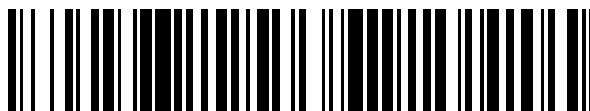


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 788**

51 Int. Cl.:

B01D 19/00 (2006.01)

E21B 43/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2007 PCT/US2007/069321**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2007 WO07140151**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2007 E 07783967 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2029893**

54 Título: **Mejoras en los sistemas submarinos de bombeo multifásico**

30 Prioridad:

26.05.2006 US 442690

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

06.05.2020

73 Titular/es:

**CURTISS-WRIGHT ELECTRO-MECHANICAL CORPORATION
1000 Cheswick Avenue
Cheswick, Pennsylvania 15024-1300, US**

72 Inventor/es:

**CAMPEN, CLIFFORD HOWARD;
MATOS, JOSE, LUIS y
RONCACE, JAMES**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 758 788 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

Mejoras en los sistemas submarinos de bombeo multifásico

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas submarinos de bombeo multifásico y a los equipos relacionados, por ejemplo, según se emplean en la industria del petróleo. Más particularmente, la presente invención se refiere a bombas de doble tornillo y/o de desplazamiento positivo en el contexto que se acaba de mencionar.

Antecedentes de la invención

10 Como se sabe en general, una bomba multifásica submarina, particularmente según se emplea en campos de petróleo situados en el mar, está configurada típicamente para bombear una combinación de petróleo, agua, gas natural y, a veces, pequeñas partículas (tales como arenas). Típicamente, un "flujo de succión de la bomba", en forma de una mezcla fluida de líquido, gas y sólidos, viaja a través de la línea de flujo de producción hasta la bomba multifásica. Por lo tanto, la bomba realmente bombea una combinación de flujo de succión de la bomba junto con cualquier líquido recirculado de la descarga de la bomba.

15 Se ha demostrado que las bombas multifásicas de doble tornillo funcionan admirablemente en las aplicaciones de petróleo. Sin embargo, dichas bombas requieren un mínimo de líquido en la mezcla multifásica para mantener un sello entre los flancos de los tornillos y las puntas de los tornillos y la carcasa, lo que requiere una atención cuidadosa en el diseño detallado de los sistemas.

20 Durante su servicio multifásico, cuando este mínimo líquido no está presente, la bomba deja de bombear, pero continúa girando, lo que anula el propósito de la instalación. En una instalación submarina, el coste del sistema de bombeo es lo suficientemente alto como para que la pérdida de producción al no haber impulso represente una pérdida sustancial de ingresos.

25 Además, cuando la bomba deja de producir flujo contra una línea de descarga presurizada, el líquido en la descarga tiende a escapar de vuelta nuevamente a la bomba. Este líquido calentado se "regurgita" continuamente, manteniendo la altura de la bomba, pero sin generar ningún flujo de la bomba. La potencia utilizada para comprimir el gas, que también se regurgita a la succión de la bomba, calentará la fase líquida y los rotores de la bomba. En ausencia de un flujo másico, el calor permanecerá y, por lo tanto, la bomba puede dañarse si no se apaga.

30 En los campos petrolíferos en particular, generalmente existe cierta incertidumbre sobre el tamaño de las "bolsas" de gas que aparecen naturalmente en la mezcla multifásica de petróleo y gas que fluye. La pérdida de líquido por períodos cortos de tiempo (p. ej., fracciones de segundo) es suficiente para hacer que la bomba deje de bombear incluso aunque continúe funcionando. El tiempo de transporte para un elemento fluido, desde que entra en las entradas de los tornillos de la bomba hasta que sale de la bomba es típicamente de 5-8 revoluciones, o típicamente de 0,16-0,27 segundos para una bomba que funciona a 1.800 r.p.m.).

35 Un "GLCC", o ciclón cilíndrico de gas y líquido, proporciona una configuración para separar el gas y el líquido de una mezcla multifásica. Esta tecnología utiliza un recipiente con una entrada tangencial para formar un vórtice. La separación del fluido multifásico se produce debido a fuerzas centrífugas, gravitacionales y de flotabilidad. Abundan los dispositivos conocidos (véase, p. ej., la patente de los Estados Unidos Núm. 5.526.684 de Chevron). Típicamente, un GLCC se interpondrá entre una bomba y una línea de salida.

40 Un enfoque común para garantizar el flujo continuo de líquido, cuando este no es la norma en una línea de flujo de un campo petrolífero, es emplear la recirculación. En la recirculación, el líquido se separa en la descarga de la bomba y una parte de él, p. ej. ~5% del flujo volumétrico total de la bomba, independientemente de la velocidad, se estrangula de vuelta a la succión de la bomba. Este mismo líquido se puede volver a separar en la descarga de la bomba, mientras que la bomba puede continuar bombeando y comprimiendo una bolsa de gas monofásica entrante indefinidamente.

45 Cualquier recirculación, por supuesto, resta valor a la eficiencia de la bomba porque el líquido recirculado reduce la capacidad de la bomba, y así se reduce la eficiencia volumétrica. Además, se requiere trabajo para bombear el fluido recirculado de vuelta a la condición de presión de la descarga. En efecto, la necesidad de recirculación normalmente presenta un requisito de más energía y una bomba más grande para realizar un trabajo en particular.

50 El gas que se arrastra con el líquido de recirculación es aún peor para el rendimiento de la bomba. El gas se expande al salir del dispositivo de recirculación y estrangulamiento, y como resultado reduce el volumen del flujo de succión en un factor correspondiente a la relación de presión multiplicada por su volumen a la presión de descarga. En efecto, 1 pie cúbico (aproximadamente 0,03 m³) de gas que es transportado en la fase líquida y que se recircula puede convertirse en 5-6 pies cúbicos (aproximadamente 0,14-0,17 m³) a las condiciones de la succión, dependiendo de la relación de presiones a través de la bomba. Además, se debe realizar un trabajo de compresión en este gas para volver a comprimirlo a las condiciones de descarga. En consecuencia, existe la necesidad de
55 proporcionar una buena eficiencia para limitar el gas libre (frente al gas en solución) del líquido que se recircula.

Sin embargo, normalmente es necesario abordar varias disposiciones. Por un lado, el líquido recirculado generalmente se calienta mediante la compresión del gas durante el funcionamiento multifásico y, por lo tanto, aumenta la temperatura de succión de la bomba. En el caso de que el único fluido entrante sea gas, no habrá suficiente flujo másico para eliminar el calor y el líquido recirculado se calentará. Si el líquido no llega a la bomba, este proceso de calentamiento sigue adelante de forma continua hasta que la bomba se avería o se apaga automáticamente en función de la temperatura de descarga.

Además, la separación de la descarga presenta una eficiencia en la separación del líquido del gas. Por ejemplo, en un GLCC, el líquido que se arrastra con el flujo de gas sale de un GLCC en el punto de recombinación y se pierde por la línea de flujo de descarga; esto se conoce como arrastre de líquido. Un separador con buena eficiencia minimiza esta pérdida de líquido. Cuanto mayor sea el volumen de líquido que se puede retener en el recipiente de recirculación (o en los recipientes unidos al recipiente de recirculación), más tiempo puede permanecer en funcionamiento el sistema sin quedarse sin líquido o sobrecalentarse.

Además, dado que la fase líquida transporta las partículas (típicamente arena y óxido), si no se mantiene una velocidad suficiente del líquido a través del separador, estas partículas tienden a depositarse fuera del líquido y a acumularse. Una vez que se han acumulado lo suficiente, pueden recircularse en concentraciones más altas a través de la bomba, ya sea como resultado de transitorios (paradas y arranques) o simplemente por el colapso natural de la acumulación en la línea de recirculación. Los sistemas de superficie típicos tienen puertos de limpieza para evitar que esto suceda, pero esto no es deseable en sistemas submarinos donde la intervención es limitada o difícil. Por consiguiente, los sistemas submarinos generalmente necesitan emplear velocidades de líquido lo suficientemente altas como para mantener las partículas en suspensión durante todo el tiempo de funcionamiento normal.

En vista de lo anterior, se ha reconocido una apremiante necesidad en relación con la resolución de los problemas enmarcados anteriormente con respecto a la recirculación de la bomba.

Desde otro punto de vista, el flujo natural en una tubería multifásica produce una variedad de perfiles de flujo, tales como los perfiles de flujo anulares, de onda e "intermitentes". El flujo intermitente, por su parte, está representado por volúmenes alternos de gas y petróleo. Para un tamaño de línea, volumen de gas, densidad del líquido, viscosidad y presión del líquido dados, estas bolsas tienden a presentar un patrón recurrente y, en consecuencia, forman ondas con una frecuencia natural y una forma para las fases líquida y gaseosa. Estas ondas exhiben una variabilidad que puede caracterizarse en frecuencia con una media y una desviación estándar (aunque estas propiedades rara vez se conocen explícitamente).

Sin embargo, si la tubería de producción o las conexiones de la bomba local experimentan cambios abruptos en la elevación, la variabilidad de las ondas puede cambiar de manera adversa, de modo que las bolsas de líquido se parecerán a una onda cuadrada periódica con poco líquido en los bordes de cabeza y cola de cada bolsa. En este y en otros casos, las bolsas pueden terminar exponiendo el fluido a la bomba únicamente como una fase gaseosa, o al menos como una fase gaseosa con un contenido en líquido inferior al mínimo requerido para proporcionar un sellado.

En consecuencia, si tales bolsas dominadas por el gas son de una larga duración (al menos lo suficientemente larga como para que una bolsa pase a través de la bomba, o probablemente unas fracciones de segundo), la bomba perderá su "cebado". Debido a que los sistemas de bombeo disponibles normalmente funcionan continuamente con períodos de bolsas en el intervalo de 2-10 segundos, normalmente se genera una gran población de bolsas en el funcionamiento continuo. Como consecuencia, se experimentan con frecuencia los ejemplos de más/menos 3 sigma de toda la población de bolsas (p. ej., diariamente) e incluso se experimentan periódicamente los ejemplos de 6 sigma de bolsas (p. ej., mensualmente).

Como tal, el incumplimiento por el flujo entrante de contener una cantidad mínima de líquido, p. ej. ~5% de la capacidad de flujo total de la bomba, puede resultar en una pérdida de cebado y, por lo tanto, en problemas de calentamiento y estancamiento del flujo dentro de la bomba como se menciona más arriba.

Una contramedida convencional implica la provisión de sensores de temperatura y, a ese respecto, la protección de apagado automático de la bomba. Si bien esto demuestra ser una medida efectiva para proteger la bomba, la operatividad general y la eficiencia siguen siendo problemas importantes, ya que las paradas no planificadas de la bomba claramente provocarán contratiempos en las instalaciones de producción y procesamiento. El reinicio de la bomba, de la línea de flujo y de otros componentes puede llevar varias horas y requerir otros recursos, tales como el levantamiento por gas y la inyección de MEG (monoetilenglicol).

En vista de los problemas anteriores, ciertamente se han dado pasos para minimizar o eliminar los casos de pérdida de cebado en el funcionamiento de la bomba multifásica de doble tornillo, aunque con resultados menos que óptimos. El uso de la recirculación de líquidos, como se discutió más arriba, ha demostrado ser efectivo, aunque presenta desventajas. Otro enfoque implica separar el líquido en la succión y dosificarlo a la bomba. Si la capacidad de dicho separador es lo suficientemente grande, la bomba puede terminar pasando por largos períodos en los que el líquido en el fluido entrante satisface el umbral de ~5% combinando el líquido retenido en el separador con la

5 corriente de fluido entrante. Sin embargo, en aplicaciones submarinas, tanques más grandes y bombas dosificadoras independientes pueden ser poco prácticos de implementar debido a las restricciones de peso y al deseo de evitar la complejidad y aumentar la fiabilidad. Se puede diseñar un práctico separador de succión para uso submarino para manejar las variaciones en los flujos intermitentes entrantes, si el alcance del diseño se limita a la variación esperada para la capacidad de la bomba y la producción del pozo. Para situaciones en las que no hay correlación con la capacidad de la bomba y la producción del pozo, tales como el arranque o las alteraciones del sistema, se debe utilizar el sistema de recirculación. El artículo No. 16447 de la Offshore Technology Conference describe "una eficiente solución impulsora del flujo de un pozo para campos de petróleo en aguas profundas y muy profundas". La patente de Estados Unidos Núm. 6.457.950 B1 proporciona una bomba que incluye un motor y un alojamiento de bomba, para bombear gas y líquido mezclados.

10 En consecuencia, en vista de lo anterior, se ha reconocido otra necesidad apremiante en relación con la implementación de una solución más eficiente y rentable en relación con la gestión y distribución de las bolsas de líquido.

Resumen de la invención

15 Según la invención, se proporciona un ciclón cilíndrico de gas y líquido submarino según la reivindicación 1. Según la invención, también se proporciona un sistema de bombeo multifásico submarino según la reivindicación 5. Según la invención, también se proporciona un método para proveer el bombeo multifásico en una operación submarina según la reivindicación 12. Las características opcionales se establecen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

20 La presente invención y sus realizaciones actualmente preferidas se entenderán mejor a modo de referencia a la descripción detallada a continuación y a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 proporciona una visión general esquemática de un sistema de bombeo multifásico submarino;

la figura 2 es una vista en perspectiva de varios componentes de un circuito de producción en un sistema de bombeo multifásico submarino;

25 la figura 3A es una vista de corte en alzado del GLCC de la figura 2;

la figura 3B es una vista en planta en sección transversal de una entrada tangencial de la figura 3A;

la figura 3B es una vista en alzado lateral de un deflector aislado;

las figuras 4A y 4B, respectivamente, son vistas de cortes en planta y en alzado de un distribuidor de bolsas de líquido de la figura 2;

30 la figura 4C es otra vista de un corte en alzado del distribuidor de bolsas de líquido de la figura 4B; y

la figura 4D es una vista en primer plano de la parte de placa perforada del círculo de línea discontinua 4D de la figura 4B.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

35 Como se emplea ampliamente en el presente documento, debe entenderse y apreciarse que el término "fluido" puede referirse a un líquido, a un gas, a una mezcla o suspensión de los mismos, o a una mezcla o suspensión de líquido y/o de gas con material sólido tal como partículas.

40 La figura 1 ilustra ampliamente, en forma esquemática, un sistema de bombeo multifásico submarino según una realización actualmente preferida de la presente invención. Una línea 102 de entrada (o línea de flujo de pozo/distribuidor) conduce a un circuito de producción (que se describirá con más detalle) mientras que una línea 104 de salida (o línea de flujo de producción) sale de este circuito. Convencionalmente, una válvula 106 de derivación puede interconectar la línea 102 de entrada y la línea 104 de salida. Además, se puede proporcionar una válvula 108 de admisión donde la línea de entrada conduce al circuito de producción y se puede proporcionar una válvula 110 de salida donde la línea de salida conduce fuera del circuito de producción.

45 La línea 102 de entrada conduce preferiblemente a una combinación de bomba de doble tornillo y distribuidor de bolsas según una realización de la presente invención. El distribuidor 112 del flujo intermitente, preferiblemente colocado encima de la bomba 114, se analizará con mayor detalle a continuación. Convencionalmente, los transmisores 116/118 de presión y temperatura de succión, así como los transmisores 120/122 de temperatura y presión de descarga, se pueden proveer según se muestra.

50 Una línea 123 de conexión preferiblemente va desde la bomba 114 al GLCC 126 a través de una válvula 124 de retención y de una entrada 125 tangencial. El GLCC 126, por su parte (y de una manera mejor apreciada más adelante), incluye convencionalmente una columna 128 ciclónica y una columna 130 de recombinación. Estas están

interconectadas en una región superior a través del conector 132 de gas y en una región inferior a través del conector 134 de líquido. Un puerto 136 de recombinación está dispuesto en un punto verticalmente intermedio de la columna 130 de recombinación, mientras que hacia una parte verticalmente más baja se proporciona preferiblemente un puerto 138 de recirculación. El puerto 136 de recombinación admite gas y líquido recombinados y alimenta a la línea 104 de salida mientras que el puerto 138 de recirculación alimenta a una línea 140 de recirculación. No mostrada dentro de la columna 130 ciclónica, hay una placa deflectora, que se analizará con mayor detalle a continuación.

La línea 140 de recirculación, por su parte, alimenta generalmente de nuevo al distribuidor 112 de bolsas después de pasar a través de una válvula 142 de estrangulamiento y pasado el transmisor de presión y temperatura de succión. Se puede proporcionar opcionalmente un refrigerador 139 intermedio (véase el análisis más adelante).

Después de proporcionar un marco básico para comprender y apreciar diversas realizaciones de la presente invención, la figura 2 muestra, en vista en perspectiva, varios componentes de un circuito de producción. Las figuras 3A-4D, por otro lado, muestran varios componentes del circuito de producción de la figura 2 con algo más de detalle. Debe entenderse y apreciarse que las figuras 2-4D simplemente proporcionan un ejemplo ilustrativo y no restrictivo de un circuito de producción y, en la medida en que los componentes de las figuras 2-4D aparecen, o están orientados o posicionados, de manera diferente a los componentes de la figura 1, los de la figura 1 se muestran simplemente en un formato muy estilizado y esquemático para mayor claridad. Como tal, los componentes de las figuras 2-4D que son análogos a los componentes de la figura 1 llevan números de referencia encabezados por 100.

El análisis ahora se dirige a un GLCC 226 y a los componentes de recirculación relacionados según una realización preferida de la presente invención. Debe entenderse que dicha configuración de recirculación podría emplearse por mérito propio en un sistema de bombeo submarino, o puede combinarse con un distribuidor de bolsas de líquido para analizarlo con más detalle a continuación. Se puede hacer referencia a las figuras 2 y 3A-3C simultáneamente en relación con el análisis presentado a continuación. Como tal, la figura 3A es una vista de un corte en alzado de un GLCC de la figura 2, mientras que la figura 3B es una vista en planta en sección transversal de una entrada tangencial de la figura 3A, y la figura 3C muestra un deflector aislado.

Como se muestra, y como se conoce convencionalmente, la línea 223 de conexión conduce a una entrada 225 tangencial en forma de un tubo de entrada inclinado. El aspecto "tangencial" de esta entrada se caracteriza por su aproximación a una tangente a la columna 228 ciclónica vertical. Por lo tanto, la entrada 225 inclinada comienza una separación previa de la mezcla de fluido entrante en fases, mientras que, en el punto de entrada tangencial mismo, se inicia un vórtice dentro de la columna 228 ciclónica. Como se puede apreciar, la fuerza centrífuga tenderá a expulsar el gas fuera del líquido entrante.

Como el gas y el líquido se separan entre sí por medio del vórtice que se acaba de mencionar, el primero será impulsado hacia arriba y el último, hacia abajo, en virtud de sus gravedades específicas relativas. Luego, convencionalmente, pasarán a la columna 230 de recirculación a través de los conectores 232 (para el gas) y 234 (para el líquido). Cada uno de estos conectores puede incluir un medidor de flujo para ayudar en la medición de las velocidades de flujo respectivas o de los volúmenes de flujo de gas y líquido.

Por consiguiente, la columna 230 de recombinación ofrece la capacidad de recombinar el gas y el líquido para el transporte, particularmente desde el puerto 236 de recombinación a la línea 204 de salida. Los modelos matemáticos conocidos típicamente tienen en cuenta la tubería entre la columna 228 ciclónica y el puerto 236 de recombinación, por lo que generalmente se desea que se establezca un equilibrio de presión entre la entrada 225 tangencial y el puerto 236 de recombinación. Normalmente, los conectores 234/232 (o tramos) de líquido y gas están hechos típicamente del mismo diámetro de la tubería, y las diferencias en pérdidas de presión a través de los conectores 234/232 de líquido y gas se reconcilian eligiendo adecuadamente la altura del puerto 236 de recombinación.

Según una realización preferida de la presente invención, la columna 230 de recombinación se usa para el almacenamiento de las existencias de líquidos y puede ser de tamaño similar o de mayor diámetro que la columna 228 ciclónica. Mientras que la columna 228 ciclónica está preferiblemente dimensionada (p. ej., en diámetro) para maximizar las fuerzas centrífugas en el fluido (aunque limitadas por consideraciones de erosión), la propia columna 230 de recombinación está dimensionada preferiblemente para preservar la velocidad del líquido a medida que sube por la columna, para mantener todas y cada una de las partículas en suspensión. Esto contrasta significativamente con los GLCC convencionales, donde una columna ciclónica generalmente tiene un diámetro considerablemente mayor que una columna de recombinación (o que la tubería utilizada en una capacidad de recombinación).

Una vez que se determina la velocidad máxima de vórtice para una capacidad dada (de nuevo, limitada por la velocidad de erosión) y se selecciona el caudal mínimo en la columna de recombinación vertical (de nuevo, para mantener las partículas en suspensión), se apreciará que la capacidad total de almacenamiento del GLCC 226 también se puede adaptar a la variable de la altura de las columnas 228/230. La continuidad requiere que las columnas más altas sigan teniendo la misma velocidad vertical que las más bajas; sin embargo, la pérdida total de presión a través del GLCC aumenta con las columnas de líquido más altas.

Con el 238 se señala un puerto de recirculación integrado, según una realización preferida de la presente invención. El puerto 238 se sitúa preferiblemente en un punto muy bajo de la columna 230 de recombinación para maximizar las existencias disponibles en ambas columnas 228/230 para la recirculación. Cuando no hay entrada neta de líquido en el sistema de la bomba en general, el líquido del GLCC 226 caerá por debajo del nivel del puerto 236 de recombinación, eliminando la pérdida directa de líquido desde el GLCC 226. Entonces el sistema únicamente perdería el líquido que sale del puerto 236 en una fase gaseosa.

Como un refinamiento particularmente ventajoso, y como se puede apreciar mejor en la figura 3A, preferiblemente se incluye una placa 242 deflectora en la columna 230 de recombinación. La placa 242 deflectora actuará esencialmente para evitar que el gas y las partículas arrastrados, que estarían presentes en el líquido que entra desde el conector 234, fueran directamente al puerto 238 de recirculación, evitando así una concentración inadvertida de dos constituyentes de la fase líquida que sería perjudiciales para la bomba (es decir, gas y partículas libres arrastrados).

Como tal, debe reconocerse que la columna 230 de recombinación presentará preferiblemente una distribución uniforme de gas y partículas a través de su diámetro. A este respecto, la placa 242 deflectora dirigirá las partículas y el gas con una velocidad vertical antes de que vuelvan al puerto 238 de recirculación. Dado que las partículas tienen flotabilidad negativa, serán empujadas hacia abajo al puerto 238 de recirculación en las concentraciones típicamente encontradas en la columna 230 de recombinación. Por otro lado, cualquier gas arrastrado tendrá flotabilidad neta y continuará elevándose incluso desde la parte del líquido que está invirtiendo su dirección para ir al puerto 238 de recirculación.

Preferentemente, el deflector 242 no se soldará en la parte inferior y, como se muestra en la figura 3C, tiene biseles 242a/b recortados en las esquinas inferiores. Los biseles 242a/b ayudan a ajustar el deflector en la columna 230 de recombinación y también permiten que el líquido fluya hacia la línea 240 de recirculación cuando no hay entrada neta de líquido en el sistema; así, cuando el nivel del líquido cae por debajo de la parte superior del deflector 242, todavía puede fluir a la línea 240 de recirculación. En tales momentos, el arrastre de gas no es mayor problema debido a las bajas velocidades del líquido. Cuando hay mucho flujo de líquido y el arrastre de gas es un problema, el líquido tenderá a incidir en el deflector 242 y se desviará verticalmente hacia arriba, mejorando la separación del gas como se describe. Preferiblemente, el deflector será lo suficientemente sólido como para desviar la mayor parte del flujo, pero (a través de los biseles 242a/b) será lo suficientemente "permeable" para evitar convertirse en una "presa" cuando únicamente haya petróleo en las columnas.

Aunque no es esencial, se podría incluir un intercambiador de calor o un enfriador a lo largo de la línea de recirculación entre el puerto 238 de recirculación y cualquier bomba o distribuidor de flujo intermitente. Esto podría realizarse, p. ej., mediante una sola bobina, o mediante un par de bobinas en paralelo, incluyendo tubos de diámetro relativamente grandes; véase, p. ej., el refrigerador 139 intermedio de la figura 1.

Más preferiblemente, el líquido que atraviesa la línea 240 de recirculación encontrará una resistencia al fluido de algún tipo para reducir la presión de descarga al nivel de la presión de succión de la bomba que "se encontrará", y preferiblemente de manera controlada. Si bien dicha resistencia podría realizarse mediante un tubo de flujo laminar (que podría funcionar doblemente como intercambiador de calor/enfriador intermedio) o una resistencia/orificio fijo de una sola etapa o con múltiples orificios en serie (p. ej., hecho de carburo de tungsteno para su resistencia a la erosión), se puede emplear preferiblemente una válvula de estrangulamiento o una resistencia variable. Un caudalímetro, señalado por el 243 en la figura 2 (según una realización en la que la línea 240 de recirculación alimenta un distribuidor 212 de flujo intermitente) puede él mismo alimentar una válvula 246 de estrangulamiento como la recientemente descrita, desde donde el flujo de líquido pasa luego al distribuidor 212. En otra variante, cualquiera de las opciones que se acaban de mencionar podría combinarse con una válvula de cierre de acción rápida (o, en el contexto de una válvula de estrangulamiento, con algún tipo de característica de cierre rápido). Según se muestra, se puede proporcionar preferiblemente una conexión 241 de descarga en una parte inferior del caudalímetro 243, para conectar con una rama 266 de una salida 264 de descarga que se extiende desde el distribuidor 212 de flujo intermitente.

Debe apreciarse que un caudalímetro 243 permitirá un ajuste preciso de la válvula 246 de estrangulamiento. Además, el caudalímetro 243 podría detectar cualquier cambio en la resistencia al flujo, para permitir que se restablezca en compensación la abertura de la válvula (246) de estrangulamiento. Tal restablecimiento podría ser automático (p. ej., mediante retroalimentación) o podría realizarse mediante controles manuales (p. ej., desde una localización remota). La configuración particular elegida y empleada puede registrarse por los parámetros y el contexto del sistema en cuestión.

Aunque no se muestra, una válvula de cierre de acción rápida también se puede incluir opcionalmente en la línea 240 de recirculación. Esto podría proporcionar una medida de seguro en caso de apagado del motor de la bomba, para evitar fugas de líquido de recirculación a la succión de la bomba que de lo contrario podría emplearse en un nuevo arranque de la bomba. En otras palabras, la válvula de cierre (u opcionalmente un estrangulador rápido con buenas características de cierre) atraparía líquido en el GLCC 226 para usarlo en el siguiente arranque. (Como tal, el GLCC 226 puede situarse preferiblemente por encima de la succión de la bomba de modo que el líquido tenderá a alimentar por gravedad a la succión de la bomba para el siguiente arranque).

La descripción pasa ahora a un análisis de un distribuidor 212 de bolsas de líquido según una realización preferida de la presente invención. Debe entenderse y apreciarse que un distribuidor de bolsas de líquido como se contempla ampliamente en el presente documento puede emplearse por mérito propio o podría combinarse con una configuración de recirculación con GLCC como la que se acaba de analizar. Se puede hacer referencia a las figuras 2 y 4A-4D simultáneamente en relación con el análisis presentado a continuación. Como tales, las figuras 4A y 4B, respectivamente, son vistas de corte en planta y en alzado de un distribuidor de bolsas de líquido de la figura 2. La figura 4C es otra vista de corte en alzado del distribuidor de bolsas de líquido de la figura 4B. La figura 4D es una vista en primer plano de la parte de placa perforada del círculo de línea discontinua 4D de la figura 4B.

Un distribuidor 212 de bolsas de líquido, según se muestra, puede estar realizado preferiblemente por un recipiente cilíndrico cerrado con su propia entrada 213 tangencial, a la que conduce la línea 202 de entrada. Esencialmente se forma un "contenedor" en el recipiente a través de la instalación de una tubería 248 vertical instalada verticalmente en el centro y que se extiende a través del fondo del recipiente; esto puede considerarse como un espacio contenido (212a) definido sobre la tubería 248 vertical, a través y sobre la cual el líquido entrante describe un vórtice. Un tubo 250 de salida está situado en la base del cilindro, de mayor diámetro que la tubería vertical, y conducirá a una bomba 214 (p. ej., una bomba de doble tornillo) (no mostrada pero indicada esquemáticamente a través de una línea discontinua). La tubería 248 vertical alimenta al tubo 250 de salida.

Los orificios 252 de medición de tamaño apropiado penetran en el fondo del contenedor 212a en un círculo que rodea la tubería 248 vertical, pero contenido por el tubo 250 de salida. (Aquí, se proporcionan seis orificios distribuidos uniformemente). Esto da como resultado una recombinación del fluido que fluye a través de la tubería 248 vertical con el fluido que pasa a través de los orificios 252 de medición. Adicionalmente se instala una placa 254 perforada, preferiblemente justo debajo del nivel de la entrada 213 y (como se aprecia mejor en la figura 4D) incluye una pluralidad de agujeros pasantes o aberturas 256. La placa 254 perforada sirve para proporcionar soporte para la tubería 248 vertical y también constituye un lugar donde las aglomeraciones de cera pueden captarse e inhibirse; preferiblemente, el tamaño de los agujeros 256 pasantes es tal que cualquier cera que avance a través de los mismos no será suficiente para taponar los preferiblemente más grandes orificios 252 de medición y en lugar de eso simplemente se romperán y pasará fácilmente a través del sistema.

Los tubos 258 respiraderos, preferiblemente en número de tres y distribuidos uniformemente alrededor de la tubería 248 vertical como se aprecia en la figura 4A, se extienden a través de la placa 254 perforada y permiten que el gas debajo de la placa pase a un espacio más alto dentro del recipiente donde predomina el gas y desde allí salga a través de la tubería 248 vertical. Como tales, los tubos 258 permiten que el líquido que pasa a través de la placa 254 perforada desplace el gas acumulado debajo de la placa 254 a medida que el líquido fluye a través de los orificios 252 de medición y del nivel del líquido en el contenedor. Los tubos 258 permiten que se conozca la característica de flujo de la placa 254 perforada permitiendo que toda el área de flujo asociada con la chapa 254 perforada se reserve para el flujo de líquido, mientras que los tubos 258 están esencialmente reservados para el gas; ya que el líquido entra en un vértice, no entrará en los tubos 258, de modo que el flujo de líquido y gas permanecerá casi completamente separado. Un sencillo diafragma o entramado 260 preferiblemente interconecta físicamente los tubos 258 de respiración con la tubería 248 vertical en una región superior de todos estos, por lo que se imparten soporte y estabilidad adicionales a todo el conjunto interno.

La capacidad de almacenamiento de líquido del distribuidor 212 de flujo intermitente se rige por su diámetro y su altura, reducida por el diámetro y la altura de la tubería vertical. La profundidad de un vórtice causada por el flujo a través de la entrada 213 tangencial también reduce la capacidad almacenada en el contenedor 212a. La velocidad tangencial y la aceleración centrífuga utilizadas para promover la separación de gases (y, por lo tanto, mantener el líquido en el contenedor 212a) están determinadas por la velocidad de flujo, el diámetro del tubo de entrada y el diámetro del recipiente, mientras que la velocidad tangencial, por supuesto, debe estar limitada por los problemas de erosión. Las fuerzas contribuyentes que hacen que el líquido fluya a través de los orificios 252 de medición incluyen la altura del líquido y la presión diferencial generada por la acumulación de presión causada por el flujo de gas a través de la tubería 248 vertical. Téngase en cuenta que el flujo de líquido no es constante; es mayor al final de una bolsa de líquido y al comienzo de una bolsa de gas. En tal instante, el nivel del líquido es el más alto y la acumulación de presión resultante del flujo de gas a través de la tubería 248 vertical proporciona un gradiente de presión entre la superficie superior del líquido y la salida 250.

Se apreciará que el tamaño del recipiente es una función del período de las bolsas entrantes, de la velocidad de flujo y de la fracción de volumen de gas. Por lo tanto, a modo de ejemplo práctico ilustrativo y no restrictivo, un caudal de 500 m³/h (2.200 g.p.m.) con una fracción de volumen de gas del 80% y un período de 3 segundos con una desviación estándar de 1 segundo presenta más que suficiente líquido para satisfacer un 5% o 25 m³/h (110 g.p.m.) continuo de líquido; el flujo medio de líquido sería de 100 m³/h (440 g.p.m.). Preferiblemente, el contenedor estará configurado para contener suficiente líquido para admitir una bolsa de gas de 9 segundos de duración (3+6*Sigma), que son aproximadamente 16,5 galones (aproximadamente 0,08 m³) después de tener en cuenta la reducción causada por el vórtice.

En general, dado que las bombas que se emplean en el presente documento operan típicamente a un flujo y velocidad fijos, incluso cuando la parte líquida de un flujo intermitente entra en el distribuidor 212, el flujo de gas que sale a través de la tubería 248 vertical es el mismo que durante la parte gaseosa del flujo intermitente porque el

líquido entrante desplaza el gas fuera del contenedor 212a y a través de la tubería vertical 248. En el caso de que el contenedor 212a se llene, el flujo medido es una función del nivel del líquido, la acumulación de presión debida al flujo de gas y el coeficiente de flujo de los agujeros de medición. Cuando el nivel de líquido excede la altura de la tubería 248 vertical, la acumulación de presión en la tubería 248 vertical es ligeramente mayor debido a la presencia de flujo de líquido, que se compensa con el cambio en la elevación desde la entrada a la salida. Los cálculos de la presión diferencial máxima y de la presión estática para estas condiciones se pueden realizar fácilmente, al igual que los de los caudales promedio para cada estado.

Por medio de componentes adicionales, dos conexiones 262 y 264 auxiliares pueden extenderse hacia afuera desde la salida 250 según se muestra. Una rama 266 de la salida 264 puede extenderse hacia arriba para encontrarse con la conexión 241 analizada anteriormente.

La salida 262 puede ser una conexión para un transmisor combinado de presión y temperatura del tipo submarino utilizado, con la salida 262 pudiendo ser el punto de combinación del fluido entrante y del fluido recirculado, siendo la salida 264 el punto de conexión del fluido del GLCC que se está siendo recirculado.

Debe apreciarse que, si bien el dispositivo de recirculación del GLCC y el distribuidor de las bolsas de líquido pueden incorporarse cada uno individualmente en un sistema general de bombeo multifásico submarino por sí mismos, se contempla una combinación muy ventajosa de los dos según una realización particularmente preferida de la presente invención. Cada uno, por sí solo, puede ayudar a garantizar que se pueda mantener un umbral mínimo de flujo de líquido (por ejemplo, -5% como ya se describió). Sin embargo, se goza de ventajas particulares cuando ambas disposiciones se emplean juntas.

Por un lado, el distribuidor de las bolsas de líquido, por sí solo, puede no ser capaz de mantener la operación si la pérdida de líquido excede un período igual a varias desviaciones estándar de la longitud media de las bolsas. Además, es posible que no pueda proporcionar una garantía de flujo suficiente durante el arranque, al menos hasta que se logre un flujo continuo de bolsas periódicas. Por otro lado, el dispositivo de recirculación con GLCC, por sí solo, puede ser capaz de soportar una pérdida de líquido de duración indefinida (especialmente si se emplea un enfriador o un intercambiador de calor) pero reduce la eficiencia volumétrica del proceso al consumir capacidad de la bomba a la vez que aún requiere la potencia para la capacidad total a una velocidad de bomba dada. El problema se agrava cuando el gas vuelve a la succión de la bomba, ya sea como gas libre o como gas que se libera de la solución cuando el líquido es devuelto a la presión de succión. Típicamente, el gas duplica la pérdida de capacidad de la bomba en comparación con el líquido requerido. La cantidad de gas devuelto es proporcional a la cantidad de líquido que se recircula.

Por consiguiente, un sistema combinado que involucra ambas configuraciones está particularmente bien orientado a optimizar el funcionamiento de la bomba. Por su parte, el sistema de dispositivo de recirculación con el GLCC puede proporcionar un flujo de líquido continuo en presencia de largos trenes de gas e incluso durante el arranque, cuando el sellado de líquidos puede permitir que la bomba que actúa sobre el gas en la línea de flujo de producción reduzca significativamente la presión de succión de la línea de flujo y consecuentemente incite al pozo a comenzar a fluir. Por otro lado, el recipiente distribuidor de las bolsas de líquido asegura el flujo del líquido en condiciones de régimen estable, haciendo innecesarias las altas velocidades de recirculación. La instrumentación que puede estar ya provista para el funcionamiento de la bomba y el control y monitoreo de la recirculación junto con una estrategia de operación apropiada puede lograr un funcionamiento más óptimo de la bomba del que es posible con cualquier sistema en solitario.

Un protocolo general para optimizar un sistema compuesto de distribución/recirculación de líquidos, como se contempla ampliamente en el presente documento, puede tomar la siguiente forma. Para el arranque y hasta que se logre la operación en régimen estable, se puede proporcionar recirculación a aproximadamente el 5% de la capacidad total de la bomba. Esta cantidad puede reducirse para una presión diferencial más baja durante el arranque; generalmente, la proporción de recirculación requerida será una función del diámetro externo del tornillo (en la bomba de doble tornillo), del cubo de la holgura y de la raíz cuadrada de la presión diferencial de la bomba. Como consecuencia, será admisible un flujo de recirculación más bajo a presiones diferenciales más bajas. Una vez que se logra la operación en régimen estable, la GVF (fracción de volumen de gas) que experimenta la bomba, así como el flujo de la bomba, se pueden estimar por el aumento de temperatura a través de la bomba y la velocidad de la bomba y la presión diferencial; uno sabrá de antemano el calor específico del líquido (agua y petróleo) y el corte de agua (% de agua en la fase líquida que aumenta a medida que envejece el pozo). En esencia, a medida que aumenta la elevación de la temperatura (lo que indica una alta GVF), mayor deberá ser la proporción de recirculación. Para una elevación de temperatura baja (que indica una FGV baja), el distribuidor de bolsas solo probablemente sería suficiente, mientras que para una elevación de temperatura más alta se requeriría más recirculación.

Rescapitulando brevemente, se apreciará que en el presente documento se abarcan ampliamente sistemas y equipos que proporcionan una buena instalación y práctica submarina, en virtud de la compacidad, el bajo peso en comparación y la ausencia de intervenciones, en comparación con las instalaciones de superficie. Los problemas de pérdida de cebado (por líquido insuficiente) y sobrecalentamiento de la bomba (debido a la recirculación de fluido

con una entrada de gas del 100%) se vuelven cada vez más importantes a medida que aumenta la presión de impulsión de la bomba en contextos submarinos.

5 En el presente documento, se contemplan ampliamente, según al menos una realización de la presente invención, métodos y disposiciones que proporcionan la operación continua de un sistema de bombeo multifásico submarino, mediante el impulso de un flujo de petróleo multifásico mediante el uso de un sistema de recirculación. Además, la presente invención, según al menos una realización preferida, busca lograr la distribución del flujo de líquido inestable en una mezcla multifásica en un flujo de líquido mínimo más continuo. La distribución se produce preferiblemente en el tiempo, promediando ondas casi cuadradas de líquido en un flujo uniforme.

10 Debe apreciarse que el aparato y el método de la presente invención pueden configurarse y llevarse a cabo según sea apropiado para cualquier contexto en cuestión. Las realizaciones descritas anteriormente deben considerarse en todos los sentidos únicamente como ilustrativas y no restrictivas. Todos los cambios que entran dentro del significado y ámbito de equivalencia de las reclamaciones deben ser incluidos dentro de su alcance.

REIVINDICACIONES

1. Un ciclón (226) cilíndrico de líquido y gas submarino para un sistema de bombeo multifásico submarino, constando dicho ciclón (226) cilíndrico de líquido y gas submarino de un puerto (238) de salida de recirculación para comunicarse con una bomba (214) submarina;
- 5 una columna (228) ciclónica, que tiene una entrada (125, 225); una columna (230) de recombinación;
- al menos un conducto (234) que interconecta dicha columna (228) ciclónica y dicha columna (230) de recombinación;
- teniendo dicha columna (230) de recombinación un diámetro medio suficiente para preservar la velocidad de flujo del líquido para mantener las partículas dentro del flujo de líquido en suspensión; y
- 10 un dispositivo (242) de obstrucción que está dispuesto en dicha columna (230) de recombinación y que actúa para evitar que el gas y las partículas arrastrados, presentes en el líquido que entra desde dicho conducto (234), vayan directamente al puerto (238) de salida de recirculación;
- en donde dicho puerto (238) de salida de recirculación está dispuesto en la parte más baja de dicha columna (230) de recombinación.
- 15 2. El ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido según la reivindicación 1, en donde dicha columna (230) de recombinación tiene un diámetro promedio mayor o igual que un diámetro promedio de dicha columna (228) ciclónica.
3. El ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido según la reivindicación 1, en donde dicho dispositivo (242) de obstrucción actúa para mantener líquido en dicho ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido suficiente para asegurar un contenido
- 20 mínimo de líquido en el flujo multifásico que entra a una bomba (214).
4. El ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido según la reivindicación 1, en donde:
- dicho -al menos uno- conducto (234) consta de un conducto que interconecta dicha columna (228) ciclónica y dicha columna (230) de recombinación en una parte inferior de dicha columna (228) ciclónica y de dicha columna (230) de recombinación;
- 25 dicho dispositivo (242) de obstrucción está interpuesto entre dicho conducto (234) y dicho puerto (238) de recirculación.
5. Un sistema de bombeo multifásico submarino, constando dicho sistema de:
- una bomba (214);
- 30 una entrada (202) de flujo para admitir el flujo multifásico entrante y dirigir el flujo multifásico entrante hacia dicha bomba (214);
- una salida (204) de flujo para dirigir el flujo multifásico saliente fuera de dicha bomba (214);
- un aparato de gestión de flujo en comunicación fluida con dicha bomba (214) y al menos una de entre dicha entrada de flujo y dicha salida de flujo;
- 35 actuando dicho aparato de gestión de flujo para garantizar un contenido mínimo de líquido en el flujo multifásico que entra en dicha bomba (214);
- constando dicho aparato de gestión de flujo de:
- un ciclón cilíndrico (226) de líquido y gas submarino según la reivindicación 1 en comunicación con dicha salida de flujo; y
- 40 una línea (240) de recirculación en comunicación con dicho puerto (238) de recirculación, con dicha línea (240) de recirculación actuando para dirigir el flujo generalmente hacia dicha bomba (214).
6. El sistema según la reivindicación 5, en donde dicho dispositivo (242) de obstrucción consta de un deflector dispuesto en una parte inferior de dicha columna (230) de recombinación.
7. El sistema según la reivindicación 6, en donde dicho deflector se extiende a través de una parte sustancial de una dimensión diametral de dicha columna (230) de recombinación, y en donde dicho deflector tiene una forma para permitir un flujo de líquido limitado más allá del mismo por debajo de la parte superior de dicho deflector.
- 45 8. El sistema según la reivindicación 5, que consta además de un dispositivo, en comunicación con dicha línea (240) de recirculación, para proporcionar intercambio de calor con el ambiente.

9. El sistema según la reivindicación 5, que consta además de un dispositivo, en comunicación con dicha línea (240) de recirculación, para limitar el flujo de recirculación antes de dicha bomba (214).
10. El sistema según la reivindicación 5, en donde dicha bomba (214) incluye una bomba (214) multifásica de doble tornillo.
- 5 11. El sistema según la reivindicación 5, en donde dicho aparato de gestión de flujo consta además de:
un distribuidor (212) de las bolsas de líquido;
constando dicho distribuidor (212) de las bolsas de líquido de una entrada y de una salida, estando dicha salida en comunicación con dicha bomba (214);
actuando dicho distribuidor (212) de bolsas de líquido para regular las bolsas de gas entrantes desde dicha entrada
10 de manera que se garantice la propagación, a través de dicha salida, de un contenido mínimo de líquido en flujo multifásico, en donde dicha entrada de dicho distribuidor (212) de bolsas de líquido está en comunicación con dicha línea (240) de recirculación.
12. Un método para proporcionar bombeo multifásico en operaciones submarinas, incluyendo dicho método:
proporcionar una bomba (214) en una localización submarina;
15 admitir el flujo multifásico entrante y dirigir el flujo multifásico entrante hacia la bomba (214);
dirigir el flujo multifásico saliente fuera de la bomba (214);
asegurar un contenido mínimo de líquido en el flujo multifásico que entra a la bomba (214);
incluyendo dicho paso de asegurar un contenido líquido mínimo:
proporcionar un ciclón cilíndrico (226) de gas y líquido submarino según la reivindicación 1 en la localización
20 submarina;
dirigir el flujo multifásico saliente a la entrada (125, 225) de la columna (228) ciclónica; y
recircular al menos una parte del flujo de líquido en el ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido hacia la bomba (214);
en donde dicha etapa de asegurar un contenido líquido mínimo incluye, además:
proporcionar un distribuidor (212) de bolsas de líquido en la localización submarina; admitir el flujo multifásico
25 entrante en una entrada (213) del distribuidor (212) de bolsas de líquido; y
regular las bolsas de gas que entran en el distribuidor (212) de bolsas de líquido de manera que se garantice la propagación de un contenido mínimo de líquido en el flujo multifásico que sale del distribuidor (212) de bolsas de líquido, en donde dicho paso de recircular al menos una parte del flujo de líquido en el ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido hacia la bomba (214) incluye la recirculación de dicha -al menos una- parte del flujo de líquido en el ciclón
30 cilíndrico (226) de gas y líquido en el distribuidor (212) de bolsas de líquido; y
en donde dirigir el flujo multifásico entrante hacia la bomba (214) incluye dirigir el flujo multifásico desde el distribuidor (212) de bolsas de líquido a través de una salida (250) de dicho distribuidor de bolsas de líquido hacia la bomba (214).
13. El método según la reivindicación 12, en donde dicha etapa de recirculación incluye:
35 proporcionar el flujo continuo de recirculación a través del ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido durante el arranque de la bomba y hasta que se logre un flujo multifásico en régimen estable a través de la bomba; y
después de eso, estrangular el flujo de recirculación del ciclón (226) cilíndrico de gas y líquido.

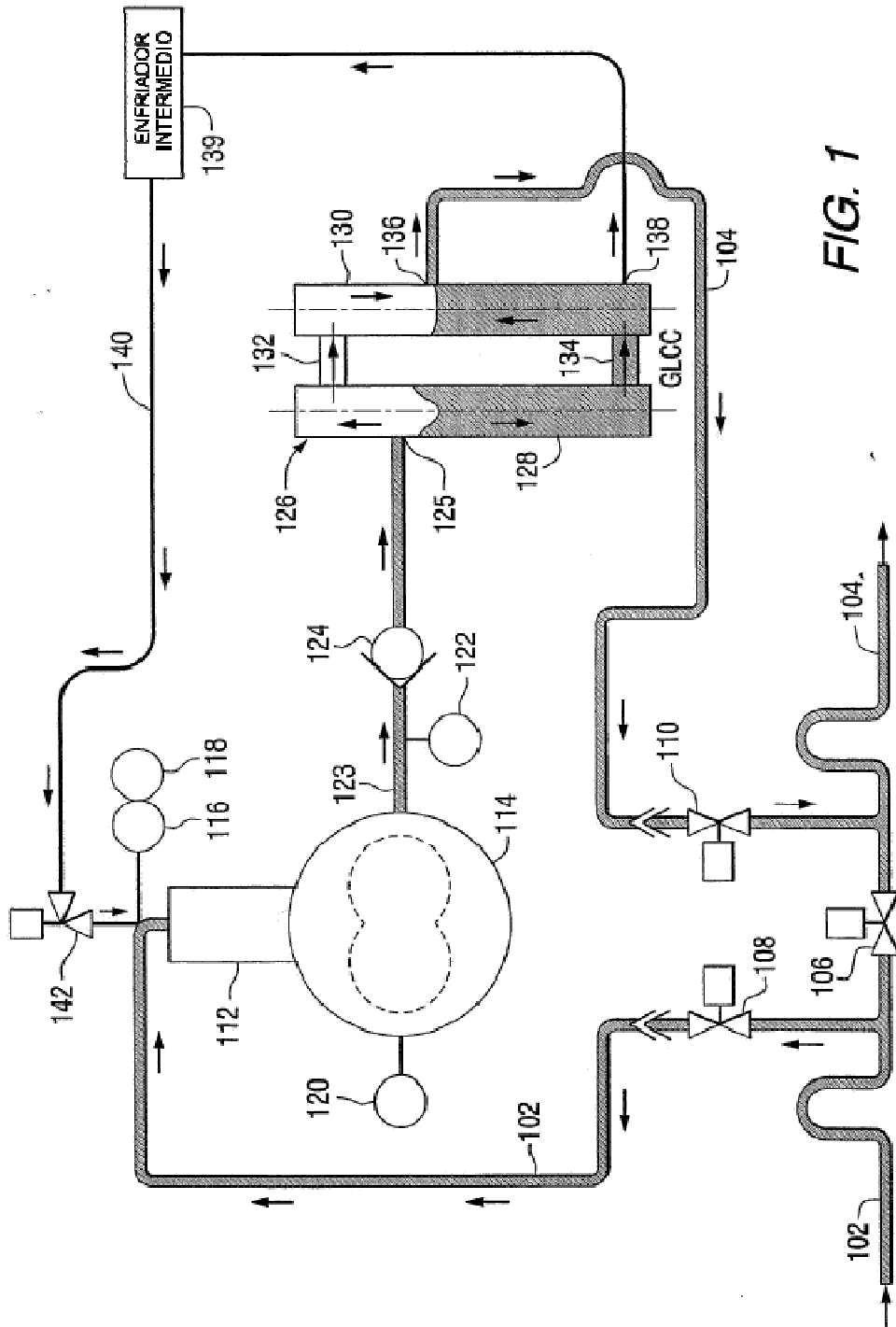


FIG. 1

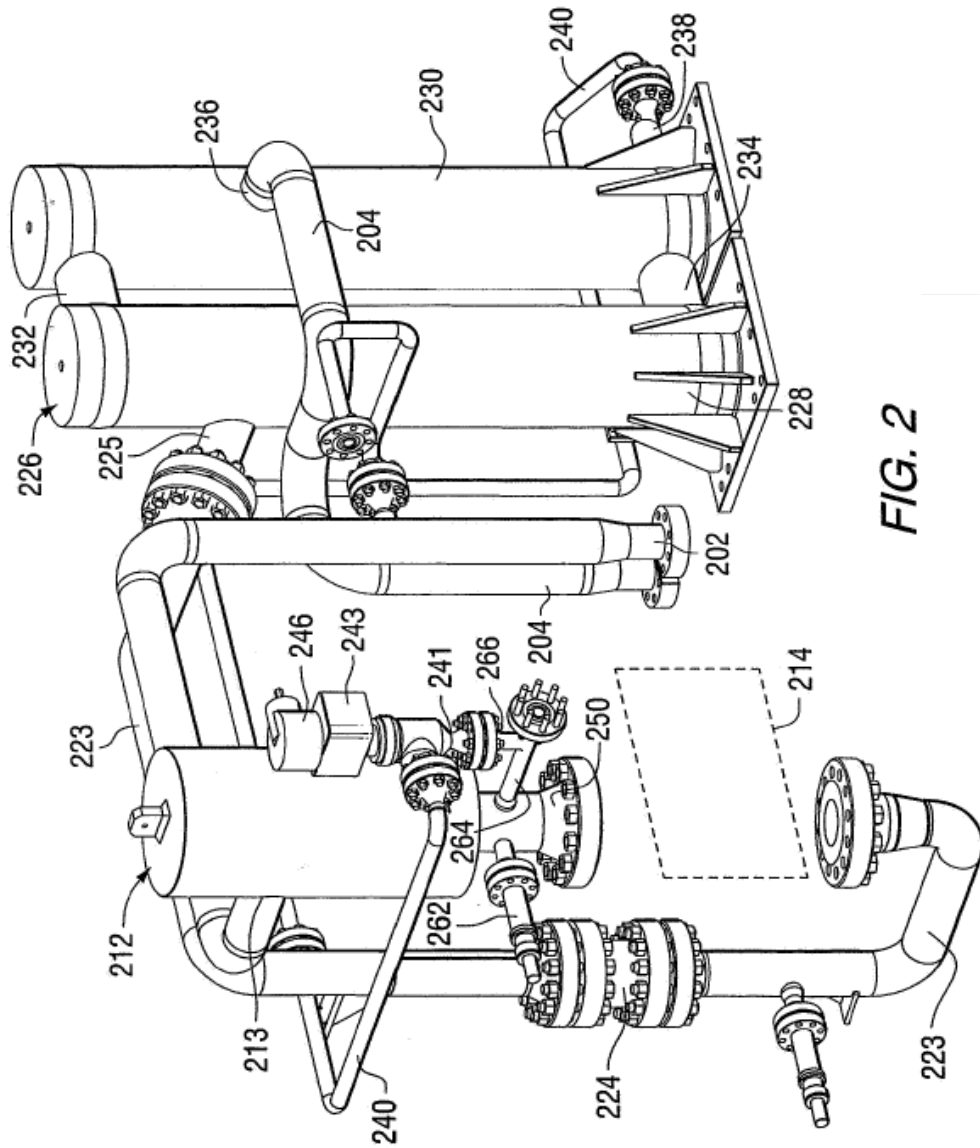
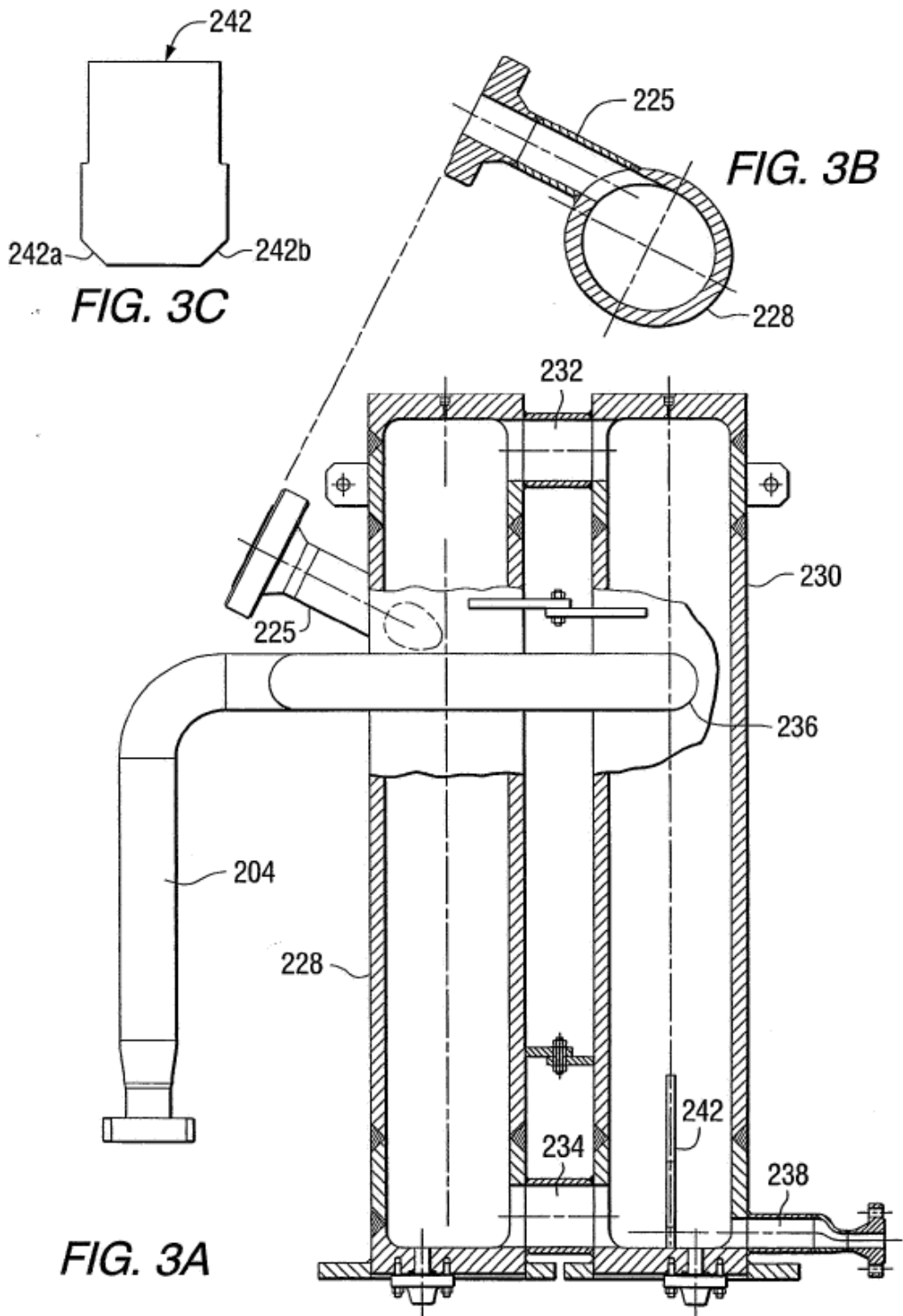
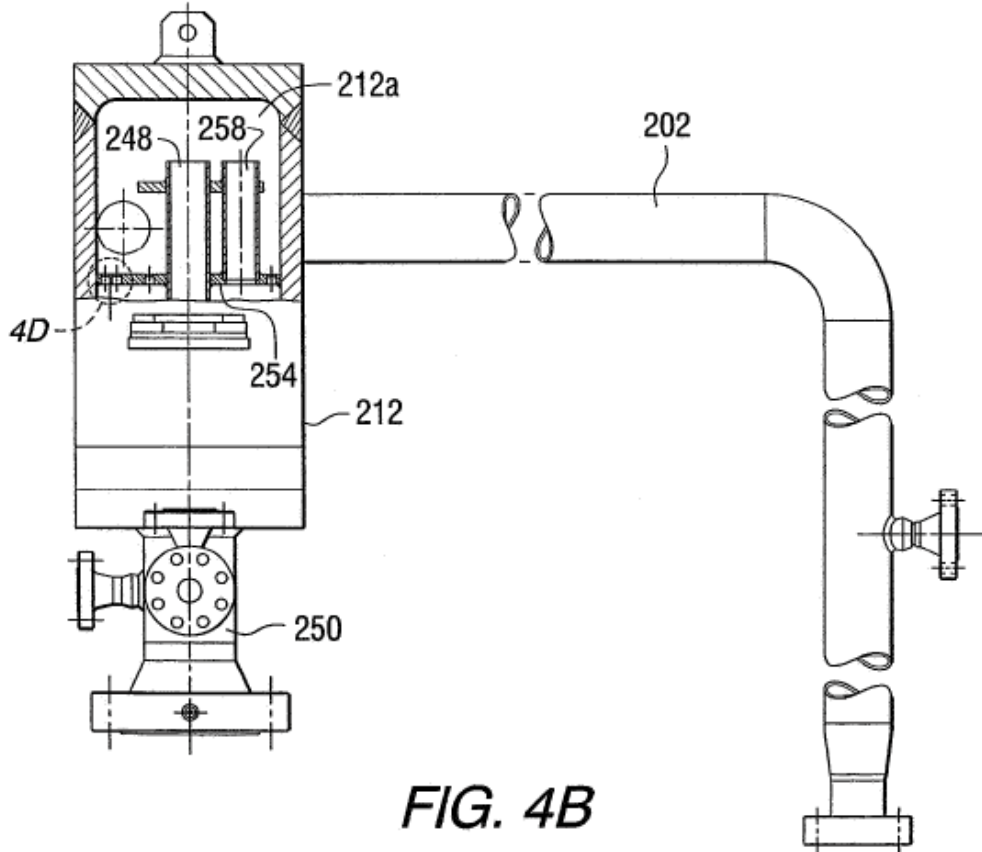
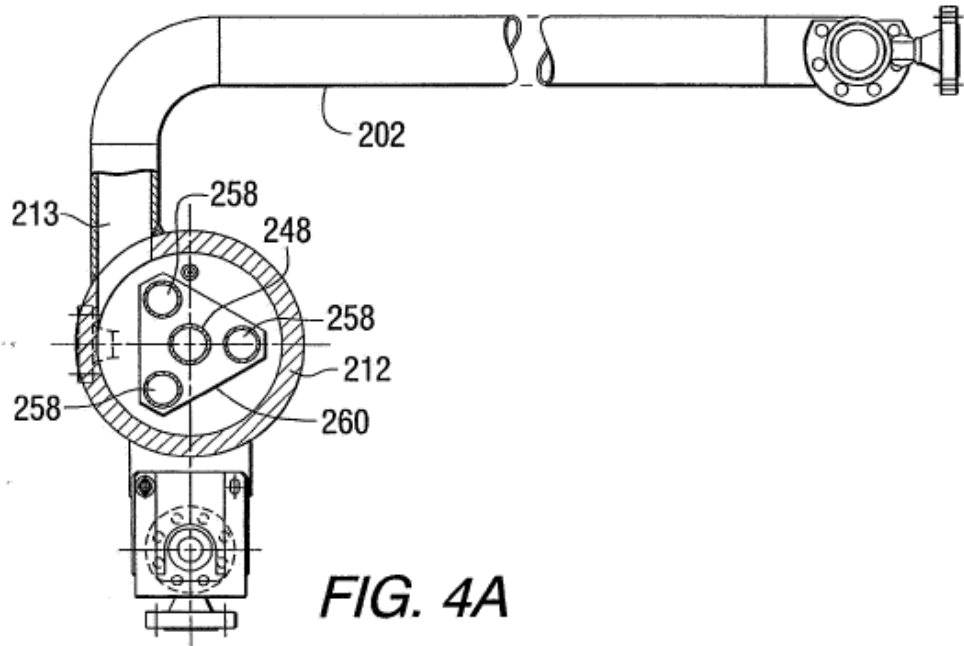


FIG. 2





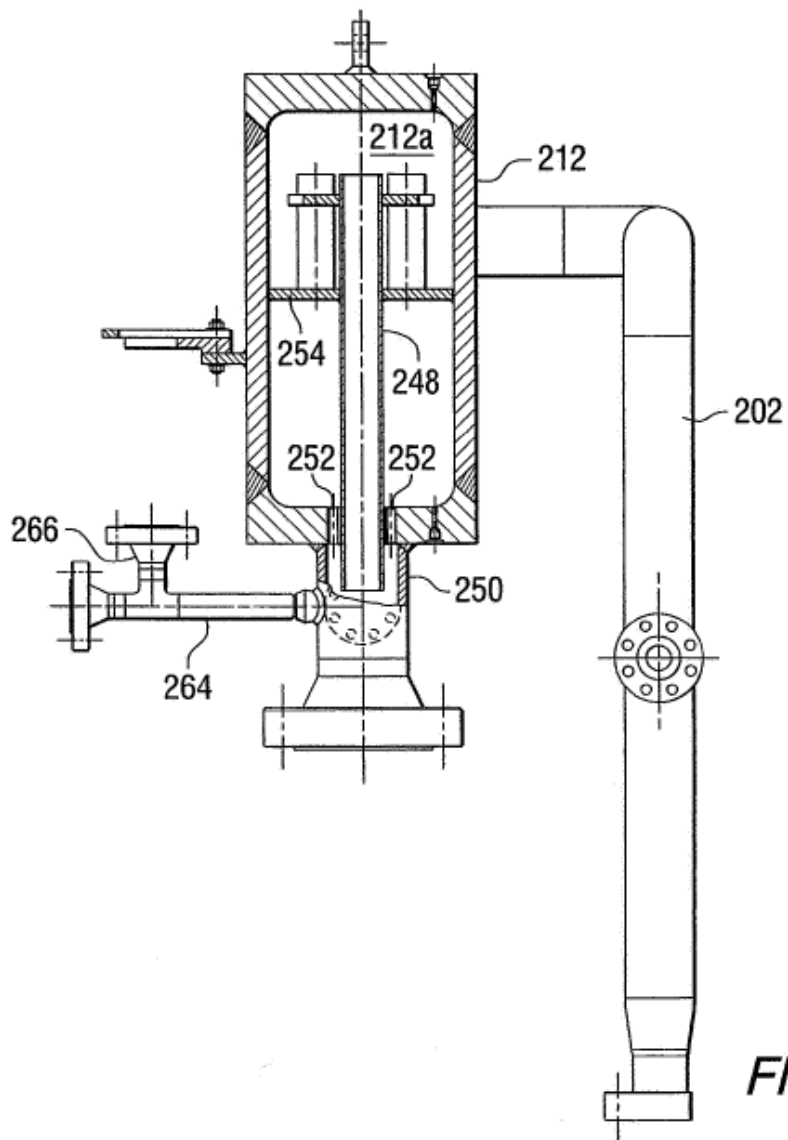


FIG. 4C

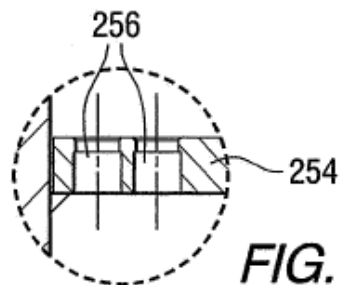


FIG. 4D