

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 177**

51 Int. Cl.:

F04B 43/00 (2006.01)

F15B 15/00 (2006.01)

B01D 61/06 (2006.01)

F04F 13/00 (2009.01)

F04B 43/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.04.2007 PCT/ES2007/000213**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2008 WO08084118**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2007 E 07730453 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2128442**

54 Título: **Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión**

30 Prioridad:

08.01.2007 ES 200700054

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

10.07.2017

73 Titular/es:

**ABENGOA INNOVACIÓN, S.A. (100.0%)
Energía Solar 1 Campus Palmas Altas
41014 Sevilla, ES**

72 Inventor/es:

**DEL POZO POLIDORO, ENRIQUE;
GALLARDO GARCÍA-ORTA, VICTORIA y
BREY SÁNCHEZ, JOSÉ JAVIER**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 623 177 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión

5 Objeto de la invención

La presente invención, según se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, realizándose el proceso con recuperación de la energía contenida en el fluido a alta presión para ayudar al bombeo de la baja presión a la alta presión, consiguiéndose una disminución del aporte energético requerido.

El sistema encuentra especial aplicación en procesos de intercambio térmico y de disolución de gases, así como en procesos de depuración y desalinización de agua por osmosis inversa, y en general en todos aquellos mismos procesos donde sea factible su utilización y permitan reducir el consumo energético.

15 Antecedentes de la invención

De acuerdo con los principios de la Física, el bombeo de un fluido de un medio a baja presión a un medio a alta presión, requiere un aporte energético directamente proporcional al flujo vehiculado y a la diferencia de presiones entre los dos medios, siendo también proporcional al producto de ambas variables.

En los procesos de depuración y desalinización de agua por osmosis inversa, se bombea agua salada a través de una membrana para conseguir su desmineralización. Debido al efecto de la presión aplicada el agua atraviesa la membrana, quedando la sal en el lado del circuito primario y obteniéndose agua desalinizada en el circuito secundario. Como el proceso es acumulativo, al cabo de cierto tiempo de funcionamiento del sistema se obtendrá una concentración salina en el circuito primario, incompatible con el buen funcionamiento de la instalación, haciéndose necesario purgar la salmuera producida para mantener su concentración dentro de unos límites aceptables. Puesto que la salmuera está a alta presión, si en lugar de simplemente evacuarla al exterior desperdiciando la energía que contiene, se aprovechase su energía para ayudar al bombeo del agua primaria, se conseguiría un ahorro energético considerable, incluso si la utilización es siempre parcial puesto que el flujo de salmuera es menor que el del agua primaria a bombear.

Por otro lado, en los procesos de intercambio térmico y de disolución de gases, se da el caso de que los flujos de entrada y de salida son iguales, por lo que las posibilidades de ahorro energético son máximas. Estos casos se dan, por ejemplo, en las embarcaciones submarinas, donde se admite un flujo de agua exterior a la presión correspondiente a la profundidad de navegación, y esta presión debe reducirse para la utilización del agua marina como refrigerante de procesos o para la disolución de los gases procedentes de la respiración de los tripulantes o de los originados por la maquinaria de a bordo, un flujo que debe posteriormente achicarse al exterior devolviéndolo a su misma presión de origen.

Son numerosos los tipos de recuperador de energía existentes utilizados, basándose en todos los casos en el fluido sometido a alta presión que se conecta con un fluido a baja presión por medio de una pared móvil, de tal forma que la transferencia de energía se realiza entre ambos fluidos.

Los recuperadores existentes, según su forma constructiva, pertenecen o bien a la categoría de recuperadores giratorios, o bien a la de los recuperadores lineales.

Concretamente, en los recuperadores giratorios el conducto de alta presión contiene una turbina o máquina giratoria provista de álabes, pistones o rotores, que funciona como un motor, unida por el eje a una maquinaria similar introducida en el conducto del fluido a baja presión, que funciona como bomba. La pared móvil, referida anteriormente, se representa por los álabes de las dos máquinas giratorias, unidas por un eje común.

La ventaja de los recuperadores giratorios está en su relativa compacidad, aunque por otro lado presentan los inconvenientes de precio elevado y bajo rendimiento, acrecentado en el caso de que el flujo a conducir y las presiones de trabajo no sean constantes sino que varíen en función de los requisitos del consumo. Puesto que las máquinas se sitúan lejos de su punto teórico de funcionamiento, su rendimiento, que de por sí es limitado, se ve disminuido notablemente, con lo que sus posibilidades de recuperación energética son muy reducidas.

Por su parte, en los recuperadores lineales la pared móvil toma la forma de un pistón que discurre dentro de la camisa de un cilindro, teniendo uno de sus lados el fluido a alta presión, desde el que se extrae energía, y en el otro lado el fluido a baja presión al que se le alimenta energía aumentando su presión. La pieza clave en estos recuperadores es la interfaz pistón-camisa.

Por otra parte, se desea que la estanqueidad entre las cámaras sea lo más perfecta posible, puesto que las comunicaciones entre fluidos a distintas presiones, además de suponer un despilfarro energético por su irreversibilidad y el consiguiente incremento de entropía que supone, pueden producir inundaciones y situaciones

5 peligrosas en una embarcación submarina. Para obtener estanqueidad debe existir cierta hermeticidad en las juntas del pistón.

5 Además, para conseguir un buen rendimiento las presiones de los dos fluidos en contacto a través de la pared móvil deben ser iguales, por lo tanto, como es lógico, el deslizamiento del pistón debe ser suave y libre de resistencias debidas a la fricción, lo que está reñido con la estanqueidad.

10 Sin embargo, siempre es posible conseguir un equilibrio entre ambos objetivos, que implica una geometría adecuada de la pared interior de la camisa y un buen acabado superficial, exento de rugosidades. Este requisito, que es fácil de conseguir cuando se manejan fluidos poco agresivos, como el aceite mineral o incluso el agua dulce, representa un grave obstáculo cuando el fluido a conducir es agua salada, todavía más si contiene partículas en suspensión de origen orgánico o mineral, que por su efecto abrasivo, deterioran rápidamente el interior de la camisa, dañando al mismo tiempo las juntas del pistón. Los efectos abrasivos del material en suspensión pueden paliarse únicamente mediante una cuidadosa filtración, que supone un coste añadido y consume parte de la presión disponible en forma de pérdida de carga.

20 Los diseños alternativos en forma de émbolos que no requieren una camisa pulida debido a que carecen de pistón y que tienen las juntas en el propio vástago, suavizan solamente los efectos de las partículas abrasivas, que al final acaban atacando la superficie pulida del vástago y sus juntas de estanqueidad.

La ventaja de los recuperadores lineales está, por tanto, en su aceptable rendimiento, presentado sin embargo el inconveniente de que requiere una necesidad casi continua de mantenimiento.

25 El documento GB2377928 divulga un sistema de desalinización. El mismo incluye un sistema para impulsar un fluido por recirculación de un medio de baja presión a un medio de alta presión que, con el objetivo de recuperar la energía contenida en el fluido a alta presión con el fin de ayudar al bombeo de baja a alta presión, reduciendo así la contribución energética requerida.

30 El mismo comprende un recuperador con una configuración cilíndrica alargada, con una membrana flexible (32) con el mismo, que establece dos cámaras independientes y selladas, una exterior conectada (52) a una entrada para la entrada de fluido y una interior conectada (50) por un extremo al conducto (56) para el fluido procesamiento hacia el exterior, mientras que el otro extremo (54) de dicha cámara interior se conecta a un reactor (22) de cualquier tipo, a su vez conectado a la cámara exterior con el fin de permitir el establecimiento de la distribución y procesamiento del fluido de su conducto de entrada al de salida.

El fluido procesamiento es tanto la salmuera como el agua dulce, respectivamente.

40 No se menciona la forma de la membrana.

Una bomba de impulsor (38) se sitúa en la entrada.

Descripción de la invención

45 El sistema objeto de la invención está concebido para resolver los problemas e inconvenientes referidos con anterioridad, siendo del tipo de los que utilizan un recuperador de pared móvil, que presenta la particularidad de estar materializada por una membrana flexible, de configuración tubular y alargada.

50 El referido recuperador especial se construye a partir de un cuerpo tubular y cilíndrico, recto y alargado, con entrada y salida opuestas y diferenciadas, permitiendo conservar el sentido de circulación del fluido y su cantidad de movimiento. Dicho cuerpo del recuperador está provisto en sus extremos de sendas bridas desmontables para permitir la inspección y sustitución de la membrana flexible. Una o bien dos entradas embridadas situadas, preferentemente aunque no limitativamente, en los extremos, comunicadas con una cámara exterior a la membrana, permiten la utilización indistinta de válvulas de dos o tres vías.

55 En cuanto a la membrana flexible que incorpora el recuperador, al tener forma tubular será fácil de fabricar y por lo tanto muy económica, estando constituida en un material elástico e inalterable (preferentemente caucho natural o elastómero sintético) que es compatible en sus cualidades con el fluido a conducir. Dicha membrana se monta concéntricamente en el interior del cuerpo tubular del recuperador, con dos cámaras independientes y estancas estableciéndose dentro de este último, una interior y otra exterior a la membrana, estando los extremos de dicha membrana anclados sobre sendos cuellos mismos interiores, extremos y concéntricos del recuperador, anclaje que se realiza mediante respectivas abrazaderas. La suma de los volúmenes de ambas cámaras permanece constante, independientemente de la forma adoptada por la membrana en cada momento, de tal manera que la gran superficie de dicha membrana y su extrema flexibilidad obligan a que las presiones en las dos cámaras sean prácticamente las mismas, no existiendo pérdidas energéticas fundadas en fricciones o rozamientos.

En base a las características de constitución referidas, la entrada de fluido a la cámara interior del recuperador causa la expansión de la membrana y consiguiente impulsión hacia fuera del fluido de la cámara exterior, mientras que la entrada de fluido en dicha cámara exterior causa el estrangulamiento de la membrana y la correspondiente impulsión hacia fuera del fluido de la cámara interior.

5 La referida membrana se complementa con un tubo perforado exterior a la misma y situado concéntricamente con el recuperador, con objeto de limitar las tensiones mecánicas que se producirán en la membrana por una expansión sin restricciones de la misma, puesto que durante el proceso de expansión de la misma, llegará el momento en que se apoye sobre la superficie interior del referido tubo.

10 Como es evidente, el espesor de la membrana deberá de calcularse para que resista las tensiones de tracción resultantes de la aplicación de la máxima diferencia posible de presiones entre las dos cámaras, aunque desde el punto de vista de que para optimizar el rendimiento deben mantenerse prácticamente iguales las presiones a ambos lados de la membrana, se deduce que en la práctica no deben producirse tensiones peligrosas durante el proceso de expansión de esa membrana.

15 Asimismo, se ha previsto que en el interior de la membrana vaya montada una pieza axial denominada "espina" de la misma longitud que aquélla, estando constituida tal espina mediante un tubo central y axial y tres tubos periféricos y longitudinales, situados a 120°, estando unidos éstos con el tubo central mediante sendas placas o nervaduras radiales, de manera tal que la membrana, cuando se encuentra en posición neutra, adopta una forma aproximadamente cilíndrica, quedando prácticamente tangente a la generatrices exteriores de los tubos periféricos, de los que se separa durante el proceso de expansión. Cuando la membrana se somete a presión exterior abandona la forma cilíndrica, estrangulándose de forma que llegue a ajustarse completamente sobre la superficie exterior de la espina, cuyo contorno se ha calculado de forma que su longitud sea igual al perímetro interior de la membrana en posición neutra, por lo que no pueden producirse tensiones ni arrugas.

De esta forma se protege a la membrana de posteriores daños puesto que el mínimo radio de plegado equivale al radio de los tubos y a la superficie de soporte dispuesta entre los mismos y las placas o nervaduras radiales.

30 La referida pieza denominada "espina" se complementa con tres juegos de pletinas envolventes, unidas a los tubos periféricos de dicha espina, pletinas que presentan una forma que varía progresivamente desde la cilíndrica pura, en los extremos, hasta una estrangulada en el centro, de modo que las tensiones en la membrana que resultan de la sección transversal se distribuyen sobre una longitud considerable.

35 Tanto el tubo como las placas o nervaduras estarán provistas de orificios pasantes, para asegurar la rápida evacuación del volumen interior, de manera que a través de tales orificios se conecta toda la longitud de la membrana, sirviendo de ruta de evacuación del fluido aún en el caso improbable de que alguna sección de la membrana, por existir diferencias de espesor o por coincidir con un conducto de entrada a la cámara exterior, se estrangule con anterioridad a las demás.

40 El recuperador que se está describiendo requiere un sistema de distribución de los fluidos, que permita establecer las circulaciones de dichos fluidos, estando basado el sistema de distribución en un juego de válvulas de tipo lineal o de tipo giratorio, con características estructurales sencillas y simples en ambos casos, puesto que deben carecer en absoluto de piezas que puedan producir ruidos, vibraciones y choques que pudieran facilitar, por ejemplo, en embarcaciones sumergibles de carácter militar, la detección a distancia de la embarcación por parte de un hipotético enemigo.

50 El sistema de válvulas lineales de dos vías, puede formar un conjunto único que comprende dos válvulas, una correspondiente al circuito de alta presión y otra correspondiente al circuito de baja presión, siendo ambas accionadas por un único cilindro provisto de un vástago, de manera que al actuar el cilindro alternativamente sobre una u otra válvula es imposible la apertura simultánea, aunque las válvulas en cuestión deben estar asociadas a sendos resortes capaces de efectuar el cierre de la válvula, a cuya posición tienden constantemente.

55 Las referidas dos válvulas de dos vías pueden ser también independientes, es decir, que cada una de las mismas disponga de su propio cilindro, permitiendo el desmontaje de los elementos de obturación para su inspección o reparación sin necesidad de desacoplar las bridas para fijación de los tubos principales.

60 En determinados casos, tales como aquéllos donde se requiera poner dificultad de detección de, por ejemplo vehículos sumergidos, entonces es conveniente y aconsejable utilizar el tipo de válvula giratorio, o de tres vías, constituida ésta a partir de una carcasa cilíndrica con tres lumbreras correspondientes a las entradas de alta presión, de baja presión y recuperador. En el interior de la carcasa va montada una especie de paleta giratoria que permite la conexión o aislamiento alternativos entre las tres lumbreras citadas.

65 En una variante mejorada de la solución anterior, se ha previsto que la carcasa sea ligeramente cónica, en orden a compensar mediante un leve desplazamiento axial de la paleta, el inevitable desgaste que se produce de las superficies de rozamiento cuando la carcasa es cilíndrica. Dicha variante cónica permite mantener siempre en

contacto la paleta con la superficie interior de la carcasa, pero en base al leve desplazamiento axial de la paleta, todo ello de manera tal que entre ésta y la carcasa se interpone un casquillo que es cónico interiormente y cilíndrico exteriormente, con la finalidad de facilitar el mecanizado cónico y permitir su fácil sustitución, en caso de desgaste, sin necesidad de reponer la carcasa exterior, que es un elemento más costoso y complicado.

5 En lo que respecta a la posición de los distintos medios que definen el sistema de la invención, debe destacarse que el recuperador, además de la entrada de fluido y el conducto de salida del fluido procesamiento, incluye también una conexión con un intercambiador de calor o un dispositivo para obtener disoluciones, generalmente constituido por un reactor.

10 La conexión entre la entrada del medio exterior, la cámara del recuperador exterior a la membrana y el intercambiador o reactor, puede efectuarse mediante dos válvulas de dos vías o una válvula de tres vías. Cuando se utilizan válvulas de dos vías una de las mismas se instala entre la entrada del medio y la cámara exterior del recuperador, y la otra entre la cámara exterior del recuperador y el intercambiador o reactor. Cuando se utiliza una válvula de tres vías se instala de forma que cada una de sus vías se conecta con cada uno de los tres elementos mencionados al principio de este párrafo.

15 En la entrada del recuperador se ha previsto una bomba de impulsión, mientras que en el conducto de conexión entre el recuperador y el reactor se ha previsto una válvula de retención y una bomba de salida, existiendo otra válvula de retención en el conducto de salida en la parte exterior del fluido procesamiento en el recuperador.

20 Finalmente, se puede decir que el mayor rendimiento del sistema se consigue mediante el montaje de varios recuperadores en paralelo, cuyos ciclos vayan convenientemente alternados con el fin de que se complementen recíprocamente, puesto que el ciclo de trabajo se compone de dos partes de igual duración teórica, en una de las cuales se toma fluido y en la otra se expulsa, de manera que para conseguir un flujo de salida lo más uniforme posible, varios recuperadores se disponen en paralelo, teniendo cada uno de los mismos sus correspondientes válvulas, siendo las bombas de admisión y salida al igual que el reactor del proceso comunes para todos.

25 Entre las ventajas del sistema con la utilización de la membrana flexible como la descrita con anterioridad, y los elementos asociados en el recuperador, pueden citarse las siguientes:

- No existen pérdidas de energía motivadas por el rendimiento de máquinas giratorias o por fricción de contacto entre pistones y camisas. La transferencia de energía se controla por la deformación de un medio de extremadamente flexible, no consumiéndose energía en este proceso.
- 35 – Los fluidos en contacto a través de la membrana se encuentran casi exactamente a la misma presión, con lo que el proceso es reversible y su rendimiento máximo.
- En caso de deterioro por el uso basta con sustituir la membrana, sin requerirse mecanizados complicados ni materiales especiales.
- Los depósitos salinos y las impurezas en suspensión no afectan la superficie de la membrana, puesto que en ningún momento trabaja bajo fricción.
- 40 – El diseño adoptado por el recuperador de la invención, basado en un tubo alargado con entrada y salida opuestas y diferenciadas, permite conservar el sentido de circulación del fluido y su cantidad de movimiento, utilizándose membranas de forma tubular fáciles de fabricar en diversas medidas y por lo tanto muy económicas, a diferencia del caso de dispositivos acumuladores que utilizan cámaras de aire donde se controla la entrada y la salida del fluido a presurizar por una pieza o abertura, lo que obliga al fluido entrante a invertir su dirección de movimiento hacia la salida, consumiendo energía para la aceleración del mismo y requiriendo la utilización de una cámara de aire cerrada de dimensiones precisas.
- 45

50 Breve descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la presente invención, esta memoria descriptiva se acompaña de un juego de dibujos en base a los que se comprenderán más fácilmente las innovaciones y ventajas del sistema que forma el objeto de la invención.

55 **Figura 1.-** Muestra una vista en sección longitudinal del recuperador utilizado en el sistema de la invención.

Figura 2.- Muestra una vista en sección transversal de la membrana tubular y flexible que incorpora el recuperador. En esta Figura se muestra la posición A correspondiente a la posición de reposo; la posición B que corresponde al inicio de estrangulamiento, y la posición C que corresponde al total estrangulamiento de la membrana.

60 **Figura 3.-** Muestra una vista longitudinal de la pieza utilizada en la protección de las zonas de extremo de la membrana representada en la Figura 2.

Figura 4.- Muestra vistas en sección correspondientes a las líneas de corte B-B; C-C y D-D representadas en la Figura anterior, representando los diferentes contornos que la pieza de protección adquiere según se va distanciando de los extremos hacia la zona central de la misma.

65

Figura 5.- Muestra una vista en sección de la combinación única formada por dos válvulas lineales de dos vías, susceptibles de utilizarse en el sistema de la invención.

Figura 6.- Muestra una vista esquemática del conjunto de dos válvulas lineales de dos vías independientes y montadas sobre el recuperador, susceptibles de utilizarse en el sistema de la invención.

5 **Figura 7.-** Muestra una vista en sección de un tipo de válvula giratoria susceptible de utilizarse en el sistema de la invención, en sustitución de las válvulas representadas en las Figuras 5 y 6.

Figura 8.- Muestra una vista en sección de una válvula de tipo giratoria de diseño cónico, que incorpora interiormente un casquillo con un interior cónico y exterior cilíndrico.

10 **Figura 9.-** Muestra el esquema correspondiente al sistema en el instante de trabajo donde se está realizando la transferencia de fluido a baja presión desde la cámara exterior del recuperador al intercambiador o reactor. Simultáneamente se está efectuando otra transferencia de fluido a baja presión entre el intercambiador o reactor y la cámara interior del recuperador.

15 **Figura 10.-** Muestra el sistema en la segunda parte del ciclo de trabajo, tras la primera fase del ciclo realizada según la Figura anterior. En este instante de trabajo se está efectuando la entrada de fluido a alta presión desde el medio exterior a la cámara exterior del recuperador, realizándose de forma simultánea el bombeo del fluido contenido en la cámara interior del recuperador, expulsándolo a alta presión hacia el medio exterior.

Figuras 11 y 12.- Muestran sendas vistas del esquema representado en las Figuras 9 y 10, habiendo sustituido las válvulas de dos vías (es decir, la válvula de admisión y la válvula de impulsión) por una única válvula de tres vías.

20 **Figura 13.-** Muestra una vista correspondiente a un esquema del sistema donde se utilizan cinco recuperadores montados en paralelo.

Descripción de la realización preferida

25 En vista de las Figuras y, específicamente, en relación con la Figura 1, puede observarse cómo el recuperador utilizado en el sistema de la invención se constituye a partir de un cuerpo tubular 1 en cuyos extremos se incluyen sendas bridas desmontables 2 provistas ambas de un cuello interior 3, mientras que en proximidad a los extremos se han previsto sendas entradas embridadas 4 y 5 para el acoplamiento de las válvulas que forman parte del sistema de distribución del fluido, como más adelante se expondrá.

30 En el interior de dicho cuerpo 1 del recuperador, hay una membrana 6 montada coaxial y concéntricamente que queda cerrada por sus extremos sobre los cuellos 3 de las bridas 2, realizándose esta fijación mediante respectivas abrazaderas 7 que proporcionan una estanqueidad a las dos cámaras definidas en el interior del cuerpo 1 del recuperador por medio de dicha membrana 6, siendo ésta flexible y pudiendo estar constituida en un material de caucho natural o bien de un elastómero sintético, con cualidades de compatibilidad con el fluido a conducir.

35 Como se ha explicado anteriormente, la membrana 6 rea dos cámaras concéntricas 8 y 9, la primera siendo la cámara interior y la segunda siendo la cámara exterior, y se puede confirmar que la suma de los volúmenes de las dos cámaras 8 y 9 permanece constante independientemente de la forma adoptada por la membrana 6 en cada momento, por lo que si se efectúa una entrada de fluido con un volumen determinado en una de las cámaras, el mismo volumen de fluido tiene que hacerse salir de la otra cámara, todo ello de manera tal que la gran superficie de la membrana y su extrema flexibilidad obligan a que las presiones en las dos cámaras 8 y 9 sean casi exactamente las mismas, no existiendo pérdidas energéticas como resultado de fricciones o rozamientos, y siendo despreciable el incremento de presión debido a la tensión elástica del material que constituye la membrana.

45 La entrada de fluido a la cámara interior 8 causa la expansión de la membrana 6 y la expulsión de fluido de la cámara exterior 9, mientras que la entrada de fluido en la cámara exterior 9 causará el estrangulamiento de la membrana 6, expulsando el fluido de la cámara interior 8.

50 Con objeto de limitar las tensiones mecánicas que se producirían en la membrana 6 por una expansión sin restricciones de la misma, se ha previsto la incorporación de un tubo perforado 10, concéntrico con el cuerpo tubular 1 del recuperador, de manera que durante el proceso de expansión de la membrana 6, la misma descansará sobre la superficie interior de dicho tubo 10, quedando cualquier esfuerzo adicional confinado a las partes de las membranas coincidentes con los orificios de ese tubo 10, que son los únicos que no quedan completamente soportados sobre el interior del tubo.

55 Dicha membrana 6 se complementa con una pieza interior y axial 11, denominada "espina" de longitud igual a la propia membrana 6 y cuya sección, que puede apreciarse claramente en la Figura 2, comprende un tubo central 12 y tres tubos periféricos y longitudinales 13 desfasados 120° entre sí, uniéndose el tubo central con los tubos periféricos mediante placas o nervaduras radiales 14. Cuando la membrana 6 se encuentra en posición neutra adopta una forma aproximadamente cilíndrica, como se muestra en el detalle A de la Figura 2, quedando prácticamente tangente a los tubos periféricos 13, de los que se separa durante el proceso de expansión. Cuando la membrana 6 se somete a presión exterior, abandona la forma cilíndrica del detalle A, estrangulándose progresivamente tal y como se muestra en el detalle B de esa Figura 2, hasta alcanzar la representación del detalle C de la misma Figura 2, es decir, donde la membrana 6 se ajusta completamente a la superficie exterior de la pieza o espina 11, con lo que la membrana quedará protegida de posteriores daños, puesto que el mínimo radio de

plegado equivale al radio de los tubos y al de la superficie de soporte provista entre los mismos y las placas radiales.

Para proteger las zonas de extremo de la membrana 6, que de otra forma pasarían bruscamente de la forma cilíndrica a la estrangulada, se han previsto dos zonas de transición como se muestra en las Figuras 3 y 4, consistiendo en la disposición de tres juegos de pletinas 15 como complemento de la pieza que constituye la espina 11, sin dificultar por ello el libre paso del fluido, y cuyas pletinas 15 adoptan una forma que varía progresivamente desde la cilíndrica pura en los extremos hasta la estrangulada en la zona central, viéndose esas variaciones en las secciones B-B; C-C, y D-D representadas en la Figura 4 y que corresponden a las secciones mostradas en la Figura 3.

En cuanto a la distribución de los movimientos del fluido en el recuperador que se ha descrito, el mismo utiliza válvulas que pueden ser de tipo lineal o giratorio.

Específicamente, la Figura 5 muestra un sistema formado por dos válvulas de dos vías, referenciadas ambas con el número 16, y correspondiendo una de las mismas al circuito de alta presión referenciado como AP, y la otra correspondiendo al circuito de baja presión referenciado con BP, y ambas válvulas 16 accionadas por un único cilindro 17 con un doble vástago 18, de tal manera que la actuación alternativa de dicho cilindro 17 y, por lo tanto, el desplazamiento del vástago 18 en una y otra dirección; hace imposible la abertura de ambas válvulas 16, siempre que el resorte 20 asociado a las mismas sea capaz de efectuar el cierre de la propia válvula, cierre que por su puesto se realiza con el extremo o cabezal cónico 19 establecido en los propios extremos del vástago 18, tal y como se representa claramente en la Figura 5.

Como es lógico, este tipo de válvula de dos vías requiere una estructura resistente y de cierta importancia, puesto que tiene que soportar el esfuerzo reducido por el cilindro 17 sobre las válvulas, para conseguir la apertura de las mismas.

Ese inconveniente se soluciona mediante la realización mostrada en la Figura 6, y donde de forma esquemática se ha representado el recuperador 1, la membrana 6, los extremos de alta presión AP y de baja presión BP, y las dos cámaras interior 8 y exterior 9 establecidas en el cuerpo cilíndrico 1 del recuperador por medio de la membrana 6.

Se ha mencionado que esta representación esquemática corresponde a una solución que utiliza dos válvulas independientes 16', con cilindros independientes 17', vástagos independientes 18' y los asientos o cabezales de cierre de válvulas 19', de manera que de acuerdo con esa representación de la Figura 6, cuando el flujo circula por la cámara interior 8 del recuperador, se bombea el volumen contenido en la cámara exterior 9 hacia la zona de baja presión BP a través de la válvula correspondiente 16', que se encuentra abierta, mientras que la válvula 16' de alta presión BP se encuentra cerrada, impidiendo el paso del fluido sometido a alta presión, todo ello de manera que en la fase siguiente del ciclo el fluido de alta presión se hará circular hacia la cámara exterior 9, permaneciendo entonces cerrada la válvula de baja presión.

Como es evidente, el disponer cada válvula 16' de su propio cilindro de accionamiento 17', no se requiere ninguna bancada resistente, puesto que los esfuerzos se cierran en las carcasa de cada válvula, permitiendo el desmontaje de los elementos de obturación 18'-19' para su inspección o reparación sin necesidad de desacoplar las bridas de los tubos principales.

En sustitución de esas válvulas de dos vías 16 o 16', puede utilizarse en determinados casos y circunstancias, una válvula giratoria 21 representada en la Figura 7, cuya carcasa 22 es cilíndrica y dispone de tres lumbreras 23, 24 y 25, correspondientes a la entrada de alta presión AP, la entrada de baja presión BP y a la entrada del recuperador, respectivamente, y cuyas lumbreras 23, 24 y 25 cuentan con sus correspondientes bridas 26 para realizar los correspondientes acoplamientos.

Girando en el interior de la carcasa 22 de la válvula giratoria 21 se encuentra una pieza en forma de paleta 27 que permite la conexión o el aislamiento alternativo entre las tres lumbreras 23, 24 y 25. En la posición mostrada en la Figura 7 se está controlando el paso de fluido desde el recuperador, es decir a través de la lumbrera 25, hasta la zona de baja presión BP, mientras que la lumbrera 23 de alta presión AP permanece incomunicada, todo ello de manera tal que el giro de esa paleta 27 podrá establecer uno u otro tipo de conexión entre las lumbreras de alta presión y de baja presión con respecto al recuperador.

Con este sistema de distribución se consigue automáticamente la condición de impedir la conexión directa o indirecta de las lumbreras 23 y 24, en otras palabras la lumbrera de alta presión AP y la lumbrera BP, siempre que se consiga un recubrimiento positivo de la paleta 27 al pasar por las lumbreras y una estanqueidad razonable entre la propia paleta 27 al pasar por las lumbreras y la carcasa 22. Si ambos elementos son cilíndricos dicha estanqueidad debe conseguirse mediante un ajuste entre ambas piezas, con los inconvenientes a que dan lugar el rozamiento, abrasión y desgaste.

Para evitar esta circunstancia se puede optar por la solución representada en la Figura 8, de diseño cónico, con una carcasa 22' y una paleta 27', donde el inevitable desgaste de las superficies referido anteriormente, se compensa en

este caso automáticamente mediante un ligero desplazamiento axial de la propia paleta 27', que permanece por tanto siempre en contacto con la superficie interior de la carcasa 22'. Tanto la estanqueidad como el desplazamiento para compensación automática del desgaste se consigue aplicando presión a la cámara 28, con lo que la superficie exterior de la paleta 27' y la superficie interior de la carcasa 22' se fuerzan entre sí, proporcionando juntas de estanqueidad 29 situadas en ambos extremos del eje interior de la propia carcasa, lo que permite el cierre de las respectivas superficies.

En este caso, entre la paleta 27' y la carcasa 22' se interpone un casquillo 30 interiormente cónico y exteriormente cilíndrico, cuya finalidad es facilitar el mecanizado cónico y permitir su fácil sustitución en caso de desgaste sin necesidad de reponer la carcasa exterior.

La disposición general para establecer la impulsión del fluido por recirculación del medio de baja presión al medio de alta presión mediante recuperación de la energía del fluido entrante, se deja ver en las Figuras 9 a 12, donde se han indicado de forma diferente los circuitos de alta presión, de baja presión, así como los circuitos de alta presión con CO₂ disuelto y de baja presión con CO₂ disuelto.

En esas Figuras puede verse el recuperador 1 con ambas cámaras 8 y 9, donde la entrada exterior se efectúa a través del conducto 31, a la presión apropiada, de tal manera que dicha presión, para necesidades del proceso interno, se reduce a un valor próximo al atmosférico, efectuándose el intercambio térmico o la disolución en un reactor 32 que, como puede verse, se conecta a través de una parte con el recuperador 1 y por otra parte con la cámara exterior 9 de ese recuperador 1.

En las Figuras 9 y 10, una bomba de admisión 33 se establece en el conducto de entrada 31, donde se incluye una válvula de dos vías 16' conectada con la cámara exterior 9, previéndose además una segunda válvula, también referenciada con 16', que corresponde a la válvula de impulsión y que se muestra en la zona izquierda superior del propio recuperador 1, ambas válvulas 16 son válvulas de dos vías, y son susceptibles de ser sustituidas por una única válvula de tres vías 16'' que se muestra en las Figuras 11 y 12 como se expondrá más adelante.

Asimismo, en las Figuras 9 y 10 puede observarse cómo el sistema incluye dos válvulas de retención 34 y 35, la primera de las mismas establecida en el conducto que conecta el recuperador 1 con el reactor 32, y la segunda establecida en el conducto de impulsión 36, previéndose además una bomba de salida 37 establecida en el mismo conducto que la válvula de retención 34.

Teniendo en cuenta que la explicación siguiente considerará cómo la entrada se efectúa a través de la cámara exterior 9 y la impulsión a través de la cámara interior 8, aunque el funcionamiento en sentido opuesto sería igualmente posible, se representa en la Figura 8 un instante de ciclo de trabajo donde se está controlando la transferencia de fluido a baja presión desde el recuperador 1 hasta el reactor 32, donde la situación de los elementos del sistema o circuito es la siguiente:

La bomba de admisión 33 se considera inactiva en esta parte del ciclo, encontrándose cerrada la válvula de admisión 16' prevista en el conducto de entrada 31, mientras que la válvula de impulsión 16' situada en el conducto de salida 38 se encuentra abierta, tal y como se representa claramente en la Figura 9. De esta manera el fluido contenido en la cámara exterior 9 del recuperador 1 se encuentra a la misma presión que el reactor 32, que puede ser próxima o prácticamente igual a la atmosférica.

En cuanto a la bomba de salida 37, la misma aspirará el fluido del reactor 32 proporcionándole una ligera sobrepresión, cuya finalidad es proceder con la conducción del fluido venciendo la válvula de retención 34 y llenando la cámara interior 8. En cualquier caso esta sobrepresión no es capaz de vencer la presión del conducto de impulsión 36, por lo que la válvula de retención 35 permanece cerrada.

A medida que la cámara interior 8 del recuperador 1 se llena paulatinamente, el fluido contenido en la cámara exterior 9 se expulsa simultáneamente y circula con libertad a través de la válvula de impulsión 16' establecida en el conducto de salida 38, estando ésta última válvula abierta como se ha explicado anteriormente, siguiendo el fluido hacia el reactor 32.

La presión que debe aportar la bomba de salida 37 se limita a la estrictamente necesaria para producir la expansión de la membrana 10, produciendo la circulación del fluido contenido en la cámara 9 del recuperador. Esta presión es muy reducida y es una de las pérdidas de carga generadas por las circulaciones explicadas anteriormente, aunque la mayor parte de la pérdida de carga y con el ello el mayor aporte energético corresponderá a la circulación de grandes flujos.

Por lo tanto, el objetivo del diseño es alcanzar un compromiso satisfactorio entre el tamaño del equipo o instalación, y, por consiguiente, la inversión requerida, y los costes de operación, incluyendo el consumo energético, equilibrio que debe efectuarse de acuerdo con la duración de la vida útil esperable de la instalación y del tiempo de amortización del sistema.

Una vez que todo el volumen efectivo del recuperador 1 se ha expulsado, comienza la segunda parte del ciclo, que se produce al abrirse la válvula 16' establecida en el conducto de entrada 31 y cerrarse la válvula 16' establecida en el conducto de salida 38, como se muestra en la Figura 10.

5 Evidentemente se debe asegurar que nunca se produzca de forma involuntaria la apertura simultánea de ambas válvulas 16', puesto que de lo contrario tendría lugar la peligrosa conexión directa entre los medios de alta presión y de baja presión.

10 En este caso, como se representa en la Figura 10, al encontrarse abierta la válvula de admisión 16', es decir la del conducto de entrada 31, el fluido que pasa a través éste ayudado por la bomba de impulsión 33, accede a la cámara 9, mientras que la válvula de impulsión 16' establecida en el conducto 38, se encuentra cerrada, por lo que el volumen que entra en la cámara exterior 9 produce la salida del mismo volumen de la cámara interior 8 del recuperador 1, cerrándose la válvula de retención 34 e impidiendo el retroceso del flujo, que debe encontrar su salida a través de la válvula 35 hacia el conducto de impulsión o de salida 36. Durante esta parte del ciclo las dos cámaras 8 y 9 del recuperador 1 están sometidas a la acción de alta presión.

15 La bomba de admisión 33 proporciona una ligera sobrepresión al flujo que entra en el sistema procedente del conducto de entrada 31, cuya única finalidad es conducir el fluido, llenando la cámara exterior 9 y venciendo la válvula de retención 35. Teniendo en cuenta argumentos idénticos a los expuestos en la primer parte del ciclo para la bomba de salida 37, la sobrepresión a proporcionarse por la bomba de admisión 33 es muy reducida.

20 En esta segunda parte del ciclo se considera inactiva la bomba de salida 37, inactividad que es solo aparente puesto que al tener varias unidades en paralelo como más adelante se expondrá, convenientemente desfasadas entre sí, dicha bomba de admisión 33 proporcionará un flujo constante que aportará una ligera sobrepresión.

25 Una vez expulsado el volumen útil del recuperador 1, debe comenzar un nuevo ciclo con la apertura de la válvula de admisión y el cierre de la válvula de impulsión.

30 Secundariamente, es posible controlar el flujo conducido actuando sobre la velocidad de la bomba de entrada 33 y la bomba de salida 37.

Sin embargo, las situaciones reflejadas a continuación serian totalmente inútiles:

- 35 a) La sucesión demasiado rápida de cierres y aperturas de las válvulas, lo que no permitiría aprovechar íntegramente el volumen útil del recuperador al no dar tiempo para proceder a su llenado total.
 b) Mantener el bombeo de admisión o de salida una vez que la membrana del recuperador llega a sus posiciones máximas de expansión y de estrangulación, con el resultado de un flujo cero durante una parte del ciclo.

40 A partir de lo expuesto anteriormente se deduce que la optimización de la instalación o sistema se producirá cuando el cambio de posición de las válvulas y con ello la inversión del ciclo se produzcan de forma coincidente con la consecución de las posiciones de extremo de la membrana, siendo por lo tanto posible obtener flujos variables sin pérdida de rendimiento, sin más cuidado que la coordinación de acciones expuestas con anterioridad.

45 En la Figura 11 se expone la disposición resultante de sustituir las dos válvulas 16' por una válvula de tres vías 16'', siendo la situación del circuito equivalente a la de la Figura 9.

Por su parte, en la Figura 12 se muestra la instalación durante la segunda parte del ciclo, siendo la situación del circuito equivalente a la de la Figura 10.

50 Como se muestra en las Figuras 11 y 12, al utilizar la válvula de tres vías 16'', el recuperador 1 únicamente tendrá una abertura por la que circulará el fluido alternativamente en una u otra dirección.

55 Con el objeto de conseguir un flujo de salida lo más uniforme posible es imprescindible contar con varios recuperadores 1 dispuestos en paralelo, cuyos ciclos vayan convenientemente alternados de modo que se complementen recíprocamente, con los recuperadores 1 complementándose con sus correspondientes válvulas 16'', en este caso de tres vías, como se muestra en la Figura 13, con la bomba de admisión 34 y la bomba de salida 35 siendo comunes para todos, así como el reactor de proceso 32, en el caso mostrado aplicado a un proceso de disolución de CO₂ de tal manera que en la referida Figura 13 se muestra la instalación constituida concretamente por cinco conjuntos de recuperadores 1.

60

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, que teniendo por finalidad la recuperación de la energía contenida en el fluido a alta presión para ayudar al bombeo desde la baja a la alta presión, disminuyendo con ello el aporte energético requerido, comprende un recuperador (1) de configuración cilíndrica alargada, con una membrana tubular flexible (6), concéntrica con el mismo, estableciendo dos cámaras independientes y estancas, una exterior (9) en conexión con una entrada de fluido y una interior (8) comunicada por un extremo con un conducto de impulsión del fluido procesamiento hacia el exterior, mientras que el otro extremo de dicha cámara interior (8) está en conexión con un intercambiador de calor o un reactor de cualquier tipo (32), comunicado a su vez con la cámara exterior para permitir el establecimiento de la distribución y procesamiento del fluido desde su entrada (31) hasta el conducto de salida (36).
2. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el recuperador (1) presenta en sus extremos cuellos concéntricos y enfrentados (3) entre los que se fija la membrana (6) por medio de las bridas (7) correspondientes.
3. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la membrana (6), montada axial y concéntricamente con el recuperador (1), es susceptible de sufrir una expansión por entrada de fluido a la cámara interior (8), expulsando el fluido contenido en la cámara exterior (9), o bien sufrir una estrangulación debido a la entrada de fluido a la cámara exterior (9) e impulsando correspondiente hacia el exterior el fluido contenido en la cámara interior (8), permaneciendo la suma de ambos volúmenes constante independientemente de la forma adoptada por la membrana (6) en cada momento.
4. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** la membrana (6) se complementa externamente con un tubo axial (10) provisto de orificios, como medio de soporte de la propia membrana (6) en el proceso de expansión de la misma.
5. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 4, **caracterizado por que** la membrana (6) se complementa con una pieza axial y concéntrica a modo de espina (11), definida por un tubo central y axial (12) y varios tubos periféricos y longitudinales (13), preferentemente tres, desfasados entre sí y unidos al tubo central (12) a través de pletinas en la forma de nervaduras radiales (14), de tal manera que en la posición de reposo la membrana (6) es tangencial a los tubos periféricos (13), mientras que en la fase de estrangulamiento, la membrana (6) se ajusta a la pieza que forma la espina (11) ajustándose completamente a la superficie exterior de ésta, dado que la longitud del perímetro exterior de la espina coincide con la del perímetro interior de la membrana.
6. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con las reivindicaciones 3, 4 y 5, **caracterizado por que** sobre la pieza que constituye la espina (11) se instala una serie de piezas (15) que adoptan una forma que varía progresivamente desde la configuración cilíndrica pura en su extremos hasta la estrangulada en la zona central, distribuyendo sobre una longitud considerable de la membrana (6) las tensiones resultantes del cambio de sección.
7. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la distribución y procesamiento del fluido en el recuperador (1) se realiza mediante válvulas (16) o (16') o (16''), en combinación con bombas de admisión (33) y de salida (37), así como válvulas de retención (34) y (35).
8. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** se incluyen válvulas de dos vías (16) con un único cilindro de accionamiento (17) en el que se ha establecido un vástago (18) cuyos extremos son portadores de las expansiones (19) que determinan el cierre de la válvula correspondiente, estando dichas válvulas asociadas a respectivos resortes (20) para establecer el cierre de las mismas.
9. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** en lugar del conjunto único de válvulas de dos vías (16) se incluyen dos válvulas independientes (16').
10. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con las reivindicaciones 8 y 9, **caracterizado por que** en lugar de las válvulas (16) o (16') se incluye una válvula de tres vías (16'').
11. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** se incluye una válvula giratoria (21) con una carcasa (22) de configuración cilíndrica y provista de tres lumbreras (23), (24) y (25), correspondientes a las entradas de alta

presión AP, de baja presión BP y de los recuperadores, respectivamente, en cuya carcasa (22) gira una paleta (27) que permite la conexión y/o aislamiento alternativos entre las lumbreras (23), (24) y (25).

- 5 12. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** la válvula de admisión (16') está establecida en el conducto de entrada (31) del recuperador (1), mientras que la válvula (16') de salida de ese recuperador (1) está establecida en el conducto (38) que conecta la cámara exterior (9) de dicho recuperador (1) al reactor (32).
- 10 13. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 11, **caracterizado por que** la válvula de tres vías (16'') permite por sí misma comunicar el conducto de entrada (31) con el recuperador (1), y éste con el reactor (32) a través del conducto (38).
- 15 14. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** la bomba de admisión (33) está establecida en el conducto de entrada (31) del recuperador (1), mientras que la bomba de salida (37) está establecida en el conducto que conecta dicho recuperador (1) con el reactor (32); habiéndose realizado la provisión de proporcionar una de las válvulas de retención (34) **en** el mismo conducto mientras que la otra válvula de retención (35) está establecida en el conducto de salida (36) del reactor (1).
- 20 15. Sistema para la impulsión de un fluido por recirculación de un medio a baja presión a un medio a alta presión, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** varios recuperadores (1) se montan en paralelo, alternándose los ciclos de funcionamiento, estando cada recuperador (1) asociado a las válvulas correspondientes, siendo las bombas de admisión (33) y de salida (37), así como las válvulas de retención (34) y (35), comunes para todos.
- 25

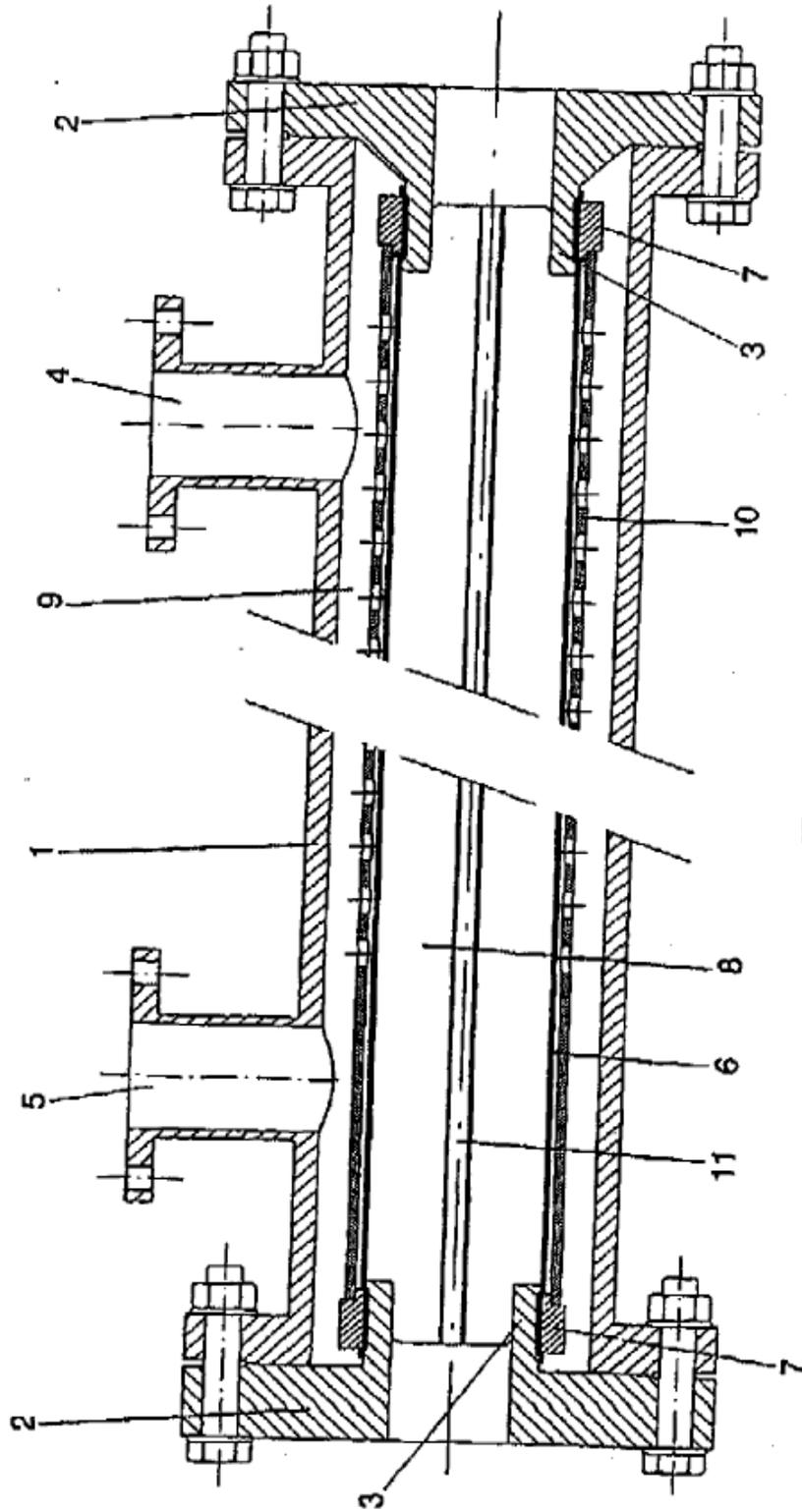


FIG.1

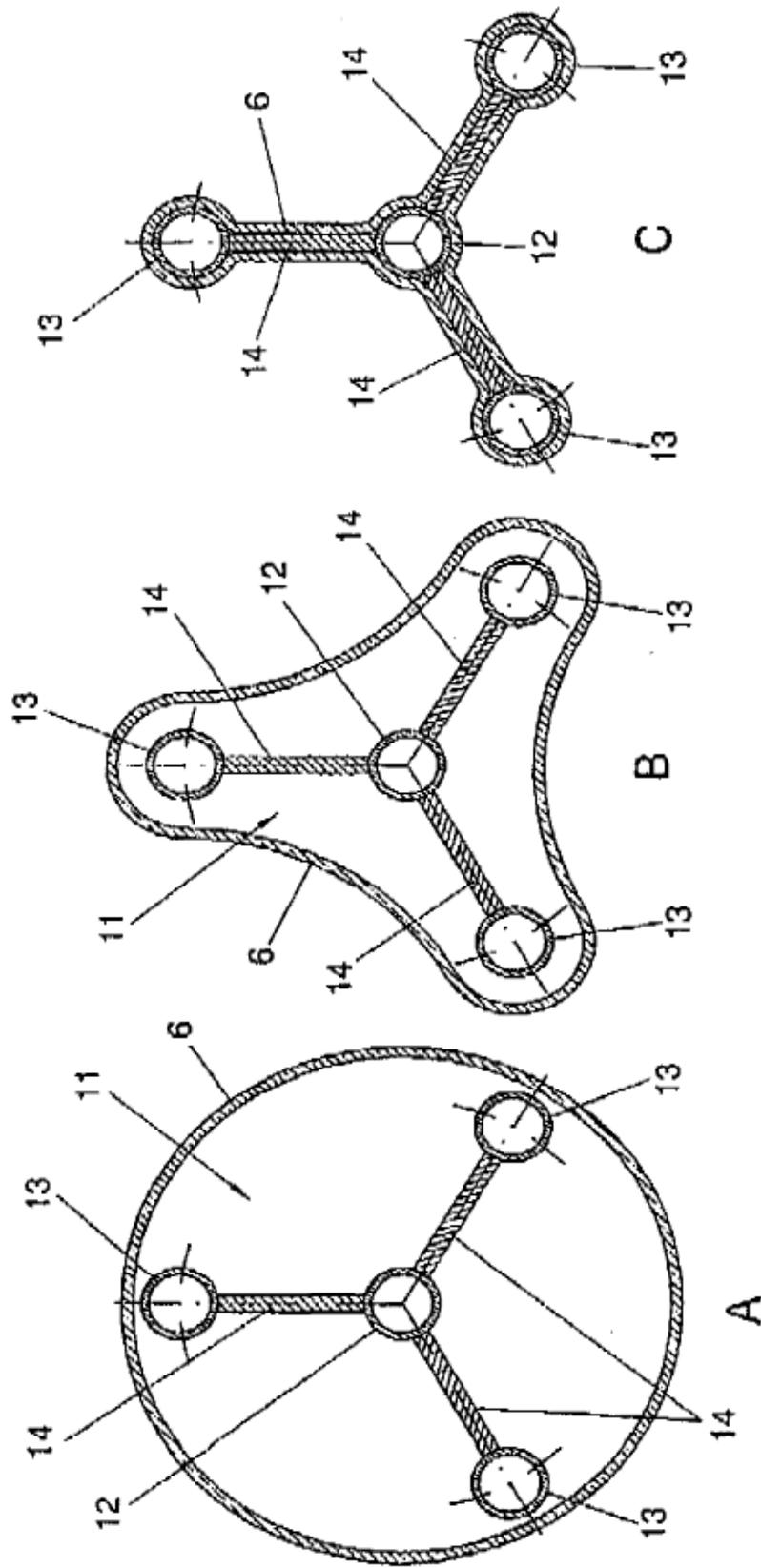


FIG.2

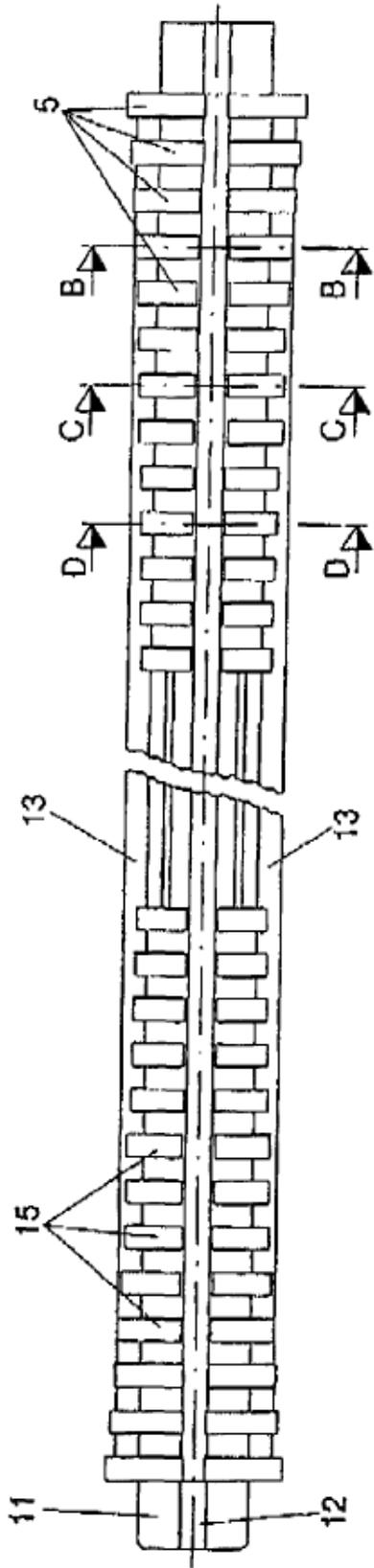


FIG. 3

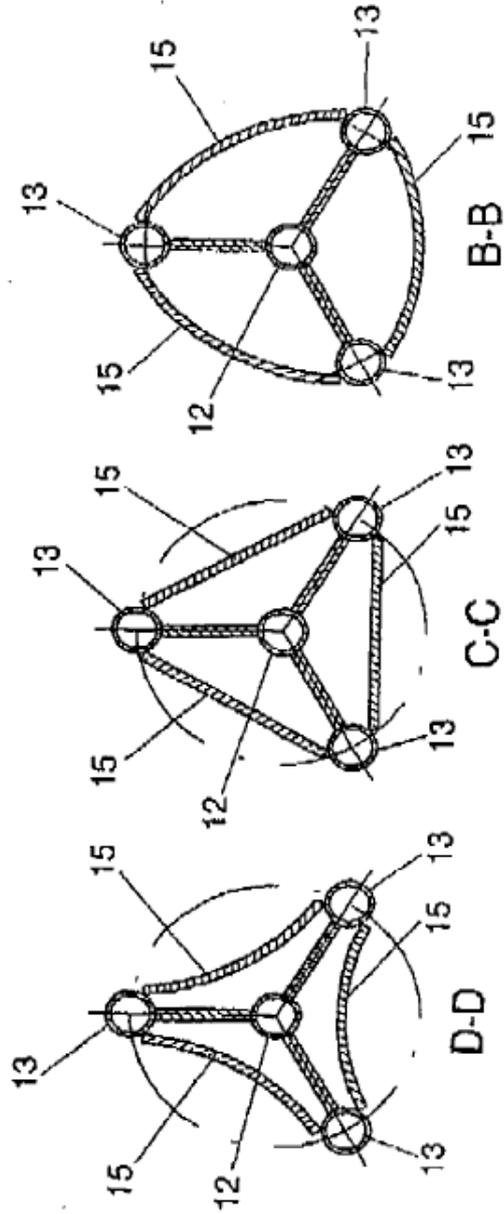


FIG. 4

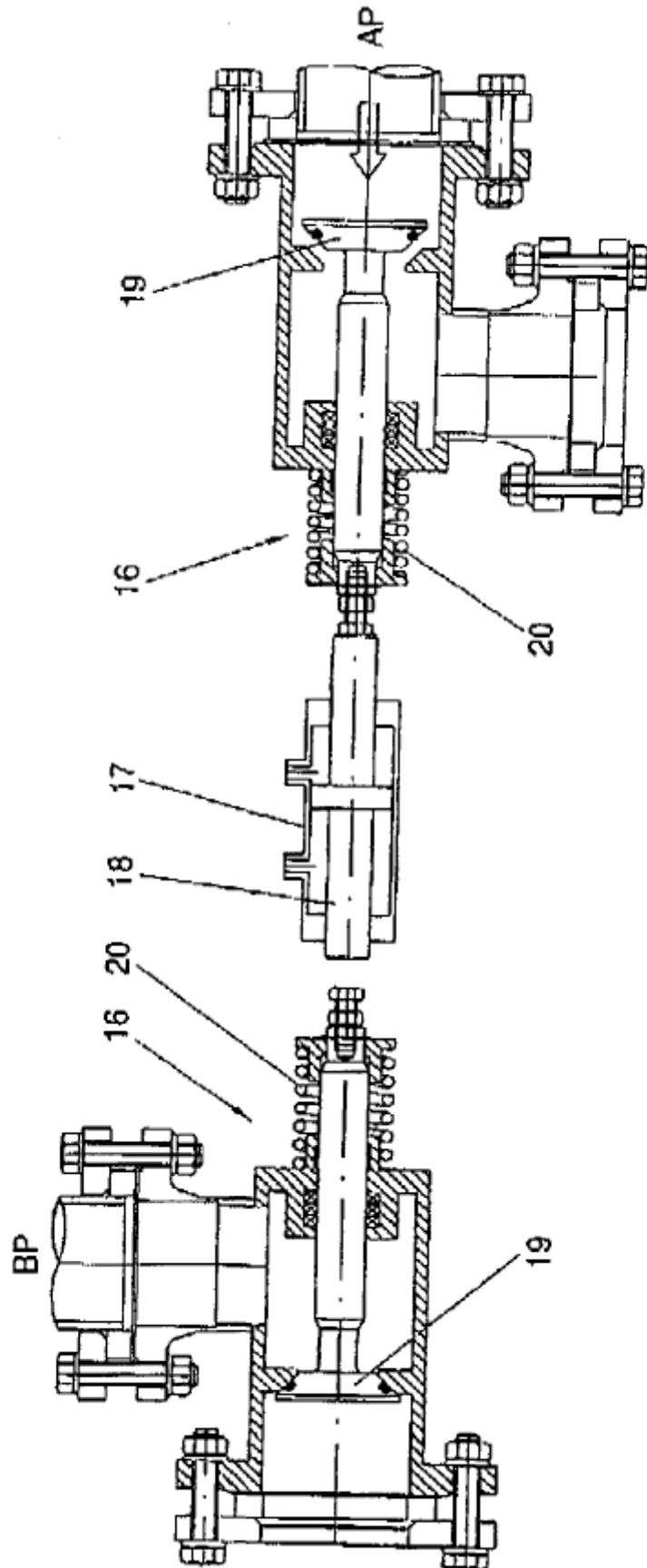


FIG.5

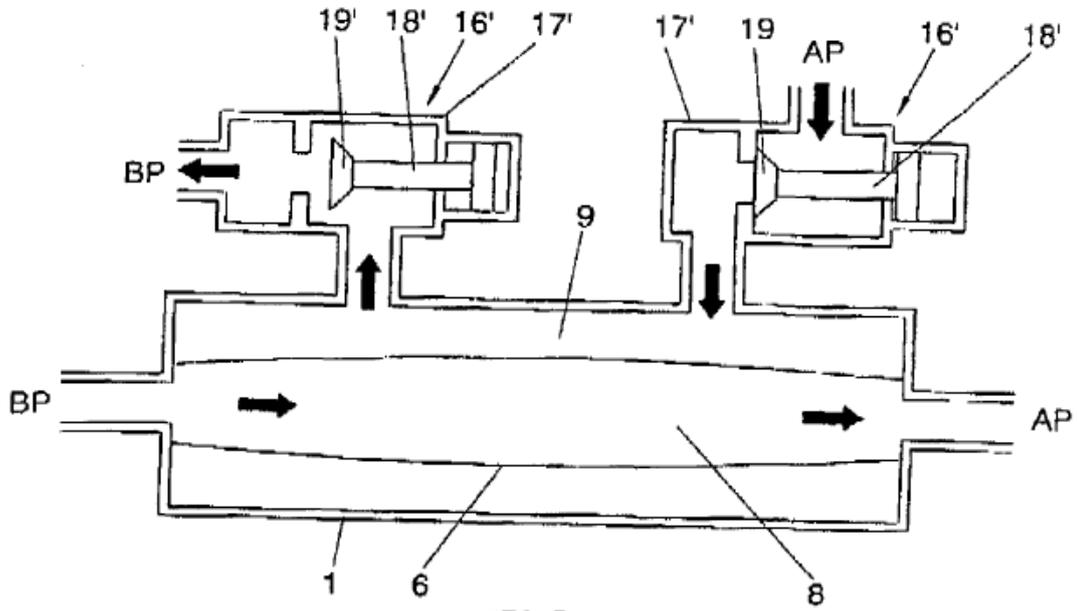


FIG. 6

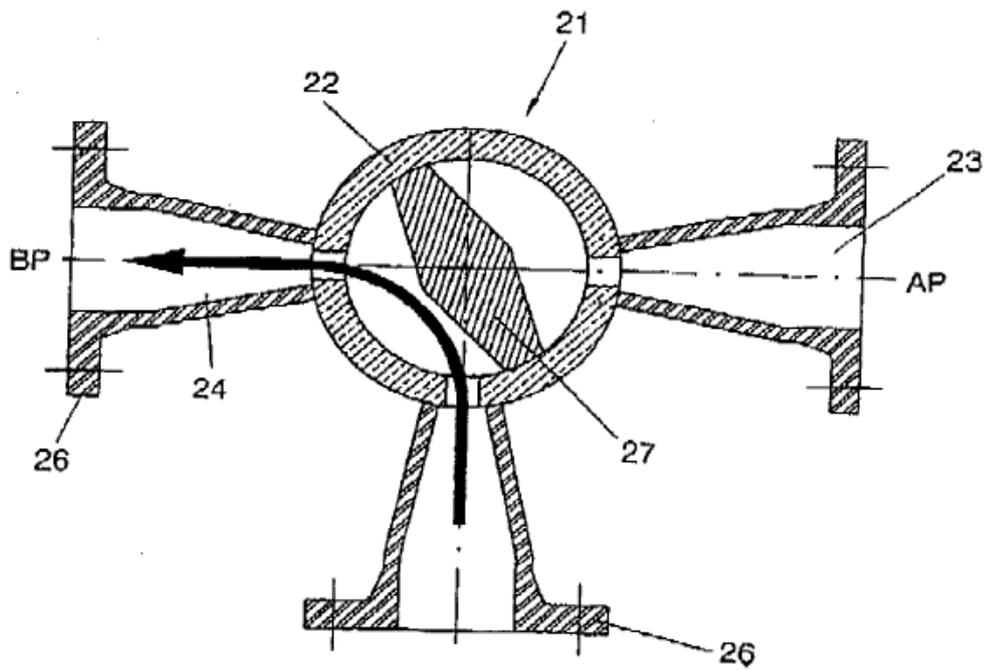
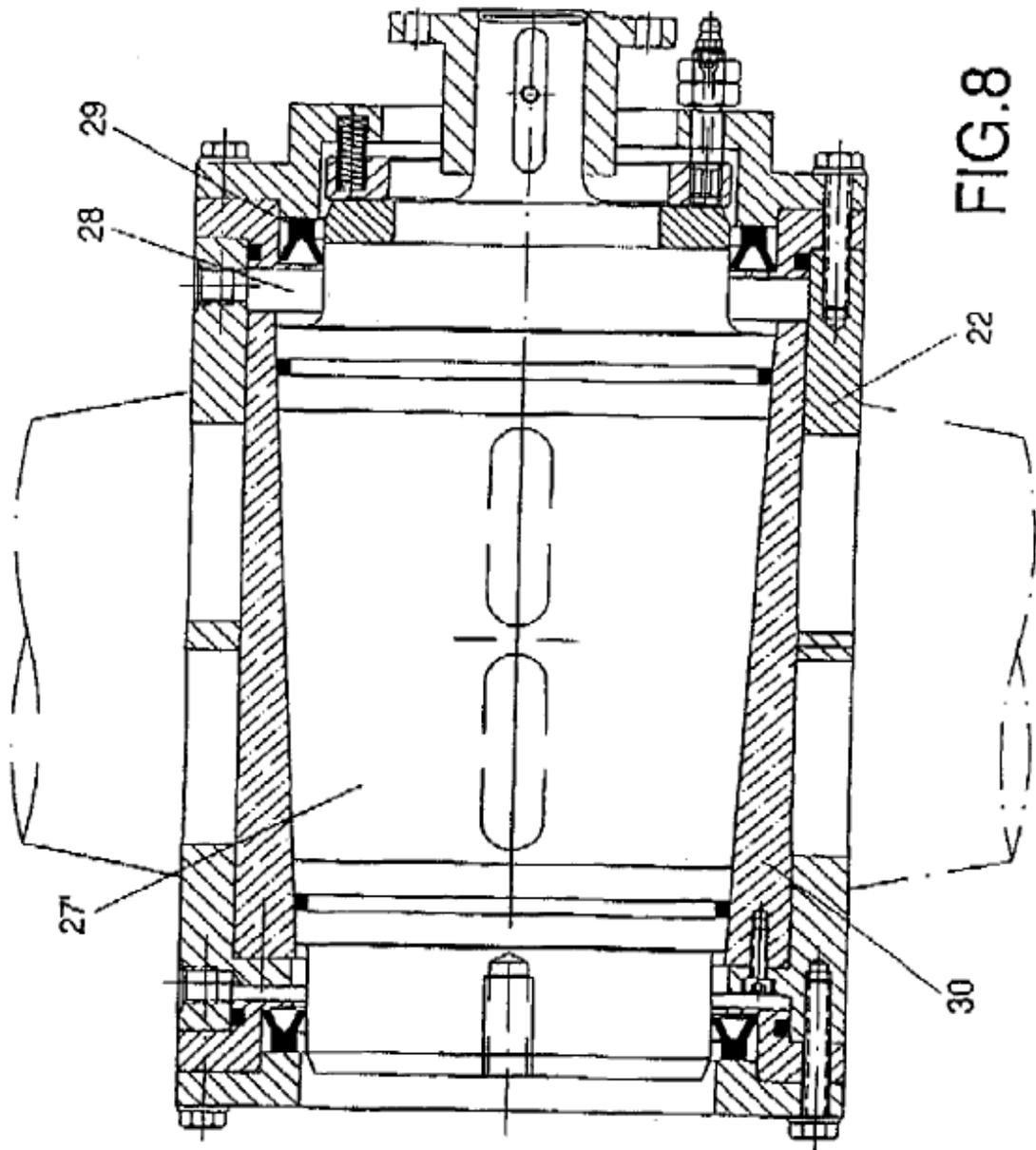
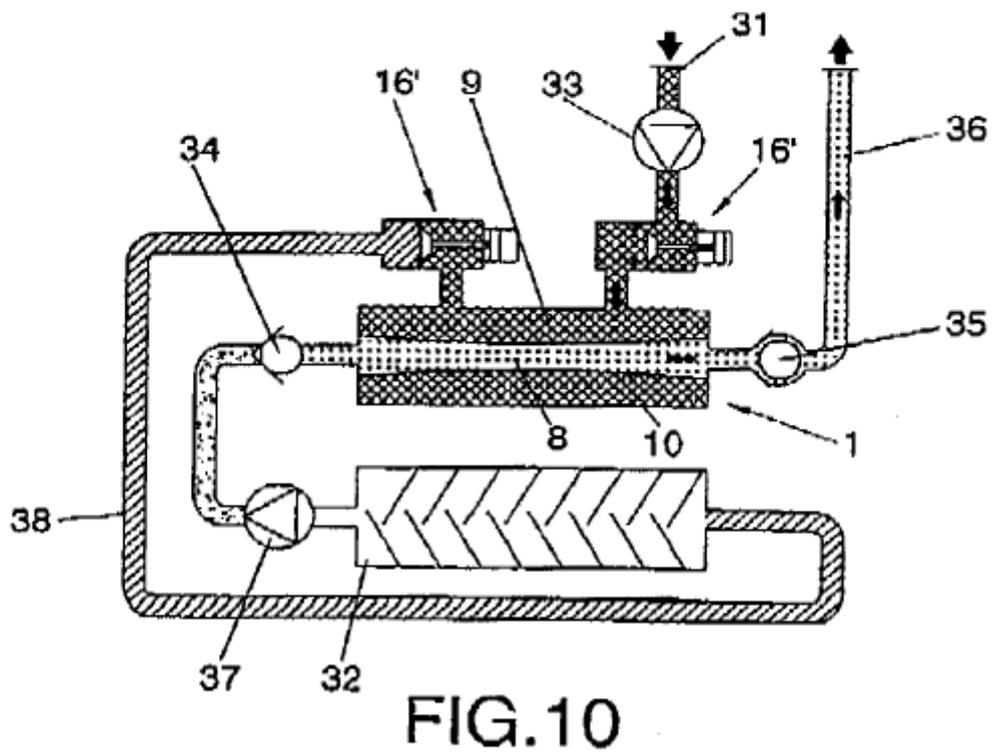
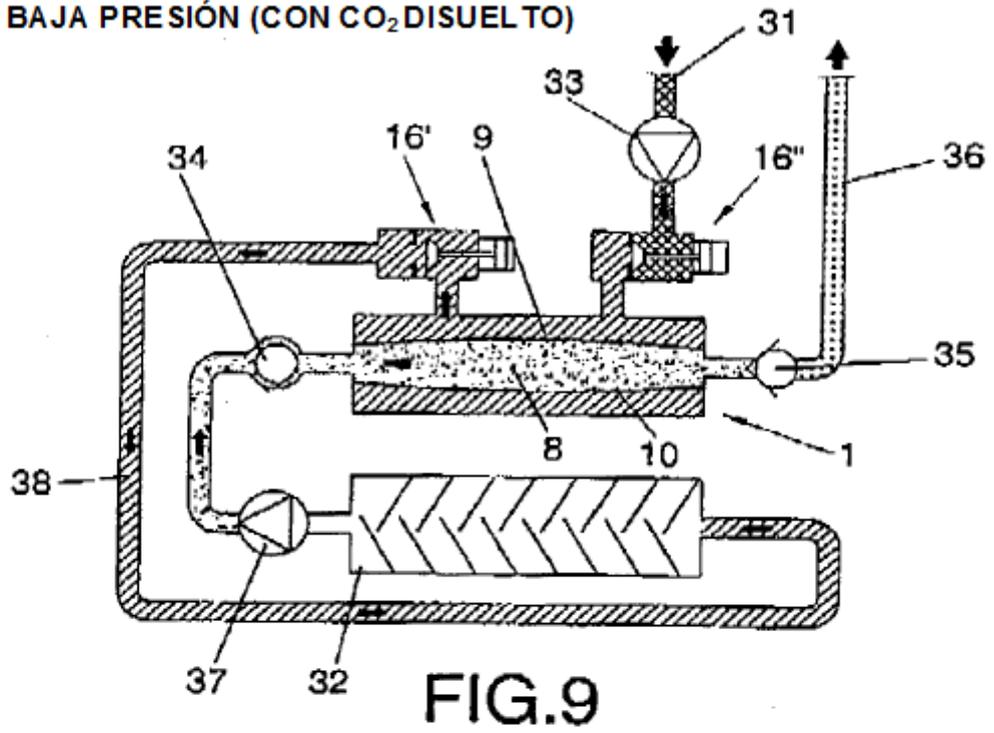


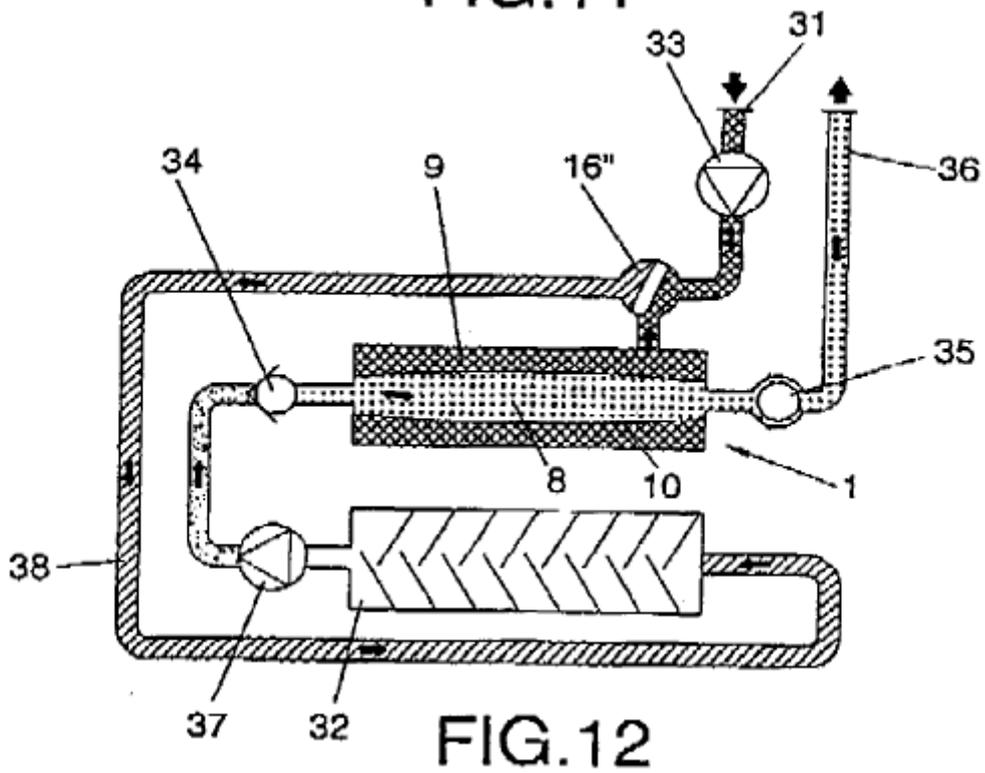
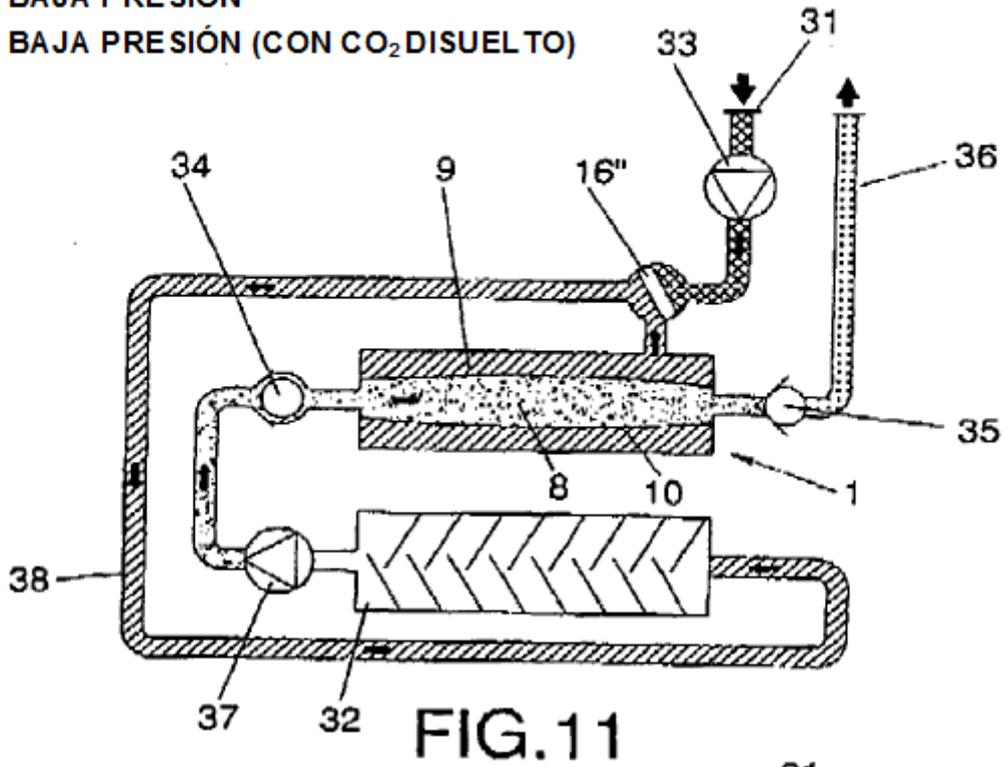
FIG. 7



- ▣ ALTA PRESIÓN
- ▣ ALTA PRESIÓN (CON CO₂ DISUELTO)
- ▣ BAJA PRESION
- ▣ BAJA PRESIÓN (CON CO₂ DISUELTO)



- ⊠ ALTA PRESIÓN
- ⊞ ALTA PRESIÓN (CON CO₂ DISUELTO)
- /// BAJA PRESION
- ⊞ BAJA PRESIÓN (CON CO₂ DISUELTO)



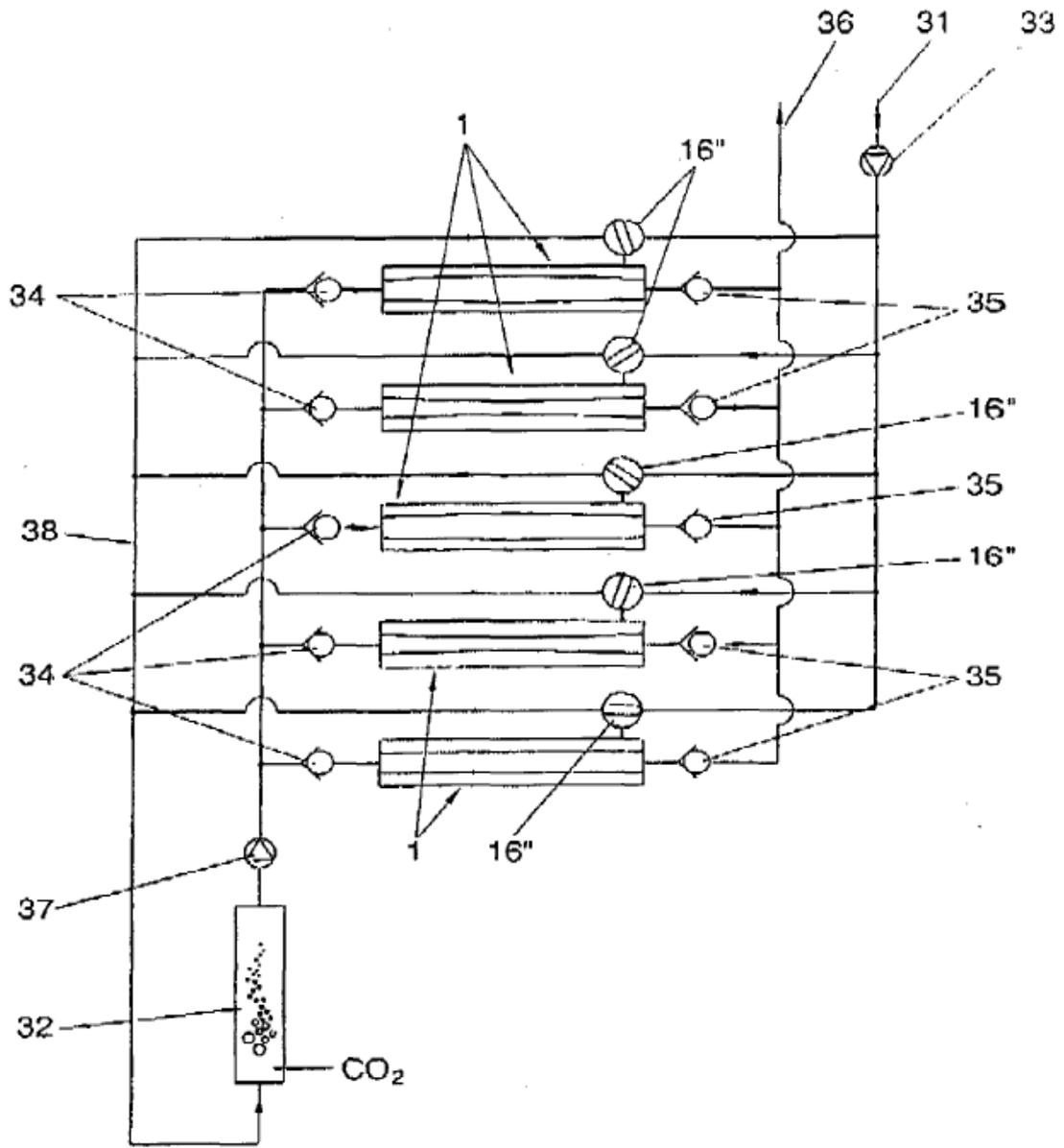


FIG.13