

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 136**

51 Int. Cl.:

F04F 13/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2006 E 06008882 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 1719920**

54 Título: **Un aparato de intercambiador de presión**

30 Prioridad:

02.05.2005 US 120387

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

26.03.2013

73 Titular/es:

**ENERGY RECOVERY, INC. (100.0%)
1908 DOLITTLE DRIVE
SAN LEANDRO, CA 94577, US**

72 Inventor/es:

STOVER, RICHARD L.

74 Agente/Representante:

COBO DE LA TORRE, María Victoria

ES 2 399 136 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

Un aparato de intercambiador de presión.

5 **Ambito de invención**

(0001) La invención se refiere a un intercambiador de presión en el que un primer fluido se comunica hidráulicamente a alta presión con un segundo fluido a una presión más baja y transfiere presión entre los fluidos. Esta invención particularmente se refiere a un intercambiador de presión rotatorio en el que se compensan las fuerzas que, de otro modo, distorsionarían los componentes.

Información previa sobre la invención

(0002) En numerosos procesos industriales, especialmente químicos, se opera a grandes presiones. Estos procesos requieren una alimentación de fluido a alta presión que puede ser un gas, un líquido o un lodo. Estos últimos forman un producto fluido o efluente. Una vía para lograr una alimentación de fluido a alta presión en dichos procesos industriales consiste en introducir un flujo a una presión relativamente baja a través de un intercambiador de presión para cambiar la presión entre el flujo elevado de residuos y el flujo de alimentación a baja presión. Un tipo de intercambiador de presión especialmente eficaz es un intercambiador rotatorio en el que un rotor giratorio establece una comunicación hidráulica mediante sus canales axiales entre el fluido de alta presión y el de baja presión alternando las secuencias.

(0003) En las patentes estadounidenses 2.800.120 (este documento es la base del preámbulo de la Reivindicación 1) 4.887.942, 5.338.158, 6.537.035, 6.540.487, 6.659.731 y 6.773.226 se analizan los intercambiadores de presión rotatorios de tipo general descritos en la presente patente para transferir la presión de un fluido a otro. Este tipo de intercambiador de presión constituye una aplicación directa de la Ley de Pascal: "La presión aplicada a un fluido dentro de un recipiente se transmite por igual a todos los puntos del fluido y en las paredes del recipiente que lo contiene." La Ley de Pascal sostiene que si se establece un contacto hidráulico entre un fluido a alta presión con otro a baja presión, se reducirá la presión del fluido a alta presión y el de baja presión se incrementará. Además, este tipo de intercambio de presión se logra con el mínimo mezclado. En un intercambiador de presión rotatorio de este tipo, se aplica el Principio de Pascal estableciendo un contacto hidráulico alternativa y secuencialmente a través de un canal que contiene un fluido a una presión más baja con otro fluido a una presión superior, por lo tanto, presurizando un fluido en el canal y provocando la salida de parte del fluido que estaba en él, de tal modo, que el fluido de mayor presión ocupa su lugar correspondiente y el canal entra en contacto hidráulico con una segunda cámara que contiene la corriente entrante del fluido a una presión más baja que presuriza lo suficiente al fluido en la cámara como para provocar que parte del otro fluido que se encontraba en la cámara salga a una presión aún más baja.

(0004) El resultado neto del proceso de intercambio de presión según la Ley de Pascal consiste en lograr que las presiones provocadas en dos fluidos se aproximen entre sí. En procesos químicos como en la ósmosis inversa de agua de mar, el resultado que se obtiene es que el agua de mar a baja presión y la salmuera a alta presión se pueden introducir en este tipo de intercambiador con la ventaja de que se logra presurizar el agua de mar y despresurizar la salmuera empleando una presión elevada, por ejemplo, de 700-1.200 libras por pulgada cuadrada o psi (del inglés "*pounds per square inch*") (equivalentes a 5-8 MPa), con un agua de mar normalmente disponible a una presión baja, por ejemplo, a una presión atmosférica de aprox. 50 psi (0,3 MPa) y con una salmuera a alta presión alrededor de unos 700-1.200 psi (5-8 MPa). El efecto ventajoso del intercambiador de presión en procesos industriales de este tipo consiste en la reducción de la capacidad de bombeo a presiones elevadas. Esta capacidad se requiere para aumentar el flujo de alimentación hasta alcanzar la alta presión deseada y lograr un funcionamiento eficaz. Esta reducción puede provocar a menudo una disminución de energía de hasta un 65% en procesos de este tipo, lo que da como resultado, por lo tanto, la reducción de tamaño correspondiente de la bomba requerida.

(0005) En estos intercambiadores de presión rotatorios existe, por lo general, un rotor con múltiples canales de extremo abierto. Es harto conocido que la rotación del motor está impulsada o bien por una fuerza externa o por la dirección de entrada del fluido a alta presión en los canales. La rotación proporciona una comunicación hidráulica por turnos en un solo canal entre el fluido y el flujo entrante a alta presión en uno de los extremos opuestos de la cámara. Luego, en un intervalo de tiempo muy breve, se establece esta misma comunicación con un fluido entrante a baja presión en el otro extremo de la cámara. Como resultado de lo expuesto, se produce un flujo alternado axial a contracorriente del fluido en cada canal del rotor, creándose dos flujos de descarga, por ejemplo, una corriente de salmuera a presión reducida y otro flujo de agua de mar a presión aumentada.

(0006) En estos intercambiadores de presión rotatorios que cuentan con un rotor giratorio y múltiples canales que, por lo general, se extienden longitudinalmente a través de dicho rotor, se originan numerosos intervalos muy breves de comunicación hidráulica entre las cámaras con los extremos opuestos de los dos fluidos que, de otro modo, permanecerían aislados hidráulicamente entre sí. En estos canales se produciría una mínima mezcla entre los fluidos debido a que la operación se realiza, de tal modo, que dichos canales presentarían cada uno una zona de flujo muerto que actúa como tapón o punto de contacto en el canal entre los fluidos que entran y salen de cada uno de los respectivos extremos. Esto último permite que la salmuera a alta presión transfiera su presión al flujo entrante de agua de mar a baja presión sin que se mezclen.

(0007) Normalmente, el rotor gira en un casquillo o caja cilíndricos con sus superficies planas deslizables y selladas que se conectan con las cubiertas de los extremos. Estas cubiertas apoyan sus bordes manteniendo el contacto con el casquillo y presentan una entrada por separado así como aberturas de descarga para acoplarse alternativamente a los canales en el rotor. Como resultado, en estos canales, conectados hidráulicamente por turnos, por ejemplo, primero con un flujo entrante de salmuera a alta presión y luego con otro flujo entrante de agua de mar a baja presión, se produce una descarga de líquido procedente de su extremo opuesto. A medida que el rotor gira durante los intervalos de alternancia de comunicación hidráulica, se cierran ambas aberturas de cada canal durante un breve espacio de tiempo en cada una de las cubiertas de los extremos.

(0008) A menudo, el rotor en el intercambiador de presión está alojado en un cojinete hidrostático e impulsado o bien por la corriente de fluidos que entran y atraviesan sus canales o bien por un motor. Para lograr una fricción extremadamente baja se han sustituido los cierres herméticos giratorios por selladores anaeróbicos y rodamientos por fluido. Con el objetivo de minimizar al máximo las fugas, se emplean ajustes con tolerancias extremadamente estrechas entre sí.

(0009) Para minimizar estas fugas y mejorar la estabilidad dimensional de los materiales de construcción, se está investigando continuamente en mejoras en este tipo de intercambiadores de presión rotatorios.

Resumen de la Invención

(0010) Las cubiertas de los extremos que cuentan con superficies planas hacia el interior que se deslizan y sellan con las superficies planas de los extremos del rotor constituyen piezas importantes de este tipo de intercambiadores de presión rotatorios. Durante el servicio y, particularmente, durante su funcionamiento a alta presión, como suele ser usual en el procedimiento de ósmosis inversa de agua de mar (OIAM), la corriente entrante de salmuera puede estar a una presión mayor de 700-1.200 psi (5-8 MPa) por encima de la de la corriente entrante de agua de mar. Con el objetivo de establecer una estabilidad dimensional de dichos componentes, hemos observado que reviste una gran importancia prestar atención a estas grandes diferencias de presión.

(0011) En este sentido, hemos constatado que se puede lograr una mejora en el funcionamiento y estabilidad de los intercambiadores de presión rotatorios empleando tales cubiertas e introduciendo caras hacia el interior en las superficies mencionadas, preferentemente para equilibrar las fuerzas a las que se ven sometidas constantemente estas cubiertas durante su funcionamiento. En una disposición normal de OIAM, las caras hacia el exterior de ambas cubiertas de los extremos estarán respectivamente sometidas o bien a la alta presión de la corriente de salmuera entrante o bien a la alta presión de la corriente de agua de mar saliente, mientras que las caras hacia el interior sólo apoyarán sus bordes en contacto con el casquillo. Si añadimos un soporte central que equilibre preferentemente estas presiones, constataremos que se produce una mejora en el funcionamiento general y la estabilidad dimensional de las cubiertas de los extremos. Cuando se aplica dicho equilibrio, este se puede llevar a cabo de varias maneras, incluida la inserción de una cámara dentro del propio rotor que sirva a su vez para equilibrar las fuerzas internas y externas en ambas cubiertas de los extremos. Esta cámara se presurizaría mediante la comunicación o bien con la corriente de salmuera entrante a alta presión o bien con la corriente de descarga de agua de mar presurizada.

(0012) En un aspecto en particular, la presente invención proporciona una reivindicación conforme al aparato independiente que se expone en las siguientes reivindicaciones.

(0013) En otro aspecto en particular, la invención brinda un método de acuerdo con la reivindicación sobre el método independiente que se expone en las siguientes reivindicaciones.

Descripción breve de los dibujos

(0014)

En la FIGURA 1 se incluye un esquema general del proceso de OIAM en el que se suministra agua de mar a presión al intercambiador rotatorio en el que se incrementa la presión principalmente a raíz del intercambio con la corriente de salmuera a alta presión que sale de una membrana de OIAM de una unidad de cartucho.

En la FIGURA 2 se muestra una sección transversal en vertical de un intercambiador de presión rotatorio que incluye varias características de la presente invención.

En la FIGURA 3 se incluye una vista desplegada del intercambiador de presión rotatorio que aparece en la FIGURA 2.

En la FIGURA 4 se muestra una vista frontal de la cubierta superior en el intercambiador de presión que aparece en la FIGURA 2.

En la FIGURA 5 se incluye una vista posterior de la cubierta superior de la FIGURA 4.

En la FIGURA 6 se muestra una sección transversal tomada a lo largo de la línea 6-6 de la FIGURA 4.

En la FIGURA 7 se muestra una visión de parte de una forma alternativa de realización del intercambiador de presión.

5

En la FIGURA 8 se incluye una visión de parte de otra forma alternativa de realización del intercambiador de presión.

Descripción detallada de las formas de realización preferentes

10 (0015) A pesar de que los intercambiadores de presión rotatorios se pueden emplear en múltiples procesos industriales en los que se originan tanto un flujo a alta presión con unas condiciones de presión que ya no se requieren como un flujo a baja presión que debería aumentar, se ha constatado la desalinización de agua de mar empleando cartuchos de membrana de ósmosis inversa o elementos colocados dentro de recipientes a presión como una aplicación actual de considerable interés comercial. Por lo tanto, a pesar de que se podría entender que cualquier fluido apropiado como, por ejemplo, gases, líquidos, lodos, etc., engloba al flujo de alta presión y/o al de presión más baja en el mencionado intercambio que se va a efectuar, hemos decidido describir el proceso a continuación como un flujo líquido de salmuera a alta presión, empleado básicamente para incrementar la presión del flujo de alimentación de agua de mar a baja presión.

20 (0016) Aunque la descripción que aparece a continuación está explicada mediante los términos de flujo de salmuera y de agua de mar, se debe entender que dichos intercambiadores de presión rotatorios se pueden usar para transferir energía de presión de varios flujos primarios a alta presión a diversos flujos secundarios a baja presión. Del mismo modo, a pesar de que la expresión "a alta presión" se emplea por conveniencia, se debe entender que el término "alta" se usa en sentido relativo y que valdría más la pena utilizar el intercambiador de presión rotatorio para transferir la energía de los fluidos a un amplio margen de presiones. Por lo general, cuanta más energía de presión se pueda recuperar de un flujo a alta presión considerado como efluente o similar, por ejemplo, uno que se pueda quizás devolver al medio ambiente, mayor será la ventaja de aplicación de dichos intercambiadores desde un punto de vista de ahorro energético.

30 (0017) En la FIGURA 1 aparece representado de manera esquemática este tipo de sistema de OIAM que incluye un intercambiador de presión rotatorio (1) y una celda de OIAM (2) que puede incluir múltiples elementos de membrana de ósmosis inversa (O), por ejemplo, elementos en espiral dentro de un recipiente a presión. Un flujo entrante de agua de mar (3) se suministra por medio de una bomba principal (4) de alimentación de agua de mar que puede incrementar la presión a 30 psi (0,2 MPa) o más. La mayor parte de la corriente bombeada (3) de agua de mar entra por un acceso de entrada a baja presión en el intercambiador de presión rotatorio (1), mientras que la parte restante de la corriente fluye hacia la boquilla de succión de una bomba principal de alta presión (5). El agua de mar que entra en el intercambiador de presión rotatorio (1) sale como una corriente de agua de mar presurizada (3') y fluye hacia la boquilla de succión de una bomba elevadora de presión (bomba *booster*) (6). La descarga de la bomba *booster* (6) reúne la descarga procedente de la bomba principal de alta presión (5) y se convierte en la corriente de agua de mar presurizada (3'') que constituye, a su vez, la corriente de alimentación de la celda de OIAM. La celda de OIAM (2) emplea el filtrado de flujo cruzado y usa una membrana semipermeable de ósmosis inversa para crear un flujo de producto de agua purificada, por lo general, potable y un flujo concentrado o de salmuera (7). En caso de que la corriente de alimentación de agua presurizada (3'') entra en la celda de OIAM a una presión, por ejemplo, de aproximadamente 1.000 psi, la corriente de descarga de salmuera (7) puede presentar una presión de alrededor de 45 970 psi y el caudal de salmuera que sale de la celda puede equivaler a un 60-70% del caudal de la corriente de alimentación (3''). En este caso, el flujo restante constituye la corriente filtrada de agua purificada (9). La corriente concentrada de salmuera (7) fluye a través de un acceso de entrada de alta presión en el extremo opuesto del intercambiador de presión rotatorio (1) y transfiere la mayor parte de su energía de presión a la corriente entrante de agua de mar (3), mientras que un flujo de descarga de salmuera (10) sale del intercambiador aproximadamente a 50 presión atmosférica. Como es de sobra conocido en la técnica de desalinización, se puede añadir, si se desea, una proporción menor a la de agua de mar (3'') de la corriente de salmuera a alta presión (7) en un segundo paso de flujo a través de la celda de OIAM.

55 (0018) En resumen, el intercambiador de presión rotatorio (1) emplea la energía de presión de la corriente de efluente de salmuera a alta presión (7) como una fuente para presurizar un gran porcentaje de agua de mar entrante que proporciona una parte importante de la corriente de alimentación a alta presión (3'') que se distribuye a la celda de OIAM (2). La corriente de descarga de salmuera (10) procedente del intercambiador de presión se suele devolver al medio ambiente, por ejemplo, al océano, a otras fuentes de agua de mar o similares.

60 (0019) Especificado en la FIGURA 2 en una vista transversal, se muestra una forma de realización del intercambiador de presión rotatorio (11) que incluye varias características de la presente invención. El intercambiador de presión rotatorio (11) cuenta con una caja o parte de casco alargado (13), por lo general, cilíndrico, en el que se encuentra alojado un rotor cilíndrico (15) que gira dentro del casquillo y dispone de múltiples canales (16) que se extienden de un extremo a otro del casquillo (17) y alrededor del mismo. A los lados del rotor, flanqueándolo, se encuentra una primera cubierta superior (19) y otra cubierta inferior (21). Los términos de "superior" e "inferior" se emplean únicamente con el objeto de orientar y describir según el croquis de la FIGURA 2, ya que se debe comprender que el intercambiador de presión (11) puede funcionar en cualquier dirección, ya sea en vertical, horizontal o en otra. Para poder manejar las dos cubiertas de los extremos (19, 21), el rotor (15) y el

casquillo (17) como una unidad (FIG. 3), estos elementos están unidos entre sí mediante la aplicación de una barra o eje central (23) situado en una cámara alargada (25), por lo general, en posición axial al rotor y en un par de pasos alineados axialmente (27, 29) en las cubiertas superior e inferior. Esta barra de tensión enroscada (23) está alojada en estas tres cámaras centrales y está asegurada mediante arandelas, juntas tóricas y tuercas hexagonales o piezas similares. Además, sirve para posicionar el rotor (15) entre las cubiertas de los extremos (19, 21) asentadas sobre sus bordes contra las caras planas del casquillo tubular (17), de tal modo, que estas superficies planas del rotor se deslizan y sellan con las superficies correspondientes de las caras internas de ambas cubiertas. En este sentido, recomendamos el uso preferente de un pasador corto (31) que proporciona una sujeción con una alineación precisa al casquillo de alrededor (17) y a ambas cubiertas (19, 21).

(0020) Una vez más, por motivos de conveniencia, hemos descrito el intercambiador de presión (11) arbitrariamente con una salmuera a alta presión que entra hacia al fondo y el agua de mar a baja presión que pasa hacia la zona superior. Las unidades superior e inferior de placas de cierre (35, 37) disponen cada una de un par de conductos. En la forma de realización que aparece representada, la unidad superior de cierre (35) incluye un conducto recto (39) por el que se suministra el flujo de alimentación de agua de mar a baja presión. Este conducto (39) se extiende en línea recta a través de ambas placas superior e inferior de la unidad superior de cierre (35), conecta con un tubo (40) y termina en un acceso de agua de mar o un paso de alimentación (41) que atraviesa la cubierta superior (19) (agua de mar). Un conducto acodado (43) también se apoya en la unidad de cierre (35) que lleva a una abertura en la placa inferior de cierre que se abre hacia una cámara de admisión (45) que ocupa el espacio de esta sección cilíndrica del interior de la caja (13), menos el volumen destinado al conducto de alimentación (39) de agua de mar. Es harto conocido en este ámbito de la técnica, que una vez que la placa de cierre esté instalada, este espacio queda bloqueado por un anillo segmentado de cierre (47) o una pieza similar.

(0021) El extremo opuesto del intercambiador de presión (11) contiene básicamente los mismos componentes. La análoga unidad inferior de placas de cierre (37) sostiene un conducto recto de descarga de salmuera (49) y un conducto acodado (51) a través de los que se suministra el flujo entrante de salmuera a alta presión. El conducto entrante de salmuera se vacía en una cámara inferior de admisión (53) en la zona comprendida entre las caras hacia el exterior de la cubierta inferior (salmuera) (21) y la superficie interior de la unidad inferior de placa de cierre (37), mientras que el conducto de descarga de salmuera a baja presión (49) está conectado a una boquilla roscada (55), de tal modo, que mantiene la estanqueidad en un paso de descarga en la cubierta de extremo de salmuera (21). El espacio de la unidad inferior de placa de cierre (salmuera) (37) también se quedará bloqueado por un anillo estándar de cierre (47).

(0022) La superficie exterior cilíndrica (57) de la cubierta de extremo de salmuera (21) está formada por una ranura en la que se asienta una junta tórica (59) o similar para crear un cierre hermético en este punto dentro de la caja (13). En comparación, no existe ningún cierre hermético de este tipo en la superficie exterior de la cubierta de extremo de agua de mar, por lo que las tolerancias del proceso pueden permitir que parte de la corriente de agua de mar presurizada fluya hacia las zonas comprendidas entre la cubierta de extremo de agua de mar (19) y la pared interior de la caja así como entre el casquillo (17) y la pared interior de la caja. Esta corriente se extiende hacia las regiones interfaciales entre las caras del rotor (15) y las superficies yuxtapuestas de las cubiertas de los extremos (19, 21) creando un efecto de cojinete hidrodinámico lubricado con agua de mar.

(0023) Las cubiertas de los extremos (19, 21) son, por lo general, imágenes especulares entre sí y su construcción se puede observar en las FIGURAS 4, 5, 6, 7 y 8 en las que aparece la cubierta superior de agua de mar (19).

(0024) En la FIGURA 5 se muestra la superficie hacia el exterior (61) de la cubierta de extremo de agua de mar (19) en la que el acceso de sección circular al paso o cámara de acceso al agua de mar (63) están situadas en la parte inferior semicircular del dibujo, mientras que, la abertura de salida de forma irregular procedente del paso o cámara (65) de descarga del agua de mar presurizada aparece en la parte superior semicircular con una cámara o cavidad (27) que aloja en su centro la barra de tensión enroscada (23). El paso de acceso al agua de mar (63) se extiende formando un arco desde la zona de entrada cilíndrica hasta el cuadrante adyacente de la mitad de la cubierta para terminar en una abertura con forma de alubia en la superficie hacia el interior (67) de la cubierta de extremo de agua de mar (19). Una gran parte de la ampliación del paso se produce cerca de la superficie hacia dentro (67) en las rampas oblicuas (69) y (71) que forman superficies de los pasos expandidos (63) y (65). El ángulo de estas rampas determina el ímpetu que va a tener la corriente bombeada entrante de agua de mar en la pared distante de cada canal (16) del rotor (15) y, por lo tanto, ayuda a determinar su correspondiente velocidad de rotación (por supuesto, en combinación con el efecto similar que ocurre en el extremo opuesto en el que la salmuera presurizada fluye de un modo parecido a través de la cubierta en imagen especular (21) a medida que sale del paso o cámara de acceso de entrada de salmuera en la cubierta de extremo de salmuera). Como se puede observar en la FIGURA 4, la abertura hacia el paso de descarga de agua de mar (65) en la cara hacia el interior (67) también presenta una forma de alubia e incluye, por lo general, una superficie similar (71) de rampa de acceso.

(0025) El efecto de equilibrio de la presente invención se logra gracias al gran tamaño de la cavidad axial (27) en la cubierta de extremo de agua de mar (19) en relación con el diámetro de la barra de tensión (23) que la atraviesa. Como se puede observar en la FIGURA 6, un paso purgador oblicuo (73) se extiende desde la zona de alta presión del paso de descarga de agua de mar presurizada (65) a través de la estructura de cubierta de extremo (19) hasta el interior de la cavidad axial (27). Como consecuencia de esto último, la cavidad axial (27) estará a la misma presión durante el funcionamiento que el agua de mar presurizada que se esté descargando.

(0026) En relación con la orientación de la vista en sección transversal que aparece en la FIGURA 6, la superficie hacia la derecha o al exterior (61) de la cubierta de extremo (19) estará sometida durante el funcionamiento a fuerzas axiales hacia el interior desde la descarga de agua de mar a alta presión que llenará la cámara de admisión (45). Dicha superficie (61) constituye un límite para esta cámara. Sólo el borde de la cubierta de extremo (19) se apoya por acoplamiento al casquillo (17). Con el objetivo de proporcionar una fuerza de equilibrio axial en la zona central de la cubierta de extremo (19), se ha equipado un paso axial (27) con un rectificador (75) en la cara interna creando una superficie anular (77) paralela a la superficie hacia el exterior (61). Como resultado de esto último, la presión hidrostática ejerce una fuerza axial de equilibrio hacia el exterior como consecuencia de la comunicación entre la alta presión que atraviesa el paso purgador (73) y la zona central de la cubierta de extremo (19) que fija y protege contra deformaciones potenciales.

(0027) En la forma de realización preferente que aparece representada, la cavidad o cámara axial (25) que atraviesa el rotor presenta también un gran tamaño en comparación con el diámetro de la barra de tensión (23), de tal modo, que la presión de descarga del agua de mar también se comunica con esta cavidad axial que se extiende de un lado a otro del rotor (15). En esta forma de realización preferente, se aplica de manera similar una fuerza axial de equilibrio hacia el exterior en contra de la zona central de la superficie interna de la cubierta de extremo de salmuera (21) que dispone de un rectificador y una superficie anular similares. Como se ha mencionado previamente, la cubierta de extremo de salmuera (21) constituye básicamente una imagen especular de la cubierta de extremo de agua de mar, a excepción de la ausencia del paso purgador oblicuo (73), tal y como se puede observar en la vista de sección transversal en la que aparecen representadas las unidades de la FIGURA 2. No obstante, si se desea, se puede añadir un segundo paso purgador para equilibrar la presión en la cubierta de extremo de salmuera (21) que se extiende desde el paso de acceso a la salmuera a alta presión en la cubierta de extremo hasta su cavidad central (29). En caso de que se emplee esta opción, se debería colocar un cierre hermético en cualquier punto dentro de la cavidad axial (25) en el rotor (15) para bloquear el flujo de salmuera a alta presión a través de la cavidad axial central del rotor.

(0028) Como es harto conocido en este ámbito de la técnica, el rotor (15) gira sobre cojinetes hidrodinámicos situados en las interfaces entre cada cara del rotor (15) y la respectiva superficie hacia el interior de cada cubierta de extremo. Todos estos elementos funcionan con márgenes de tolerancia ajustados entre sí, de tal modo, que dichas superficies interfaciales al deslizarse y sellarse están básicamente en contacto unas con otras y sólo les separa una fina capa de fluido. Como consecuencia de esto último, ningún fluido fluye perpendicular a la superficie interfacial, por lo que el paso de toma de fluido a alta presión o de descarga en cada cubierta de extremo está cerrado herméticamente al paso de baja presión adyacente en la superficie interfacial. Como bien se puede observar en la FIGURA 4 y es bien sabido en este ámbito de la técnica, este cierre hermético cuenta con una separación para una zona anular de aproximadamente unos 40°. El efecto del cojinete hidrostático está reforzado por una ranura anular (81) que aparece en la cara hacia el interior (67) de la cubierta de extremo (19), próxima a su periferia y rodeando las salidas/la entrada del paso de toma y descarga de fluido donde se acumula el agua a alta presión en un reservorio estático. De manera similar, recomendamos que las caras hacia el interior de las cubiertas de extremo (19, 21) incluyan preferentemente taladros ciegos (82) para alojar los pasadores cortos (31) que alinean las cubiertas de extremo y el casquillo (17).

(0029) Como se puede observar en las FIGURAS 2 y 3, el intercambiador de presión (11) en su forma de realización preferente presentará probablemente agua de mar a baja presión, por ejemplo, a unos 30 psi (0,2 MPa), que será bombeada hacia el conducto recto de entrada (39) en el extremo superior así como una salmuera a alta presión que se descargará de la celda de OIAM y entrará en un conducto de acceso acodado (51) en el extremo inferior. De este modo, el agua de mar a baja presión llenará el paso de acceso (63) en la cubierta superior (19) y la salmuera a alta presión llenará, a su vez, la cámara de admisión (53), fluirá a través del paso de acceso en la cubierta inferior de salmuera (21) y entrará en los canales axiales (16) en el rotor (15) provocando que este gire. El agua de mar en estos canales (16) se podría presurizar instantáneamente, lo que provocaría la salida de su porción final más próxima al extremo de los canales, en tanto en cuanto el respectivo canal (16) esté alineado con la abertura hacia el paso de descarga de agua de mar (65) situado en la cubierta superior de agua de mar. Esto último, originaría que el agua de mar presurizada llenase la cámara superior de admisión (45) y saliera desde el intercambiador de presión (11) a través del conducto de descarga acodado (43) localizado en la parte superior del intercambiador. Asimismo, cuando un canal (16) situado en el rotor esté alineado alternativamente o bien con la abertura hacia el paso de acceso al agua de mar (63) en la cubierta de extremo de agua de mar (19) o bien con la abertura correspondiente al paso de descarga de salmuera en la cubierta de extremo de salmuera (21), el agua de mar a 30 psi (0,2 MPa) forzaría la salida de salmuera del intercambiador de presión (11) a través del conducto recto de descarga de salmuera a baja presión (49), de tal modo, que el agua de mar volverá a llenar, como mínimo, la parte superior del canal. El agua de mar a alta presión procedente de la cámara de admisión (45) se abrirá paso a la superficie interior de la caja cilíndrica, en tanto en cuanto, el anillo de estanqueidad (59) se posicione en la cubierta inferior de salmuera (21). Parte de esta agua de mar a alta presión fluye hacia los espacios libres entre el rotor, el casquillo y las cubiertas de los extremos. Este flujo contribuye al efecto de cojinete hidrodinámico. Durante el funcionamiento, el paso purgador oblicuo (73), que va desde el paso de descarga de agua de mar presurizada (65) en la cubierta de extremo de agua de mar (19), presuriza la cavidad axial (27) dentro de dicha cubierta. La cavidad axial (25) en el centro del rotor comunica esta alta presión al rectificador de la cavidad axial (29) en la cubierta de extremo de salmuera (21), provocando, por lo tanto, que las fuerzas axiales de equilibrio hacia el interior originadas por los rectificadores situados en el centro de la cara interna de cada una de las cubiertas de extremo actúen sobre las

superficies anulares. El líquido que se encuentra dentro de este sistema es estático debido a la ausencia de flujos ya que los extremos hacia el exterior de las cavidades axiales (27, 29) en las cubiertas de extremo están cerrados herméticamente mediante arandelas y tuercas finales que garantizan que la barra de tensión (23) esté en su sitio. A raíz de esta disposición de elementos, las fuerzas que operan en las cubiertas de extremo (19, 21) se equilibran de un modo muy eficaz (dichas fuerzas pueden, de hecho, revestir una gran importancia cuando un intercambiador de presión (11) está operando, por ejemplo, con una salmuera a una presión de 1.000 psi (7 MPa) o mayor). Este equilibrio de fuerzas resiste la deformación potencial en forma de platillo de las cubiertas de extremo que se apoyan rígidamente sobre sus respectivos bordes cuando están sometidas a altas presiones. Por lo tanto, este equilibrio ofrece la ventaja de una mayor estabilidad dimensional en este tipo de aparato en el que es realmente importante mantener los márgenes estrechos de tolerancia.

(0030) En la FIGURA 7 se muestra una visión fragmentaria de sección transversal, similar a la que aparece en la FIGURA 2, de una forma de realización alternativa de un intercambiador de presión (11) que fija y protege las cubiertas de extremo, de un modo diferente, contra una deformación potencial por alta presión. El intercambiador de presión (11) emplea una caja (13), un rotor (15) y un casquillo (17) similares así como una cubierta inferior (21) parecida. Sin embargo, se puede emplear una cubierta superior (19') que no incluya un paso purgador (73). En vez de dicho paso, se puede usar una barra de tensión enroscada (23') más fina que proporcione más espacio en la cavidad axial (25) en el rotor para insertar un tubo fino y rígido (85). Este tubo (85) puede contar con un ajuste corredizo en la barra de tensión y se puede extender desde la cubierta de extremo (19') hasta la otra cubierta (21) en la cavidad central (25) del rotor. Este tubo suele estar asentado preferentemente en cada extremo respectivo en el rectificador (75) de cada cubierta de extremo y, si se desea, se puede reducir los diámetros de estos rectificadores con respecto a los diámetros que aparecen en la figura. Otra opción consiste en eliminar los rectificadores y colocar el tubo rígido (85) simplemente lindando con la zona central anular de cada superficie hacia el interior (67) de las cubiertas de extremo.

(0031) En la estructura que aparece en la FIGURA 7, el tubo de soporte (85) rodea la barra de tensión en la cavidad central (25) del rotor cuando las dos cubiertas, el rotor (15) y el casquillo (17) están ensambladas formando una unidad integral. Cuando las contratueras (87) están atornilladas a ambos extremos de la barra de tensión (23'), las cubiertas de extremo (21) y (19') se apoyan sobre sus bordes en el punto en el que hacen contacto con las caras del casquillo (17) y en el centro donde tocan las superficies del tubo de soporte (85). Por consiguiente, durante su funcionamiento, este apoyo de las cubiertas de extremo en espacios separados de zonas anulares internas y externas resiste eficazmente las deformaciones causadas por la diferencia entre las presiones axiales.

(0032) En la FIGURA 8 aparece otra forma alternativa de realización de la invención que guarda cierta semejanza con la forma de la FIGURA 7. En este caso, se muestra un intercambiador de presión (1") que emplea una forma ligeramente distinta de soporte mecánico central para las cubiertas de extremo: En vez de contar con un tubo rígido que se deslice por la barra de tensión de diámetro reducido, se suelda o fija de otro modo un par de bridas circulares (91) a la barra de tensión (23") en puntos en los que estas bridas se extenderán axialmente más allá de las superficies opuestas del rotor (15). Estas bridas rígidas (91) lindan entonces con las superficies hacia el interior (67) de las cubiertas de extremo cuando las contratueras (87) están atornilladas en los extremos opuestos de la barra de tensión (23") y desempeñan la misma función de soporte que el tubo rígido (85) en la forma de realización de la FIGURA 7.

(0033) A pesar de que se ha descrito la invención en relación con ciertas formas de realización preferentes que constituyen el mejor modo que conocen los inventores en la actualidad para ejecutar la invención, resulta obvio que cualquiera con la suficiente destreza técnica puede introducir diversos cambios y modificaciones sin desviarse por ello del ámbito de aplicación de la invención que viene definido en las Reivindicaciones adjuntas a la presente descripción. Por ejemplo, aunque una barra de tensión central se suele emplear convenientemente para unir las cubiertas de extremo, el casquillo y el rotor para formar un paquete integral, también se podría usar otro tipo de fijaciones como interconexiones apropiadas entre las cubiertas de extremo y el casquillo. Del mismo modo, a pesar de que resulte conveniente y eficaz introducir una superficie anular de equilibrio de presiones en el centro de la cara hacia el interior de cada cubierta de extremo, se pueden emplear, en vez de dicha superficie anular, una o más cámaras con superficies hacia el interior y conectarlas de manera apropiada a una región adyacente de un fluido a alta presión. De modo similar, aunque resulte conveniente usar un paso purgador corto y oblicuo entre el paso a alta presión situado en una cubierta y su cavidad axial interna que se abre hacia la cámara de compensación de presión en la superficie hacia el interior en la cubierta de extremo, también se podría taladrar un paso purgador o crearlo directamente entre la cámara y el paso a alta presión o entre la cavidad axial y la cámara de admisión de agua de mar presurizada. Además, como se ha mencionado anteriormente, independientemente del motivo, este tipo de efecto de equilibrio de presiones sólo se podría emplear en una cubierta de extremo del intercambiador de presión o bien la estructura tendría que ser de tal modo, que cada una de las cubiertas de extremo se equilibrara individualmente y por separado sin la comunicación axial a través de una cámara localizada en algún lugar dentro del rotor. Asimismo, si se desea, se podría usar la salmuera a alta presión para lograr la fuerza de equilibrio axial para ambas cubiertas de extremo colocando el paso purgador (73) en la cubierta de salmuera. Las características particulares de la invención aparecen expuestas a continuación en las Reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

5 1ª.- Un aparato de intercambiador de presión (11) para transferir energía de presión de un primer fluido a alta presión a un segundo fluido a una presión más baja para obtener un segundo fluido presurizado. Este aparato incluye las siguientes partes:

10 Un rotor cilíndrico con montaje rotatorio (15) que cuenta con un par de superficies planas opuestas entre sí con, al menos, dos canales (16) que se extienden axialmente a través y entre las aberturas situadas en las mencionadas superficies planas.

15 Un par de cubiertas de extremo (19, 21) con superficies hacia el interior y exterior (67, 61). Estas superficies hacia el interior (67) se conectan entre sí deslizándose y sellándose con las caras del mencionado rotor (16). Cada cubierta de extremo dispone de un paso de acceso (63) y otro paso de descarga (65). Estos pasos deberán estar situados, de tal modo, que el paso de acceso en la cubierta correspondiente esté alineado con uno de los canales (16) mencionados en el rotor cuando el paso de descarga en la otra cubierta esté alineado también con el mismo canal. Estos pasos mencionados de acceso y descarga en cada una de las placas de extremo permanecen constantemente cerrados herméticamente entre sí durante el funcionamiento mediante una zona de sellado en la interfaz entre las superficies mencionadas del rotor y la cubierta de extremo (67). En estas superficies se alinean total o parcialmente en secuencias alternas las referidas aberturas de canal durante el giro del rotor con un paso de acceso en una de las cubiertas de extremo mencionadas y un paso de descarga en la otra cubierta de extremo respectiva para luego alinearse de nuevo parcial o totalmente con un paso de descarga en una de las cubiertas de extremo indicadas y un paso de acceso en la otra cubierta de extremo respectiva.

25 Este aparato se caracteriza por incluir las siguientes piezas:

30 Un casquillo tubular (17) que rodea al mencionado rotor, dentro del cual, los extremos opuestos de dicho casquillo se conectan respectivamente con las superficies hacia el interior de las citadas cubiertas de extremo (19, 21) a lo largo de sus bordes.

35 Una cámara de admisión de entrada (53) que comunica un fluido con la superficie hacia el exterior de la primera de las referidas cubiertas de extremo y constituye un límite para la superficie hacia el exterior de la primera cubierta de extremo. A través de esta cámara se suministra el primer fluido mencionado a alta presión a la primera de las cubiertas señaladas.

40 Una cámara de admisión de descarga (45) que comunica un fluido con la superficie hacia el exterior de la segunda de las referidas cubiertas de extremo y constituye un límite para la superficie hacia el exterior de la segunda cubierta de extremo. A través de esta cámara, el aparato de intercambiador de presión descarga el segundo fluido presurizado.

45 Por último, la fijación de una zona central se efectuará, como mínimo, en una de las superficies referidas hacia el interior (67) de una de las cubiertas de extremo (19), de tal modo, que la fuerza axial que ejerza el primer líquido a alta presión o el segundo líquido presurizado en la superficie hacia el exterior (61) no deforme la respectiva cubierta.

Dentro del ámbito de los medios de fijación se incluyen:

50 Como mínimo, una cámara de compensación de presión (75) que comunica un fluido con la superficie hacia el interior (77) de al menos una de las cubiertas de extremo mencionadas (19).

55 Una pieza (73) que conecta dicha cámara o bien al primer fluido a alta presión o bien al segundo fluido presurizado, de tal modo, que la cubierta de extremo mencionada en último lugar (19) esté sometida a fuerzas axiales relativamente iguales en sus respectivas superficies hacia el interior y exterior.

60 2ª.- El aparato según la Reivindicación 1 en el que las cámaras de compensación de presión (75) cuentan con una superficie adyacente hacia el interior (67) en cada cubierta de extremo mencionada. Estas cámaras comunican un fluido con otro, de tal modo, que ambas cubiertas de extremo (19, 21) estén sujetas a fuerzas relativamente iguales en sus respectivas superficies hacia el interior y exterior.

65 3ª.- El aparato según la Reivindicación 2 en el que, por lo general, una cavidad axial (25) se extiende a través del citado rotor entre las superficies opuestas y comunica un fluido con las cámaras señaladas de compensación de presión (75).

4ª.- El aparato según cualquiera de las Reivindicaciones anteriores, en el que al menos una cubierta de extremo incluye una cavidad axial (27) que comunica con la citada cámara de compensación de presión (75) y en la que el fluido se comunica entre dicha cámara de compensación de presión (75) y el fluido a alta presión con un paso, por lo general, radial (73) situado en la mencionada cubierta de extremo que se abre hacia el paso de acceso o de

descarga, de tal modo, que el fluido a mayor presión en dicha cubierta de extremo se comunique con la cavidad axial.

5 5ª.- El aparato según las Reivindicaciones 1 ó 2, en el que el rotor indicado y las cubiertas de extremo mencionadas cuentan con cavidades coaxiales (25, 29) que se extienden a través de ellos.

10 6ª.- El aparato según la Reivindicación 5 ó 4, siempre y cuando dependa de la Reivindicación 3, en el que una barra (23) se extiende entre las cubiertas de extremo referidas y a través de las cavidades axiales en las cubiertas de extremo y en el rotor para crear una unidad integral.

7ª.- El aparato según cualquiera de las Reivindicaciones anteriores, en el que la mencionada cámara de compensación de presión (75) incluye una superficie hacia el interior (77).

15 8ª.- El aparato según cualquiera de las Reivindicaciones anteriores, en el que la mencionada cámara de compensación de presión está situada en el centro de la referida superficie hacia el interior (67) de, al menos, una de las cubiertas de extremo mencionadas (19).

20 9ª.- Un método para transferir energía de presión desde una corriente de un primer fluido a alta presión hasta otra corriente de un segundo fluido a una presión más baja empleando un intercambiador de presión (11) que incluye los siguientes pasos:

25 - Suministrar la corriente del primer fluido a alta presión a través de un paso de acceso (63) en una primera cubierta de extremo (21) a uno de los extremos del intercambiador de presión para dirigir el mencionado primer fluido hacia un rotor cilíndrico giratorio (15) que dispone de un par de superficies opuestas, por lo general, planas, con, al menos, dos canales (16) que se extienden axialmente a través de las aberturas y entre las mismas situadas en las caras opuestas del rotor.

30 - Suministrar la corriente del segundo fluido a una presión más baja a través de un paso de acceso (63) en una segunda cubierta de extremo (19) al extremo opuesto del intercambiador de presión para dirigir este segundo líquido hacia los extremos opuestos de los canales hasta entrar en el rotor giratorio, en el que cada cubierta de extremo cuenta con una superficie hacia el interior y exterior respectivamente. Particularmente, las superficies hacia el interior (67) se deslizan y sellan con las caras respectivas del rotor. Cada cubierta de extremo también dispone de un paso de descarga (65) añadido al paso de acceso. Estos pasos (63, 65) en cada cubierta están separados angularmente entre sí, de tal modo, que cada canal (16) sólo se pueda comunicar simultáneamente en el rotor con un único paso de cada cubierta.

40 - Girar el rotor mencionado dentro de un casquillo tubular (17) rodeando a dicho rotor. Dentro de dicho casquillo, sus extremos opuestos conectan con las superficies hacia el interior de las cubiertas de extremo a lo largo de sus bordes. Esta rotación provoca que se abran los canales en una secuencia alterna. De este modo, se logra una alineación parcial o completa de dichos canales con un paso de acceso en una cubierta de extremo y con un paso de descarga en la otra cubierta de extremo para después conseguir otro alineamiento parcial o completo con un paso de descarga en uno de las cubiertas de extremo y con un paso de acceso en la otra cubierta. Durante este proceso, se suministra el primer fluido a alta presión a una primera cubierta de extremo (21) a través de una cámara de admisión de entrada (53) que comunica el fluido con la cara hacia el exterior de la primera cubierta de extremo. Para dicha cámara, esta cara hacia el exterior de la segunda cubierta de extremo constituye, al menos, un límite. Asimismo, durante el mencionado proceso, se descarga también el segundo fluido presurizado desde el intercambiador de presión a través de la cámara de admisión de descarga (45) que comunica el fluido con la cara hacia el exterior de la segunda cubierta mencionada. Para dicha cámara, esta cara hacia el exterior de la segunda cubierta de extremo constituye, como mínimo, un límite.

55 -Fijar y proteger una región central de las caras hacia el interior (67) de las cubiertas contra deformaciones provocadas por las fuerzas axiales que originan las corrientes de un primer fluido a alta presión y un segundo fluido presurizado en las superficies hacia el exterior de dichas cubiertas. Para ello, se incorpora, como mínimo, una cámara de compensación de presión (75) que comunica el fluido con la superficie hacia el interior (77) de, al menos, una de las cubiertas de extremo así como con la corriente del primer fluido entrante a alta presión o con la corriente del segundo fluido presurizado que se está descargando del intercambiador de presión.

60 10ª.- El método según la Reivindicación 9, en el que la cámara de compensación de presión comunica el fluido con una cámara (25) que se extiende axialmente a través del rotor mencionado que, a su vez, comunica con una cámara similar de compensación de presión situada en la otra cubierta de extremo.

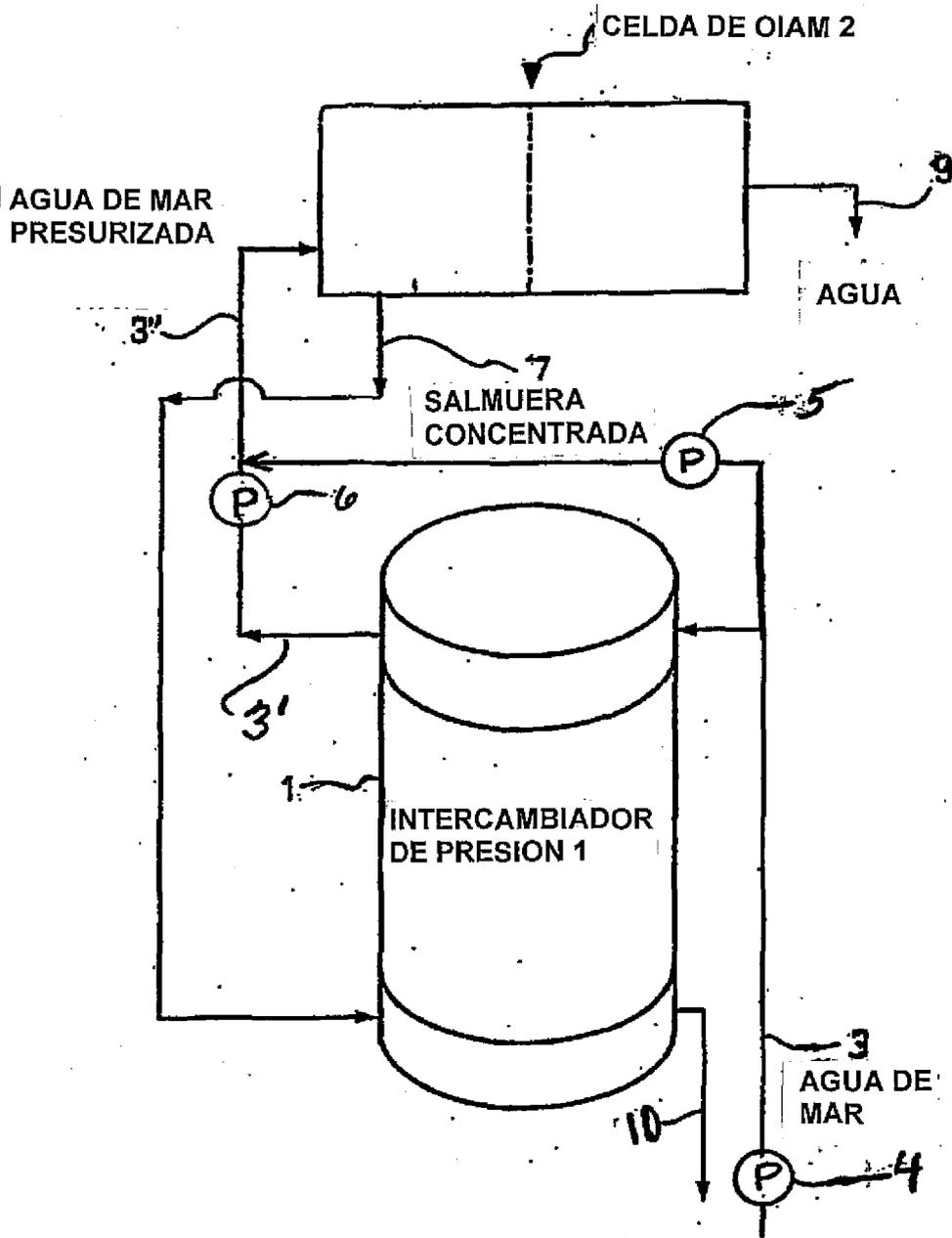


FIG. 1

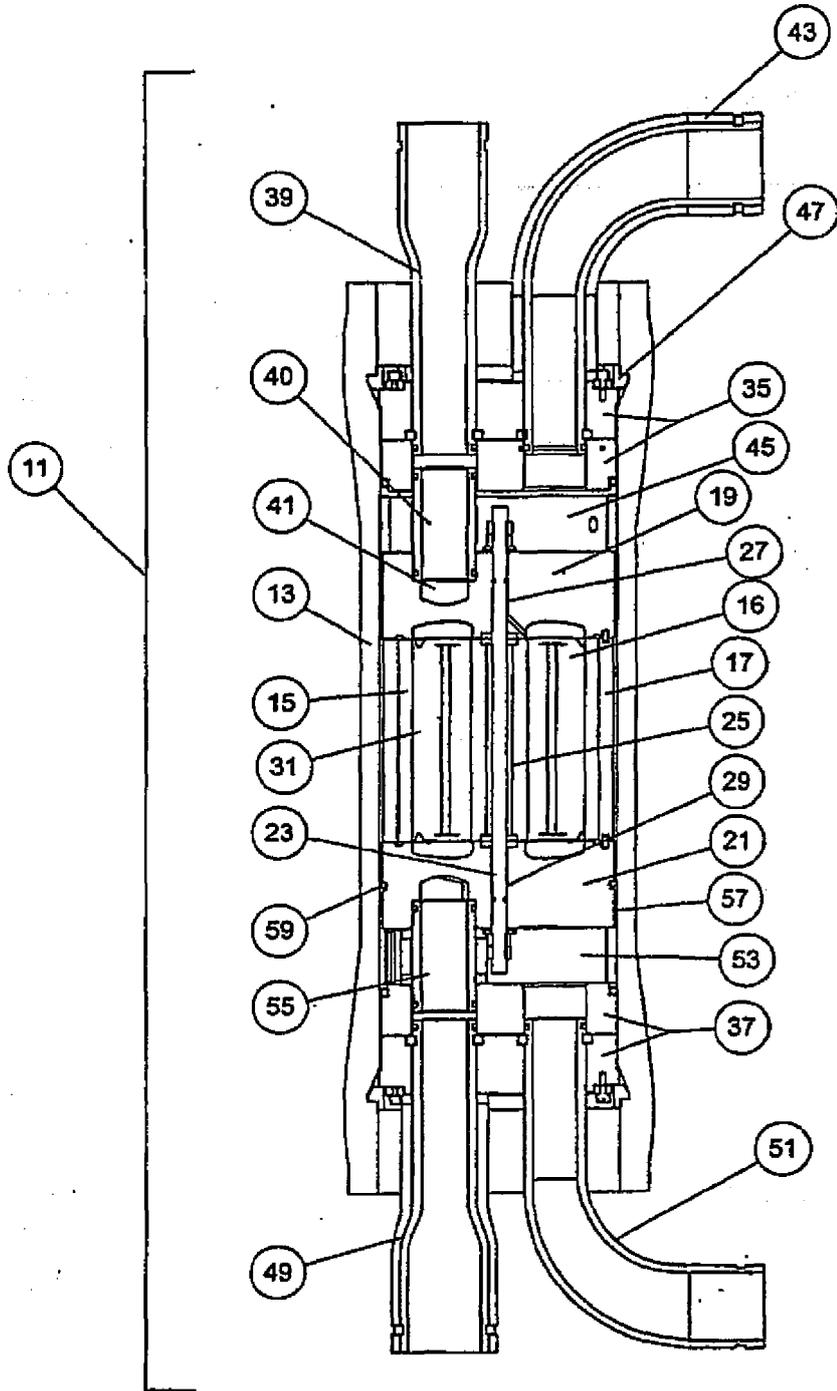


FIG. 2

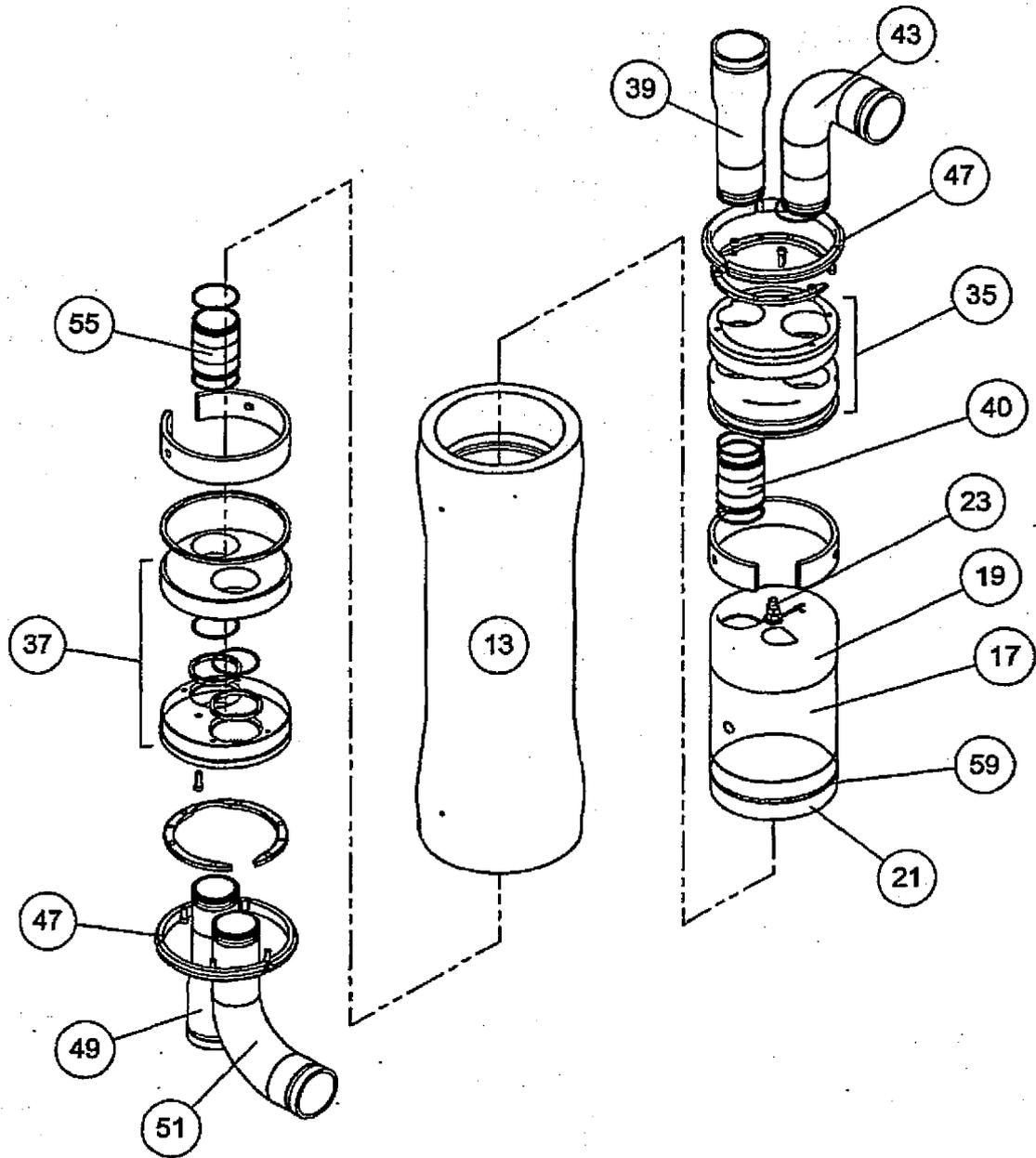


FIG. 3

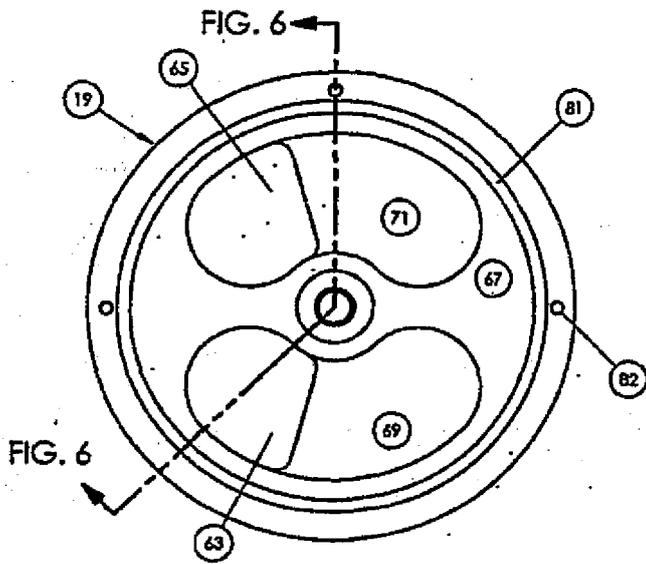


FIG. 4

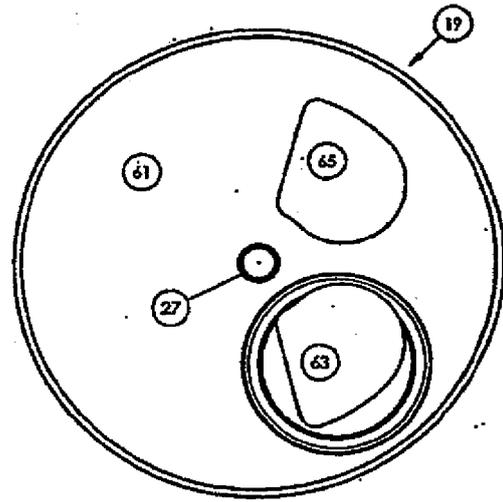


FIG. 5

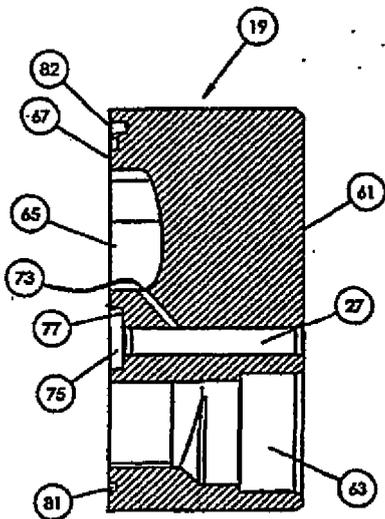


FIG. 6

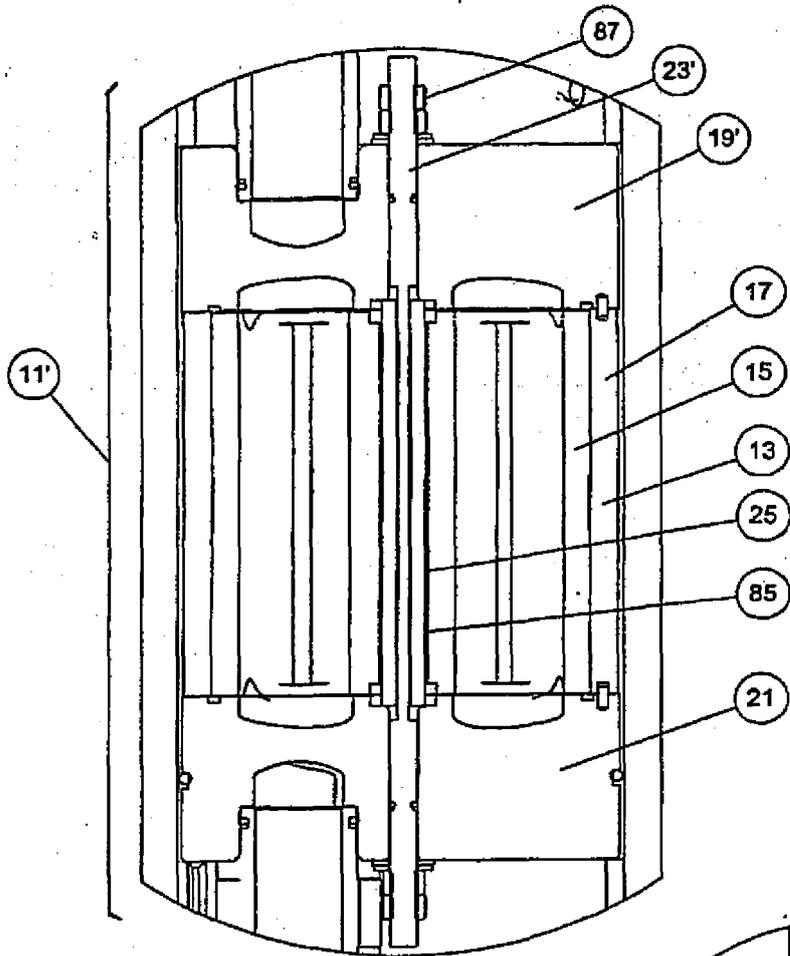


FIG. 7

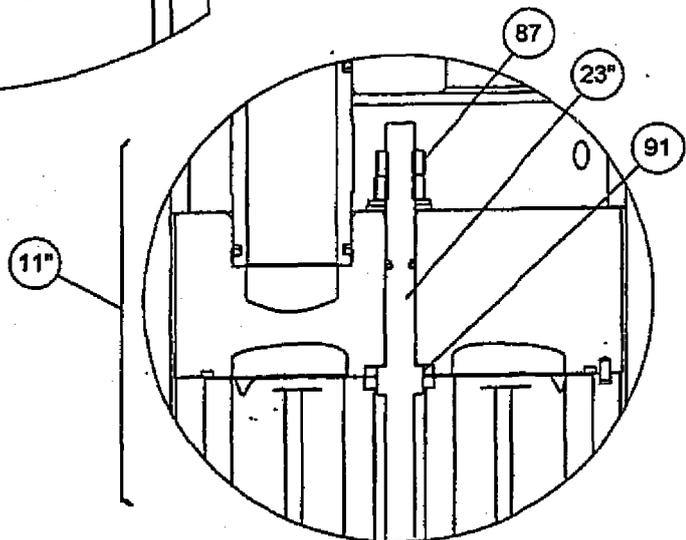


FIG. 8