

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 949 565**

51 Int. Cl.:

B04B 1/14 (2006.01)

B04B 11/02 (2006.01)

B04B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2019** **E 22156717 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 4015088**

54 Título: **Sistema de separación centrífuga y método de funcionamiento de un separador centrífugo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.09.2023

73 Titular/es:

ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
Box 73
221 00 Lund, SE

72 Inventor/es:

LARSSON, PER-GUSTAF

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 949 565 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 de separación centrífuga y método de funcionamiento de un separador centrífugo

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un sistema de separación centrífuga y a un método de funcionamiento de un separador centrífugo.

10 **Antecedentes**

Durante el uso de un separador centrífugo, se puede medir un parámetro de una mezcla de alimentación de líquido o sus constituyentes de fase ligera y pesada separados. El parámetro medido se puede utilizar para supervisar y/o controlar la separación de la mezcla de alimentación de líquido en las fases ligera y pesada.

15 El documento US 7485084 divulga un separador centrífugo y un método de separación de un producto a una fase pesada y una fase ligera. Un rotor centrífugo encierra un espacio de separación cerrado, que tiene una parte radialmente exterior para la fase pesada, una parte radialmente interior para la fase ligera y un espacio central lleno de gas. La parte radialmente exterior está separada de la parte radialmente interior por un nivel de capa de interfase. 20 Una entrada se extiende hacia el espacio de separación para alimentar el producto. Una primera salida se extiende desde la parte radialmente exterior para la descarga de la fase pesada. Una segunda salida se extiende desde la parte radialmente interior para la descarga de la fase ligera. Un equipo de control permite el control del nivel de capa de interfase a una posición radial deseada. Un sensor detecta un parámetro relacionado con la presión de gas en el espacio central. El equipo de control controla la contrapresión en la primera salida en respuesta al parámetro detectado para controlar el nivel de capa de interfase a la posición radial deseada. 25

El documento US 3408000 divulga un separador centrífugo que comprende dos tuberías que se extienden hacia un espacio de sedimentos de un espacio de separación de un rotor del separador centrífugo. Cada una de las tuberías está conectada herméticamente a un conducto estacionario que se extiende desde el separador. Los dispositivos de 30 detección de presión están dispuestos en los conductos. Los sedimentos se descargan a través de unas aberturas de salida de sedimentos radialmente exteriores en el rotor cuando se alcanza una diferencia de presión predeterminada.

El documento EP 3 085 449 A1 divulga un separador centrífugo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, con medios para monitorizar la densidad de la luz y las fases de líquido pesado que comprenden monitorizar la 35 temperatura de las fases de líquido ligera y pesada o de la mezcla de alimentación de líquido.

Sumario

40 Confiar en mediciones indirectas de parámetros de líquidos de proceso dentro de un separador centrífugo a través de gas o tuberías y conductos puede resultar poco fiable o imposible con determinados tipos de separadores centrífugos.

Resultaría ventajoso superar, o al menos aliviar, al menos uno de los inconvenientes mencionados anteriormente. En particular, sería deseable proporcionar una determinación fiable de los parámetros relacionados con la separación de una mezcla de alimentación de líquido dentro de un separador centrífugo. Para abordar mejor una o más de estas 45 inquietudes, de acuerdo con diferentes aspectos, se proporcionan un sistema de separación centrífuga que tiene las características definidas en una de las reivindicaciones independientes y un método de funcionamiento de un separador centrífugo definido en una reivindicación independiente adicional.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de separación centrífuga que comprende un 50 separador centrífugo configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada, así como un sistema de control, en donde un líquido de proceso comprende una o más de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y la fase pesada, en donde el separador centrífugo comprende un rotor configurado para girar alrededor de un eje de giro vertical y que está provisto de un espacio de separación, en donde el separador centrífugo comprende además una entrada que conduce hacia el espacio de separación, una salida de 55 fase ligera que conduce desde el espacio de separación, una salida de fase pesada que conduce desde el espacio de separación, y una pila de discos de separación dispuesta dentro del espacio de separación, y en donde

el sistema de control comprende un primer sensor para proporcionar mediciones de temperatura y que está 60 dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación, y una unidad de control, caracterizada por que el sistema de control comprende un segundo sensor para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación, en donde la primera posición radial está radialmente por fuera de la segunda posición radial, en donde el primer y segundo sensores están posicionados para ser sumergidos en el líquido de proceso durante el funcionamiento del separador centrífugo, y en donde la 65 unidad de control está configurada para determinar la densidad de uno o más de los constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido dentro del espacio de separación durante el funcionamiento del separador centrífugo, en función de las mediciones del primer y segundo sensores.

- 5 Ya que el primer y segundo sensores están dispuestos en las distintas posiciones radiales en el espacio de separación y el primer y segundo sensores están sumergidos en el líquido de proceso, y ya que la unidad de control está configurada para determinar la densidad de uno o más de los constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido dentro del espacio de separación durante el funcionamiento del separador centrífugo, en función de las mediciones del primer y segundo sensores, se proporcionan las condiciones para utilizar la densidad durante el funcionamiento del sistema de separación centrífuga.
- 10 En realizaciones, el sistema de separación centrífuga comprende un medio de control de flujo, en donde la unidad de control está configurada para controlar el medio de control de flujo en función de la densidad.
- En realizaciones, el sistema de separación centrífuga comprende una válvula de fase pesada dispuesta en la salida de fase pesada, en donde el medio de control de flujo comprende la válvula de fase pesada.
- 15 En realizaciones, el sistema de separación centrífuga comprende una válvula de fase ligera dispuesta en la salida de fase ligera, en donde el medio de control de flujo comprende la válvula de fase ligera.
- En realizaciones, la salida de fase pesada comprende unas toberas dispuestas en la periferia exterior del rotor.
- 20 En realizaciones, el sistema de separación centrífuga comprende una salida de sedimentos, en donde la salida de sedimentos comprende toberas que están dispuestas en la periferia exterior del rotor.
- En realizaciones, el medio de control de flujo comprende un fondo de recipiente deslizante configurado para abrir y cerrar las toberas.
- 25 En realizaciones, el medio de control de flujo comprende un mecanismo para cambiar el área de apertura total de las toberas.
- 30 En realizaciones, la salida de fase pesada comprende al menos un canal que se extiende dentro del rotor desde una porción radialmente exterior del espacio de separación hacia una porción central del rotor, y en donde la salida de fase pesada está sellada mecánicamente y herméticamente entre el rotor y una porción estacionaria del separador centrífugo.
- En realizaciones, el primer sensor está dispuesto radialmente por fuera de la pila de discos de separación.
- 35 En realizaciones, el segundo sensor está dispuesto radialmente por fuera de la pila (16) de discos de separación (18).
- En realizaciones, el segundo sensor está dispuesto radialmente en el interior o radialmente dentro de la pila de discos de separación.
- 40 En realizaciones, el sistema de separación centrífuga comprende un tercer sensor dispuesto en una tercera posición radial en el espacio de separación, en donde la tercera posición radial está radialmente entre la primera y la segunda posiciones radiales.
- 45 Otro aspecto de la invención proporciona un método de funcionamiento de un separador centrífugo, configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada, en donde el líquido de proceso comprende una o más de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y la fase pesada, en donde el separador centrífugo comprende un rotor configurado para girar alrededor de un eje de giro vertical y que está provisto de un espacio de separación, una entrada que conduce al espacio de separación, una salida de fase ligera que conduce desde el espacio de separación, una salida de fase pesada que conduce desde el espacio de separación, una pila de discos de separación dispuesta dentro del espacio de separación, un primer sensor para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación, y un segundo sensor para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación, en donde la primera posición radial está radialmente por fuera de la segunda posición radial. El método comprende las etapas de:
- 50
- 55
- hacer girar el rotor,
 - conducir la mezcla de alimentación de líquido hacia el espacio de separación a través de la entrada,
 - sumergir el primer y el segundo sensores en el líquido de proceso,
 - medir una primera temperatura con el primer sensor,
 - 60 - medir una segunda temperatura con el segundo sensor, y
 - determinar la densidad de uno o más de los constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido en función de la primera y segunda temperaturas.
- 65 En realizaciones, el separador centrífugo comprende un medio de control de flujo, y en donde el método comprende una etapa de:

- controlar el medio de control de flujo en función de la densidad.

En realizaciones, el separador centrífugo comprende toberas dispuestas en la periferia exterior del rotor, en donde el medio de control de flujo comprende un fondo de recipiente deslizante configurado para abrir y cerrar las toberas, y en donde la etapa de controlar el medio de control de flujo comprende una etapa de:

- controlar el fondo de recipiente deslizante para abrir y cerrar las toberas.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema de separación centrífuga que comprende un separador centrífugo configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada, y un sistema de control. Un líquido de proceso comprende una o más de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y la fase pesada. El separador centrífugo comprende un rotor configurado para girar en torno a un eje de rotación vertical y provisto de un espacio de separación. El separador centrífugo comprende, además, una entrada que conduce hacia el espacio de separación, una salida de fase ligera que conduce desde el espacio de separación, una salida de fase pesada que conduce desde el espacio de separación y una pila de discos de separación dispuesta dentro del espacio de separación. El sistema de control comprende un primer sensor de presión dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación y una unidad de control. El sistema de control comprende un segundo sensor de presión dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación. La primera posición radial está radialmente fuera de la segunda posición radial, en donde el primer y el segundo sensores de presión están situados para ser sumergidos en líquido de proceso durante el funcionamiento del separador centrífugo, y en donde la unidad de control está configurada para determinar un parámetro del líquido de proceso dentro del espacio de separación durante el funcionamiento del separador centrífugo en función de unas mediciones procedentes del primer y el segundo sensores de presión.

Dado que el primer y el segundo sensores de presión están dispuestos en las diferentes posiciones radiales en el espacio de separación y el primer y el segundo sensores de presión se sumergen en el líquido de proceso, y dado que la unidad de control está configurada para determinar un parámetro del líquido de proceso dentro del espacio de separación durante el funcionamiento del separador centrífugo en función de unas mediciones procedentes del primer y el segundo sensores de presión, se proporcionan las condiciones para utilizar el parámetro durante el funcionamiento del sistema de separación centrífuga.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente divulgación, se proporciona un método de funcionamiento de un separador centrífugo configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada. Un líquido de proceso comprende una o más de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y la fase pesada. El separador centrífugo comprende un rotor configurado para girar en torno a un eje de rotación vertical y provisto de un espacio de separación, una entrada que conduce hacia el espacio de separación, una salida de fase ligera que conduce desde el espacio de separación, una salida de fase pesada que conduce desde el espacio de separación, una pila de discos de separación dispuesta dentro del espacio de separación, un primer sensor de presión dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación y un segundo sensor de presión dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación. La primera posición radial está radialmente fuera de la segunda posición radial. El método comprende las etapas de:

- hacer girar el rotor,
- dirigir la mezcla de alimentación de líquido hacia el espacio de separación a través de la entrada,
- sumergir el primer y el segundo sensores de presión en el líquido de proceso,
- medir una primera presión con el primer sensor de presión,
- medir una segunda presión con el segundo sensor de presión, y
- determinar un parámetro del líquido de proceso en función de la primera y la segunda presiones.

Dado que el método comprende las etapas de sumergir el primer y el segundo sensores de presión en el líquido de proceso, medir la primera presión, medir la segunda presión y determinar el parámetro del líquido de proceso en función de la primera y la segunda presiones, se proporcionan las condiciones para utilizar el parámetro durante el funcionamiento del separador centrífugo y/o durante el funcionamiento de un sistema que comprende el separador centrífugo.

El separador centrífugo también se puede denominar separador centrífugo de pila de discos. El separador centrífugo puede ser un separador centrífugo de alta velocidad, es decir, un separador centrífugo en donde el rotor es hecho girar en torno al eje de rotación vertical a una o más miles de revoluciones por minuto, rpm. El rotor también se puede denominar rotor separador, un recipiente separador o recipiente.

El rotor puede estar dispuesto dentro de un alojamiento estacionario del separador centrífugo. El rotor puede ser accionado para girar en torno al eje de rotación vertical mediante una disposición de accionamiento que comprende, por ejemplo, un motor eléctrico.

Durante la separación de la mezcla de alimentación de líquido en la fase ligera y la fase pesada, la fase pesada se recoge en una porción circunferencial en la periferia del espacio de separación. La parte circunferencial se extiende

en una dirección circunferencial del rotor separador y, por lo tanto, puede formar un anillo o toro imaginario dentro del espacio de separación.

La mezcla de alimentación de líquido puede tener un contenido de materia sólida. La materia sólida se puede separar de la mezcla de alimentación de líquido como parte de la fase pesada. Por lo tanto, la fase pesada puede formar una suspensión de materia sólida, tal como una suspensión de materia sólida concentrada. De manera alternativa, el contenido de materia sólida puede formar parte de una fase de sedimentos que abandona el espacio de separación a través de una salida de sedimentos. La alternativa adicional puede ser que la mezcla de alimentación de líquido comprenda una fase de sedimentos líquida que sea más pesada que la fase pesada. También, en esta última alternativa, la fase de sedimentos puede abandonar el espacio de separación a través de una salida de sedimentos.

El término líquido de proceso se refiere a toda la materia, mezclada o separada, que se procesa en el separador centrífugo durante el funcionamiento del separador centrífugo. Por consiguiente, el término líquido de proceso se refiere a cada una de las mezclas de alimentación de líquido y sus componentes, incluyendo cualquier partícula sólida, es decir, la fase ligera, la fase pesada, así como los sedimentos, si existen.

El parámetro del líquido de proceso puede ser, por ejemplo, una diferencia de presión entre las mediciones del primer y el segundo sensores de presión, una posición radial de una interfase entre la fase ligera y la fase pesada o una densidad de la fase pesada.

Sumergir el primer y el segundo sensores de presión significa que al menos las porciones sensibles a la presión del primer y el segundo sensores de presión se sumergen en líquido de proceso. Es decir, el primer y el segundo sensores de presión están montados en el rotor o piezas de este de tal manera que al menos las porciones sensibles a la presión de los sensores estarán cubiertas por líquido de proceso durante el funcionamiento del separador centrífugo.

El primer sensor de presión está configurado para comunicarse con la unidad de control. El segundo sensor de presión está configurado para comunicarse con la unidad de control. Dado que el primer y el segundo sensores de presión están dispuestos en posiciones radiales en el espacio de separación, naturalmente, estos están dispuestos en el rotor y, por lo tanto, dispuestos para girar con el rotor. Así mismo, la unidad de control puede estar dispuesta en el rotor y dispuesta para girar con el rotor.

De acuerdo con realizaciones, el sistema de separación centrífuga puede comprender un medio de control de flujo, en donde la unidad de control se puede configurar para controlar el medio de control de flujo en función del parámetro. De esta manera, el parámetro determinado se puede utilizar durante el funcionamiento del sistema de separación centrífuga. El medio de control de flujo puede controlar uno o más de un flujo de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y/o la fase pesada.

De acuerdo con realizaciones, el rotor puede comprender unas toberas dispuestas en una periferia exterior del rotor. Las toberas pueden formar la salida de fase pesada o una salida de sedimentos. El medio de control de flujo puede comprender un fondo de recipiente deslizante configurado para abrir y cerrar las toberas. De esta manera, la unidad de control puede controlar la expulsión de la fase pesada separada y/o los sedimentos separados del espacio de separación a través de las toberas en función del parámetro determinado controlando el fondo de recipiente deslizante. Por lo tanto, se puede realizar la expulsión de la fase pesada y/o los sedimentos cuando sea necesario, en función de, por ejemplo, un valor particular del parámetro determinado, a diferencia de a intervalos regulares. Esto último puede dar lugar a que la fase ligera sea expulsada con la fase pesada, o que la fase pesada sea expulsada con los sedimentos, o que la fase pesada o los sedimentos se acumulen dentro del espacio de separación. Por consiguiente, al controlar el fondo de recipiente deslizante en función del parámetro determinado, se puede desperdiciar menos producto y se puede impedir la obstrucción de las toberas.

De acuerdo con realizaciones, el primer sensor de presión puede estar dispuesto radialmente fuera de la pila de discos de separación. De esta manera, el primer sensor de presión puede medir una presión teniendo en cuenta la fase pesada y/o los sedimentos acumulados en el espacio de separación radialmente fuera de la pila de discos de separación. Por consiguiente, el parámetro determinado puede reflejar una medición afectada por la fase pesada y/o los sedimentos en el espacio de separación.

De acuerdo con realizaciones, el segundo sensor de presión puede estar dispuesto radialmente fuera de la pila de discos de separación. De esta manera, el segundo sensor de presión puede medir una presión teniendo en cuenta la fase pesada y/o los sedimentos acumulados en el espacio de separación radialmente fuera de la pila de discos de separación. El parámetro determinado puede reflejar, por ejemplo, un grado de llenado del espacio de separación con fase pesada y/o sedimentos, o una densidad de la fase pesada y/o los sedimentos.

De acuerdo con realizaciones, el segundo sensor de presión puede estar dispuesto radialmente dentro o radialmente en el interior de la pila de discos de separación. De esta manera, el segundo sensor de presión puede medir una presión teniendo en cuenta la fase ligera separada en el espacio de separación radialmente dentro o radialmente en el interior de la pila de discos de separación. Por consiguiente, el parámetro determinado puede reflejar una medición afectada por la fase ligera en el espacio de separación. El parámetro determinado puede reflejar, por ejemplo, un grado de llenado del espacio de separación con fase pesada y/o sedimentos.

De acuerdo con realizaciones, el sistema de control puede comprender un tercer sensor de presión dispuesto en una tercera posición radial en el espacio de separación, en donde la tercera posición radial está radialmente entre la primera y la segunda posiciones radiales, y en donde la unidad de control está configurada para determinar un parámetro adicional del líquido de proceso dentro del espacio de separación durante el funcionamiento del separador centrífugo en función de unas mediciones procedentes del tercer sensor de presión y al menos uno del primer y el segundo sensores de presión. De esta manera, se proporcionan las condiciones para utilizar el parámetro adicional determinado durante el funcionamiento del separador centrífugo y/o durante el funcionamiento de un sistema que comprende el separador centrífugo.

El parámetro adicional del líquido de proceso puede ser, por ejemplo, una diferencia de presión entre las mediciones del primer y el segundo sensores de presión, una posición radial de una interfase entre la fase ligera y la fase pesada o una densidad de la fase pesada.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente divulgación, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el método de acuerdo con uno cualquiera de los aspectos y/o realizaciones expuestos en el presente documento.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente divulgación, se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el método de acuerdo con uno cualquiera de los aspectos y/o realizaciones expuestos en el presente documento.

Las características de, y las ventajas con la invención resultarán evidentes cuando se estudien las reivindicaciones adjuntas y la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

Diversos aspectos y/o realizaciones de la presente divulgación, incluyendo sus características y ventajas particulares, se entenderán fácilmente a partir de las realizaciones de ejemplo expuestas en la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1 - 3 ilustran esquemáticamente realizaciones de separadores centrífugos, la figura 4 ilustra esquemáticamente una sección transversal a través de una porción de un separador centrífugo de acuerdo con realizaciones, las figuras 5a - 5e ilustran secciones transversales a través de realizaciones de rotores de separadores centrífugos, la figura 6 ilustra un sistema de control de acuerdo con realizaciones, la figura 7 ilustra realizaciones de un método de funcionamiento de un separador centrífugo, y la figura 8 muestra un medio de almacenamiento legible por ordenador de acuerdo con realizaciones.

Descripción detallada

Los aspectos y/o realizaciones de la invención se describirán ahora de manera más completa. Los números similares hacen referencia a elementos similares de principio a fin. Las funciones o construcciones bien conocidas no se describirán necesariamente en detalle en aras de la brevedad y/o la claridad.

La figura 1 ilustra esquemáticamente realizaciones de un sistema de separación centrífuga 1. El sistema de separación centrífuga 1 comprende un separador centrífugo 2 y un sistema de control 30. El separador centrífugo 2 se muestra en una vista en sección transversal en la **figura 1**.

El separador centrífugo 2 está configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada. El separador centrífugo 2 comprende un rotor 4. El rotor 4 está configurado para girar en torno a un eje de rotación vertical 6 y está provisto de un espacio de separación 8. El separador centrífugo 2 comprende, además, una entrada 10 que conduce hacia el espacio de separación 8, una salida de fase ligera 12 que conduce desde el espacio de separación 8, una salida de fase pesada 14 que conduce desde el espacio de separación 8 y una pila 16 de discos de separación troncocónicos 18 dispuesta dentro del espacio de separación 8.

El rotor 4 puede ser accionado mediante una disposición de accionamiento 19 para ser hecho girar. En las realizaciones ilustradas, la disposición de accionamiento 19 comprende un husillo 20 y un motor eléctrico 22. El rotor 4 está unido al husillo 20. El husillo 20 forma parte del motor eléctrico 22, es decir, el rotor 4 es accionado directamente por el motor eléctrico 22. De manera alternativa, la disposición de accionamiento 19 puede comprender un husillo conectado al rotor, un motor eléctrico y una transmisión dispuesta entre el motor eléctrico y el husillo. Por lo tanto, la disposición de accionamiento 19 puede hacer girar el rotor 4 en torno al eje de rotación vertical 6. El rotor 4 está montado de manera rotatoria dentro de un alojamiento 24 del separador centrífugo 2.

Durante la separación de la mezcla de alimentación de líquido en el espacio de separación 8 del rotor 4, la mezcla de alimentación de líquido es conducida a través de la entrada 10 desde el centro del rotor 4 hacia el espacio de

separación 8. La mezcla de alimentación de líquido se separa en la fase ligera y la fase pesada. La fase ligera separada fluye radialmente hacia el interior entre los discos de separación 18 hacia el eje de rotación vertical 6 y fuera del rotor 4 a través de la salida de fase ligera 12. La fase pesada separada fluye radialmente hacia el exterior entre los discos de separación 18 hacia una periferia del espacio de separación 8 y fuera del rotor 4 a través de la salida de fase pesada 14. En el presente documento, cada una de la mezcla de alimentación de líquido, la fase pesada y la fase ligera están abarcadas por el término líquido de proceso.

Los separadores centrífugos de este tipo son conocidos y vienen en una serie de tipos y tamaños diferentes. La presente invención es generalmente aplicable a diferentes tipos y tamaños de separadores centrífugos de este tipo. A menos que se especifique, por ejemplo, haciendo referencia a ciertas realizaciones, la presente invención no se limita al tipo ni a la disposición de la entrada 10, la salida de fase ligera 12 y la salida de fase pesada 14. La entrada 10 y las salidas 12, 14 pueden estar, por ejemplo, abiertas, y/o selladas herméticamente y mecánicamente, y/o provistas de discos de paring. Estas pueden estar provistas en un extremo superior del rotor 4, como se ilustra en la figura 1, y/o en un extremo inferior del rotor 4, y/o en una periferia exterior del rotor 4, como se ilustra, por ejemplo, en las **figuras 2 y 3**.

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de separación centrífuga 1 comprende un sistema de control 30. El sistema de control 30 comprende una unidad de control 32, un primer sensor de presión 34 dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación 8 y un segundo sensor de presión 36 dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación 8. La primera posición radial está radialmente fuera de la segunda posición radial. El primer y el segundo sensores de presión 34, 36 están situados para ser sumergidos en líquido de proceso durante el funcionamiento del separador centrífugo.

El primer y el segundo sensores de presión 34, 36 están configurados para comunicarse con la unidad de control 32. Por ejemplo, las mediciones de presión procedentes del primer y el segundo sensores de presión 34, 36 se pueden comunicar a la unidad de control 32. La unidad de control 32 está configurada para determinar un parámetro del líquido de proceso dentro del espacio de separación 8 durante el funcionamiento del separador centrífugo 2 en función de unas mediciones procedentes del primer y el segundo sensores de presión 34, 36. Como se ha mencionado anteriormente, cada una de la mezcla de alimentación de líquido, la fase pesada y la fase ligera están abarcadas por el término líquido de proceso.

Cada uno del primer y el segundo sensores de presión 34, 36 está configurado para medir una presión. El primer sensor de presión 34 está configurado para medir una presión del líquido de proceso. El segundo sensor de presión 36 está configurado para medir una presión del líquido de proceso.

Como se ha mencionado anteriormente, la unidad de control 32 está configurada para determinar un parámetro del líquido de proceso dentro del espacio de separación 8 durante el funcionamiento del separador centrífugo 2 en función de unas mediciones procedentes del primer y el segundo sensores de presión 34, 36. El parámetro se puede utilizar directa o indirectamente durante el funcionamiento del separador centrífugo 2 y/o durante el funcionamiento del sistema de separación 1.

De acuerdo con realizaciones, el parámetro puede ser una diferencia de presión entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36. De esta manera, se pueden sacar conclusiones a partir de la diferencia de presión relativa al líquido de proceso en el espacio de separación 8. Por ejemplo, se puede determinar una posición radial de una interfase entre las fases ligera y pesada, y/o una interfase entre los sedimentos y la fase pesada.

De acuerdo con realizaciones, el parámetro puede ser una densidad del líquido de proceso. De esta manera, la densidad del líquido de proceso se puede tener en cuenta durante el funcionamiento del separador centrífugo 2 y/o durante el funcionamiento del sistema de separación 1 que comprende el separador centrífugo 2. Por ejemplo, la densidad de la fase pesada se puede tener en cuenta al determinar una posición radial de la interfase entre las fases ligera y pesada.

Más específicamente, la unidad de control 32 puede calcular la densidad del líquido de proceso presente radialmente entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 utilizando lecturas de presión procedentes de los sensores 34, 36, con conocimiento acerca de la fuerza que actúa sobre el líquido de proceso, es decir, en función de la velocidad de rotación del rotor 4 y las posiciones radiales de los sensores 34, 36. Por ejemplo, la densidad se puede calcular utilizando la fórmula:

$$\frac{p_1 - p_2}{0,5 * w^2 * (rp_1^2 - rp_2^2) * 10^{-10}}$$

en donde p_1 y p_2 son las presiones medidas mediante el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 respectivos en bares, w es la velocidad de rotor en radianes por segundo, y rp_1 y rp_2 son las posiciones radiales respectivas del primer y el segundo sensores de presión 34, 36 en milímetros.

Mencionado como ejemplo, con el fin de determinar la densidad de la fase pesada o los sedimentos, se puede permitir que la fase pesada o los sedimentos se extiendan radialmente sobre el primer y el segundo sensores de presión 34,

36. Una vez determinada la densidad, el primer y el segundo sensores de presión se pueden utilizar para determinar una posición radial de la interfase entre las fases ligera y pesada, y/o una interfase entre los sedimentos y la fase pesada.

5 De manera similar, al comienzo de una operación de separación, antes de que se hayan acumulado cantidades sustanciales de fase pesada o sedimentos en el espacio de separación 8, se puede determinar la densidad de la fase ligera. Entonces, únicamente la fase ligera se extiende radialmente sobre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 y se puede calcular la densidad de la fase ligera.

10 El sistema de separación centrífuga 1 puede comprender al menos un medio de control de flujo 38, 40. La unidad de control 32 se puede configurar para controlar el medio de control de flujo 38, 40 en función del parámetro. El medio de control de flujo se puede utilizar para controlar el flujo de líquido de proceso. Esto puede resultar ventajoso durante el funcionamiento normal del separador centrífugo 2, pero también, o de manera alternativa, utilizarse durante una etapa particular del funcionamiento del separador centrífugo 2, tal como, por ejemplo, durante la puesta en marcha del separador centrífugo 2 y/o la separación de la mezcla de alimentación de líquido. En lo sucesivo, se exponen ejemplos no limitantes de diversos medios de control de flujo.

20 De acuerdo con realizaciones, el sistema de separación centrífuga 1 puede comprender una válvula de fase pesada 38 dispuesta en la salida de fase pesada 14, en donde el medio de control de flujo comprende la válvula de fase pesada 38. De esta manera, la unidad de control 32 puede controlar un flujo de fase pesada a través de la salida de fase pesada 14. La válvula de fase pesada 38 puede ser una válvula de corte con únicamente una posición abierta y otra cerrada. De manera alternativa, la válvula de fase pesada 38 puede ser una válvula proporcional configurada para controlar la cantidad de flujo que la atraviesa.

25 De acuerdo con realizaciones, el sistema de separación centrífuga 1 puede comprender una válvula de fase ligera 40 dispuesta en la salida de fase ligera 12, en donde el medio de control de flujo comprende la válvula de fase ligera 40. De esta manera, la unidad de control 32 puede controlar un flujo de la fase ligera a través de la salida de fase ligera 12. La válvula de fase ligera 40 puede ser una válvula de corte con únicamente una posición abierta y otra cerrada. De manera alternativa, la válvula de fase ligera 40 puede ser una válvula proporcional configurada para controlar la cantidad de flujo que la atraviesa.

30 La válvula de fase pesada 38 y/o la válvula de fase ligera 40 pueden estar dispuestas dentro de, o en, el rotor 4 para girar junto con el rotor 4, como se indica en la **figura 1** mediante la posición de la válvula de fase pesada 38. De manera alternativa, la válvula de fase pesada 38 y/o la válvula de fase ligera 40 pueden estar dispuestas más aguas abajo en una porción estacionaria de la salida 14, 12 respectiva, como se indica en la **figura 1** mediante la posición de la válvula de fase ligera 40.

40 En las realizaciones de la **figura 1**, la unidad de control 32 del sistema de control 30 está dispuesta en el rotor 4. De manera alternativa, la unidad de control 32 puede estar dispuesta en una porción estacionaria del separador centrífugo 2 o como parte del sistema de separación centrífuga 1 fuera del separador centrífugo 2 como en las realizaciones de la **figura 2**, o la unidad de control puede ser una unidad de control distribuida 32, 32' como en las realizaciones de la **figura 3**.

45 La **figura 2** ilustra esquemáticamente realizaciones de un sistema de separación centrífuga 1. El sistema de separación centrífuga 1 se parece mucho al sistema de separación centrífuga 1 de la **figura 1**. Por consiguiente, a continuación, se expondrán principalmente las diferencias entre las realizaciones.

50 De nuevo, el separador centrífugo 2 está configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada. El separador centrífugo 2 comprende un rotor 4, configurado para girar en torno a un eje vertical 6. El separador centrífugo 2 comprende, además, una entrada 10 que conduce hacia un espacio de separación 8 y una salida de fase ligera 12 que conduce desde el espacio de separación 8. Una pila de discos de separación 18 está dispuesta dentro del espacio de separación 8.

55 Mencionado como ejemplo, el mecanismo 44 puede comprender un elemento deslizante desplazable mediante un accionador. El elemento deslizante está configurado para deslizarse entre al menos una posición de tobera abierta y una posición en la que al menos parte de al menos una tobera 42 está cubierta. De nuevo, el sistema de separación centrífuga 1 comprende un sistema de control 30 que comprende una unidad de control 32, un primer sensor de presión 34 dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación 8 y un segundo sensor de presión 36 dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación 8.

60 El separador centrífugo 2 comprende una salida de fase pesada 14 que conduce desde el espacio de separación 8. En estas realizaciones, la salida de fase pesada 14 comprende unas toberas 42 dispuestas en una periferia exterior del rotor 4. De esta manera, una mezcla de alimentación de líquido que tiene un gran contenido de fase pesada se puede separar en el separador centrífugo 2. Al menos una de las toberas 42 siempre está al menos parcialmente abierta durante el funcionamiento del separador centrífugo 2. Por lo tanto, la fase pesada se expulsa de manera continua a través de una o más de las toberas 42 durante el funcionamiento del separador centrífugo 2.

De acuerdo con realizaciones, en donde el separador centrífugo 2 comprende un medio de control de flujo, el medio de control de flujo puede comprender un mecanismo 44 para cambiar un área de apertura total de las toberas 42. De esta manera, se puede controlar el flujo de fase pesada separada a través de la salida de fase pesada 14.

Por consiguiente, la unidad de control 32 se puede configurar para controlar el mecanismo 44 en función del parámetro. Por lo tanto, se puede controlar el flujo de fase pesada separada a través de las toberas 42 de la salida de fase pesada 14 en función del parámetro. Mencionado meramente como ejemplo, la posición de una interfase entre las fases ligera y pesada en el espacio de separación 8 puede formar un parámetro que se utilizará para controlar el área de apertura total de las toberas 42.

En las realizaciones de la **figura 2**, la unidad de control 32 del sistema de control 30 está dispuesta en una porción estacionaria del separador centrífugo 2 o como parte del sistema de separación centrífuga 1 fuera del separador centrífugo 2. Los sensores de presión 34, 36 se comunican de manera inalámbrica con la unidad de control 32, ya sea directamente o a través de un transmisor o transceptor, que no se muestra, dispuesto en el rotor 4. De manera alternativa, la unidad de control 32 del sistema de control 30 puede estar dispuesta en el rotor 4, como en las realizaciones de la **figura 1**, o la unidad de control puede ser una unidad de control distribuida 32, 32', como en las realizaciones de la **figura 3**.

La **figura 3** ilustra esquemáticamente realizaciones de un sistema de separación centrífuga 1. El sistema de separación centrífuga 1 se parece mucho al sistema de separación centrífuga 1 de las **figuras 1 y 2**. Por consiguiente, a continuación, se expondrán principalmente las diferencias entre las realizaciones.

De nuevo, el separador centrífugo 2 está configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada. El separador centrífugo 2 comprende un rotor 4, configurado para girar en torno a un eje vertical 6. El separador centrífugo 2 comprende, además, una entrada 10 que conduce hacia un espacio de separación 8 y una salida de fase ligera 12 que conduce desde el espacio de separación 8. Una pila de discos de separación 18 está dispuesta dentro del espacio de separación 8.

De nuevo, el separador centrífugo 2 comprende un sistema de control 30 que comprende, en este caso, al menos dos unidades de control 32, 32', un primer sensor de presión 34 dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación 8 y un segundo sensor de presión 36 dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación 8.

De nuevo, el separador centrífugo 2 comprende una salida de fase pesada 14 que conduce desde el espacio de separación 8, comprendiendo la salida de fase pesada 14 unas toberas 42 dispuestas en una periferia exterior del rotor 4.

En estas realizaciones, el medio de control de flujo comprende un fondo de recipiente deslizable 46 configurado para abrir y cerrar las toberas 42. De esta manera, la fase pesada separada únicamente se expulsa cuando el fondo de recipiente deslizable 46 abre las toberas 42. Dicho de manera diferente, la salida de fase pesada 14 únicamente está abierta cuando el fondo de recipiente deslizable 46 está en una posición donde las toberas 42 están abiertas. El fondo de recipiente deslizable como tal, así como su mecanismo de funcionamiento, son conocidos en la técnica.

Al menos una de las unidades de control 32, 32' se puede configurar para controlar el fondo de recipiente deslizable 46 en función del parámetro. Por lo tanto, se puede controlar el flujo de fase pesada separada a través de las toberas 42 de la salida de fase pesada 14 en función del parámetro. Mencionado como ejemplo, la posición de una interfase entre las fases ligera y pesada en el espacio de separación 8 puede formar un parámetro que se utilizará para controlar la apertura y el cierre de las toberas 42.

De acuerdo con realizaciones adicionales, el separador centrífugo 2 comprende una salida de fase ligera 12 y una salida de fase pesada 14, como se explica en conexión con la figura 1. El separador centrífugo 2 comprende, además, una salida de sedimentos, en donde la salida de sedimentos comprende unas toberas 42 dispuestas en una periferia exterior del rotor 4. Es decir, la salida de sedimentos comprende unas toberas 42, como se expuso en conexión con la **figura 3**. Más específicamente, en lugar de formar una salida de fase pesada, las toberas 42 forman la salida de sedimentos. El medio de control de flujo comprende el fondo de recipiente deslizable 46 configurado para abrir y cerrar las toberas 42 y está controlado por al menos una de las unidades de control 32, 32' para expulsar de manera intermitente los sedimentos del espacio de separación 8.

La al menos una de las unidades de control 32, 32' se puede configurar para controlar el fondo de recipiente deslizable 46 en función del parámetro. Por lo tanto, se puede controlar el flujo de sedimentos a través de las toberas 42 de la salida de sedimentos en función del parámetro. Mencionado como ejemplo, la posición de una interfase entre los sedimentos y la fase pesada en el espacio de separación 8 puede formar un parámetro que se utilizará para controlar la apertura y el cierre de las toberas 42.

En las realizaciones de la **figura 3**, el sistema de control 30 es un sistema de control distribuido que comprende las unidades de control 32, 32', es decir, el sistema de control 30 comprende más de una unidad de control 32, 32', por

ejemplo, una unidad de control 32 dispuesta en el rotor 4 y una unidad de control 32' dispuesta en una porción estacionaria del separador centrífugo 2 o como parte del sistema de separación centrífuga 1 fuera del separador centrífugo 2. Las más de una unidades de control 32, 32' pueden realizar diferentes tareas, tales como tareas de control, tareas de cálculo y tareas de comunicación. De manera alternativa, la unidad de control 32 del sistema de control 30 puede estar dispuesta en el rotor 4, como en las realizaciones de la **figura 1**, o la unidad de control 32 puede estar dispuesta en una porción estacionaria del separador centrífugo 2 o como parte del sistema de separación centrífuga 1 fuera del separador centrífugo 2, como en las realizaciones de la **figura 2**.

La **figura 4** ilustra esquemáticamente una sección transversal a través de una porción de un separador centrífugo 2 de un sistema de separación centrífuga 1 de acuerdo con realizaciones. El sistema de separación centrífuga 1 se parece mucho al sistema de separación centrífuga 1 de las realizaciones de las **figuras 1 - 3** y las realizaciones que comprenden una salida de sedimentos expuestas anteriormente. Por consiguiente, a continuación, se expondrán principalmente las diferencias entre las realizaciones.

En estas realizaciones, la salida de fase pesada 14 comprende al menos un canal 48 que se extiende dentro del rotor 4 desde una porción radialmente exterior del espacio de separación 8 hacia una porción central del rotor 4. La salida de fase pesada 14 está sellada hermética y mecánicamente entre el rotor 4 y una porción estacionaria del separador centrífugo 2.

El flujo del líquido de proceso a través del separador centrífugo 2 se indica con flechas en la **figura 4**. La mezcla de alimentación de líquido ingresa al rotor 4 a través de la entrada 10 en una porción inferior del rotor 4 y fluye hacia el espacio de separación 8. En el espacio de separación 8, la mezcla de alimentación de líquido se separa en una fase ligera que fluye hacia el exterior del rotor a través de la salida de fase ligera 12 y una fase pesada que fluye hacia el exterior del rotor 4 a través de la salida de fase pesada 14. La entrada 10 y la salida de fase ligera 12 también están selladas hermética y mecánicamente.

El al menos un canal 48 puede comprender un tubo, es decir, el al menos un canal 48 tiene la misma área de sección transversal a lo largo de su extensión. De manera alternativa, el al menos un canal 48 puede comprender un paso que tiene un área de sección transversal mayor en la porción radialmente exterior del espacio de separación 8 que hacia la porción central del rotor 4.

También en estas realizaciones, el separador centrífugo 2 comprende unas toberas 42 dispuestas en una periferia exterior del rotor 4. Se proporciona un medio de control de flujo que comprende un fondo de recipiente deslizable 46 para abrir y cerrar las toberas 42.

En estas realizaciones, en función del contenido de la mezcla de alimentación de líquido y de las fases resultantes de la separación de esta, las toberas 42 pueden formar parte de una salida de fase pesada, una salida de sedimentos o una salida combinada de sedimentos y fase pesada.

De nuevo, la unidad de control 32 se puede configurar para controlar el fondo de recipiente deslizable 46 en función del parámetro. Por lo tanto, se puede controlar la expulsión de fase pesada y/o sedimentos a través de las toberas 42. Mencionados como ejemplos, la posición de una interfase entre los sedimentos y la fase pesada, o la posición de una interfase entre la fase pesada y la fase ligera, en el espacio de separación 8, puede formar un parámetro que se utilizará para controlar la apertura y el cierre de las toberas 42.

Las **figuras 5a - 5e** ilustran secciones transversales a través de realizaciones de rotores 4 de separadores centrífugos, tales como los separadores centrífugos 2 que forman parte de los sistemas de separación centrífuga 1 expuestos anteriormente haciendo referencia a las **figuras 1 - 4**. En las **figuras 5a - 5e**, se ilustran esquemáticamente diferentes posiciones y números de los sensores de presión dispuestos en el rotor 4. Los rotores 4 mostrados en las **figuras 5a - 5e** están provistos de una salida de fase pesada dispuesta hacia un centro del rotor 4. Sin embargo, las realizaciones no se limitan a este tipo de rotor 4. De manera alternativa, el rotor 4 puede estar provisto de la salida de fase pesada en la periferia radialmente exterior del rotor 4, o el rotor 4 puede estar provisto adicionalmente de una salida de sedimentos en la periferia radialmente exterior del rotor 4, como se expuso anteriormente haciendo referencia a las **figuras 2 - 4**.

El sistema de separación centrífuga 1 comprende un sistema de control 30, como se expuso anteriormente haciendo referencia a las **figuras 1 - 4** y haciendo referencia a la **figura 6** a continuación. La unidad de control 32 del sistema de control 30 se ha ilustrado dispuesta en el rotor 4, pero la unidad de control 32 puede estar dispuesta como en una cualquiera de las realizaciones expuestas anteriormente haciendo referencia a las **figuras 1 - 4** o cualquier otra manera adecuada. Diversas realizaciones de ejemplo del sistema de control 30 se expondrán más haciendo referencia a las **figuras 5a - 5e**. De nuevo, el sistema de control 30 comprende una o más unidades de control 32, un primer sensor de presión 34 y un segundo sensor de presión 36. El primer y el segundo sensores de presión 34, 36 están dispuestos dentro del espacio de separación 8 en diferentes posiciones radiales de tal manera que puedan tomar lecturas de presión del líquido de proceso dentro del espacio de separación 8.

Como se ha mencionado anteriormente, el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 están configurados para

comunicarse con la unidad de control 32 y la unidad de control 32 está configurada para determinar un parámetro del líquido de proceso dentro del espacio de separación 8 durante el funcionamiento del separador centrífugo 2 en función de unas mediciones procedentes del primer y el segundo sensores de presión 34, 36.

En el presente documento, la expresión radialmente fuera de la pila de discos de separación corresponde a una posición radial fuera de la extensión radial de la pila de discos de separación. La expresión radialmente dentro de la pila de discos de separación corresponde a una posición radial dentro de la extensión radial de la pila de discos de separación, es decir, una posición radial entre los radios interior y exterior de la pila de discos de separación. La expresión radialmente dentro de la pila de discos de separación corresponde a una posición radial dentro del radio interior de la pila de discos de separación.

De acuerdo con las realizaciones ilustradas, entre otras, en las **figuras 5a - 5c y 5e**, el primer sensor de presión 34 puede estar dispuesto radialmente fuera de la pila 16 de discos de separación 18. Por consiguiente, el primer sensor de presión 34 puede medir una presión en una porción del rotor 4 y el espacio de separación 8 donde la fase pesada y/o los sedimentos separados se acumulan durante el funcionamiento del separador centrífugo. Por lo tanto, el parámetro determinado puede reflejar una medición afectada por la fase pesada y/o los sedimentos en el espacio de separación.

De acuerdo con las realizaciones ilustradas en las figuras 5a y 5b, el segundo sensor de presión 36 puede estar dispuesto radialmente fuera de la pila 16 de discos de separación 18. Por lo tanto, dado que el segundo sensor de presión 36 está dispuesto radialmente dentro del primer sensor de presión 34, el segundo sensor de presión 36 puede medir una presión en el espacio de separación 8, que, bajo algunas condiciones durante el funcionamiento del separador centrífugo, se ve afectada por la fase pesada separada y/o los sedimentos y, bajo otras condiciones durante el funcionamiento del separador centrífugo, se ve afectada por la mezcla de alimentación de líquido o la fase ligera separada. Por lo tanto, el parámetro determinado puede reflejar, por ejemplo, un grado de llenado del espacio de separación con fase pesada y/o sedimentos, o una densidad de la fase pesada y/o los sedimentos.

Mencionado como ejemplo, en las realizaciones de las figuras **5a y 5b**, el parámetro puede ser una diferencia de presión entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36. La supervisión de la diferencia de presión, por ejemplo, a través de la unidad de control 32, proporcionará información acerca de una posición radial de una interfase entre las fases ligera y pesada, y/o una interfase entre los sedimentos y la fase pesada en el espacio de separación 8.

En las realizaciones de la **figura 5a**, el primer sensor de presión 34 está situado en, o cerca de, una posición radial lo más exterior dentro del espacio de separación 8 y el segundo sensor de presión 36 está situado hacia la pila 16. Durante el funcionamiento del separador centrífugo, una diferencia de presión particular puede corresponder a una posición radial particular de la interfase. Si la diferencia de presión permanece en un valor constante dentro de un cierto intervalo de diferencia de presión durante el funcionamiento del separador centrífugo, esto indica que la posición radial de la interfase permanece constante. Si la diferencia de presión permanece constante en una diferencia de presión máxima en el valor, esto indica que la interfase está radialmente dentro del segundo sensor de presión 36.

En las realizaciones de la **figura 5b**, el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 están situados cerca entre sí dentro del espacio de separación 8 radialmente fuera de la pila 16 de discos de separación 18. Durante el funcionamiento del separador centrífugo, antes de que la interfase alcance el primer sensor de presión 34, la diferencia de presión entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 permanece constante. Una vez que la interfase pasa el primer sensor de presión 34 y, por lo tanto, está entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36, la diferencia de presión comienza a aumentar. Esto es un indicador de que la interfase está en una posición radial entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36. El cambio en la diferencia de presión como tal puede ser utilizado por el sistema de control para controlar el separador centrífugo, por ejemplo, para abrir las toberas del rotor 4 haciendo funcionar un fondo de recipiente deslizable del rotor 4.

Mencionado como ejemplo, la distancia radial entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 puede estar dentro de un intervalo de 8 - 50 mm o dentro de un intervalo de 10 - 30 mm. Cuanto mayor sea la diferencia de densidad entre la fase ligera y la fase pesada, menor será la distancia entre el primer y el segundo sensores de presión.

De acuerdo con las realizaciones ilustradas, entre otras, en las **figuras 5c - 5e** y la figura 1, el segundo sensor de presión 36 puede estar dispuesto radialmente dentro o radialmente en el interior de la pila 16 de discos de separación 18. Más específicamente, en la figura 5c, el segundo sensor de presión 36 está dispuesto radialmente dentro de la pila 16 y, en las realizaciones de la figura 1, el segundo sensor de presión 36 está dispuesto radialmente dentro de la pila 16.

El segundo sensor de presión 36 puede medir una presión de la fase ligera separada en el espacio de separación 8 radialmente dentro o radialmente en el interior de la pila 16 de discos de separación 18. Por consiguiente, el parámetro determinado puede reflejar una medición afectada por la fase ligera en el espacio de separación. El parámetro determinado puede reflejar, por ejemplo, un grado de llenado del espacio de separación con fase pesada y/o sedimentos.

Mencionado como ejemplo, en las realizaciones de la **figura 5c**, el parámetro puede ser una diferencia de presión entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36. La supervisión de esta diferencia de presión proporcionará información acerca de una posición radial de una interfase entre las fases ligera y pesada. Por ejemplo, durante el funcionamiento del separador centrífugo, una diferencia de presión particular puede corresponder a una posición radial particular de la interfase.

De acuerdo con las realizaciones ilustradas, entre otras, en la **figura 5d**, el primer sensor de presión 34 puede estar dispuesto radialmente dentro de la pila 16 de discos de separación 18. De esta manera, se puede supervisar una diferencia de presión sobre la pila 16, o parte de la pila 16. Si la diferencia de presión supera un nivel de umbral, se pueden sacar conclusiones acerca de la obstrucción de la pila 16 de discos de separación 18.

De acuerdo con las realizaciones ilustradas en la figura 5e, el sistema de control 40 puede comprender un tercer sensor de presión 50 dispuesto en una tercera posición radial en el espacio de separación 8, en donde la tercera posición radial está radialmente entre la primera y la segunda posiciones radiales, y en donde la unidad de control 32 está configurada para determinar un parámetro adicional del líquido de proceso dentro del espacio de separación 8 durante el funcionamiento del separador centrífugo en función de unas mediciones procedentes del tercer sensor de presión 50 y al menos uno del primer y el segundo sensores de presión 34, 36.

El parámetro determinado adicionalmente se puede utilizar durante el funcionamiento del separador centrífugo y/o durante el funcionamiento de un sistema que comprende el separador centrífugo. El parámetro adicional puede ser, por ejemplo, una diferencia de presión en, o una densidad de, los constituyentes del líquido de proceso. Por consiguiente, el parámetro adicional puede ser, por ejemplo, una diferencia de presión entre el primer y el tercer sensores de presión 34, 50, una diferencia de presión entre el tercer y el segundo sensores de presión 50, 36, o una densidad en función de unas mediciones de presión procedentes del primer y el tercer sensores de presión 34, 50. En el último caso, de manera adecuada, la tercera posición radial está radialmente fuera de la pila 16 de discos de separación 18.

La densidad en función de las mediciones de presión procedentes del primer y el tercer sensores de presión 34, 50 se puede calcular durante el funcionamiento del separador centrífugo cuando ya no cambia una diferencia de presión entre el primer y el tercer sensores de presión 34, 50. Esto significa que la distancia radial entre el primer y el tercer sensores de presión 34, 50 está llena con fase pesada o sedimentos. Como se ha expuesto anteriormente, con conocimiento acerca de las posiciones radiales del primer y el tercer sensores de presión 34, 50, la velocidad de rotación del rotor 4, así como la diferencia de presión entre el primer y el tercer sensores de presión 34, 50, se puede calcular la densidad de la fase pesada o los sedimentos.

La **figura 6** ilustra un sistema de control 30 de acuerdo con realizaciones para ser utilizado en conexión con los diferentes aspectos y/o realizaciones de la invención. El sistema de control 30 también se indica en las **figuras 1 - 5e**. El sistema de control 30 comprende al menos una unidad de control 32, que puede tomar la forma de sustancialmente cualquier tipo adecuado de circuito de procesador o microordenador, por ejemplo, un circuito para el procesamiento de señales digitales (procesador de señales digitales, DSP), una unidad central de procesamiento (CPU), una unidad de procesamiento, un circuito de procesamiento, un procesador, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un microprocesador u otra lógica de procesamiento que pueda interpretar y ejecutar instrucciones. El término "unidad de control" utilizado en el presente documento puede representar una circuitería de procesamiento que comprenda una pluralidad de circuitos de procesamiento, tal como, por ejemplo, cualquiera, algunos o todos los mencionados anteriormente. El sistema de control 30 comprende una unidad de memoria 53. La unidad de control 32 está conectada a la unidad de memoria 53, que proporciona a la unidad de control 32, por ejemplo, un código de programa almacenado, tablas de datos y/u otros datos almacenados que la unidad de control 32 necesita para permitirle hacer cálculos y controlar el separador centrífugo y, de manera opcional, controlar un sistema que comprenda el separador centrífugo. La unidad de control 32 también está adaptada para almacenar resultados parciales o finales de cálculos en la unidad de memoria 53. La unidad de memoria 53 puede comprender un dispositivo físico utilizado para almacenar datos o programas, es decir, secuencias de instrucciones de manera temporal o permanente. De acuerdo con algunas realizaciones, la unidad de memoria 53 puede comprender circuitos integrados que comprenden transistores a base de silicio. La unidad de memoria 53 puede comprender, por ejemplo, una tarjeta de memoria, una memoria flash, una memoria USB, un disco duro u otra unidad de almacenamiento volátil o no volátil similar para almacenar datos tales como, por ejemplo, una ROM (memoria de solo lectura), una PROM (memoria programable de solo lectura), una EPROM (PROM borrrable), una EEPROM (PROM borrrable eléctricamente), etc. en diferentes realizaciones.

El sistema de control 30 comprende, además, el primer y el segundo sensores de presión 34, 36. De manera opcional, el sistema de control 30 puede comprender el tercer sensor de presión 50. La unidad de control 32 se comunica con los sensores de presión 34, 36, 50 y recibe mediciones de presión desde estos sensores. La unidad de control 32 está configurada para recibir señales de salida desde los sensores 34, 36, 50. Estas señales pueden comprender formas de onda, pulsos u otros atributos, los cuales pueden ser detectados como información por la unidad de control 32 y los cuales se pueden convertir directa o indirectamente en señales procesables por la unidad de control 32. Cada una de las conexiones a los sensores respectivos puede tomar la forma de uno o más de entre un cable, un bus de datos, por ejemplo, un bus CAN (red de área de controlador), un bus MOST (transporte de sistemas orientados a medios) o alguna otra configuración de bus, o una conexión inalámbrica. En la realización representada, únicamente se muestran

una unidad de control 32 y una memoria 53, pero el sistema de control 30 puede comprender, de manera alternativa, más de una unidad de control y/o memoria.

La unidad de control 32 puede estar dispuesta en el rotor 4, como se indica en las **figuras 1 - 5e**. De manera alternativa, la unidad de control 32 puede estar dispuesta fuera del rotor 4 y se puede comunicar, por ejemplo, de manera inalámbrica, con los sensores 34, 36, 50. En realizaciones que comprenden más de una unidad de control, pueden comprender una o más unidades de control dispuestas en el rotor 4 y una o más unidades de control dispuestas fuera del rotor 4.

La unidad de control 32 y los sensores 34, 36, 50 pueden ser alimentados por batería mediante unas baterías dispuestas en el rotor del separador centrífugo. De manera alternativa, la energía eléctrica puede ser suministrada a la unidad de control y a los sensores mediante un generador dispuesto en el rotor, un transformador rotativo o unos anillos colectores.

Un ejemplo de datos pueden ser los datos de medición de presión. Los sensores de presión 34, 36, 50 están configurados para proporcionar mediciones de presión. De manera opcional, uno o más de los sensores 34, 36, 50 pueden proporcionar mediciones de otras cantidades físicas, tales como, por ejemplo, mediciones de temperatura. De acuerdo con la invención, uno o más de los sensores 34, 36, 50 proporciona mediciones de temperatura. Tales mediciones de temperatura se pueden utilizar cuando se determina una densidad de uno o más de los constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido. De manera alternativa, un sensor de temperatura separado (que no se muestra) puede proporcionar mediciones de temperatura a la unidad de control 32.

Ejemplos de tablas de datos pueden ser una tabla que contenga posiciones de una interfase entre, por ejemplo, las fases ligera y pesada mapeadas en contraste con diferentes valores de la diferencia de presión entre las mediciones del primer y el segundo sensores 34, 36, o del primer y el tercer sensores 34, 50, o una tabla de datos que mapea la densidad de fase ligera y/o fase pesada en contraste con la temperatura.

La **figura 7** ilustra realizaciones de un método 100 de funcionamiento de un separador centrífugo. El separador centrífugo puede ser un separador centrífugo 2 de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones expuestas en conexión con las **figuras 1 - 4**, y/o que comprenda un rotor 4 que comprenda un sistema de control 30, como se describe en conexión con las **figuras 5a - 6**. En lo sucesivo, también se hace referencia a las **figuras 1 - 6**.

Por consiguiente, el rotor 4 está provisto de un espacio de separación 8, una entrada 10 que conduce hacia el espacio de separación 8, un primer sensor de presión 34 dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación 8 y un segundo sensor de presión 36 dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación 8.

El método 100 comprende las etapas de:

- hacer girar el rotor 4,
- dirigir la mezcla de alimentación de líquido hacia el espacio de separación 8 a través de la entrada 10,
- sumergir en el primer y el segundo sensores de presión 34, 36 en el líquido de proceso,
- medir una primera presión con el primer sensor de presión 34,
- medir una segunda presión con el segundo sensor de presión 36, y
- determinar un parámetro del líquido de proceso en función de la primera y la segunda presiones.

Como se ha expuesto anteriormente, el parámetro del líquido de proceso puede ser, por ejemplo, una diferencia de presión entre las mediciones del primer y el segundo sensores de presión 34, 36, una posición radial de una interfase entre la fase ligera y la fase pesada o una densidad de la fase pesada. Cantidades físicas adicionales, tales como la temperatura, del líquido de proceso se pueden utilizar para determinar el parámetro. De acuerdo con la invención, la temperatura se utiliza para determinar la densidad de uno o más de los constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido.

De acuerdo con realizaciones, el parámetro puede ser una diferencia de presión entre el primer y el segundo sensores de presión 34, 36.

De acuerdo con realizaciones, el parámetro puede ser una densidad del líquido de proceso.

De acuerdo con realizaciones, el separador centrífugo 2 puede comprender un medio de control de flujo 38, 40 y el método 100 puede comprender una etapa de:

- controlar el medio de control de flujo 38, 40 en función del parámetro. Obsérvese más arriba, entre otras, haciendo referencia a las **figuras 1 - 4**.

De acuerdo con realizaciones, el medio de control de flujo comprende una válvula de fase pesada 38 dispuesta en la salida de fase pesada 14, la etapa de controlar 114 el medio de control de flujo puede comprender una etapa de:

- controlar 116 la válvula de fase pesada 38. Obsérvese más arriba, entre otras, haciendo referencia a la figura 1.

De acuerdo con realizaciones, en donde el medio de control de flujo comprende una válvula de fase ligera 40 dispuesta en la salida de fase ligera 12, la etapa de controlar 114 el medio de control de flujo puede comprender una etapa de:

- controlar 118 la válvula de fase ligera 40. Obsérvese más arriba, entre otras, haciendo referencia a la figura 1.

De acuerdo con realizaciones, en donde el separador centrífugo 2 comprende unas toberas 42 dispuestas en una periferia exterior del rotor 4, y en donde el medio de control de flujo comprende un fondo de recipiente deslizable 46 configurado para abrir y cerrar las toberas 42, la etapa de controlar 114 el medio de control de flujo puede comprender una etapa de:

- controlar 120 el fondo de recipiente deslizable 46 para abrir y cerrar las toberas 42. Obsérvese más arriba, entre otras, haciendo referencia a las figuras 3 y 4.

De acuerdo con realizaciones en donde la salida de fase pesada comprende las toberas 42, la etapa de controlar 120 el fondo de recipiente deslizable 46 para abrir y cerrar las toberas 42 dará como resultado la expulsión de la fase pesada acumulada desde la periferia del espacio de separación 8 cuando se abren las toberas 42.

De acuerdo con realizaciones donde el separador centrífugo 2 comprende una salida de sedimentos, comprendiendo la salida de sedimentos las toberas 42, la etapa de controlar 120 el fondo de recipiente deslizable 46 para abrir y cerrar las toberas 42 dará como resultado la expulsión de los sedimentos acumulados desde la periferia del espacio de separación 8 cuando se abren las toberas 42.

De acuerdo con realizaciones, en donde la salida de fase pesada comprende unas toberas 42 dispuestas en una periferia exterior del rotor 4, y en donde el medio de control de flujo comprende un mecanismo 44 para cambiar un área de apertura total de las toberas 42, la etapa de controlar 114 el medio de control de flujo puede comprender una etapa de:

- controlar 122 el mecanismo 44 para cambiar el área de apertura total. Obsérvese más arriba, entre otras, haciendo referencia a la figura 2.

De acuerdo con realizaciones, en donde el separador centrífugo 2 comprende un tercer sensor de presión 50 dispuesto en una tercera posición radial en el espacio de separación 8, en donde la tercera posición radial está radialmente entre la primera y la segunda posiciones radiales, el método 100 puede comprender las etapas de:

- medir 124 una tercera presión con el tercer sensor de presión 50, y
- determinar 112 un parámetro adicional del líquido de proceso en función de la tercera presión y al menos una de la primera y la segunda presiones. Obsérvese más arriba, entre otras, haciendo referencia a la figura 5e.

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el método 100 de acuerdo con uno cualquiera de los aspectos y/o realizaciones expuestos en el presente documento, en particular, haciendo referencia a la figura 7. Un experto en la materia apreciará que el método 100 de funcionamiento de un separador centrífugo se puede implementar mediante instrucciones programadas. Estas instrucciones programadas suelen estar constituidas por un programa informático, que, cuando es ejecutado en un sistema informático o de control, garantiza que el sistema informático o de control lleva a cabo el control deseado, tal como las etapas de método 102 - 124 de acuerdo con la invención. El programa informático suele ser parte de un producto de programa informático que comprende un medio de almacenamiento digital adecuado en el que se almacena el programa informático.

La **figura 8** muestra un medio de almacenamiento legible por ordenador 90 de acuerdo con realizaciones. El medio de almacenamiento legible por ordenador 90 comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador u otro sistema de control 30, hace que el ordenador u otro sistema de control 30 lleve a cabo el método 100 de acuerdo con uno cualquiera de los aspectos y/o realizaciones expuestos en el presente documento. El medio de almacenamiento legible por ordenador 90 se puede proporcionar, por ejemplo, en forma de un soporte de datos que porta un código de programa informático para realizar al menos algunas de las etapas 102 - 124 de acuerdo con algunas realizaciones cuando se carga en la una o más unidades de control 32 del sistema de control 30. El soporte de datos puede ser, por ejemplo, una ROM (memoria de solo lectura), una PROM (memoria programable de solo lectura), una EPROM (PROM borrable), una memoria flash, una EEPROM (PROM borrable eléctricamente), un disco duro, un disco CD-ROM, un lápiz de memoria, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético o cualquier otro medio apropiado, tal como un disco o una cinta, que pueda contener datos legibles por máquina de manera no transitoria. El medio de almacenamiento legible por ordenador se puede proporcionar, además, como un código de programa informático en un servidor y se puede descargar al sistema de control 30 de manera remota, por ejemplo, a través de una conexión a internet o intranet, o a través de otros sistemas de comunicación alámbricos o inalámbricos.

Se debería entender que lo anterior es ilustrativo de diversas realizaciones de ejemplo y que la invención se define únicamente en las reivindicaciones adjuntas. Un experto en la materia se dará cuenta de que las realizaciones de ejemplo se pueden modificar y que las diferentes características de las realizaciones de ejemplo se pueden combinar para crear realizaciones distintas a las descritas en el presente documento, sin apartarse del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de separación centrífuga (1) que comprende un separador centrífugo (2) configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada, así como un sistema de control (30), en donde un líquido de proceso comprende una o más de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y la fase pesada, en donde el separador centrífugo comprende un rotor (4) configurado para girar en torno a un eje de rotación vertical (6) y provisto de un espacio de separación (8), en donde
el separador centrífugo (2) comprende, además, una entrada (10) que conduce hacia el espacio de separación (8), una salida de fase ligera (12) que conduce desde el espacio de separación (8), una salida de fase pesada (14) que conduce desde el espacio de separación (8) y una pila (16) de discos de separación (18) dispuesta dentro del espacio de separación (8), **caracterizado por que** el sistema de control (30) comprende un primer sensor (34) para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación (8) y una unidad de control (32), en donde el sistema de control (30) comprende un segundo sensor (36) para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación (8), en donde la primera posición radial está radialmente fuera de la segunda posición radial, en donde el primer y el segundo sensores (34, 36) están situados para ser sumergidos en líquido de proceso durante el funcionamiento del separador centrífugo (2), y en donde la unidad de control (32) está configurada para determinar la densidad de uno o más de los constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido dentro del espacio de separación (8) durante el funcionamiento del separador centrífugo (2) en función de unas mediciones procedentes del primer y el segundo sensores (34, 36).
2. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un medio de control de flujo (38, 40, 44, 46), en donde la unidad de control (32) está configurada para controlar el medio de control de flujo (38, 40, 44, 46) en función de la densidad.
3. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una válvula de fase pesada (38) dispuesta en la salida de fase pesada (14), en donde el medio de control de flujo comprende la válvula de fase pesada (38).
4. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una válvula de fase ligera (40) dispuesta en la salida de fase ligera (12), en donde el medio de control de flujo comprende la válvula de fase ligera (40).
5. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la salida de fase pesada (14) comprende unas toberas (42) dispuestas en una periferia exterior del rotor (4).
6. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, que comprende una salida de sedimentos, en donde la salida de sedimentos comprende unas toberas (42) dispuestas en una periferia exterior del rotor (4).
7. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con las reivindicaciones 5 o 6, en donde el medio de control de flujo comprende un fondo de recipiente deslizable (46) configurado para abrir y cerrar las toberas (42).
8. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con las reivindicaciones 5 o 6, en donde el medio de control de flujo comprende un mecanismo (44) para cambiar un área de apertura total de las toberas (42).
9. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 o 6, en donde la salida de fase pesada (14) comprende al menos un canal (48) que se extiende dentro del rotor (4) desde una porción radialmente exterior del espacio de separación (8) hacia una porción central del rotor (4), y en donde la salida de fase pesada (14) está sellada hermética y mecánicamente entre el rotor (4) y una porción estacionaria del separador centrífugo (2).
10. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer sensor (34) está dispuesto radialmente fuera de la pila (16) de discos de separación (18).
11. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo sensor (36) está dispuesto radialmente fuera de la pila (16) de discos de separación (18).
12. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, en donde el segundo sensor (36) está dispuesto radialmente dentro o radialmente en el interior de la pila (16) de discos de separación (18).
13. El sistema de separación centrífuga (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que

comprende un tercer sensor (50) dispuesto en una tercera posición radial en el espacio de separación (8), en donde la tercera posición radial está radialmente entre la primera y la segunda posiciones radiales.

- 5 14. Un método (100) de funcionamiento de un separador centrífugo (2) configurado para separar una mezcla de alimentación de líquido en una fase ligera y una fase pesada, en donde un líquido de proceso comprende una o más de la mezcla de alimentación de líquido, la fase ligera y la fase pesada, en donde

10 el separador centrífugo (2) comprende un rotor (4) configurado para girar en torno a un eje de rotación vertical (6) y provisto de un espacio de separación (8), una entrada (10) que conduce hacia el espacio de separación (8), una salida de fase ligera (12) que conduce desde el espacio de separación (8), una salida de fase pesada (14) que conduce desde el espacio de separación (8), una pila (16) de discos de separación (18) dispuesta dentro del espacio de separación (8), un primer sensor (34) para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una primera posición radial en el espacio de separación (8), y un segundo sensor (36) para proporcionar mediciones de temperatura y que está dispuesto en una segunda posición radial en el espacio de separación (8), en donde
15 la primera posición radial está radialmente fuera de la segunda posición radial, y en donde el método (100) comprende las etapas de:

- 20 - hacer girar (102) el rotor (4),
- dirigir (104) la mezcla de alimentación de líquido hacia el espacio de separación (8) a través de la entrada (10),
- sumergir (106) el primer y el segundo sensores (34, 36) en el líquido de proceso,
- medir (108) una primera temperatura con el primer sensor (34),
- medir (110) una segunda temperatura con el segundo sensor (36), y
25 - determinar (112) la densidad de uno o más constituyentes de la mezcla de alimentación de líquido en función de la primera y la segunda temperaturas.

15. El método (100) de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el separador centrífugo (2) comprende un medio de control de flujo, y en donde el método (100) comprende una etapa de:

- 30 - controlar (114) el medio de control de flujo en función de la densidad.

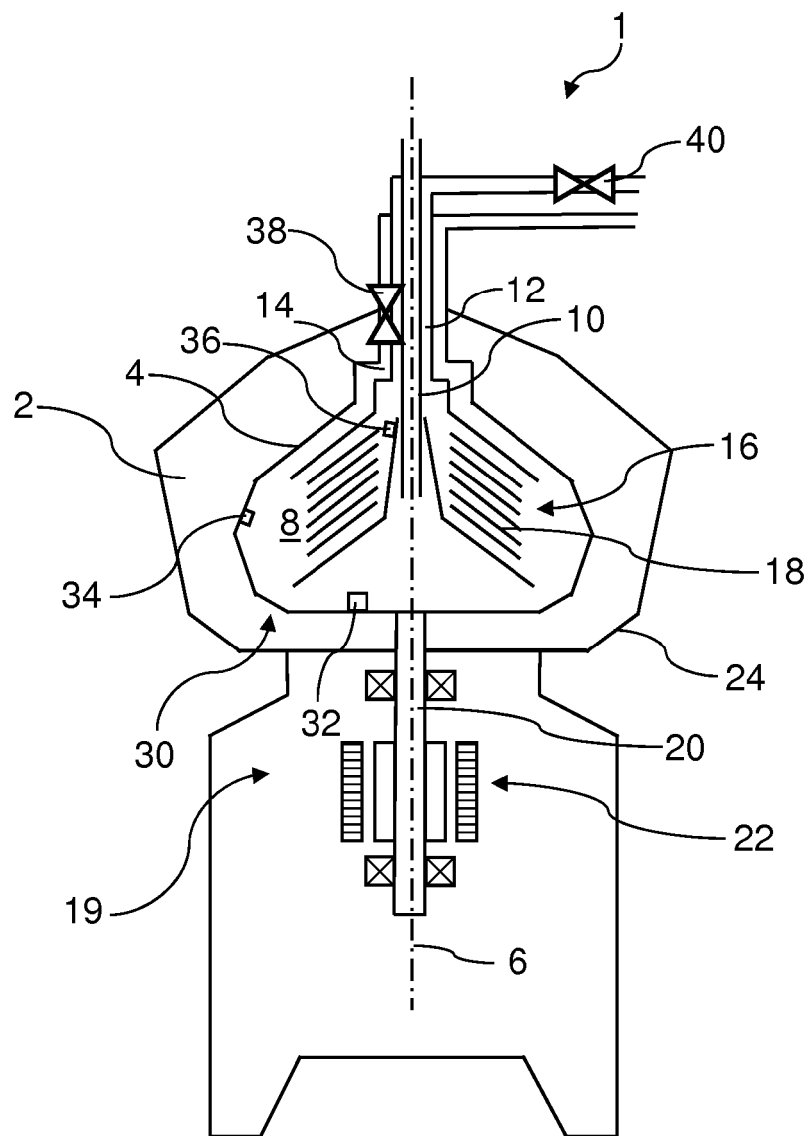


Fig. 1

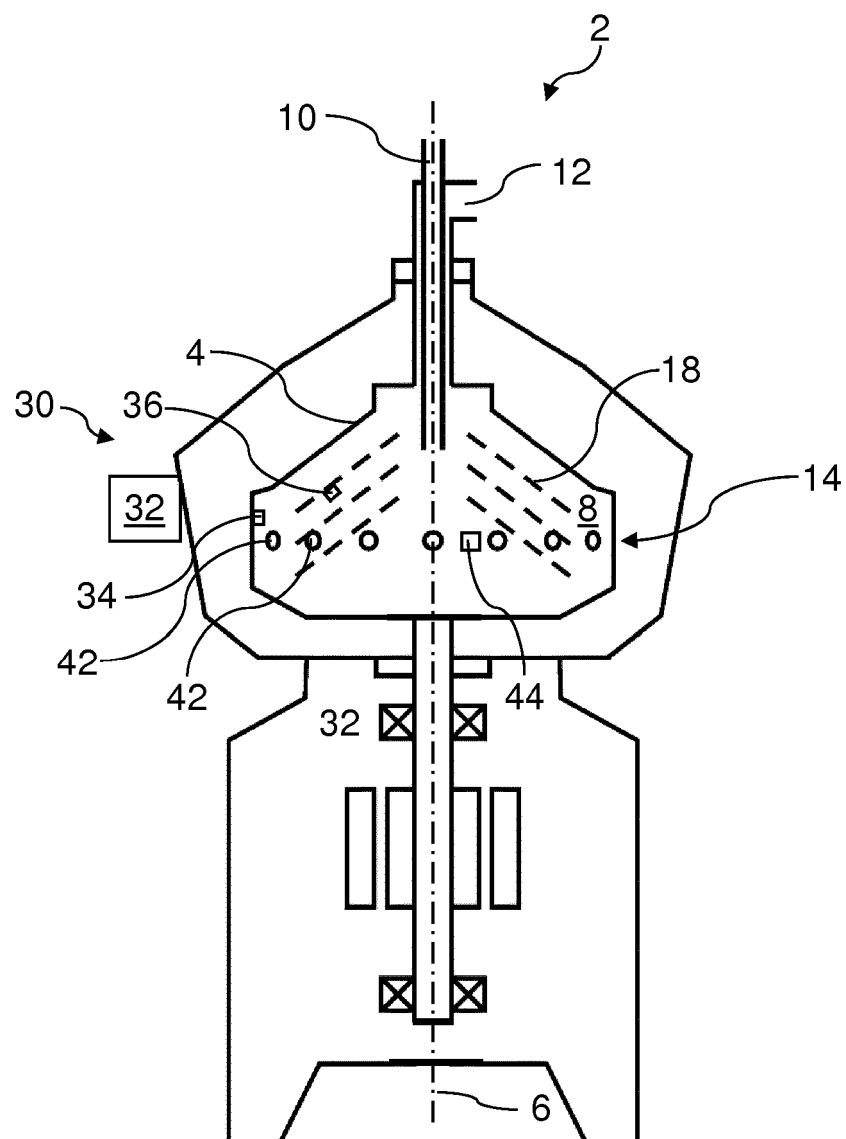


Fig. 2

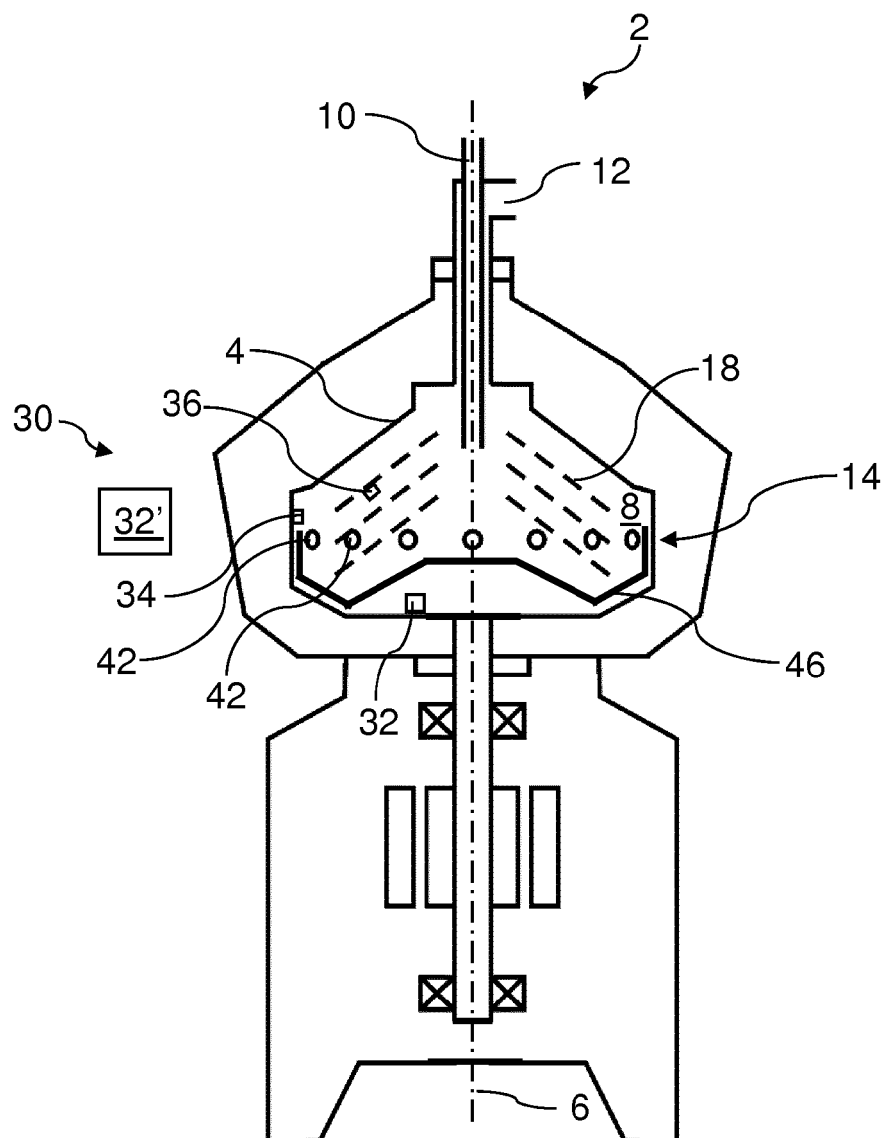
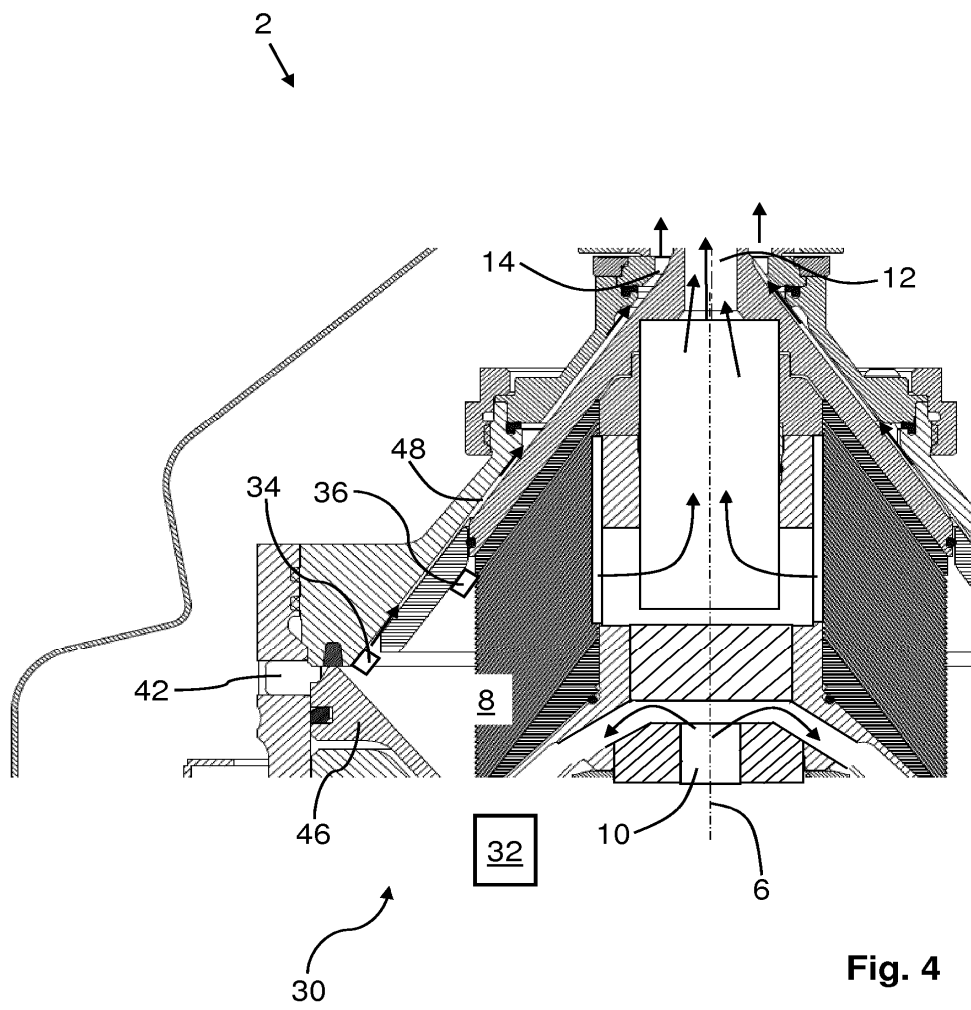


Fig. 3



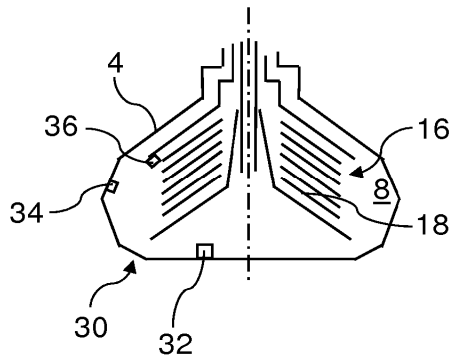


Fig. 5a

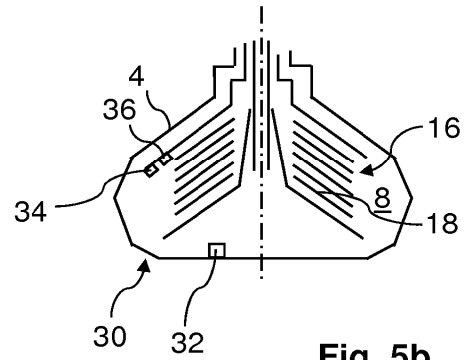


Fig. 5b

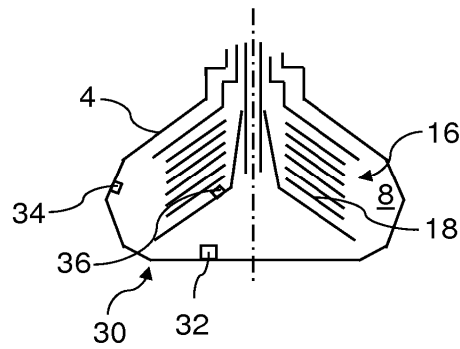


Fig. 5c

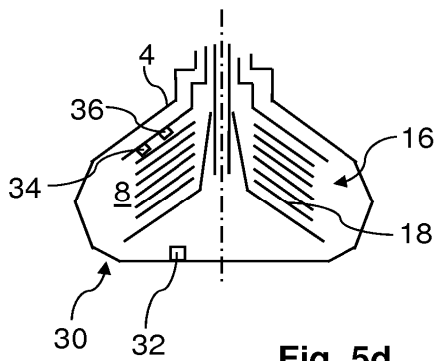


Fig. 5d

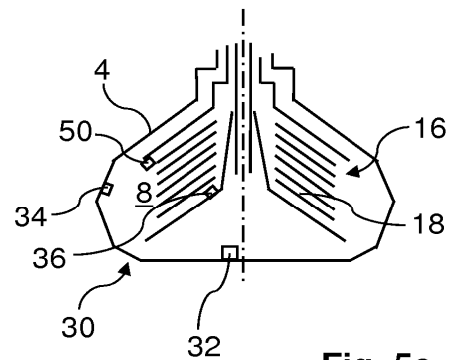


Fig. 5e

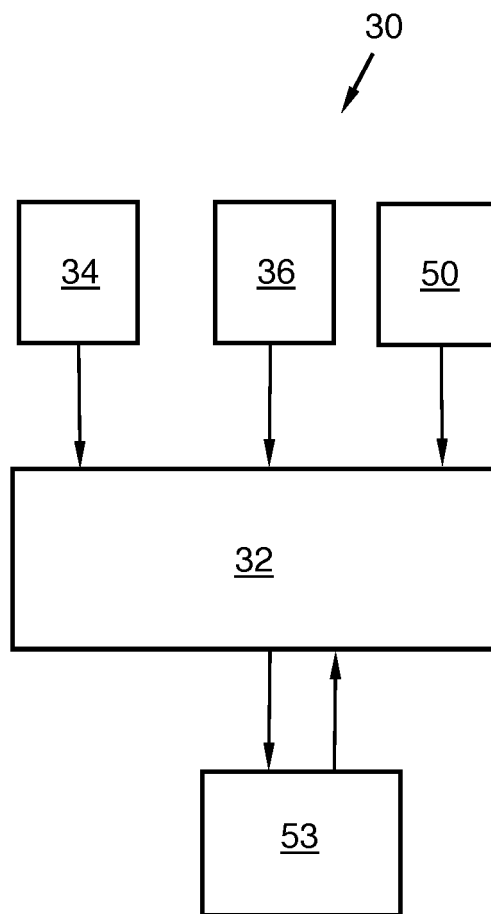


Fig. 6

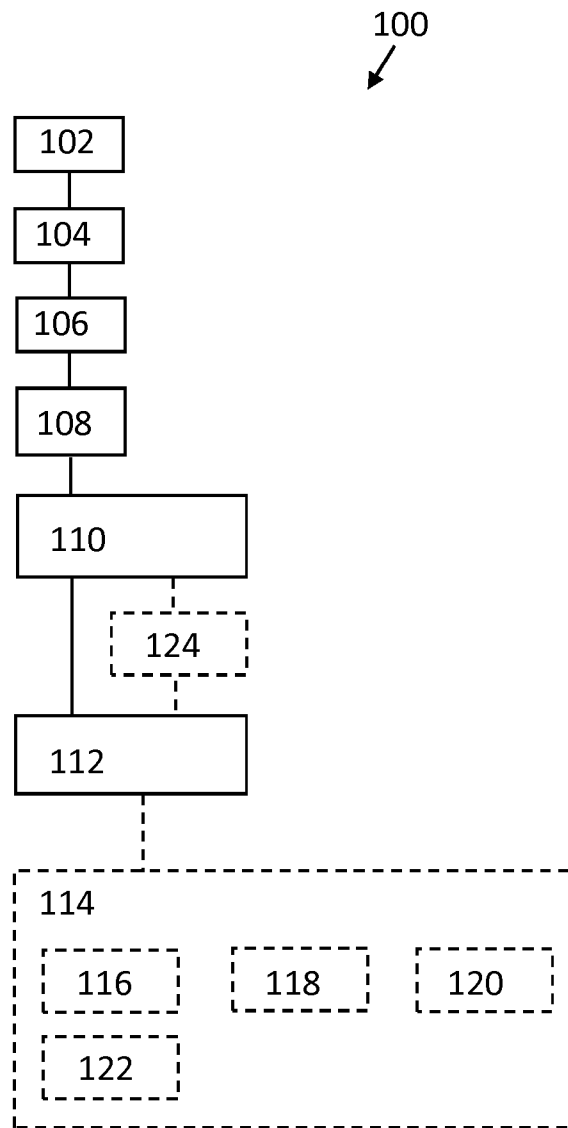


Fig. 7

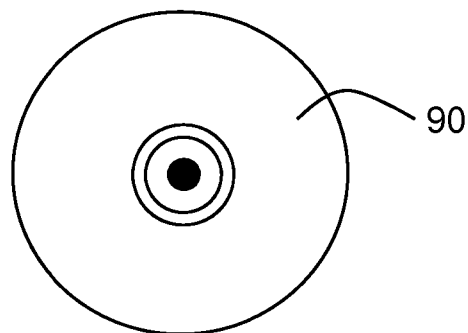


Fig. 8