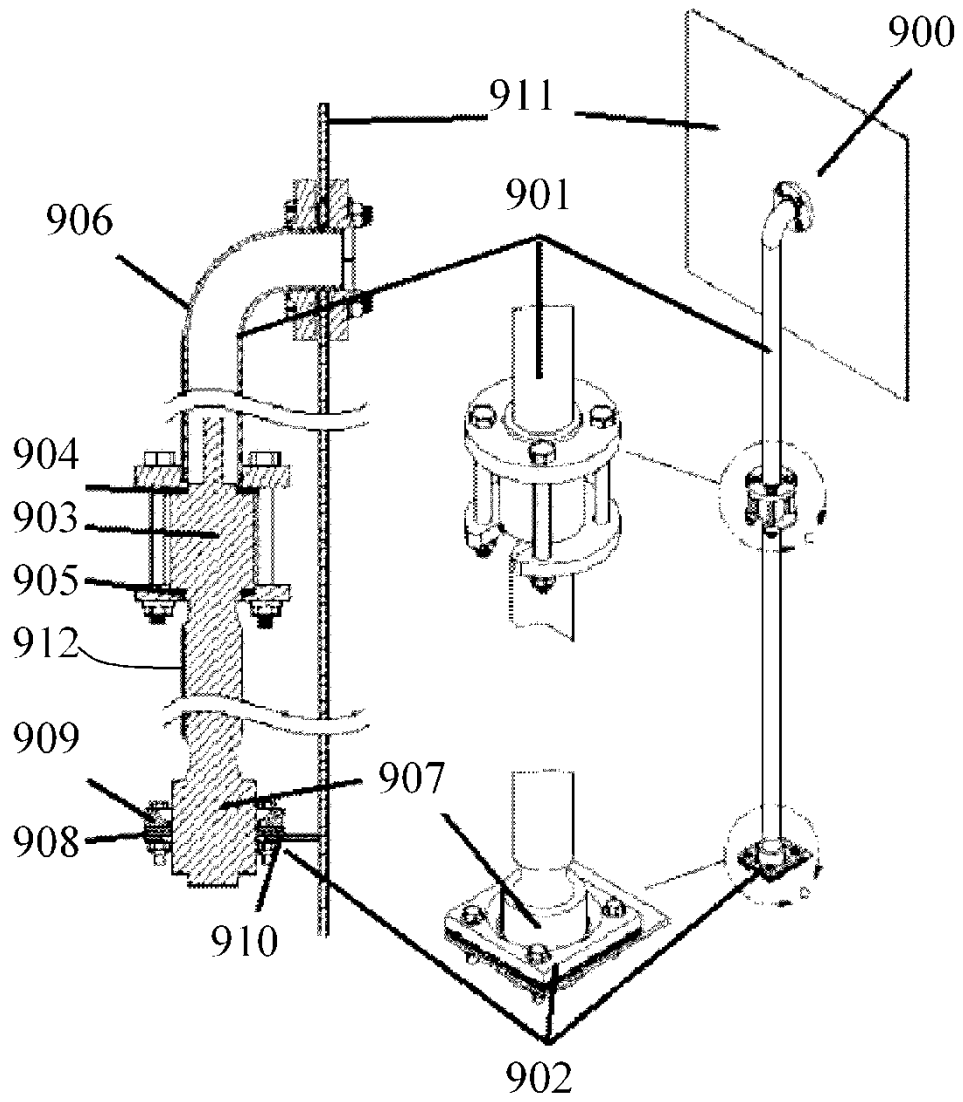


FIG. 9

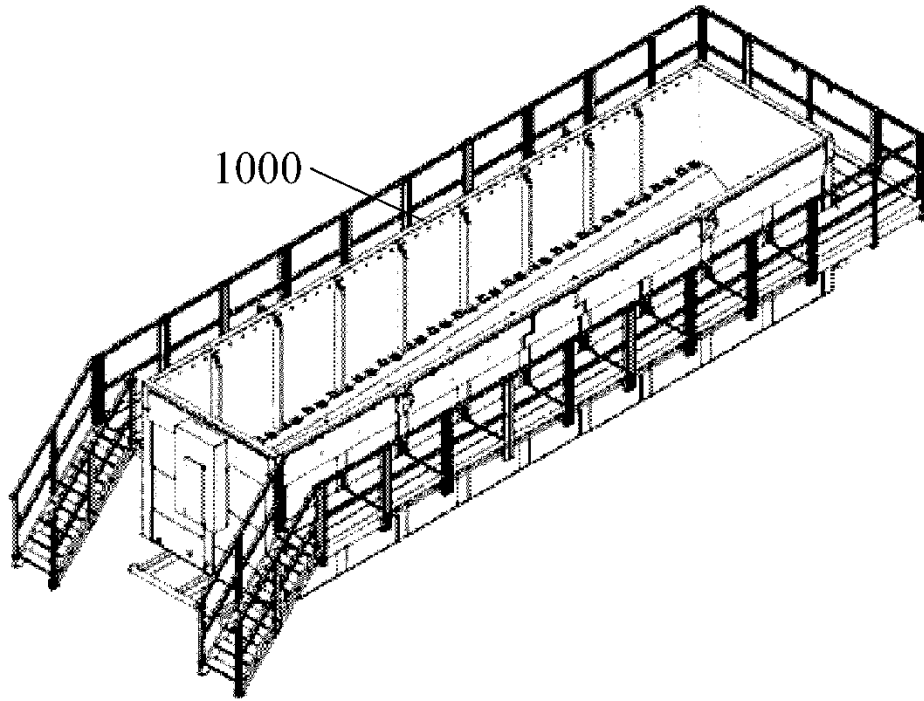


FIG. 10