

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 904 368**

51 Int. Cl.:

B01D 17/02 (2006.01)

B01F 5/16 (2006.01)

B03D 1/14 (2006.01)

B03D 1/24 (2006.01)

B01F 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.08.2018** **PCT/US2018/046431**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2019** **WO19036328**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2018** **E 18760208 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.01.2022** **EP 3668624**

54 Título: **Métodos y sistemas para flotación de gas disuelto potenciada**

30 Prioridad:

15.08.2017 US 201762545713 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
04.04.2022

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY, INC. (100.0%)
4400 Alafaya Trail
Orlando, FL 32826-2399, US

72 Inventor/es:

WIERCINSKI, SHANE P.;
COOLEY, CURTIS D. y
FELCH, CHAD L.

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 904 368 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

Métodos y sistemas para flotación de gas disuelto potenciada

5 **Campo**

La presente invención se refiere de manera general a sistemas de tratamiento de fluido y a procedimientos para retirar sustancias insolubles a partir de un fluido, tal como agua producida.

10 **Antecedentes**

Agua contaminada con pequeñas cantidades de aceite, sólidos en suspensión y/u otras sustancias insolubles es un subproducto de muchas operaciones industriales tales como, por ejemplo, la producción y el refinado de petróleo crudo y gas natural; la fabricación de productos químicos, pintura, materiales textiles, papel y pulpa; la generación de electricidad; y el procesamiento de metales, alimentos y bebidas. Un problema principal encontrado en estas operaciones industriales es la separación económica del aceite, los sólidos en suspensión y/u otras sustancias insolubles a partir del agua de modo que el agua pueda volver a usarse o descargarse al medio ambiente.

Este problema de separación es especialmente prevalente en la producción en alta mar de petróleo crudo y gas natural, en la que pozos de aceite y gas producen agua o salmuera ("agua producida") junto con el aceite y gas. El agua producida está normalmente cargada con aceite y otros contaminantes. Antes de que el agua producida pueda volver a inyectarse en el pozo o desecharse de vuelta al mar, deben retirarse aceite y otras sustancias insolubles por debajo de límites aceptables. Por consiguiente, se han diseñado numerosos métodos y sistemas para reducir el contenido de sustancias insolubles a partir de agua producida derivada a partir de pozos de aceite y gas en alta mar.

Un método para separar aceite y otras sustancias insolubles a partir de agua producida es mediante el uso de un sistema de flotación, tal como una unidad de flotación de gas. Las unidades de flotación de gas, por ejemplo, usan burbujas de gas (portadas por un medio líquido) que se introducen en el fluido mediante baja presión (por ejemplo, mediante un eductor) o a alta presión (por ejemplo, dentro de una bomba). En teoría, las burbujas se liberan a partir de un fluido de suministro al interior del fluido que va a tratarse, se unen a gotitas de aceite y/o sólidos en suspensión, los hacen flotar hasta la superficie del fluido donde también se libera el gas y posteriormente se recogen y se separan el aceite y otras sustancias insolubles a partir del fluido. Un tipo específico de unidad de flotación de gas es una unidad de flotación de gas disuelto (DGF). Se dan a conocer unidades / sistemas de flotación de gas disuelto a modo de ejemplo en las patentes estadounidenses n.ºs 3.452.869; 3.576.738; 3.725.264 y 4.022.695.

Aunque se han desarrollado diversos sistemas de flotación a lo largo de los años, los tanques de flotación de tales sistemas normalmente requieren un volumen y espacio sustanciales para producir resultados de separación adecuados. Además, los sistemas de flotación que usan el gas disuelto anteriormente mencionado pueden requerir varias bombas con el fin de proporcionar gas suficiente para producir burbujas para una separación eficaz del aceite/sustancias insolubles a partir de un fluido asociado. Hacer funcionar grandes tanques de flotación y hacer funcionar numerosas bombas aumenta el espacio ocupado, así como los costes de funcionamiento, equipos y material. Dado un volumen establecido de gas, los expertos en la técnica entienden que una gran población de pequeñas burbujas proporciona una mejor retirada de contaminantes que una población más pequeña de grandes burbujas. Sin embargo, según la ley de Stokes, burbujas más pequeñas requieren un periodo de tiempo más prolongado (tiempo de residencia, por ejemplo, tamaño de tanque) para separarlas de la fase acuosa que burbujas más grandes.

El documento US 2014/116953 A1 da a conocer las características de las primeras partes de las reivindicaciones independientes. Técnica anterior similar está comprendida por los documentos US 6 337 023 B1, US 5 591 001 A, US 2016/009571 A1, US 2013/306568 A1, US 2010/264088 A1, US 2008/159061 A1.

Sumario

La invención está definida por las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas se dan a conocer en las reivindicaciones dependientes.

Según un aspecto, se proporcionan procedimientos y sistemas para el funcionamiento mejorado de una unidad de flotación (o cualquier otro procedimiento/sistema que usa burbujas de gas disueltas). En un aspecto, los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento optimizan la separación de sustancias insolubles a partir de una corriente residual en una unidad de flotación optimizando un tamaño de burbuja en la mezcla de fluido/gas suministrada a la unidad de flotación. Por ejemplo, en un determinado aspecto, los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento hacen coincidir sustancialmente un tamaño de burbuja promedio de las burbujas disueltas en la mezcla de fluido/gas con un tamaño de gotita de aceite promedio. En una realización adicional, también se tiene en cuenta un tamaño de gotita promedio de sólidos insolubles en la corriente residual en la determinación de un tamaño de burbuja promedio deseado que va a introducirse en la unidad de flotación. Tras la determinación del tamaño de burbuja promedio deseado, los sistemas y procedimientos descritos en el presente

documento pueden ajustarse para formar una mezcla de fluido/gas que tiene el tamaño de burbuja promedio deseado, tal como modificando el funcionamiento de una bomba tal como se describe a continuación.

Según otra realización, independientemente de, o junto con, la optimización del intervalo de tamaño de burbuja de gas en la mezcla de fluido/gas suministrada a la unidad de flotación, realizaciones de la presente invención también aumentan la cantidad de aire aspirado al interior de una bomba (con respecto a métodos convencionales) para la generación y el suministro de una mezcla de fluido/gas a la unidad de flotación. El flujo de aire aumentado a la bomba con respecto a métodos convencionales da generalmente como resultado una mayor densidad de burbujas de gas en la mezcla de fluido/gas. De esta manera, el flujo de gas aumentado a la bomba puede reducir el tamaño y número de bombas necesarias para el sistema de flotación asociado y también puede reducir el tamaño del recipiente requerido para el procedimiento de separación.

Según la invención, se proporciona un procedimiento de separación tal como se define en la reivindicación 1.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de separación tal como se define en la reivindicación 9.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra un sistema para separar gotitas de aceite a partir de un fluido según un aspecto de la presente invención.

La figura 2 ilustra una bomba para su uso en el sistema según un aspecto de la presente invención.

La figura 3 ilustra el efecto de la admisión de gas entre dos entradas de la bomba sobre el tamaño de burbuja según un aspecto de la presente invención.

Descripción detallada

Haciendo ahora referencia a las figuras, la figura 1 ilustra un sistema 10 que comprende una unidad 12 de flotación según un aspecto de la presente invención. La unidad 12 de flotación comprende un recipiente 14 que tiene una cavidad 16 que tiene un volumen suficiente para contener una cantidad de un fluido que va a tratarse (a continuación en el presente documento "corriente 18 residual" por facilidad de referencia) y cualquier otro fluido en la misma. En determinadas realizaciones, la corriente 18 residual se suministra a partir de una fuente de residuos adecuada que suministra una cantidad de la corriente 18 residual a una o más entradas del recipiente 14. La corriente 18 residual puede incluir cualquier fluido acuoso que tiene uno o más contaminantes insolubles en el mismo, tales como aceites, sólidos y otras sustancias insolubles y/o en suspensión. En una realización, la corriente 18 residual comprende agua producida a partir de un procedimiento de recuperación de aceite.

Para suministrar una cantidad de una mezcla 20 de fluido/gas al recipiente 14 para ayudar en la separación de aceite/contaminantes sólidos a partir de la corriente 18 residual en el recipiente 14, se proporciona una bomba 22 en comunicación de fluido con el recipiente 14. La bomba 22 comprende una o más entradas para permitir el suministro de un fluido 24 acuoso a la misma y una o más entradas para permitir el flujo de un gas 26 a la misma. Tal como se explicará en detalle a continuación, la bomba 22 es eficaz para mezclar el gas 26 con el fluido 24 con el fin de proporcionar la mezcla 20 de fluido/gas que comprende una pluralidad de burbujas de gas disueltas en la misma. A partir de la bomba 22, la mezcla 20 de fluido/gas se suministra al recipiente 14. Dentro del recipiente 14 o antes del suministro de la mezcla 20 de fluido/gas al recipiente 14 por la bomba 22, la mezcla 20 de fluido/gas se somete a una reducción de presión que permite que las burbujas de gas disueltas se liberen a partir de la mezcla 20 de fluido/gas. Cuando se combina la mezcla 20 de fluido/gas con la corriente 18 residual en el recipiente 14, se aprecia que la cantidad total de fluido en el recipiente 14 puede denominarse de manera colectiva "fluido 30". Las burbujas de gas liberadas (mostradas como 28) ascienden hacia una superficie superior del fluido 30 en el recipiente 14 junto con aceite y opcionalmente cualquier sustancia insoluble adicional a partir de la corriente 18 residual. En determinadas realizaciones, después pueden retirarse las sustancias insolubles a partir de una porción 29 superior del fluido 30 en el recipiente 14 tal como se muestra en la figura 1.

En una realización, el fluido 24 que se introduce en la bomba 22 para proporcionar la mezcla 20 de fluido/gas comprende una porción de una corriente tratada que queda en el recipiente 14 después de retirar al menos algo del aceite a partir de la corriente 18 residual. Esta corriente tratada se muestra como la corriente 32 y también puede denominarse "corriente 32 recirculada" en el presente documento. Para lograr esto, el sistema 10 puede incluir una línea 31 de recirculación de fluido para proporcionar un trayecto para el suministro de la corriente 32 recirculada desde el recipiente 14 de vuelta hasta la bomba 22. Por tanto, en una realización, el fluido 24 (dentro del cual están disueltas burbujas de aire) comprende una corriente 32 recirculada. Normalmente, la corriente 32 tratada (recirculada) se toma a partir de, o adyacente a, una porción 34 inferior del recipiente 14 con el fin de proporcionar un fluido lo más libre de contaminantes posible a la bomba 22. Además, debido a las burbujas de gas liberadas, puede recogerse gas 36 en, o adyacente a, una porción 38 superior del recipiente 14. En determinadas realizaciones, el gas 26 puede comprender el gas 36 recogido en, o adyacente a, la porción 38 superior del

recipiente 14. Para suministrar este gas 26 (por ejemplo, gas 36) a la bomba 22, el sistema 10 puede incluir una línea 40 de recirculación de gas para proporcionar un trayecto para el suministro del gas 36 desde el recipiente 14 de vuelta hasta la bomba 22 para suministrar al menos una porción del gas 26 que va a disolverse en fluido 24 en la bomba 22. En todavía otras realizaciones, puede proporcionarse una fuente de fluido acuoso auxiliar y/o fuente de gas para proporcionar suficiente fluido 24 y gas 26 para que la bomba 22 produzca una cantidad deseada de la mezcla 20 de fluido/gas. En todavía otras realizaciones, la fuente de gas puede comprender una fuente ambiental de aire alrededor de la bomba 22, en la que la bomba 22 está configurada para aspirar de al menos una porción a la totalidad del gas 26 que va a disolverse en el fluido 24.

La unidad 12 de flotación puede comprender cualquier aparato adecuado conocido en la técnica que usa burbujas de gas en la separación de contaminantes insolubles a partir de un fluido. En una realización, la unidad 12 de flotación comprende un recipiente 14 u otro alojamiento para contener una cantidad de líquido para la separación de sustancias insolubles a partir del mismo. Además, el recipiente 14 comprende una o más entradas para la entrada de la mezcla 20 de fluido/gas; una o más entradas para la entrada de la corriente 20 residual que comprende contaminantes insolubles; una más salidas para la salida de la corriente 32 tratada; una o más salidas para la retirada de la porción 29 superior; y/o una o más salidas para la salida del gas 36 a partir de la unidad 12 de flotación. En una realización, la unidad 12 de flotación comprende un miembro seleccionado del grupo que consiste en una unidad de flotación de gas disuelto, una unidad de flotación de aire disuelto y una unidad de flotación de nitrógeno disuelto como aire conocida en la técnica. Además, el recipiente 14 también puede ser de cualquier tamaño, forma y volumen adecuados para su aplicación prevista.

La bomba 22 proporciona la estructura para introducir burbujas de gas en el fluido 24 para disolver el gas 26 en el fluido 24 en forma de burbujas en el sistema 10. Después se introduce la mezcla 20 de fluido/gas resultante en la unidad 12 de flotación para ayudar en la separación de contaminantes insolubles (por ejemplo, aceite y/o sólidos insolubles) a partir de la corriente 18 residual en la unidad 12 de flotación. La bomba 22 es una bomba centrífuga tal como se conoce bien en la técnica. Se exponen bombas centrífugas a modo de ejemplo en las patentes estadounidenses n.ºs 6.337.023 y 5.591.001.

Tal como se muestra en la figura 2, la bomba 22 comprende una bomba 48 centrífuga que comprende una sección 50 de carcasa delantera y una sección 52 de carcasa trasera. La sección 50 de carcasa delantera comprende una primera cámara 54 de bomba. Un impulsor 56 rotatorio, que tiene una sección 58 delantera y una sección 60 trasera, está posicionado dentro de la primera cámara 54 de bomba y produce, con la rotación, el movimiento del líquido que está bombeándose. El líquido entra en la primera cámara 54 de bomba a través de una admisión y después sale un líquido a presión de la primera cámara 54 de bomba a través de una salida/descarga.

Una cámara 62 de sello está definida dentro de la bomba 22 entre la sección 60 trasera del impulsor 56 y una pared 66 interior de la bomba 22. Normalmente, se introduce un gas 26 en la cámara 62 de sello mediante una línea de gas adecuada, tal como la línea 40 de recirculación de gas (línea de gas) (figura 1). En una realización, un primer extremo de la línea 40 de gas está conectado a la cámara 62 de sello y el extremo opuesto de la línea 40 de gas está conectado a la porción 38 superior del recipiente 14 (unidad 12 de flotación). De esta manera, puede suministrarse un gas 26 desde el recipiente 14 al interior de la cámara 62 de sello de la bomba 22 para combinarse a presión con un fluido 24 introducido en la cámara 62 de sello. En otras realizaciones, la totalidad o una cantidad auxiliar de gas puede alimentarse a partir de una fuente de gas diferenciada. En cualquier caso, la bomba 22 es una eficaz para disolver una cantidad de burbujas de gas que tienen un tamaño de burbuja promedio deseado en el fluido 24 y generar la mezcla 20 de fluido/gas. Cuando se liberan las burbujas a partir de la mezcla 20 de fluido/gas, las burbujas de gas "liberadas" en el fluido 30 en el recipiente 14 ayudan a optimizar la separación de las sustancias insolubles a partir de la corriente 18 residual.

Las burbujas disueltas dentro de la mezcla 20 de fluido/gas mediante la bomba 22 pueden liberarse a partir de la misma mediante cualquier estructura o procedimiento adecuado en la técnica de tal manera que las burbujas pasan a estar "disponibles" para ayudar en la retirada de los contaminantes insolubles en la corriente 18 residual. En determinadas realizaciones, el sistema 10 puede incluir una válvula 42 (figura 1), placa perforada o cualquier otra estructura adecuada posicionada en, o entre, una salida de la bomba 22 y una entrada al recipiente 14 lo cual reduce la presión sobre la mezcla 20 de fluido/gas, reduciendo de ese modo la solubilidad de las burbujas de gas y permitiendo su liberación dentro del fluido 30 en el recipiente. En determinadas realizaciones, una presión inferior en el recipiente 14 puede ser suficiente para permitir la liberación de al menos una porción de las burbujas de gas a partir de la mezcla 20 de fluido/gas en el recipiente 14.

Según un aspecto de la presente invención, la eficiencia de un sistema de flotación se mejora haciendo funcionar la bomba 22 para producir burbujas 30 de gas que tienen un tamaño promedio de 100 micrómetros o menos. De esta manera, se producen burbujas de gas que coinciden sustancialmente con un tamaño promedio de gotitas 33 de aceite en la corriente 18 residual. También de esta manera, puede controlarse el tamaño de burbuja para el sistema 10 para optimizar la eficiencia de separación dentro de la unidad 12 de flotación. Específicamente, el tamaño de burbuja promedio es uno que coincide sustancialmente con un tamaño de gotita de aceite promedio en la corriente 18 residual o en el fluido 30 en el recipiente 14 (si es diferente). En determinadas realizaciones, por "coincide sustancialmente" quiere decirse que el tamaño promedio de las burbujas 30 de gas se controla para estar dentro del

30%, y en otra realización dentro del 20%, de un tamaño de gotita de aceite y/o sólidos insolubles promedio en la corriente 18 residual o el fluido 30 en el recipiente 14. En todavía otras realizaciones, también puede tenerse en cuenta el tamaño de sólidos insolubles promedio si es diferente del tamaño de gotita de aceite promedio. Por ejemplo, en una realización, puede seleccionarse y proporcionarse un tamaño de burbuja promedio deseado que coincide sustancialmente con un tamaño promedio de las gotitas 33 de aceite tal como se describió anteriormente y puede seleccionarse y proporcionarse un tamaño de burbuja promedio (antes de, simultáneamente con o después de proporcionar las burbujas de gas para la retirada de gotitas de aceite) que coincide sustancialmente con un tamaño promedio de los sólidos insolubles en la corriente 18 residual.

Por "tamaño promedio o similar tal como se usa en el presente documento", se entiende que quiere decir un promedio de una dimensión más larga medida de la(s) sustancia(s) de interés. En una realización, el tamaño de burbuja de gas promedio se selecciona basándose en el tamaño de gotita de aceite promedio de la corriente 18 residual dentro del recipiente 14. En otras realizaciones, el tamaño de gotita de aceite promedio se basa en una caracterización de la corriente 18 residual antes del suministro al recipiente 14 (en cuyo caso puede estar menos diluida).

El tamaño de partícula promedio de las gotitas 33 de aceite y/o los sólidos en suspensión puede determinarse mediante cualquier instrumento o dispositivo adecuado configurado para medir/detectar el tamaño de partícula del/de los material(es) relevante(s). En una realización, el instrumento es uno que usa difracción por láser para determinar un tamaño de gotita de aceite y/o sólidos insolubles promedio en la corriente 18 residual o en el fluido 30. El/los instrumento(s) para la determinación del tamaño de partícula puede(n) proporcionarse en cualquier ubicación o ubicaciones adecuadas en el sistema 10. Un instrumento a modo de ejemplo (por ejemplo, el sensor 44) para determinar el tamaño de gotita de aceite, por ejemplo, se muestra posicionado en el recipiente 14 tal como se muestra en la figura 1.

En determinadas realizaciones, se proporciona un controlador 46 electrónico (control o unidad de controlador) en el sistema 10 que está en comunicación por cable o inalámbrica con componentes seleccionados en el sistema 10 (por ejemplo, sensores, válvulas, bombas, unidad de flotación). En una realización, el controlador 46 está configurado para recibir directa o indirectamente datos a partir del uno o más sensores 44, procesar los datos con el fin de determinar un tamaño de burbuja promedio deseado que va a disolverse en el fluido 24 que entra en la bomba 22, y generar una o más señales para componentes seleccionados del sistema (por ejemplo, bomba 22, válvulas, fuente de gas, fuente de fluido y similares) con el fin de producir burbujas 30 de gas del/de los tamaño(s) deseado(s). El controlador 46 está en comunicación eléctrica (por cable o inalámbrica) con los componentes necesarios con el fin de facilitar las cantidades, concentraciones, orden, ubicación y alcance del flujo de cualquiera de los materiales descritos en el presente documento. Además, el controlador 46 comprende un ordenador de propósito general o especial programado con software/hardware para llevar a cabo su(s) función/funciones prevista(s) tal como se describe en el presente documento.

En una realización particular, el uno o más sensores 44 están dispuestos dentro de la unidad 12 de flotación o un trayecto de la corriente 18 residual y están configurados para detectar un parámetro del fluido 24 en la unidad 12 de flotación o de la corriente 18 residual en el trayecto. Además, el controlador 46 está en comunicación eléctrica con el uno o más sensores 44 y la bomba 22, en el que el controlador 46 está configurado para iniciar una señal para la bomba 22 para hacer variar una cantidad de gas suministrada a la bomba 22 basándose en una salida (uno o más de los parámetros detectados) del uno o más sensores 22. En una realización, el parámetro detectado se selecciona a partir del grupo que consiste en tamaño de gotita de aceite, temperatura y salinidad. Cuando el parámetro comprende un tamaño de gotita de aceite, por ejemplo, el funcionamiento de la bomba 22 puede ajustarse (por ejemplo, aumentarse o reducirse el flujo de gas) para proporcionar burbujas 31 de gas que coinciden de manera más definitiva con el tamaño promedio de las gotitas 31 de aceite (por ejemplo, un tamaño de burbuja en el interior en el que el tamaño de burbuja promedio está dentro del 30 por ciento del tamaño de gotita de aceite promedio). En otras realizaciones, se mide una temperatura o una salinidad del fluido 24 o la corriente 18 residual mediante el uno o más sensores 44. El controlador 46 puede estar programado entonces para determinar la solubilidad del gas 26 en el fluido 24 a partir de las medidas de temperatura y/o salinidad. La cantidad de gas introducido en la bomba 22 puede controlarse entonces para estar por debajo del límite de solubilidad del gas 26 en el fluido 24 de tal manera que se maximiza el volumen de burbujas y el tamaño de las mismas está en el intervalo deseado.

Tal como se usa en el presente documento, el término "ordenador" puede incluir un procesador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador de lógica programable (PLC), un circuito de lógica discreta, un circuito integrado específico de aplicación o cualquier circuito programable o dispositivo de control adecuado. La memoria puede incluir un medio legible por ordenador o un dispositivo de almacenamiento, por ejemplo, disco flexible, una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM) o similar. En una realización, el controlador 46 ejecuta instrucciones legibles por ordenador para realizar cualquier aspecto de los métodos o para controlar cualquier aspecto de los sistemas o etapas de procedimiento descritos en el presente documento. Como tal, el controlador 46 puede estar configurado para ejecutar instrucciones legibles por ordenador para monitorizar y/o ajustar parámetros tales como la velocidad de flujo de cualquiera de los flujos de gas o líquido al interior o al exterior de la bomba 22 y/o el recipiente 14.

Una vez determinado el intervalo de tamaño de burbuja deseado, la formación de la mezcla 20 de fluido/gas que tiene el tamaño de burbuja promedio deseado disuelto en la misma puede lograrse mediante cualquier procedimiento adecuado. En determinadas realizaciones, la mezcla 20 de fluido/gas deseada puede producirse modificando uno o más parámetros de la bomba o materiales suministrados a la misma. Por ejemplo, en una

La bomba (22) incluye al menos dos entradas de gas y el volumen de gas introducido en cada entrada puede afectar a la distribución de tamaño de burbuja disuelta en un fluido correspondiente. Haciendo de nuevo referencia a la figura 2, la bomba 22 comprende un impulsor 56 que tiene una sección 58 delantera y una sección 60 trasera. Una primera cantidad del gas 26 se introduce en una primera entrada 68 de gas y se suministra a una ubicación en la sección 58 delantera del impulsor 56 mientras que una segunda cantidad del gas 26 se suministra al interior de una segunda entrada 70 de gas y a la sección 60 trasera del impulsor 56 tal como se describió anteriormente. Según la presente invención, los inventores han encontrado que suministrar una cantidad predeterminada de gas delante del impulsor 56 y una cantidad predeterminada de gas a la parte trasera del impulsor 56 puede tener un efecto directo sobre el tamaño de las burbujas de gas producidas y disueltas en la mezcla 20 de fluido/gas.

A modo de ejemplo, tal como se muestra en la figura 3, suministrándose/aspirándose el 100% en volumen del gas 26 a la parte trasera del impulsor, la totalidad (100%) de las burbujas producidas tenían <100 micrómetros y aproximadamente el 70% tenían menos de 50 micrómetros. En cambio, si sólo el 15% del volumen total introducido en la bomba 22 se suministra a la parte trasera del impulsor y el 85% en volumen restante se suministra delante del impulsor, aproximadamente el 57% de las burbujas tenían >100 micrómetros (en contraposición con el 0% suministrándose todo el gas a la parte trasera del impulsor) y aproximadamente el 43% tenían <100 micrómetros.

Por tanto, en un aspecto, pueden formarse burbujas con tamaño promedio diferente (por ejemplo, más grande) distribuyendo el gas delante y detrás del impulsor 56 en diversas razones. Se aprecia además que el controlador 46 descrito en el presente documento puede estar en comunicación eléctrica con válvulas de control correspondientes asociadas con las entradas 68, 70 primera y segunda de la bomba 22 con el fin de controlar una cantidad de flujo de gas a la bomba 22 a través de las entradas 68, 70 primera y segunda, así como la razón de flujos suministrados a las entradas 68, 70 primera y segunda. Como tal, el procedimiento anteriormente descrito puede generar una mezcla 20 de fluido/gas con un tamaño de burbuja promedio deseado ajustando el funcionamiento de la bomba 22. En algunas realizaciones, la bomba se ajusta para producir burbujas de tamaño promedio que coinciden sustancialmente con un tamaño promedio de gotitas 33 de aceite (y/u opcionalmente sólidos en suspensión) en la corriente 18 residual y/o dentro de la unidad 12 de flotación (por ejemplo, recipiente 14).

Según otro aspecto de la presente invención, los inventores han encontrado que aumentar la frecuencia (Hz) de la bomba 22 puede permitir un aumento de un volumen de gas suministrado a la bomba 22 sin los problemas de cavitación o taponamiento por gas asociados con bombas convencionales. Para proporcionar suficientes burbujas aire/disueltas en un sistema de flotación de gas para ayudar a la retirada de sustancias insolubles, normalmente se proporciona una pluralidad de bombas o unidades 12 de flotación / recipientes 14 de gran volumen. Un motivo para múltiples bombas es que la práctica convencional ha disuadido el aumento de suministro de gas a cualquier bomba individual más allá de un determinado nivel dado que tiende a encontrarse que se produce cavitación y taponamiento por gas (durante el funcionamiento de la bomba) por encima de ciertos niveles. Por ejemplo, se ha encontrado que, cuando el volumen de admisión de gas es $\geq$ aproximadamente el 9% en volumen del volumen de admisión de fluido (fluido 24), aumenta sustancialmente la probabilidad de cavitación y taponamiento por gas. Sin embargo, los presentes inventores han encontrado sorprendentemente que aumentar la frecuencia de la bomba 22 hasta al menos 70 Hz dio como resultado que se aspiraba más gas al interior de la bomba 22 sin los efectos negativos de cavitación/taponamiento por gas asociados con métodos convencionales.

En una realización, el funcionamiento de la bomba 22 a la frecuencia superior (70 Hz o más) da como resultado la velocidad aumentada del motor (un aumento de rpm en el motor), lo cual aumenta de ese modo la cantidad de gas 26 aspirado al interior de la bomba. En determinadas realizaciones, el gas 26 se aspira al interior de al menos dos entradas de gas (por ejemplo, entradas 68, 70) de la bomba 22 a la frecuencia superior ($\geq$ 70 Hz) para generar un mayor volumen/densidad de burbujas de aire con respecto a bombas o métodos convencionales (bombas convencionales que funcionan a 60 Hz o menos). Ventajosamente, el volumen de gas (burbujas de aire) aumentado en la mezcla de fluido/gas como resultado de funcionar a más Hz reduce la necesidad de múltiples bombas o un gran recipiente como en procedimientos de flotación/separación convencional. En determinadas realizaciones, funcionar a la frecuencia superior ($\geq$ 70 Hz) es eficaz para proporcionar una densidad de burbujas de aire en el fluido 24 de al menos aproximadamente el 9% en volumen. Además, en determinadas realizaciones, la bomba 22 puede comprender una bomba de frecuencia variable tal como se conoce en la técnica. El uso de una bomba de frecuencia variable permite ajustar la frecuencia a múltiples puntos de referencia. Una frecuencia superior dará como resultado velocidades de impulsor superiores y, por tanto, más aire aspirado al interior de la bomba 22. Esta cantidad de gas 26 proporcionada delante/detrás del impulsor puede controlarse para suministrar un tamaño de burbuja promedio deseado al fluido 24.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de separación que comprende:
 - 5 disolver una cantidad de gas (26) en un fluido (24) mediante una bomba (22) centrífuga para formar una mezcla (20) de fluido/gas que comprende una pluralidad de burbujas (28) disueltas;

suministrar la mezcla (20) de fluido/gas a una unidad (12) de flotación que comprende una corriente (18) residual en la misma, comprendiendo la corriente (18) residual gotitas (33) de aceite que tienen un tamaño
10 de gotita de aceite promedio;

liberar las burbujas (28) disueltas a partir de la mezcla de fluido/gas, teniendo las burbujas un tamaño de burbuja promedio de 100 micrómetros o menos; y

15 separar las gotitas de aceite a partir de la corriente (18) residual en la unidad (12) de flotación mediante unión de las burbujas (28) liberadas a las gotitas (33) de aceite y ascenso de las gotitas (33) de aceite hacia una superficie de fluido en la unidad (12) de flotación;

caracterizado porque
20 la bomba (22) comprende un impulsor (56) dispuesto dentro de una primera cámara (54) de bomba y que comprende además;

introducir una primera cantidad de gas (26) a una sección (58) delantera del impulsor (56);
25 introducir una segunda cantidad de gas (26) a una sección (60) trasera del impulsor (56); y

modificar una razón de la primera cantidad de gas con respecto a la segunda cantidad de gas para cambiar el tamaño de burbuja promedio.
30
 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tamaño de burbuja promedio está dentro del 30 por ciento del tamaño de gotita de aceite promedio.
 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tamaño de burbuja promedio está dentro del 20 por
35 ciento del tamaño de gotita de aceite promedio.
 4. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

40 determinar el tamaño promedio de las gotitas (33) de aceite en la unidad (12) de flotación o la corriente (18) residual; y

ajustar el tamaño de burbuja promedio mediante la bomba (22) basándose en el tamaño de burbuja promedio determinado.
 - 45 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además hacer funcionar la bomba (22) a una frecuencia de al menos 70 Hz con el fin de aumentar una velocidad de motor de la bomba (22) y aumentar una cantidad de aire aspirada al interior de la bomba (22) con respecto a una bomba que funciona a 60 Hz o menos.
 - 50 6. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

determinar un tamaño promedio de contaminantes sólidos en la unidad (12) de flotación o la corriente (18) residual; y

55 ajustar el tamaño de burbuja promedio mediante la bomba (22) basándose en el tamaño de contaminantes sólidos promedio determinado.
 7. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además suministrar una corriente (32) tratada desde la unidad (12) de flotación hasta la bomba (22) para proporcionar el fluido (24) para la bomba (22),
60 teniendo la corriente (32) tratada una cantidad reducida de aceite con respecto a la corriente residual.
 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además suministrar una cantidad de gas desde una porción (29) superior de la unidad (12) de flotación hasta la bomba (22) para proporcionar el gas para la disolución en el fluido.
 - 65 9. Sistema (10) de separación que comprende:

una bomba (22) centrífuga en comunicación de fluido con una fuente de gas y una fuente de fluido, estando la fuente de gas y la fuente de fluido configuradas para suministrar un gas (26) y un fluido (24), respectivamente, a la bomba (22), estando la bomba (22) configurada para introducir el gas (26) en el fluido (24) para formar una mezcla (20) de fluido/gas, comprendiendo la mezcla (20) de fluido/gas una pluralidad de burbujas (28) disueltas; y

una unidad (12) de flotación que comprende una cantidad de una corriente residual que tiene gotitas (33) de aceite de un tamaño de gotita de aceite promedio, comprendiendo la unidad (12) de flotación una entrada en comunicación de fluido con la bomba (22) para recibir una cantidad de la mezcla (22) de fluido/gas en la misma, estando la unidad (12) de flotación construida para liberar las burbujas (28) disueltas a partir de la mezcla de fluido/gas, teniendo las burbujas un tamaño de burbuja promedio de 100 micrómetros o menos, y para separar las gotitas de aceite a partir de la corriente (18) residual mediante unión de las burbujas (28) liberadas a las gotitas (33) de aceite y ascenso de las gotitas (33) de aceite hacia una superficie de fluido en la unidad (12) de flotación;

caracterizado porque

la bomba (22) comprende una primera cámara (54) de bomba;

en el que un impulsor (56) está dispuesto dentro de la primera cámara (54) y define una sección (58) delantera delante del impulsor (56) y una sección (60) trasera detrás del impulsor (56);

en el que una primera entrada (68) de gas está asociada con la sección (58) delantera delante del impulsor (56) y una segunda entrada (70) de gas está asociada con la sección (60) trasera detrás del impulsor (56);

en el que el tamaño de burbuja promedio depende de una razón del gas (26) introducido en las entradas (68, 70) primera y segunda; y

en el que un controlador (46) está configurado para regular la razón de gas (26) introducido en las entradas (68, 70) primera y segunda.

10. Sistema (10) según la reivindicación 9, en el que el tamaño de burbuja promedio está dentro del 30 por ciento del tamaño de gotita de aceite promedio.

11. Sistema (10) según la reivindicación 9, en el que el tamaño de burbuja promedio está dentro del 20 por ciento del tamaño de gotita de aceite promedio.

12. Sistema (10) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende además:

uno o más sensores (44) dispuestos en la unidad de flotación o una trayectoria de la corriente (18) residual, estando el uno o más sensores (44) configurados para detectar un parámetro del fluido (24) en la unidad (12) de flotación o de la corriente (18) residual en el trayecto; y

en el que el controlador (46) está en comunicación eléctrica con el uno o más sensores (44) y la bomba (22), estando el controlador (46) configurado para iniciar una señal para la bomba (22) para hacer variar una cantidad de gas (26) suministrado a la bomba (24) basándose en una salida del uno o más sensores (44), en el que el parámetro es uno de temperatura y salinidad.

13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además una línea (31) de fluido que se extiende entre una salida en una porción (34) inferior de la unidad de flotación y una entrada de la bomba (22).

14. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además una línea (40) de gas que se extiende entre una salida en una porción superior de la unidad (12) de flotación y una entrada de la bomba (22).

15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que la bomba (22) está configurada para funcionar a una frecuencia de 70 Hz o más.

FIG. 1

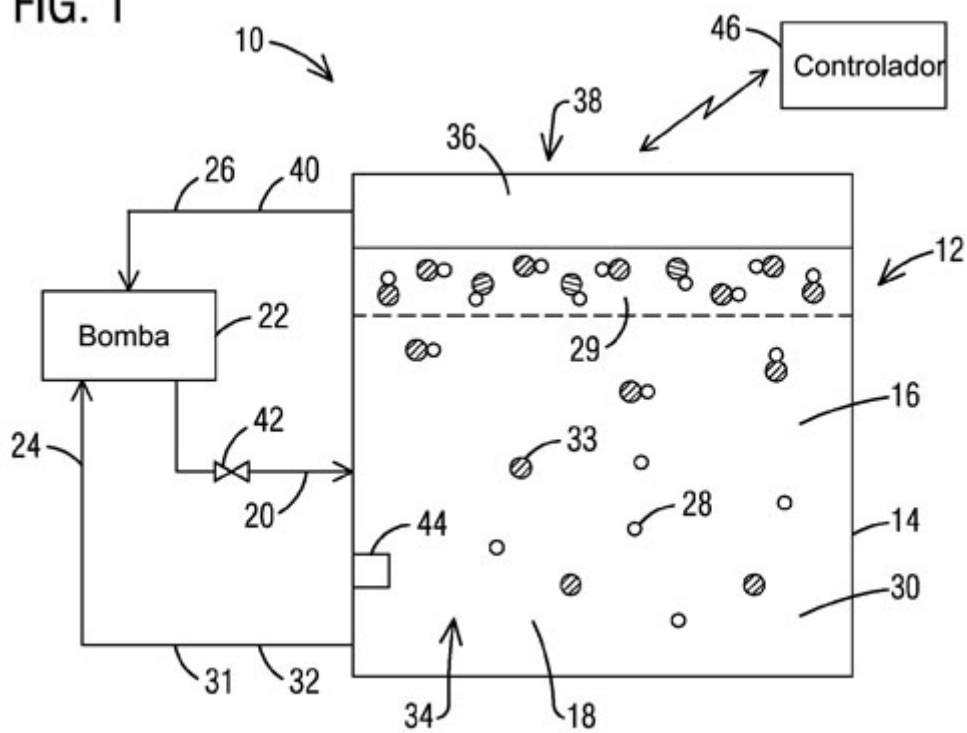


FIG. 2

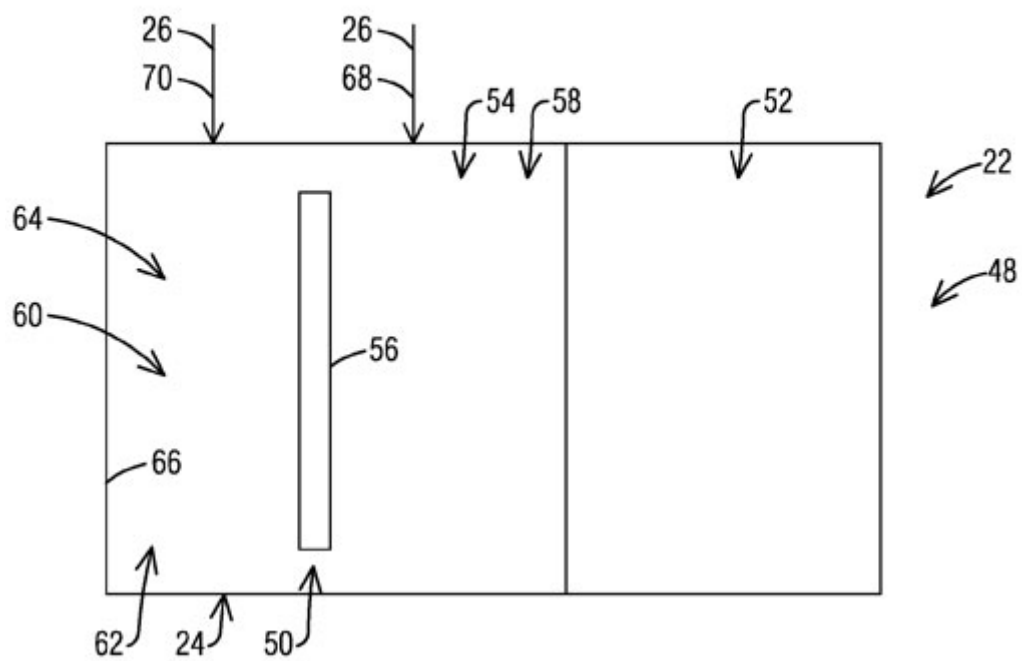


FIG. 3

