

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 744**

51 Int. Cl.:

B01D 17/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2011 PCT/US2011/028037**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2011 WO2011115826**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2011 E 11709298 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 2547413**

54 Título: **Método de separación con un dispositivo colaescedor**

30 Prioridad:

04.05.2010 US 331011 P
15.03.2010 US 313844 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.06.2017

73 Titular/es:

DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
2040 Dow Center
Midland, Michigan 48674, US

72 Inventor/es:

KAR, KISHORE, K.;
SOMASI, MADAN;
COPE, RICHARD, F. y
NIES, KATHERINE, E.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 616 744 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

Método de separación con un dispositivo colaescedor

Antecedentes de la invención

Dispositivo coalescedor y método de separación.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a un método de separación que emplea el dispositivo coalescedor para coalescer material que comprende una fase de líquido dispersa de una emulsión.

Descripción de la técnica relacionada

10 Las industrias químicas y afines necesitan separar o coalescer una fase líquida dispersa de una emulsión que comprende la fase líquida dispersa y una fase líquida continua, en donde las fases líquidas dispersas y continuas son sustancialmente inmiscibles entre sí. Un ejemplo típico de tal emulsión es una emulsión de aceite-agua. El petróleo crudo extraído de los depósitos de petróleo normalmente está contaminado con agua en forma de emulsiones de aceite-agua. En efecto, el agua es la corriente de residuos de mayor volumen generados por los productores de petróleo y gas natural. El petróleo crudo debe ser eliminado de las emulsiones de aceite-agua antes de que el petróleo crudo pueda ser transportado o refinado y debe cumplir con los estándares de agua limpia antes de que el agua sea descargada. Otros ejemplos de tales emulsiones incluyen una variedad de fases orgánicas y/o acuosas inmiscibles tales como isopropanol-hexano, tolueno-agua y metacrilato-agua.

20 En la terminología de la técnica de separaciones, un "corte perfecto" significa separar toda una fase dispersa de una fase continua en la que las fases dispersa y continua comprenden una emulsión. Por ejemplo, con emulsiones de aceite-agua, un corte perfecto significa que puede haber una línea de demarcación clara entre una capa de aceite separada y una capa de agua separada sin una capa de "trapo" entre estas. La capa de trapo puede contener niveles diminutos de aceite dispersado en agua o viceversa, de acuerdo con si la emulsión aceite-agua comprendía una fase dispersa a base de aceite en una fase continua a base de agua o viceversa. En procesos de separación por gravedad por lotes y continuos, lograr una separación perfecta toma demasiado tiempo y produce un rendimiento incremental demasiado pequeño de material separado. Por lo tanto, un objetivo práctico para un proceso de separación aceite-agua en la industria de recuperación de petróleo es mantener una capa de trapo de tamaño aceptablemente pequeño mientras que se obtiene una calidad satisfactoria de aceite, agua o ambos separados, según el caso puede ser (por ejemplo, el petróleo separado se puede tomar de la parte superior de un tanque de separación, agua de un fondo del tanque de separación, o ambas). La relación de división y la eficiencia de separación del aceite son dos parámetros que se pueden usar para caracterizar la efectividad del proceso de separación aceite-agua y las purzas de las capas separadas obtenidas a partir de estas.

35 Para este fin se han ensayado en la industria numerosos dispositivos separadores de fase líquida dispersos y métodos de separación. Los ejemplos de tales dispositivos y métodos para separar emulsiones de aceite-agua son un método de separación y decantación basado en gravedad; uso de un dispositivo coalescedor tal como un sistema coalescente electrostático (ESCS); un separador de agua de petróleo de fondo de pozo (DOWS) tal como un dispositivo de hidrociclón; y un sistema de bombeo de doble acción (DAPS). La industria emplea el dispositivo coalescedor para acelerar la tasa de coalescencia de las gotas de aceite. El dispositivo de hidrociclones emplea la fuerza centrífuga para conducir el agua más pesada a un área exterior del dispositivo, que deja el aceite más liviano en un área interior del dispositivo. El sistema de bombeo de doble acción bombea aceite y una cantidad mínima de agua (por ejemplo, agua dulce o agua de mar) a una superficie con una operación de bombeo ascendente y, a continuación, bombea la mayor parte del agua bombeada hacia arriba en un pozo de agua. Mientras que el dispositivo coalescedor (por ejemplo, ESCS), DOWS y DAPS mejoran la separación del aceite del agua durante las separaciones con dispositivos basados únicamente en la gravedad, e incluso pequeñas mejoras de las tasas de separación del aceite de un pequeño porcentaje son significativas y valiosas para estas industrias, el dispositivo coalescedor, DOWS y DAPS aún son relativamente lentos, ineficientes o ambos.

45 Se han ensayado otros dispositivos separadores de aceite-agua y métodos de separación para separar el aceite de las emulsiones aceite-agua. Al menos uno de estos emplea un tubo de aspiración. La solicitud de patente japonesa número JP 55-132608 menciona, entre otras cosas, un separador para aceite y agua que separa el aceite por un mecanismo donde se forma un elevador de aire con una alimentación de aire en un tubo de aspiración (es decir, "cilindro de aspiración") dispuesto en un cilindro exterior. El cilindro exterior es para descargar y hacer circular un líquido de descarga y tiene una estructura de múltiples cilindros. El tubo de aspiración se construye mediante la conexión alternativa de las porciones de istmo de llenado de panal de abejas y las porciones de extensión con estrechamiento. La construcción del tubo de aspiración está diseñada para someter un líquido que pasa a su través a columnas de aire que ejercen alta presión, esfuerzo de cizallamiento y otras fuerzas.

55 También se han empleado tubos de aspiración en dispositivos para mezclar líquidos juntos. La patente de los Estados Unidos (US) 4.981.366 menciona, entre otras cosas, un dispositivo mezclador para mezclar líquidos dentro de un recipiente. El dispositivo utiliza al menos una bomba en comunicación fluídica con el líquido en el recipiente para crear

un flujo de corriente del líquido en un tubo de aspiración dispuesto dentro del recipiente, de este modo se mezcla los líquidos.

Los tubos de aspiración de los dispositivos de los documentos US 4.981.366 y JP 55-132608 carecen cada uno de un impulsor dispuesto en este. Sin embargo, se conocen impulsores dispuestos dentro de tubos de tracción para mezclar un gas con un líquido.

Se ha empleado un tubo de aspiración que tiene un impulsor dispuesto en este como medio para mezclar aire y un líquido de limpieza en seco contaminado en un dispositivo de extracción de solvente y operación para separar un líquido más pesado que agua del agua. La solicitud de patente alemana número DE 3401934 30 A1 menciona, entre otras cosas, un dispositivo de extracción de solvente para tratar agua contaminada con un líquido de densidad específica superior tal como aguas residuales de una operación de limpieza en seco.

Con referencia a las características numeradas y no enumeradas del dispositivo de extracción por solvente ilustrado en la Figura 1 del documento DE 3401934 A1, el dispositivo de extracción por solvente comprende, entre otras cosas, un recipiente interior (11). El recipiente interior (11) tiene dispuesto en el mismo una campana (38) y un cuerpo de tubo (34). El cuerpo de tubo (34) tiene dispuesto un dispositivo de transporte que comprende un eje (48) que tiene en su extremo inferior un propulsor (49). Una cámara de aireación está dispuesta dentro de la campana (38) del recipiente interior (11) por encima de la superficie del líquido (36). Durante la operación del dispositivo de extracción de solvente se hace pasar una corriente de aire a través de la cámara de aireación en la campana (38) y simultáneamente el dispositivo de transporte (48/49) pulveriza el líquido (agua contaminada) desde el recipiente interior (11) hasta la corriente de aire, de este modo se mezcla el agua contaminada y la corriente de aire juntos y que permite la extracción del líquido de densidad específica superior del agua contaminada.

También se ha empleado un tubo de aspiración que tiene un impulsor dispuesto en este en otro dispositivo para mezclar un gas y un líquido juntos. El número de patente de Estados Unidos reeditado RE 32 562 y su patente US original 4.454.077 mencionan, entre otras cosas, un dispositivo para mezclar un gas y un líquido juntos. El dispositivo comprende, entre otras cosas, un recipiente, un tubo de aspiración (es decir, "elemento de aspiración hueco cilíndrico") abierto en ambos extremos y que tiene un extremo superior que está ensanchado cónicamente, y un primer impulsor de flujo descendente de flujo axial ubicado dentro del tubo de aspiración y conectado a un eje giratorio. Como se muestra en la única Figura, el primer impulsor puede ser el impulsor helicoidal (6).

Por consiguiente, la técnica anterior muestra que un dispositivo que comprende un tubo de aspiración que tiene un impulsor dispuesto en este se puede emplear en un dispositivo para mezclar un gas con un líquido, ya sea como un extremo en sí mismo o como un preludeo para extraer el agua de un aire/mezcla contaminada que tiene un solvente más pesado que el agua. La técnica no enseña ni sugiere, y una persona experta en la técnica no estaría motivada para intentar a saber construir, un dispositivo de coalescencia que comprende un tubo de aspiración que tiene un impulsor dispuesto en el tubo de aspiración o emplearlo en método de separación por coalescencia de dos líquidos sustancialmente inmiscibles entre sí.

Las industrias químicas y afines necesitan un dispositivo coalescedor mejorado y un método de separación para eliminar una fase líquida dispersada de una emulsión que comprende la fase líquida dispersa y una fase líquida continua, en donde las fases líquidas dispersas y continuas son sustancialmente inmiscibles entre sí. Con preferencia, el dispositivo coalescedor mejorado puede ser de construcción sencilla, mecánicamente fácil de operar, tiene una huella de estado real menor por volumen unitario de material de fase líquida discontinua coalescida producida y proporciona un método de separación que es relativamente rápido y eficiente sin emplear altas presiones o aireación. Con más preferencia, tal dispositivo coalescedor y método pueden ser adaptables para su uso en operaciones de recuperación de petróleo en tierra y en alta mar.

Breve síntesis de la invención

En una primera forma de realización, la presente invención se refiere al uso en un método de separación de un primer líquido de una emulsión de un dispositivo coalescedor que comprende un recipiente, tubo de aspiración y un medio para producir un flujo vertical de fluido (medio que produce flujo vertical) que comprende un impulsor helicoidal que puede girar y comprende un primer elemento helicoidal. El primer elemento helicoidal tiene bordes delantero y trasero separados; un eje longitudinal; una longitud (L_e) a lo largo de su eje longitudinal; un ángulo de giro (T_e) de 90 grados ($^\circ$) a 360 $^\circ$ alrededor de su eje longitudinal; un diámetro (D_e) perpendicular a su eje longitudinal; y que tiene el tamaño adecuado para establecer una configuración del primer elemento helicoidal caracterizable por una relación matemática entre cada L_e y de $D_e \leq L_e \leq 2D_g$. Una emulsión está contenida en el recipiente, la emulsión que comprende un primer líquido en una fase dispersa y un segundo líquido en una fase continua, el primer y segundo líquidos que son inmiscibles entre sí; la emulsión que tiene un contenido inicial del segundo líquido y que necesita separación. El tubo de aspiración está dispuesto dentro del recipiente y está orientado en forma esencialmente vertical en la emulsión; y el impulsor helicoidal está dispuesto dentro del tubo de aspiración y operable para producir un flujo vertical de fluido a través de este (es decir, a través del tubo de aspiración), el dispositivo coalescedor que es operativo para coalescer un primer líquido de una emulsión cuando la emulsión está dispuesta en el recipiente en contacto operativo con el tubo de aspiración y el medio que produce flujo vertical. El método comprende girar el impulsor helicoidal dispuesto dentro del tubo de aspiración a una velocidad de rotación de 30 a 120 revoluciones por minuto y producir un flujo dirigido

verticalmente de la emulsión a través del tubo de aspiración y de este modo coalescer juntos al menos algo del primer líquido de la emulsión de modo de formar una primera capa de líquido coalescida que tiene un contenido reducido del segundo líquido, el contenido reducido del segundo líquido de la primera capa de líquido coalescida es menor que el contenido inicial del segundo líquido de la emulsión.

- 5 En una forma de realización adicional, la presente invención es un método de separación de partículas sólidas de un líquido que comprende una emulsión, el método que comprende activar un medio para producir un flujo vertical de fluido (medio que produce flujo vertical) dispuesto dentro de un tubo de aspiración, que a su vez se sumerge en una mezcla de partículas sólidas en una emulsión contenida en un recipiente; la mezcla que tiene un contenido inicial de las partículas sólidas y un contenido inicial de la emulsión y que necesita la separación; el tubo de aspiración se orienta
10 en forma esencialmente vertical en la mezcla y el medio que produce flujo vertical activado que produce un flujo dirigido verticalmente de la mezcla a través del tubo de aspiración, y de este modo concentran juntos al menos algo de las partículas sólidas de la mezcla para formar una capa de partículas sólidas concentrada que tiene un contenido reducido de la emulsión y una capa de emulsión concentrada que tiene un contenido reducido de las partículas sólidas, el contenido reducido de la emulsión de la capa de partículas sólidas concentrada que es menor que el contenido
15 inicial de la emulsión en la mezcla y el contenido reducido de las partículas sólidas de la capa de emulsión concentrada es menor que el contenido inicial de las partículas sólidas en la mezcla.

Como se usa en la presente, los términos "coalescer", "coalescido" y similares se refieren a combinar, combinado y similares de pequeños glóbulos del primer líquido de la fase discontinua (por ejemplo, aceite) en un todo unido, lo que produce que la combinación típicamente comprende una capa de primer líquido de la fase discontinua. La capa de
20 primer líquido de la fase discontinua forma sobre la parte superior de una capa de principalmente segundo líquido de la fase continua cuando la densidad del primer líquido es menor que la densidad del segundo líquido. La capa de primer líquido de la fase discontinua se forma sobre la parte inferior de una capa del segundo líquido de la fase continua cuando la densidad del primer líquido es mayor que la densidad del segundo líquido. En cualquier caso, a veces puede haber una capa de trapo entre las capas.

- 25 El término "emulsión" significa una suspensión íntima de glóbulos pequeños (por ejemplo, gotitas) de un primer líquido que comprende una fase discontinua de un segundo líquido que comprende una fase continua.

La expresión "esencialmente en forma vertical" significa orientado en un ángulo de 75 grados a 90 grados con respecto a un plano horizontal.

- 30 El término "rotación" significa movimiento alrededor de un eje del impulsor a una velocidad de rotación y en una dirección efectiva para facilitar la coalescencia del primer líquido de la fase dispersa de la emulsión.

La expresión "sustancialmente inmisible" significa que tiene un valor de solubilidad menor de 5 por ciento en peso.

- La expresión "flujo dirigido verticalmente" o "flujo vertical" significa un movimiento de un material en una ruta esencialmente ascendente hacia una posición más alta o esencialmente una ruta descendente hacia una posición inferior. La dirección del flujo es hacia arriba cuando el material mencionado anteriormente de la fase discontinua tiene
35 una densidad más baja que la densidad del material mencionado anteriormente de la fase continua y la dirección del flujo es hacia abajo cuando el material de la fase discontinua tiene una densidad más alta que la densidad del material de la fase continua.

La expresión "contenido del segundo líquido" significa una cantidad de fluido no gaseoso que comprende el segundo líquido con respecto a una cantidad total de primer y segundo líquidos, expresado como porcentaje.

- 40 El uso en un método de separación de un primer líquido de una emulsión de un dispositivo coalescedor de la primera forma de realización es independientemente útil para coalescer el primer líquido desde una fase dispersa de este en la emulsión. En su forma de realización más amplia, el método de separación de un primer líquido de una emulsión y dispositivo coalescedor carece de alta presión y aireación y, sin embargo, es capaz de coalescer el primer líquido de la emulsión de forma relativamente rápida y eficiente. El dispositivo coalescedor empleado en el método de separación
45 de un primer líquido de una emulsión es de construcción simple, operación mecánicamente fácil y adaptable para su uso en operaciones de recuperación de petróleo terrestre y en alta mar. En algunas realizaciones, la invención se caracteriza por un descubrimiento contradictorio por parte de los inventores de que la rotación del impulsor para producir el flujo vertical de la emulsión no provoca una mezcla adicional del primer y segundo líquidos de la emulsión sino que es efectivo para mejorar la tasa de coalescencia del primer líquido de la fase dispersa de este a partir de la emulsión. La rotación está en una dirección para producir un flujo dirigido hacia arriba o hacia debajo de acuerdo con
50 las densidades relativas del primer y segundo líquidos. Cuando la densidad del primer líquido es menor que la densidad del segundo líquido, la rotación está en una dirección para producir el flujo dirigido hacia arriba. Cuando la densidad del primer líquido es mayor que la densidad del segundo líquido, la rotación está en una dirección para producir el flujo dirigido hacia abajo. La velocidad de rotación baja efectiva es sustancialmente menor que la necesaria para mezclar el primer y el segundo líquidos juntos para dar una emulsión de estos. En un momento dado, t , la tasa de coalescencia mejorada resultante coalesce al menos un 20 por ciento más de primer líquido después de 40 minutos (y coalesce al menos un 100 por ciento más de primer líquido después de solo 20 minutos) que una tasa de coalescencia basada únicamente en la densidad, en donde cada tasa se determina con una misma emulsión y mediante la medición
55

de los tiempos respectivos para producir la primera capa líquida coalescida de una misma altura.

Ventajosamente, el método de la invención para separar partículas sólidas de un líquido 10 que comprende una emulsión acelera la velocidad de separación de partículas sólidas de la emulsión. Por ejemplo, los relaves finos de arenas bituminosas pueden tardar años para separarse del agua por sedimentación inducida únicamente por gravedad. El método de la invención para separar partículas sólidas de un líquido que comprende una emulsión 5 acelera la velocidad de separación de los relaves finos de arenas bituminosas de agua de tal manera que la separación se puede realizar en cuestión de horas o días.

La presente invención es especialmente útil en aplicaciones para coalescer cualquier primer líquido de una fase dispersa de este en la emulsión. La presente invención es especialmente útil en aplicaciones para eliminar aceite de agua o agua de aceite en una emulsión aceite-agua. Por ejemplo, la presente invención es especialmente útil en 10 aplicaciones para coalescer petróleo a partir de petróleo crudo contaminado con agua dulce obtenido de depósitos de petróleo terrestres (por ejemplo, recuperación de bitumen de arenas bituminosas) y petróleo crudo contaminado con agua de mar obtenidos de depósitos de petróleo de alta mar, tanto en la preparación del transporte y refinado del crudo.

Las realizaciones adicionales se describen en los dibujos adjuntos y el resto de la memoria descriptiva, que incluye las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Algunas formas de realización de la presente invención se describen en la presente en relación con los dibujos acompañantes, que asistirán al en la ilustración de varias características de las formas de realización.

La Figura (Fig.) 1 muestra un ejemplo de una forma de realización más preferida del dispositivo coalescedor de la primera forma de realización.

La Figura 2A (Fig. 2A) y Fig. 2B muestran algunos ejemplos de formas de realización preferidas del impulsor helicoidal.

La Fig. 3 muestra un ejemplo de una forma de realización preferida del elemento helicoidal.

La Fig. 4 muestra un ejemplo idealizado de una forma de realización de flujo continuo de mayor preferencia del dispositivo coalescedor de la primera forma de realización.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere al uso de un método de separación de un primer líquido de una emulsión de un dispositivo coalescedor resumido anteriormente. En algunas formas de realización, el dispositivo coalescedor que además comprende al menos un recipiente más, al menos un tubo de aspiración más, al menos un medio más para producir un flujo vertical de fluido, y menos un medio más para transferir secuencialmente un líquido de recipiente a recipiente, en donde hay tal tubo de aspiración dispuesto dentro de cada recipiente y tal medio que produce flujo vertical dispuesto dentro de cada tubo de aspiración y operativo para producir un flujo vertical de fluido a través de este. En algunas formas de realización el medio que produce flujo vertical comprende un impulsor y dos o más deflectores orientados verticalmente, el impulsor y dos o más deflectores orientados verticalmente están dispuestos en el interior y separados del tubo de aspiración de modo que la rotación del impulsor alrededor de un eje vertical produce un flujo de fluido dirigido verticalmente por los dos o más deflectores orientados verticalmente a través del tubo de aspiración. Un ejemplo del dispositivo coalescedor que comprende tal medio que produce flujo vertical se describe más adelante.

El medio que produce flujo vertical comprende al menos un impulsor helicoidal. Cada impulsor helicoidal está configurado de tal manera que la rotación del impulsor helicoidal alrededor de un eje vertical produce el flujo vertical del fluido a través del tubo de aspiración incluso en ausencia de deflectores orientados verticalmente. Con preferencia, no se emplean deflectores orientados verticalmente con el impulsor helicoidal. El medio que produce flujo vertical comprenden un impulsor helicoidal (giratorio) que está dispuesto verticalmente dentro y separado del tubo de aspiración operativo para producir un flujo vertical de fluido a través de este. El impulsor helicoidal puede ser de construcción continua (es decir, monolítico) o compuesto por una pluralidad de elementos impulsores helicoidales, cada uno de los elementos impulsores helicoidales tiene bordes delantero y trasero conectados en forma operativa secuencial entre sí de tal manera que un borde delantero de uno de los elementos helicoidales del impulsor está alineados paralelo a y en conexión operativa con el borde trasero de uno de los elementos de impulsor helicoidales adyacentes. Con preferencia, la conexión operativa entre elementos helicoidales adyacentes comprende una conexión operativa directa (por ejemplo, a través de una soldadura). La longitud total del impulsor helicoidal es de 0,5 veces a 1,0 veces la longitud del tubo de aspiración. Con más preferencia, el impulsor helicoidal es giratorio y comprende un primer elemento helicoidal, el primer elemento helicoidal se puede caracterizar por tener bordes delantero y trasero separados; un eje longitudinal; una longitud (L_e) a lo largo de su eje longitudinal; un ángulo de giro (T_e) de 90 grados ($^\circ$) a 360 $^\circ$ alrededor de su eje longitudinal; un diámetro (D_e) perpendicular a su eje longitudinal; y tiene las dimensiones adecuadas para establecer una configuración del primer elemento helicoidal caracterizable por una relación matemática entre cada L_e y de $D_e \leq L_e \leq 2D_e$. Un ejemplo del dispositivo coalescedor que comprende tal medio que

produce flujo vertical se muestra en la Fig. 1 y se describe más adelante.

En algunas formas de realización, la emulsión es una emulsión de aceite-agua. En algunas formas de realización la emulsión de aceite-agua comprende un primer líquido que es aceite, y un segundo líquido que es agua, en otras formas de realización la emulsión de aceite-agua comprende un primer líquido que es agua y un segundo líquido que es aceite. La presente invención contempla emplear cualquier emulsión de aceite-agua, que incluye emulsiones de agua y cualquier aceite. El término "aceite" significa una sustancia líquida que contiene hidrocarburos que es sustancialmente inmiscible en agua. Con preferencia, la sustancia comprende al menos 50 por ciento en peso, con más preferencia al menos 70% en peso, y aún con más preferencia al menos 90% en peso del hidrocarburo líquido. Los ejemplos de componentes oleosos de las emulsiones aceite-agua contempladas, aceite de petróleo crudo y sus destilados, bitumen y aceites vegetales (por ejemplo aceite de maíz, aceite de palma y aceite de oliva) y aceites sintéticos (por ejemplo, aceites lubricantes a base de silicona). Con preferencia, el aceite tiene una densidad más baja que el agua de la emulsión de aceite-agua que se separa. El término "agua" significa una sustancia líquida que tiene al menos 90 por ciento en peso de líquido de fórmula molecular H₂O. Los ejemplos de componentes acuosos de las emulsiones de aceite-agua contempladas son agua destilada, agua desionizada y agua de una fuente natural (por ejemplo, agua dulce o agua de mar). En algunas realizaciones la emulsión aceite-agua comprende además uno o más ingredientes adicionales tales como, por ejemplo, una o más de partículas sólidas (por ejemplo, partículas coloidales de arcilla o sílice), tensioactivos y aditivos de aceite.

En algunas formas de realización, la emulsión no es una emulsión aceite-agua, sino que en cambio comprende primer y segundo líquidos sustancialmente inmiscibles, el primer y el segundo líquidos son diferentes de aceite. Los ejemplos de primer y segundo líquidos diferentes de aceite son líquidos orgánicos inmiscibles en agua diferentes de hidrocarburos líquidos (por ejemplo, hidrocarburos líquidos sustituidos tales como aldehídos, cetonas, alcoholes y ésteres). En algunas realizaciones, la emulsión que no es una emulsión aceite-agua comprende además uno o más ingredientes adicionales tales como, por ejemplo, una o más partículas sólidas (por ejemplo, partículas coloidales de arcilla o sílice) y tensioactivos.

En algunas formas de realización, la emulsión no es una emulsión de aceite-agua sino que en cambio comprende gas y líquido sustancialmente inmiscibles y donde el método de invención denla segunda forma de realización comprende desgasificar la emulsión de modo de formar un líquido desgasificado.

Puede ser conveniente ilustrar en la presente ciertas características de la presente invención en el contexto de una emulsión aceite-agua. Un experto en la técnica puede ser capaz de adaptar fácilmente tales ilustraciones a emulsiones que no sean emulsiones aceite-agua y la presente invención contempla y pretende enseñar tales adaptaciones por medio de las ilustraciones.

En un evento en el que existe un conflicto entre lo que está escrito en la presente memoria descriptiva y lo que está escrito en una patente, una solicitud de patente o una publicación de solicitud de patente, o una porción de la misma que se incorpora por referencia, rige lo que está escrito en la presente memoria descriptiva.

En la presente solicitud, cualquier límite inferior de un rango de números, o cualquier límite inferior preferido del rango se puede combinar con cualquier límite superior del rango, o cualquier límite superior preferido del rango, para definir un aspecto o forma de realización del rango preferido. Cada rango de números incluye todos los números, tanto racionales como irracionales, incluidos dentro de ese rango (por ejemplo, el rango de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 incluye, por ejemplo, 1, 1,5, 2, 2,75, 3, 3,80, 4 y 5).

En un evento en el que hay un conflicto entre un valor unitario que se menciona sin paréntesis, por ejemplo, 2 pulgadas y un valor unitario correspondiente que se menciona entre paréntesis, por ejemplo, (5 centímetros), rige el valor unitario que se menciona sin paréntesis.

La palabra "opcionalmente" significa "con o sin". Por ejemplo, "opcionalmente, un tercer elemento helicoidal" significa con o sin un tercer elemento helicoidal.

Como se usa en la presente, "un", "una", "el/la", "al menos uno" y "uno o más" se usan de forma indistinta. En cualquier aspecto o forma de realización de la presente invención descrita en la presente el término "aproximadamente" en una frase que se refiere a un valor numérico se puede suprimir de la frase para dar otro aspecto o forma de realización de la presente invención. En los aspectos o realizaciones anteriores que emplean el término "aproximadamente", el significado de "aproximadamente" se puede interpretar a partir del contexto de su uso. Con preferencia, "aproximadamente" significa de 90 por ciento a 100 por ciento del valor numérico, de 100 por ciento a 110 por ciento del valor numérico, o de 90 por ciento a 110 por ciento del valor numérico. En cualquier aspecto o forma de realización de la presente invención descrita en la presente, los términos abiertos "que comprende", "comprende" y similares (que son sinónimos de "que incluye", "que tiene" y "caracterizado por") pueden ser reemplazados por las respectivas frases parcialmente cerradas "que consistente esencialmente en", "consiste esencialmente en" y similares o las respectivas frases cerradas "que consiste en", "consiste en" y similares para dar otro aspecto o forma de realización de la presente invención. En la presente solicitud, cuando se hace referencia a una lista precedente de elementos (por ejemplo, ingredientes), las frases "mezcla de estos", "combinación de estos" y similares significan dos o más, incluyendo todos los elementos enumerados. El término "o" usado en una lista de miembros, a menos que se indique lo contrario, se

refiere a los miembros listados individualmente así como en cualquier combinación, y avala realizaciones adicionales que mencionan cualquiera de los miembros individuales (por ejemplo, en una forma de realización que menciona la frase "10 por ciento o más", el "o" avala otra forma de realización que menciona "10 por ciento" y todavía otra forma de realización que menciona "más de 10 por ciento". El término "pluralidad" significa dos o más, en el que cada pluralidad se selecciona independientemente a menos que se indique otra cosa. Los términos "primero", "segundo", etc. sirven como un medio conveniente para distinguir entre dos o más elementos o limitaciones (por ejemplo, una primera silla y una segunda silla) y no implican cantidad u orden a menos que específicamente así se indique. Los símbolos " \leq " y " \geq " significan respectivamente menos o igual a y mayor de o igual a. Los símbolos " \leq " y " $>$ " respectivamente significan menor de y mayor de.

Esta memoria descriptiva se puede referir a ciertos estándares de ensayo bien conocidos promulgadas por ciertas organizaciones, que se mencionan en la presente por sus siglas. El acrónimo "ASTM" significa ASTM International, el nombre de una organización con sede en West Conshohocken, Pennsylvania, Estados Unidos. ASTM International fue conocida anteriormente como la American Society for Testing and Materials.

La Fig. 1 muestra un ejemplo de dispositivo coalescedor 70 que emplea un impulsor helicoidal, la forma de realización preferida del impulsor helicoidal que es el elemento helicoidal 50. En la Fig. 1, el dispositivo coalescedor 10 comprende eje cilíndrico 22, recipiente 30, tubo de aspiración 40, y un impulsor helicoidal que es el elemento helicoidal 50. El eje cilíndrico 22 es giratorio. El elemento helicoidal 50 en la Fig. 1 es idéntico al elemento helicoidal 50 de la Fig. 3. El recipiente 30 tiene una porción inferior 32 y porción de pared 34, espacio volumétrico cerrado 36, porción superior 38, y un diámetro interno D_c . En algunas formas de realización recipiente 30 define una abertura inferior (no indicada) a la porción inferior 32 y una abertura superior 15 (no indicada) en la porción superior 38 de modo de formar un cilindro abierto. En algunas formas de realización recipiente 30 es una porción inferior sellada 32 y define la abertura superior (no indicado) en la porción superior 38 de modo de formar un cilindro cerrado en un extremo inferior y abierto a un extremo superior. En algunas formas de realización, la porción superior 38 del recipiente 30 además define una abertura de salida (no mostrada, por ejemplo, la abertura superior mencionada anteriormente) y porción inferior 32 del recipiente 30 con preferencia define la segunda abertura de salida de líquido (no mostrado, por ejemplo, la abertura inferior mencionada anteriormente). Asimismo con preferencia una porción media (no indicado) del recipiente 30 define una abertura de entrada de la emulsión. El tubo de aspiración 40 tiene en eje longitudinal una abertura inferior del 42 y la porción de pared 44, Borde saliente hacia afuera 45, espacio volumétrico cerrado 46, abertura superior 48, una longitud vertical L_t (no indicado), y un diámetro interno D_t (descrito más adelante). El diámetro interno D_t del tubo de aspiración 40 con preferencia es aproximadamente 0,7 veces el diámetro interno D_c del recipiente 30. El elemento helicoidal 50 se dispone en el espacio volumétrico cerrado 46 del tubo de aspiración 40 de modo de estar separado de la porción inferior 42 del tubo de aspiración 40 por la distancia δ_b y está separado de la porción de pared 44 del tubo de aspiración 40. El diámetro D_e (no mostrado; ver Fig. 3) del elemento helicoidal 50 es aproximadamente la mitad del diámetro interno D_t del tubo de aspiración 40 (es decir, $D_e = 0,5 D_t$). La distancia δ_b del elemento helicoidal 50 de la porción inferior 42 del tubo de aspiración 40 es de 0 a 0,5 veces la longitud vertical L_t (no indicado) del tubo de aspiración 40 (es decir, $0 L_t \leq \delta_b \leq 0,5 L_t$). El impulsor helicoidal (por ejemplo, que comprende uno o más elementos helicoidales o que es un impulsor helicoidal continuo) tiene las dimensiones adecuadas de modo que con preferencia se extiende de $0,5 L_t$ a $1,0 L_t$ de longitud del tubo de aspiración 40. Los términos "diámetro interno" y "diámetro interior" son sinónimos y se usan de modo indistinto en la presente y los términos "diámetro externo" y "diámetro exterior" son sinónimos y se usan de modo indistinto en la presente.

El dispositivo coalescedor se ensambla 70 mediante la conexión operativa de un extremo inferior (no indicado) del eje cilíndrico 22 a un borde trasero (por ejemplo, 58 en la Fig. 3) del elemento helicoidal 50 tal como, por ejemplo, mediante soldadura; y dispone del tubo de aspiración 40 dentro de espacio volumétrico cerrado 36 del recipiente 30, y dispone del elemento helicoidal 50 en el espacio volumétrico cerrado 46 del tubo de aspiración 40, y conecta operativamente un extremo superior (no indicado) del eje cilíndrico 22 a un medio para rotación (por ejemplo, un motor agitador, no mostrado, descrito más adelante), que junto con el eje cilíndrico 22 con preferencia también funciona para mantener el elemento helicoidal 50 dentro del espacio volumétrico cerrado 46 del, y separado del, tubo de aspiración 40.

Los métodos de separación de la invención se pueden realizar en un modo de proceso discontinuo o modo de proceso continuo. Por ejemplo, realizar un modo de proceso discontinuo con el método de separación para separar un primer líquido de una emulsión de la segunda forma de realización que emplea el dispositivo coalescedor 70, por ejemplo, mediante la adición de una emulsión (no mostrada) al espacio volumétrico cerrado 36 del recipiente 30 del dispositivo coalescedor 70 para sumergir completamente el tubo de aspiración 40 y el elemento helicoidal 50. La activación de los medios de rotación (por ejemplo, un motor de agitador, no mostrado) para girar el elemento helicoidal 50 dentro de una porción de la emulsión (no mostrada) dispuesta en el interior del tubo de aspiración 40, que gira a una velocidad apropiada y en una dirección apropiada (es decir, en el sentido de las agujas del reloj como se muestra por la flecha 23 en la figura 2A o en sentido contrario a las agujas del reloj como se muestra por la flecha 24 en la figura 2B), de este modo se establece un flujo dirigido hacia arriba o hacia abajo (no mostrado) de la emulsión (no mostrado) a través del tubo de aspiración 40 y esencialmente paralelo a los ejes longitudinales (no mostrado, es decir, ejes verticales) del elemento helicoidal 50 y tubo de aspiración 40, de este modo coalesce al menos la mayor parte del primer líquido (de la fase dispersa) y el segundo líquido (de la fase continua) de la emulsión (no mostrado) para dar un primer líquido coalescido, el segundo líquido coalescido, o ambos (no mostrado). Una capa de primer líquido coalescido se puede recolectar en una porción superior 38 y una capa de segundo líquido coalescido en una porción inferior 32 del

recipiente 30, o viceversa de acuerdo con las densidades relativas del primer y segundo líquido. Un modo de proceso discontinuo para separar las partículas sólidas de la mezcla de partículas sólidas en el líquido de acuerdo con el método de separación de la invención de partículas sólidas del líquido se puede realizar de manera similar a la descripción anterior excepto que se reemplaza la emulsión por la mezcla.

- 5 Realizar un modo de proceso continuo con el método de separación de separar un primer líquido de una emulsión de la segunda forma de realización que emplea dos dispositivos coalescedores 70 en serie como se ilustra más adelante para la Fig. 4.

El dispositivo coalescedor empleado en los métodos de la invención (por ejemplo, el método de separación de un primer líquido de una emulsión), que incluye el dispositivo coalescedor 70, puede tener dimensiones adecuadas para cualquier método de separación de escala, desde escala de laboratorio hasta una escala de campo grande para uso, por ejemplo, en la operación de recuperación de petróleo en, por ejemplo, una plataforma de petróleo de ata mar o un sitio de depósito de arenas bituminosas. Un conjunto de dimensiones para escala de laboratorio se puede multiplicar por cualquier factor de escala (por ejemplo, 10 veces, 100 veces, o 222 veces) para dar un conjunto de dimensiones para la escala de campo grande.

- 15 Una escala de laboratorio adecuada para el elemento helicoidal 50, recipiente 30, y tubo de aspiración 40 es:

Un elemento helicoidal 50 que tiene una longitud L_e (es decir, altura, el eje longitudinal del elemento helicoidal 50 se orienta verticalmente) de 3,81 centímetros (cm) y diámetro de 2,54 cm;

Un recipiente 30 que tiene una altura de 54 cm, un diámetro interno de 6,35 cm, y un diámetro exterior de 6,99 cm; y

20 A tubo de aspiración 40 que tiene una longitud (es decir, altura, un eje longitudinal del tubo de aspiración 40 que se orienta verticalmente) de 5,72 cm, diámetro interno D_i de 4,32 cm, diámetro exterior de 4,72 cm, y un borde saliente hacia afuera de aproximadamente 0,32 cm a 0,64 de altura y un ángulo de apertura con respecto a la porción de pared 44 de 45 grados. Una velocidad de rotación para la versión en escala de laboratorio del impulsor helicoidal 11, especialmente que tiene un elemento helicoidal único 50, es de aproximadamente 30 revoluciones por minuto (rpm) a aproximadamente 120 rpm.

25 En algunas formas de realización el impulsor helicoidal además comprende uno o más elementos helicoidales adicionales (es decir, un segundo elemento helicoidal y, opcionalmente, un tercer, cuarto, etc. elemento helicoidal de acuerdo con numerosos elementos helicoidales adicionales), cada elemento helicoidal adicional caracterizable de modo independiente como se describió previamente y orientado de acuerdo con el primer elemento helicoidal de modo de producir una misma dirección de flujo vertical cuando el impulsor helicoidal gira tal como en un método de invención preferido (por ejemplo, método de separación a primer líquido de una emulsión de la segunda forma de realización) que emplea el dispositivo coalescedor de la primera forma de realización que comprende el impulsor helicoidal.

Las Fig. 2A y Fig. 2B muestran un ejemplo de una forma de realización preferida del impulsor helicoidal. En las Figs. 2A y 2B, el impulsor helicoidal 11 de cada figura es idéntico a cada uno de los otros y las Figs. 2A y 2B se usan para ilustrar diferentes aspectos del impulsor helicoidal 11. Cada impulsor helicoidal comprende el elemento helicoidal delantero 50, elemento helicoidal trasero 50A, medios de conexión 20 (por ejemplo, una soldadura; indicado solo en la Fig. 2A), y eje cilíndrico 22 (parcialmente cortado). El elemento helicoidal 50A es idéntico al elemento helicoidal 50, descrito más adelante e ilustrado en la Fig. 3. En las Figs. 2A y 2B, el impulsor helicoidal 11 está dispuesto en una orientación vertical preferida de modo que un elemento helicoidal trasero (50A) se dispone por encima de un elemento helicoidal delantero (50) de manera de formar un impulsor helicoidal continuo. En la Fig. 2B, el borde trasero (no indicado) del elemento helicoidal delantero 50 está en conexión operativa y esencialmente a nivel del borde delantero 56T del elemento helicoidal trasero 50A y el eje cilíndrico 22 está en conexión operativa (por ejemplo, a través de una soldadura) con el borde trasero 58T del elemento helicoidal trasero 50A. La Fig. 2A muestra el impulsor helicoidal 11 con una dirección de rotación en el sentido de las agujas del reloj, mirando hacia abajo desde arriba, indicado por la flecha 23, tal rotación en el sentido de las agujas del reloj, puede producir un flujo vertical dirigido hacia arriba. Fig. 2B muestra el impulsor helicoidal 11 con una dirección de rotación en sentido contrario a las agujas del reloj indicada por la flecha 24, tal rotación en sentido contrario a las agujas del reloj puede producir un flujo vertical dirigido hacia abajo. Los medios de conexión 20 están configurados de tal manera que disponen el borde delantero de uno de los elementos helicoidales adyacentes dentro de una distancia de separación (S_a) de y en un ángulo de desviación (a_a) al borde trasero del otro de los elementos helicoidales adyacentes de manera de establecer independientemente el espaciamiento relativo y la orientación entre los elementos helicoidales adyacentes caracterizables por una relación matemática entre S_a y cada una de sus L_e de $0L_e \leq S_a \leq L_e$ y un valor para a_a de 0° a 10° , respectivamente. En las formas de realización preferidas del impulsor helicoidal 11, $S_a = 0L_e$ (es decir, $S_a = 0$). El eje cilíndrico 22 (parcialmente cortado) es un ejemplo de un elemento de conexión accionable (descrito más adelante) y se conecta operativamente al elemento helicoidal trasero 50A por medio de una soldadura (no indicado). Se ensambla el impulsor helicoidal 11 mediante la soldadura de los elementos helicoidales delantero y trasero juntos 50 y 50a, y luego la soldadura eje cilíndrico 22 al elemento helicoidal trasero 50A, de este modo se ensambla el impulsor helicoidal 11.

La figura 3 muestra el elemento helicoidal 50 (idéntico al elemento helicoidal 50A, ver las Fig. 2A y 15B). Como se muestra en las Figs. 2A, 2B y 3, el elemento helicoidal 50 tiene un ángulo de giro preferido de 180 grados ($T_e = 180^\circ$),

un diámetro D_e , y longitud L_e . El elemento helicoidal 50 tiene un diámetro D_e y longitud L_e , en donde $D_e < L_e$. Tales elementos helicoidales se pueden obtener o adaptar a partir de una fuente comercial tal como, por ejemplo, un mezclador estático de la serie Kenics® KM comercializado por Chemineer Inc., Dayton, Ohio, Estados Unidos. (Chemineer, Inc. es una filial de Robbins & Myers, Inc.).

5 La Fig. 4 muestra un ejemplo idealizado de una forma de realización del dispositivo coalescedor de separación continua más preferida del dispositivo coalescedor de la primera forma de realización. En la Fig. 4 el dispositivo coalescedor de separación continua 100 se describe por conveniencia aquí en la separación de la emulsión mencionada anteriormente en la que el primer líquido mencionado anteriormente de la emulsión es menos denso que el segundo líquido de la emulsión mencionada anteriormente. Con preferencia, el primer líquido es un aceite, con más preferencia un aceite crudo, y el segundo líquido es agua (por ejemplo, agua dulce o agua de mar).

10 En la Fig. 4, el dispositivo coalescedor de separación continua 100 comprende tanque de retención-agitación 110; mezclador 130 (opcional; para usar en operaciones experimentales); bomba 140 (opcional; para usar en operaciones experimentales); bomba 143; bomba 145; bomba 147; rotámetro 150; rotámetro 154; válvulas 157; conductos 159; segundo recipiente de recolección de líquido 160; primer recipiente de recolección de líquido 164; primer recipiente 170; segundo recipiente 180; y primer, segundo y tercer motores de agitación (todos no mostrados).

15 En la Fig. 4, el tanque de retención-agitación 110 comprende una pluralidad de deflectores orientados verticalmente 112; válvula de drenaje de salida 114; eje de agitación 116; tres turbinas de cuchilla de 45 grados (PBT) 117, 118 y 119; y aberturas apropiadas (no indicadas). Las PBT 117, 118 y 119 están conectadas operativamente a y separadas secuencialmente entre sí a lo largo del eje de agitación 116 de tal manera que hay una PBT inferior 117, PBT media 118 y PBT superior 119. La PBT inferior 117 está dimensionada a una longitud menor que las longitudes de la PBT media 118 y PBT superior 119.

20 En la Fig. 4, el mezclador 130 tiene el tanque de mezcla 132.

25 En la Fig. 4, tanto el primer como el segundo recipiente 170 y 180 tienen entradas de líquido 173 y 183, respectivamente; primeras salidas de líquido 175 y 185, respectivamente; y segundas salidas líquidas 177 y 187, respectivamente. Los tubos de aspiración 172 y 182 están dispuestos respectivamente dentro de cada uno de los primeros y segundos recipientes 170 y 180. Los impulsores helicoidales 174 y 184 están dispuestos respectivamente dentro de los tubos de aspiración 172 y 182 y están cada uno en conexión operativa con los ejes de agitación 176 y 186, respectivamente.

30 El ensamblaje del dispositivo coalescedor de separación continua 100 mostrado en la Fig. 4 mediante la realización conexiones operativas y comunicaciones fluidas entre el tanque de retención-agitación 110; mezclador 130; bomba 140; bomba 143; bomba 145; bomba 147; rotámetro 150; rotámetro 154; segundo recipiente de recolección de líquido 160; primer recipiente de recolección de líquido 164; primer recipiente 170; segundo recipiente 15 usando conductos 159 y válvulas 157 como se muestra en la Fig. 4. Se coloca el eje de agitación 116 del tanque de retención-agitación 110 en conexión operativa con el primer motor de agitación (no mostrado), eje de agitación 176 en conexión operativa con el segundo motor de agitación (no mostrado), y eje de agitación 186 en conexión operativa con el tercer motor de agitación (no mostrado). La conexión del primer y segundo recipientes 170 y 180 en serie permite un proceso de separación continuo.

35 La operación del dispositivo coalescedor de separación continua 100 mostrado en la Fig. 4 se puede ilustrar de modo conveniente en un método de separación de aceite de una emulsión de aceite-agua. El uso del dispositivo coalescedor de separación continua 100 para separar el primer y segundo líquido de una emulsión que no es una emulsión de aceite-agua se puede realizar fácilmente mediante la adaptación del procedimiento descrito en la presente donde el primer líquido es menos denso que segundo líquido. Se emplea el dispositivo coalescedor de separación continua 100 en una operación de recuperación de petróleo en una forma de realización preferida del método de separación de un primer líquido de una emulsión de la segunda forma de realización. Se añade una emulsión de aceite-agua (por ejemplo, emulsión de aceite crudo-agua dulce o emulsión de aceite crudo-agua de mar) en el tanque de retención-agitación 110. Mediante el uso de bomba 143, se transfiere algo de la emulsión de aceite-agua desde el tanque de retención-agitación 110 por medio de la entrada de líquido 173 en el primer recipiente 170 a un nivel por encima de la primera salida de líquido 175. Se activa el segundo motor de agitación de modo de girar el impulsor helicoidal 174 dentro del tubo de aspiración 172 en el primer recipiente 170 a una velocidad de rotación efectiva para coalescer una fase dispersa de la emulsión de aceite-agua (por ejemplo, 60 rpm). Se deja a la emulsión de aceite-agua colapsar parcialmente durante un período de tiempo (por ejemplo, 1 hora) en el primer recipiente 170, y luego con la bomba 143 se comienza a introducir una corriente de alimentación de la emulsión de aceite-agua desde el tanque de retención-agitación 110 por medio de la entrada de líquido 173 en el primer 35 recipiente 170 a un caudal de flujo adecuado (por ejemplo, 70 mililitros por minuto (mL/min) Inmediatamente, utilizando la bomba 145, se inicia la alimentación de una capa de aceite parcialmente coalescida superior desde el primer recipiente 170 secuencialmente a través de la primera salida de líquido 175 y la entrada de líquido 183 al segundo recipiente 180. Se ajusta la potencia de flujo de salida de la bomba 145 a un caudal de flujo adecuado (por ejemplo, hasta 64 mL/min) para conseguir una condición de estado estacionario en el primer recipiente 170. Se abre la válvula abierta 179 en el fondo del primer recipiente 170 para drenar una fase acuosa desde el fondo del primer recipiente 170 al segundo recipiente de recolección de líquido 160 y se mantiene el caudal de flujo de la fase acuosa de salida para mantener el nivel de fluido

en el primer recipiente 170 constante (por ejemplo, aproximadamente 49 mL por minuto). Se activa el tercer motor de agitación (no mostrado) para girar el impulsor helicoidal 184 dentro del tubo de aspiración 182 en el segundo recipiente 180 a una velocidad de rotación efectiva para coalescer la fase dispersa restante de la capa de aceite parcialmente coalescida (por ejemplo, 60 rpm). Cuando la altura de una fase rica en aceite alcanza la primera salida de líquido 185 del segundo recipiente 180, se usa la bomba 147 para transferir un aceite purificado superior a través de la primera salida de líquido 185 al primer recipiente de recolección de líquido 164 a un caudal de flujo adecuado para mantener una condición de estado estacionario en el segundo recipiente 180 (por ejemplo, un caudal de flujo de rendimiento máximo de 36 ml/min). Al mismo tiempo que el aceite purificado se extrae de la primera salida de líquido 185 del segundo recipiente 180, se extrae una fase rica en agua de la segunda salida de líquido 187 del segundo recipiente 180 mediante la apertura de la válvula 189 para dar un caudal de flujo de fase rica en agua de modo que se mantenga un nivel de líquido constante en el segundo recipiente 180 (por ejemplo, aproximadamente 0,2 ml/min). Se recolecta la fase rica en agua en el segundo recipiente de recolección de líquido 160 o se la envía a un drenaje (como se indica mediante la flecha 199).

Se opera el dispositivo coalescedor de separación continua 100 mostrado en la Fig. 4 en una operación experimental en una forma de realización preferida del método de separación de un primer líquido de una emulsión de la segunda forma de realización. Se prepara una emulsión de aceite-agua de prueba mediante la adición de aceite, agua, y 0, 1, o más aditivos en el tanque de retención-agitación 110. Se drenan los ingredientes resultante por medio de la válvula 114 del tanque de retención-agitación 110 en la cámara de mezclado 132 del mezclador 130, se activa el mezclador 130, luego usando la bomba 140 se transfiere la emulsión de aceite-agua de prueba resultante de la cámara de mezclado 132 del mezclador 130 de nuevo al interior del tanque de retención-agitación 110. Se activa el primer motor de agitación (no mostrado) de modo de girar el eje 116 y las PBTs 117-119 en el tanque de retención-agitación 110 para mantener la emulsión de aceite-agua de prueba. Se mezclan los ingredientes durante un período de tiempo (por ejemplo, 1,5 horas) para proporcionar una emulsión de aceite-agua de prueba. Se continúa la operación experimental de manera similar al método de separación de un primer líquido de una emulsión descrita previamente para la operación de producción.

El impulsor empleado en los métodos de la invención comprende el impulsor helicoidal (por ejemplo, 11). Como se mencionó previamente, el impulsor helicoidal comprende uno o más elementos helicoidales (por ejemplo, 50), los elementos helicoidales están dispuestos dentro del tubo de aspiración (por ejemplo, 40). Cuando el impulsor helicoidal (por ejemplo, 11) comprende dos o más elementos helicoidales (por ejemplo, 50 y 50A), el impulsor helicoidal comprende un elemento helicoidal delantero (por ejemplo, 50); un elemento helicoidal trasero (por ejemplo, 50A); y un número N elementos helicoidales intermedios (no mostrado), en donde N es un número entero de 0 o mayor; y un número X significa para conexión (medios de conexión), en donde X equivale a 1 más N ($X = 1 + N$); los elementos helicoidales que tiene una misma dirección de giro (es decir, lateralidad); el impulsor helicoidal se configura de tal manera que los elementos helicoidales delantero, intermedio y trasero están alineados axialmente con y en conexión operativa secuencial entre sí, cada conexión operativa entre elementos helicoidales adyacentes comprende independientemente uno de los medios de conexión. De mayor preferencia es un impulsor helicoidal de forma esencialmente monolítica.

El tubo de aspiración (por ejemplo, 40) empleado en los métodos de la invención y en las formas de realización preferidas del dispositivo coalescedor de la primera forma de realización es abierto y comprende una pared cilíndrica (por ejemplo, 44), la pared que tiene porciones finales superior e inferior separadas (no indicado), cada porción final superior e inferior que definen independientemente aberturas superior e inferior separadas y opuestas (por ejemplo, 42 y 48), respectivamente, la pared cilíndrica define un espacio volumétrico cerrado (por ejemplo, 46) dentro del tubo de aspiración, el tubo de aspiración que tiene un eje longitudinal entre las aberturas superior e inferior; el flujo de fluido que causa que las porciones del impulsor (por ejemplo, elementos helicoidales 50 y 50A) (por ejemplo, 11) estén dispuestas dentro del espacio volumétrico cerrado del tubo de aspiración. Con preferencia, la porción final superior del tubo de aspiración es acampanada, es decir, la porción final superior del tubo de aspiración define un borde o reborde saliente hacia afuera (por ejemplo, 45). Con preferencia el ensanchamiento está en un ángulo de 0 grados a 90 grados, y con más preferencia de mayor de 0 grados a menor de 90 grados (por ejemplo, aproximadamente 45 grados), con respecto a la pared cilíndrica del tubo de aspiración. En algunas formas de realización el recipiente (por ejemplo, 30) define un estrechamiento hacia abajo por encima del tubo de aspiración (por ejemplo, 40) (el recipiente es más ancho en su parte superior que en un punto justo por encima del tubo de aspiración). En algunas formas de realización hay dos o más deflectores orientados verticalmente dispuestos dentro del tubo de aspiración.

Con preferencia el dispositivo coalescedor (por ejemplo, 70) además comprende un soporte del tubo de aspiración (no mostrado) dispuesto para sostener el tubo de aspiración (por ejemplo, 40). Los ejemplos de soportes del tubo de aspiración adecuados (no mostrado) son proyecciones de dedo (no mostradas) de la pared 34 del recipiente 30 y una suspensión de alambre (no mostrada), que se puede suspender de una porción superior (no indicada) del recipiente 30 cerca de la porción superior 38 o de una estructura de soporte (no mostrada) que está separada del dispositivo coalescedor (por ejemplo, 70).

En algunas formas de realización el tubo de aspiración (por ejemplo, 40) además comprende electrodos (no mostrado), medio para calentar el tubo de aspiración (no mostrado), o ambos. Los electrodos y los medios para calentar el tubo de aspiración son cada uno independientemente efectivos para aumentar la velocidad de coalescencia del primer líquido mencionado anteriormente de la emulsión útil en el método de separación de un primer líquido 30 de

una emulsión de la segunda forma realización en comparación con un tubo de aspiración que carece de estos.

El medio de rotación (no mostrado) puede operar al menos para girar el impulsor (por ejemplo, 11). Con preferencia el medio de rotación comprende un elemento de conexión accionable (por ejemplo, eje 22) y motor para girar el elemento de conexión accionable (no mostrado), el impulsor está en conexión operativa secuencial con el elemento de conexión accionable y motor. En algunas formas de realización, el elemento de conexión accionable (por ejemplo, eje 22) está en conexión operativa con el borde trasero (por ejemplo, 58T en la Fig. 2B) del trasero de los elementos helicoidales (por ejemplo, 50A en la Fig. 2B). Con preferencia el elemento de conexión accionable comprende un eje (por ejemplo, 22) y es capaz de conectar operativamente con el motor (por ejemplo, no mostrado), el medio de rotación es capaz de girar el impulsor (por ejemplo, 11) alrededor de su eje longitudinal (no indicado) en los métodos de la invención. Con preferencia, el motor es motor agitador (por ejemplo, motor agitador accionado por electricidad o por aire comprimido)

La invención contempla el empleo de recipientes (por ejemplo, 30) para mantener la emulsión útil en el método de la segunda forma de realización o la mezcla en el método de la tercera forma de realización. Se puede utilizar cualquier recipiente (por ejemplo, un recipiente) adecuado para los presentes fines, aunque especialmente en métodos de invención en los que el eje longitudinal (no indicado) del impulsor (por ejemplo, 11) no se mueve esencialmente respecto al eje longitudinal (no indicado) del recipiente, con preferencia la pared (por ejemplo, 34) del recipiente (por ejemplo, 30) es cilíndrica y de diámetro interior sustancialmente constante a lo largo de su eje longitudinal (no indicado). Los ejemplos de recipientes preferidos son tubería de petróleo, tanques de almacenamiento de petróleo, tanques de transporte de petróleo (por ejemplo, adaptados para ser transportados por camión, ferrocarril o barco), recipientes de separación y recipientes de reactor. En algunas formas de realización, el coalescedor (por ejemplo, 70) comprende además un soporte de recipiente (no mostrado) dispuesto para sostener el recipiente (por ejemplo, 30).

En algunas formas de realización, el espacio volumétrico cerrado (por ejemplo, 36) del recipiente (por ejemplo, 30) está en comunicación fluida con un exterior (no indicado) al recipiente (por ejemplo, 30) por medio de una abertura definida por la porción superior (por ejemplo, 38) del recipiente (por ejemplo, 30), una abertura definida por la porción inferior (por ejemplo, 32) del recipiente (por ejemplo, 30), o ambas. Con preferencia la porción inferior (por ejemplo, 32) del recipiente (por ejemplo, 30) está sellada excepto para 0, 1 o más salidas de líquido relativamente estrechas (en comparación con el diámetro del recipiente). En algunas realizaciones (especialmente aquellas que emplean una orientación horizontal anteriormente mencionada u orientación vertical inversa del impulsor), el dispositivo coalescedor (por ejemplo, 70) comprende además un medio de sellado (no mostrado), el medio de sellado está en contacto operativo de sellado con una porción (no indicado) del recipiente (30) proximal a su abertura y en contacto de sellado de baja fricción (es decir, que permite la rotación) con el elemento de conexión accionable (por ejemplo, eje 22) del impulsor (por ejemplo, 11), de modo de sellar el recipiente contra filtraciones de la emulsión allí contenida. Los ejemplos de los medios de sellado son un cojinete agitador, cubierta de escotilla y una combinación de estos.

El impulsor (por ejemplo, 11) y otros componentes (por ejemplo, tubo de aspiración (por ejemplo, 40) y recipiente (por ejemplo, 30)) del dispositivo coalescedor (por ejemplo, 70) de la presente invención se puede construir a partir de uno o más materiales conocidos para uso en la técnica. Los ejemplos de materiales son metales (por ejemplo, titanio), aleaciones metálicas (por ejemplo, acero, acero inoxidable y aleaciones HASTELLOY® (Haynes International, Inc.)), vidrio (por ejemplo, vidrio de borosilicato), cerámica, plástico (por ejemplo, polipropileno y politetrafluoroetileno), plástico reforzado (por ejemplo, plástico reforzado con fibra de vidrio) y combinaciones de estos. Los materiales de construcción preferidos para los impulsores (por ejemplo, 11) son metales y aleaciones metálicas tales como, por ejemplo, acero inoxidable número 316 y un polímero orgánico tal como, por ejemplo, un poli (ácido acrílico) o politetrafluoroetileno. Los materiales de construcción preferidos para tubos de aspiración (por ejemplo, 40) y recipientes (por ejemplo, 30) son, independientemente, vidrio (por ejemplo, vidrio de silicato, con preferencia vidrio de borosilicato), metales y aleaciones metálicas tales como, por ejemplo, acero inoxidable número 316 y un polímero orgánico tal como, por ejemplo, un poli (ácido acrílico) o politetrafluoroetileno.

El dispositivo coalescedor de la invención es capaz de separar un primer líquido de una emulsión, la emulsión que comprende el primer líquido en una fase dispersa y un segundo líquido en una fase continua, el primer y segundo líquidos son sustancialmente inmiscibles entre sí, la separación se puede caracterizar por una eficiencia de separación del primer líquido η_{eff}^1 de 75% o mayor.

Con preferencia, la eficiencia de separación del primer líquido η_{eff}^1 es 80% o mayor, con más preferencia 85% o mayor, aún con más preferencia 95% o mayor, e incluso con más preferencia 98% o mayor, en donde la eficiencia de separación del primer líquido η_{eff}^1 se determina de una manera similar a la determinación de la eficiencia de separación de aceite η_{eff} como se describe más adelante (es decir, los parámetros para el primer líquido pueden reemplazar los parámetros para el aceite y los parámetros para el segundo líquido pueden reemplazar los parámetros para el agua).

Con preferencia el primer líquido es un aceite y la eficiencia de separación del primer líquido η_{eff}^1 es la eficiencia de separación de aceite η_{eff} . La eficiencia de separación de aceite η_{eff} del método de separación de la invención de un primer líquido de una emulsión que emplea una forma de realización del dispositivo coalescedor de agua-aceite del dispositivo coalescedor de la primera forma de realización es 75% o mayor, con preferencia 80% o mayor, con más preferencia 85% o mayor, aún con más preferencia 95% o mayor, e incluso con más preferencia 98% o mayor, en donde la eficiencia de separación de aceite η_{eff} se determina como se describe más adelante.

El dispositivo coalescedor y el método de separación para separar un primer líquido de una emulsión de la presente invención proporcionan ventajosamente al menos una eficiencia de separación del 25% mayor (por ejemplo, eficiencia de separación de aceite, η_{eff}) para una relación dada del área superficial de unidad de emulsión a volumen unitario de la emulsión que las eficiencias de separación proporcionadas por columnas simples de separación asistida por gravedad. Como se usa en la presente, el término "área superficial de emulsión" significa área en sección transversal del recipiente que contiene la emulsión. El término "volumen unitario de emulsión" significa el volumen total de la emulsión cuando comienza el método de separación de la invención.

El dispositivo coalescedor de la invención se puede emplear en el método de la invención de separación de partículas sólidas de una emulsión que comprende un líquido, la emulsión que comprende un primer líquido en una fase dispersa y un segundo líquido en una fase continua, el primer y segundo líquidos son sustancialmente inmiscibles entre sí; la emulsión que tiene un contenido inicial del segundo líquido y que necesita separación; el tubo de aspiración está orientado en forma esencialmente vertical en la emulsión. En algunas formas de realización, el método además comprende el medio que produce flujo vertical activado que produce un flujo dirigido verticalmente de la emulsión a través del tubo de aspiración, y de este modo coalescer juntos al menos algo del primer líquido de la emulsión de modo de formar una primera capa de líquido coalescida que tiene un contenido reducido del segundo líquido, el contenido reducido del segundo líquido de la primera capa de líquido coalescida que es menor que el contenido inicial del segundo líquido de la emulsión, en donde la primera capa de líquido y la capa de partículas sólidas concentrada son las mismas. En algunas formas de realización, el método además comprende el medio que produce flujo vertical activado que produce un flujo dirigido verticalmente de la emulsión a través del tubo de aspiración, y de este modo coalescer juntos al menos algo del primer líquido de la emulsión para formar una primera capa de líquido coalescida que tiene un contenido reducido del segundo líquido, el contenido reducido del segundo líquido de la primera capa de líquido coalescida que es menor que el contenido inicial del segundo líquido de la emulsión, en donde la primera capa de líquido y la capa de líquido concentrada son las mismas. En algunas formas de realización, las partículas sólidas comprenden finos de arenas bituminosas (por ejemplo, arena, arcilla y similares). En algunas realizaciones, el dispositivo coalescedor de la invención se puede emplear en el método de la invención para separar partículas sólidas de un líquido que comprende una emulsión para separar el bitumen de las arenas bituminosas. Después de tal separación, los relaves finos de arena bituminosa pueden permanecer en la fase dispersa o en la fase continua, o separados como sedimento.

Los tamaños de las partículas sólidas que se pueden separar con el dispositivo coalescente de la invención en el método de la invención de la tercera forma de realización son típicamente de 1 micrón a 1000 micrones. El tamaño de partícula se puede medir como se describe más adelante. Las partículas sólidas y el líquido en la mezcla que se separan cada uno de modo independiente se pueden caracterizar por su densidad específica. La velocidad de separación de las partículas sólidas de la mezcla es una función de una diferencia entre la densidad específica de las partículas sólidas y la densidad específica del líquido, en donde la cuanto mayor es la diferencia, mayor es la velocidad de separación.

La emulsión separada en los métodos descritos en la presente puede ser igual o diferente.

La emulsión separada en los métodos descritos en la presente de modo independiente puede comprender adicionalmente un aditivo químico que, en algunas realizaciones de los métodos de la invención, se añade a la emulsión o mezcla para mejorar las separaciones. Los ejemplos de aditivos químicos útiles en los métodos de la invención son tensioactivos, dispersantes y floculantes. Los ejemplos de tensioactivos útiles son DOWFAX® 2A1 y METHOCEL® K-4M, ambos de The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, Estados Unidos. Los ejemplos de dispersantes útiles son polietilenglicol 35 (CARBOWAX™, Dow Chemical Company, Midland, MI, Estados Unidos). Los ejemplos de floculantes útiles son Polyox® y UCARFLOC® ambos de The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, Estados Unidos. Los tensioactivos son especialmente útiles para mejorar el método de separación de la invención al ayudar a mantener separadas las fases de aceite y agua. Los dispersantes son especialmente útiles para mejorar la invención cuando hay más de dos fases presentes y el dispersante se puede usar para separar cualquiera de las dos fases, que de otro modo no se pueden separar fácilmente. Los floculantes son especialmente útiles para mejorar el método de separación de la invención en la separación de partículas sólidas de una emulsión líquida.

Los métodos descritos en la presente pueden comprender una mezcla de reacción que aloja una reacción química, en la que la reacción química produce un cambio de fase (por ejemplo, quitar aceite de un líquido o precipitación de partículas sólidas, respectivamente) para formar la emulsión o mezcla que se separa en la segunda o tercera forma de realización, respectivamente.

En algunas realizaciones, los métodos de la invención comprenden además burbujear un gas (por ejemplo, aire, gas nitrógeno o gas dióxido de carbono) a través de la emulsión de mezcla que se separa, de este modo aumenta su velocidad de separación.

Una fase líquida discontinua en la emulsión que se separa en el método de separación de la invención para separar un líquido de una emulsión se puede caracterizar por el tamaño de la gotita del líquido de la fase líquida discontinua. En algunas realizaciones, el tamaño de las gotitas es de 1 micrón a 1000 micrones. El tamaño de las gotitas se puede medir como se describe más adelante. Se puede emplear el dispositivo coalescedor de la invención y el método de separación de la invención se puede llevar a cabo a cualquier temperatura adecuada para separar el primer líquido de

la emulsión. Con preferencia, la temperatura es desde una temperatura por encima del punto de congelación más alto de cualquiera de los líquidos de la emulsión hasta una temperatura por debajo del punto de ebullición más bajo de cualquiera de los líquidos de la emulsión. Por ejemplo, para separaciones de aceite/agua la temperatura es de aproximadamente 0 °C (es decir, aproximadamente el punto de congelación del agua a presión atmosférica estándar (101 kilopascales (kPa)), o un poco menor dependiendo del grado de depresión del punto de congelación debido a otros ingredientes de la emulsión) a aproximadamente 100 °C (es decir, aproximadamente el punto de ebullición del agua a presión atmosférica, o un poco más alto dependiendo del grado de elevación del punto de ebullición debido a otros ingredientes de la emulsión), preferiblemente de más de 0, con preferencia de más de 0 °C a menos de 100 °C, con más preferencia menos de 60 °C, aún con más preferencia menos de 40 °C, e incluso con más preferencia menos de 30 °C,

Se puede emplear el dispositivo coalescedor de la invención y el método de separación de la invención se puede llevar a cabo a cualquier presión adecuada para separar el primer líquido de la emulsión. Con preferencia la presión es de 5 libras por pulgada cuadrada (psi, es decir, 1 kPa) a 300 psi (es decir, 2070 kPa).

Materiales y métodos generales

15 Materiales:

El método y el dispositivo de la invención se pueden demostrar con un experimento a escala de laboratorio y una emulsión de aceite-agua. Otras escalas de equipo y emulsiones distintas de las emulsiones de aceite-agua se contemplan en la presente invención y se espera que se desempeñen como se describe a continuación y en los Ejemplos. Los aceites adecuados para formar las emulsiones de aceite-agua y que se separan de esta por coalescencia para el experimento incluyen el aceite nafténico SUNPAR 150® (aceite nafténico, propietario de la marca registrada Sun Oil Company, Filadelfia, Pennsylvania, Estados Unidos, proveedor RE Carroll, Trenton, New Jersey, Estados Unidos), aceite de parafina CORSOL™ 500 (aceite de parafina, propietario de marca PRP Industries, Inc., Muskegon, Michigan, Estados Unidos, proveedor RE Carroll) y aceite MOBILGEAR 629® (Mobil Oil Corp., Fairfax, Virginia, Estados Unidos). Los aditivos de aceite adecuados para usar como ingredientes adicionales en el experimento incluyen DOWFAX® 2A1 y METHOCEL® K-4M, ambos de The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, Estados Unidos. DOWFAX® 2A1 es una mezcla de 46% en peso de bencenoxibisopropilsulfonato de sodio (Número de registro Chemical Abstracts Service (CAS) (Reg N.º) 119345-04-9), 1% en peso de sal disódica de ácido sulfúrico (CAS Reg N.º 7757-82-6), y agua (52% en peso). Se utiliza METHOCEL® K-4M como una solución de hipromelosa 2280 1% en peso (CAS Reg N.º 9004-65-3) en agua (99% en peso).

30 La hipromelosa es la abreviatura de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC). Los tensioactivos adecuados para usar como ingredientes adicionales en el experimento incluyen tensioactivos de la serie TERGITOL™ 15-S (Union Carbide Corp., Midland, Michigan, EUA), tensioactivos de la serie ECOSURF™ EH y tensioactivo TERGITOL™ NP-9, así como otros tensioactivos y estabilizantes de The Dow 20 Chemical Company. Un TERGITOL™ 15-S preferido es TERGITOL™ 15-S-9. TERGITOL™ 15-S-9 es una mezcla de más de 97% en peso de etoxilato de alcohol secundario (CAS Reg N.º 84133-50-6), menos de 3% en peso de polietilenglicol (CAS Reg N.º 25322-68-3) y menos de 2% en peso alcoholes secundarios (C₁₂-C₁₄) (CAS Reg N.º 126950-60-5). Un E ECOSURF™ EH preferido es ECOSURF™ EH-9. ECOSURF™ EH-9 es mayor que 99% en peso de 2-etil-hexanol EO-PO25 no iónico (CAS Reg. 64366-70-7). TERGITOL™ NP-9 es una mezcla de más de 97% en peso de alfa-(4-noniifenil) -omega-hidroxi-poli (oxi-1,2-etanodiol) ramificado (CAS Reg N.º 127087-87-0); menos de 3% en peso de polietilenglicol (CAS Reg N.º 25322-68-2); y menos de 2% en peso de dinoniifenil polioximetileno (CAS Reg N.º 9014-93-1). El agua adecuada para formar las emulsiones aceite-agua para el experimento incluye agua corriente fresca, agua de mar y agua desionizada.

Las composiciones de Polyox™ WSR-303 y UCARFLOC 309TM tiene más de 95% de óxido de poli(etileno) (CAS Reg. 25322 - 68 - 3), menos de 3% de sílice de humo (CAS Reg N.º 112945-52-5) y menos de o igual 1% de calcio.

45 Se proporcionan cuatro recipientes idénticos, cada recipiente tiene una altura de 254 cm, un diámetro interior de 6,35 cm y un diámetro exterior de 6,99 cm.

Relación de división:

Para un dispositivo coalescedor en funcionamiento que tiene una primera velocidad de un fluido de emulsión que entra en el dispositivo, la primera velocidad se llama "caudal de flujo de entrada" y una segunda velocidad de fluido tratado que sale del dispositivo a través de una salida de líquido superior, la segunda velocidad se llama "tasa de desbordamiento". El término "relación de división" (*F*) significa una relación de la velocidad de desbordamiento respecto al caudal de flujo de entrada tal como se da en la ecuación (1):

$$F = \frac{Q_{desbordamiento}}{Q_{entrada}} \cdot 100\% \quad (1)$$

donde F es la relación de división; $Q_{desbordamiento}$ es la velocidad de desbordamiento; y $Q_{entrada}$, es el caudal de flujo de entrada

5 Eficiencia de separación de aceite:

Para un dispositivo coalescedor de aceite-agua en funcionamiento que tiene una tercera velocidad de una porción de aceite de un fluido de emulsión de aceite-agua que entra en el dispositivo, la tercera velocidad que se llama "caudal de flujo de entrada de aceite" y una cuarta velocidad de una porción de aceite del fluido tratado que sale del dispositivo a través de una salida de líquido superior, la cuarta velocidad que se llama "tasa de desbordamiento de aceite", el término "eficiencia de separación de aceite" (η_{eff}) 'significa una relación entre la tasa de desbordamiento de aceite y el caudal de flujo de entrada de aceite dado en la ecuación (2):

$$\eta_{eff} = \frac{Q_{desbordamiento\ de\ aceite}}{Q_{entrada\ de\ aceite}} \cdot 100\% \quad (2)$$

donde η_{eff} es la eficiencia de separación de aceite; $Q_{desbordamiento\ de\ aceite}$ es la velocidad de desbordamiento de aceite; y $Q_{entrada\ de\ aceite}$ es el caudal de flujo de entrada de aceite.

Una primera concentración de aceite en el fluido de emulsión aceite-agua que entra en el dispositivo coalescedor de aceite-agua, la primera concentración se denomina "concentración de entrada de aceite"; una segunda concentración de aceite en el fluido tratado que sale del dispositivo coalescedor de aceite-agua a través de un salida de líquido inferior, la segunda concentración se llama la "concentración de subflujo de aceite" y una quinta velocidad de otra porción de aceite del fluido tratado que sale del coalescedor de aceite-agua a través de la salida de líquido inferior, la quinta velocidad llamada "velocidad de subflujo de aceite "se puede usar para modificar la ecuación (2) usando las relaciones de continuidad para el flujo de aceite mostrado en la ecuación (3) o (4):

$$Q_{entrada\ de\ aceite} = Q_{desbordamiento\ de\ aceite} + Q_{subflujo\ de\ aceite} \quad (3)$$

$$Q_{entrada} \times C_{entrada-aceite} = Q_{desbordamiento-aceite} \times C_{desbordamiento-aceite} + Q_{subflujo} \times C_{subflujo\ de\ aceite}$$

donde $C_{entrada\ de\ aceite}$ es la concentración de entrada de aceite; $C_{subflujo\ de\ aceite}$ es la concentración del subflujo de aceite; $Q_{subflujo\ de\ aceite}$ es el caudal de subflujo de aceite; y $Q_{desbordamiento\ de\ aceite}$ y $Q_{entrada\ de\ aceite}$ son como se definen para la ecuación (2). Usando las relaciones de continuidad para el flujo de aceite, eficiencia de separación de aceite η_{eff} de la ecuación (2) entonces como se muestra en la ecuación (5):

$$\eta_{eff} = \frac{Q_{entrada\ de\ aceite} - Q_{desbordamiento\ de\ aceite}}{Q_{entrada\ de\ aceite}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{eff} = \left[1 - \frac{Q_{subflujo\ de\ aceite}}{Q_{entrada\ de\ aceite}} \right] \cdot 100\%$$

$$\eta_{eff} = \left(1 - \frac{Q_{subflujo} \times C_{subflujo\ de\ aceite}}{Q_{entrada} \times C_{entrada-aceite}} \right) \cdot 100\%$$

Cabe destacar que cuando $C_{subflujo\ de\ aceite}$ aproxima a cero, la eficiencia de separación de aceite se aproxima a la eficiencia de separación de aceite.

Método de medición de tamaño de partícula: ASTM E2651-08 (Standard Guide for Powder Particle Size Analysis).

- 5 Método de medición de tamaño de la gotita: ASTM E799-03 (Standard Practice for Determining Data Criteria and Processing for Liquid Drop Size Analysis).

PREPARACIONES.

Preparaciones 1a y 1b: emulsión de aceite-agua homogénea 1

- 10 Preparar dos lotes iguales la y 1b de una emulsión aceite-agua homogénea de la siguiente manera. Para cada lote mezclar agua desionizada (566 gramos (g)) y 0,15 g de aditivo DOWFAX™ 2A1 activo 48% en peso en un vaso de precipitados de 1 litro utilizando un mezclador OMNI ES que gira a 6000 rpm durante 5 minutos. Se añaden a la mezcla resultante 250 g de aceite nafténico Sunpar 150®, y se mezcla durante 10 minutos adicionales, se forma una emulsión homogénea aceite-agua 1 con esta. La emulsión de aceite-agua tiene un tamaño medio de gotita de aceite de aproximadamente 150 micrones (µm) según se mide con un analizador de tamaño de partícula Coulter. Utilizar inmediatamente como se describe más adelante en el Ejemplo Comparativo 1 y en el Ejemplo 1.
- 15

Preparaciones 2a y 2b: Emulsión de aceite-agua homogénea 2

- 20 Preparar dos lotes iguales 2a y 2b de una emulsión aceite-agua homogénea de la siguiente manera. Para cada lote mezclar 500 g de agua desionizada y 70 g de METHOCEL K-4M 1% en peso de agua en un vaso de precipitados de 1 litro utilizando un mezclador OMNI ES a 6000 rpm durante 5 minutos. Se añaden a la mezcla resultante 250 g de aceite Mobilgear 629®, y se agita durante 10 minutos adicionales, se forma una emulsión de aceite-agua 2 homogénea con esta. La emulsión de aceite-agua tiene un tamaño medio de gotita de aceite de aproximadamente 150 micrones (µm) según se mide con un analizador de tamaño de partícula Coulter. Utilizar inmediatamente como se describe más adelante en el Ejemplo Comparativo 2 y en el Ejemplo 2.

Preparación 3

- 25 Se proporciona al menos la bomba de engranajes; mezclador; motor de agitación; y porciones del tanque de retención-agitación de la versión a escala de laboratorio del dispositivo coalescedor de separación continua 100 de la Fig. 4. En la Preparación 3, la bomba de engranajes es una bomba de engranajes MICROPUMP™ L4RT (Micropump Corp., Concord, California, Estados Unidos) (número de parte 81373, no mostrada). En la Preparación 3, el mezclador es un mezclador SILVERSON™ (Silverson Machines Ltd., Waterside, Chesham Bucks, Inglaterra) equipado con un tamiz de emulsión y una cámara de mezclado que tiene aberturas apropiadas (no indicadas). En la Preparación 3, el motor de agitación es un motor LEESON™ de tres cuartos de potencia de caballo (Leeson Electric Corp., Grafton, Wisconsin, EUA) que funciona hasta 1760 rpm. En la Preparación 3, el tanque de retención-agitación tiene un diámetro de 12 pulgadas (30 cm) y una altura de 23 pulgadas (58 cm) y es de forma cilíndrica y está hecho de vidrio. El tanque de tanque de retención-agitación está equipado con 4 deflectores orientados verticalmente; una válvula de drenaje de salida; un eje de agitación y tres turbinas de cuchilla de 45 grados (PBT) conectadas operativamente a esta; y aberturas apropiadas (no indicadas). Las PBT están espaciadas secuencialmente en forma vertical a 6 pulgadas de
- 30
- 35

distancia entre sí a lo largo del eje de agitación de tal manera que existe un impulsor inferior, medio y superior. La rotación de la PBT inferior define un círculo de 4 pulgadas (10 cm) de diámetro y la rotación de la PBT media y superior define círculos que tienen un diámetro de 5,5 pulgadas (14 cm). El eje de agitación y el PBT son accionados por el motor Leeson.

5 Se preñan una emulsión de aceite-agua que comprende componentes 36,1 libras (16,4 kilogramos (kg)) de agua, 15,48 libras (7,02 kg) de METHOCEL K-4M 1% en peso de agua, y 5,02 libras (2,28 kg) de aceite de MOBILGEAR™ 629 de la siguiente manera. Se añade el agua, METHOCEL K-4M 1% en peso de agua, y aceite MOBILGEAR™ 629 al tanque de retención-agitación. Se transfieren los componentes resultantes a través de la válvula de drenaje de salida del tanque de retención-agitación a la cámara de mezclado del mezclador SILVERSON™ L4RT y se ajusta la velocidad de rotación del mezclador a 6000 rpm durante 1,5 horas para dar la emulsión de aceite-agua. Se hace pasar la emulsión de aceite-agua resultante al tanque de retención-agitación por medio de la bomba de engranaje MICROPUMP™. Se activa el motor de agitación LEESON™ para girar el eje de agitación y las PBTs del tanque de retención-agitación (por ejemplo, 60 rpm) y mantener la emulsión de aceite-agua hasta que esté lista para usar en un experimento de separación.

15 Ejemplos comparativos

Se proporcionan en la presente ejemplos comparativos como un contraste con ciertas formas de realización de la presente invención y no significa que se interpreten como de la técnica anterior o como ejemplos representativos de no invención.

Ejemplo comparativo 1: Separación basada en densidad del aceite de la emulsión homogénea aceite-agua 1

20 En uno de los cuatro recipientes idénticos, no se añade el equipo del dispositivo coalescedor. Inmediatamente después de la preparación, se añaden uno de los dos lotes de la emulsión homogénea aceite-agua 1 al recipiente. Periódicamente en el tiempo, t , se mide la altura de una capa de aceite coalescida en formación y se calcula la recuperación porcentual volumen/volumen (% v/v) del aceite utilizado. Se mide en el tiempo, t , la altura de la capa de aceite coalescida desde la parte superior del líquido en el recipiente hasta la parte inferior de la capa de aceite coalescida. Se calcula el tiempo, t , el % v/v dividiendo el volumen de la emulsión homogénea aceite-agua 1. Los resultados se tabulan más adelante en la Tabla 1.

Ejemplo comparativo 2: Separación basada en densidad del aceite de la emulsión homogénea aceite-agua 2

30 En otro de los cuatro recipientes idénticos, no se añade el equipo del dispositivo coalescedor. Inmediatamente después de la preparación, se añaden uno de los dos lotes de la emulsión homogénea aceite-agua 2 al recipiente. Se observan resultados cualitativamente similares a los del Ejemplo comparativo 1.

A continuación se describen ejemplos no limitativos de la presente invención. En algunas realizaciones, la presente invención es como se describe en cualquiera de los Ejemplos. Las realizaciones preferidas de la presente invención incorporan una limitación, y más preferiblemente cualquiera de las dos, limitaciones de los Ejemplos, cuyas limitaciones sirven de este modo sirven como base para las reivindicaciones modificadoras.

35 Ejemplos de la presente invención.

Ejemplo 1: Separación de la invención de aceite de la emulsión de aceite-agua 1 homogénea

40 En otro de los cuatro recipientes, se dispone el elemento helicoidal 50 dentro del tubo de aspiración 40, ambos de la Fig. 1. El tubo de aspiración 40 tiene una longitud (es decir, altura, un eje longitudinal del tubo de aspiración 40 que está orientado verticalmente) de 5,72 cm, diámetro interno D_i de 4,32 cm, diámetro exterior de 4,72 cm, y un borde saliente hacia afuera de aproximadamente 0,32 cm a 0,64 cm de altura del borde y un ángulo de apertura con respecto a la porción de pared 44 de 45 grados. El elemento helicoidal 50 tiene una longitud L_e (es decir, altura, el eje longitudinal del elemento helicoidal 50 que está orientado verticalmente) de 3,81 centímetros (cm) y diámetro de 2,54 cm y está en conexión operativa con el eje 22 como se muestra en la Fig. 1. Se conecta el eje 22 a un mezclador Servodyner. Inmediatamente después de la preparación, se añaden uno de los dos lotes de la emulsión homogénea aceite-agua 1 al recipiente. Se activa el mezclador Servodyner para girar el elemento helicoidal 50 y el eje 22 a una velocidad de rotación de 60 rpm. Periódicamente en el tiempo, t , se mide la altura de una capa de aceite coalescida en formación y se calcula la recuperación porcentual volumen/volumen (% v/v) del aceite utilizado. Se mide en el tiempo, t , la altura de la capa de aceite coalescida desde la parte superior del líquido en el recipiente hasta la parte inferior de la capa de aceite coalescida. Se calcula el tiempo, t , el % v/v dividiendo el volumen de la capa de aceite coalescida en volumen de aceite nafténico SUNPAR™ 150 usado en la emulsión de aceite-agua 1 homogénea. Los resultados se tabulan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Tasas de separación de aceite de la emulsión de aceite-agua 1 homogénea

Tiempo t (minutos)	Ejemplo comparativo 1 Altura del aceite (cm)	Ejemplo 1 Altura del aceite (cm)	Ejemplo comparativo 1 Volumen de recuperación de aceite (v/v %)	Ejemplo 1 Volumen de recuperación de aceite (v/v %)
0	0	0	0	0
5	0,94	3,66	11,7	44,8
10	1,6	5,46	19,6	66,8
15	2,18	6,1	27,1	74,6
20	2,95	6,71	36,6	82,1
25	3,94	7,04	48,9	86,1
30	5,11	7,44	63,4	91,1
35	5,94	7,67	73,9	93,9
40	6,40	7,75	79,5	94,8

La velocidad de coalescencia mejorada resultante en el Ejemplo 1 es 289% más aceite recuperado a t = 5 minutos; 247% más aceite recuperado a t = 10 minutos; 179% más aceite recuperado a t = 15 10 minutos; 128% más aceite recuperado a t = 20 minutos; 79% más aceite recuperado a t = 25 minutos; 46% más aceite recuperado a t = 30 minutos; 29% más aceite recuperado a t = 35 minutos; y 21 % más aceite recuperado a t = 40 minutos en comparación con la cantidad de aceite recuperado en los mismos tiempos usando las velocidades de coalescencia basadas solo en la densidad correspondiente en los mismos tiempos t en el Ejemplo Comparativo 1, en donde cada velocidad se determina con una misma emulsión aceite-agua y mediante la medición de veces respectivas para producir la capa de aceite coalescida de una misma altura.

5

10 Ejemplo 2: Separación de la invención de aceite de la emulsión de aceite-agua 2 homogénea

En otro de los cuatro recipientes, se dispone el elemento helicoidal 50 dentro del tubo de aspiración 40, ambos de la Fig. 1. El tubo de aspiración 40 tiene una longitud (es decir, altura, un eje longitudinal de tubo de aspiración 40 que está orientado verticalmente) de 5,72 cm, diámetro interno D_i de 4,32 cm, diámetro exterior de 4,72 cm, y un borde saliente hacia afuera de aproximadamente 0,32 cm a 0,64 cm de altura del borde y un ángulo de apertura con respecto a la porción de pared 44 de 45 grados. El elemento helicoidal 50 tiene una longitud L_e (es decir, altura, el eje longitudinal del elemento helicoidal 50 que está orientado verticalmente) de 3,81 centímetros (cm) y diámetro de 2,54 cm y está en conexión operativa con el eje 22 como se muestra en la Fig. 1. Se conecta el eje 22 a un mezclador Servodyner. Inmediatamente después de la preparación, se añaden uno de los dos lotes de la emulsión homogénea aceite-agua 2 al recipiente. Se activa el mezclador Servodyner para girar el elemento helicoidal 50 y el eje 22 a una velocidad de rotación de 60 rpm. Se observan resultados cualitativamente similares a los del Ejemplo 1.

15

20

Ejemplo 3: Separación del aceite de una emulsión de aceite-agua

Se usa la versión de escala de laboratorio del dispositivo coalescedor de separación continua 100 de la Fig. 4 descrito parcialmente en la Preparación 3. En el Ejemplo 3 el Recipiente 1 (por ejemplo, primer recipiente 170) y Recipiente 2 (por ejemplo, segundo recipiente 180) tiene una longitud (es decir, altura) de 32 pulgadas (81 cm), un diámetro interior de 4 pulgadas (10 cm), y un espesor de pared de un cuarto de pulgada (0,64 cm). El Recipiente 1 tiene un puerto de entrada de líquido 19,5 pulgadas (49,5 cm) desde la parte superior del Recipiente 1. El Recipiente 2 tiene una entrada de líquido colocada a 20,5 pulgadas (52,1 cm) desde la parte superior del Recipiente 2. Ambos Recipientes 1 y 2 también tienen las dos salida de líquido: una primera salida de líquido a 5 pulgadas (13 cm) de las partes superiores de los Recipientes 1 y 2 y una segunda salida de líquido en las partes inferiores de los Recipientes 1 y 2.

25

30

35

En el Ejemplo 3 el tubo de aspiración se dispone dentro de cada uno de los Recipientes 1 y 2. Un impulsor helicoidal que tiene tres elementos helicoidales (por ejemplo, 50, 50A, y otro 50A) con un diámetro de 1,5 pulgada (3,8 cm) y longitud de 6,75 pulgadas (17,1 cm) se dispone dentro de cada tubo de aspiración y está en conexión operativa a un eje de agitación (por ejemplo, 22). Cada tubo de aspiración tiene una longitud (es decir, altura) de 8 pulgadas (20 cm), diámetro interno D_i de 2 pulgadas (5 cm), diámetro exterior de 2,25 pulgadas (5,72 cm), y un borde saliente hacia afuera (no mostrado) de 45 grados y 0,25 pulgada (0,64 cm) de altura. Cada eje de agitación se conecta a un mezclador Servodyne diferente (Modelo 50000-30 y controlador Modelo 50003-00; no mostrado).

Inmediatamente después de la preparación de la emulsión aceite-agua que se describe en la Preparación 3, se añade la emulsión aceite-agua en el Recipiente 1 para llenar el Recipiente 1 a un nivel por encima de la primera salida de líquido y por debajo de la parte superior del Recipiente 1. Se activa el mezclador Servodyne (no mostrado) para el Recipiente 1 para girar el impulsor helicoidal en el Recipiente 1 a una velocidad de rotación de 60 rpm. Se deja que la emulsión de aceite-agua se separe durante 1 hora y luego se comienza a introducir la alimentación de aceite-agua a través del puerto de entrada de líquido del Recipiente 1 en el Recipiente 1 a un caudal de 70 ml/min usando un MASTERFLEX™ (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, Illinois, Estados Unidos) L/S Drive Modelo 7550-20 y cabezal de bomba de diafragma Modelo 7090-42 (no mostrado). Además, se comienza a alimentar una capa de aceite superior formada a partir del Recipiente 1 a través del puerto de entrada de líquido del Recipiente 2 en el Recipiente 2 iniciando una primera bomba FMI modelo QVG50 con un pistón de cerámica de media pulgada 1,3 cm (no mostrado). El cabezal de bomba de la primera bomba FMI se coloca en un ajuste de ángulo de 10 que permite un caudal de flujo de hasta 64 ml por minuto desde la primera salida de líquido del Recipiente 1. Se ajusta el flujo de salida de la primera bomba FMI™ (Fluid Metering Inc., Syosset, New York, Estados Unidos) A 335 potencia de 999. Se abre la válvula de aguja en la parte inferior del Recipiente 1 y se mantiene la tasa de salida de la fase de agua de aproximadamente 49 ml por minuto hasta un primer rotámetro a fin de mantener el nivel de líquido constante en el Recipiente 1. Se drena la fase de agua en un recipiente plástico de recolección de agua.

Se activa el mezclador Servodyne (no mostrado) para el Recipiente 2 para agitar el impulsor helicoidal en el Recipiente 2 a una velocidad de rotación de 60 rpm. Cuando la altura de una fase rica en aceite alcanza la primera salida de líquido del Recipiente 2, se abre la válvula de bola (no mostrada) a una segunda bomba FMI™ (Modelo QVG50) (no mostrado). Esta segunda bomba FMI™ QVG50 está equipada con un pistón de acero inoxidable de tres octavas pulgadas (0,95 cm) alojado en un cuerpo de acero inoxidable (no mostrado). La posición del cabezal de la bomba de la segunda bomba FMI™ se coloca en un ajuste de 10 que permite un máximo caudal de flujo de rendimiento de 36 ml por minuto. Se ajusta la segunda potencia de la bomba FMI™ a 205 de 999 y se recolecta el aceite purificado en un primer recipiente de recolección de líquido de vidrio. Al mismo tiempo que se extrae el aceite purificado de la primera salida de líquido del Recipiente 2, se extrae una fase rica en agua de la segunda salida de líquido del Recipiente 2 mediante la apertura de la válvula de aguja en la parte inferior del Recipiente 2 para dar un caudal de flujo de una fase rica en agua de aproximadamente 0,2 ml por minuto hasta un segundo rotámetro para mantener un nivel de líquido constante en el Recipiente 2. Se recolecta la fase rica en agua en el segundo recipiente de recolección de líquido plástico o se envía la fase rica en agua a un drenaje 0 (por ejemplo, como se indica mediante la flecha 199). La eficiencia de separación de aceite η_{eff} de este experimento es del 98,4%.

Como se muestra por los Ejemplos, el método y el dispositivo coalescedor descritos en la presente son útiles independientemente para separar el aceite de una emulsión aceite-agua en la que el agua y el aceite se originan en una emulsión aceite-agua. El método de la invención y el dispositivo coalescedor carecen de alta presión y aireación y son capaces de coalescer el aceite de una emulsión aceite-agua de forma relativamente rápida y eficiente. El dispositivo coalescedor empleado en el método y el dispositivo coalescedor son de construcción sencilla, mecánicamente fáciles de operar y son adaptables para uso en operaciones de depósito de petróleo terrestre y en alta mar. En algunas realizaciones, la invención se caracteriza por un descubrimiento contradictorio por parte de los inventores de que la rotación del impulsor para producir el flujo ascendente (en oposición al flujo descendente) de la emulsión aceite-agua no provoca una mezcla adicional de la emulsión aceite-agua sino que en cambio es efectiva para mejorar la velocidad de coalescencia del aceite de la emulsión de aceite-agua. La rotación es en una dirección para producir el flujo ascendente. La rotación también está en una velocidad de rotación baja efectiva que es sustancialmente menor que la velocidad de rotación necesaria para mezclar aceite y agua entre sí para dar una emulsión de estos. En el tiempo, t , la velocidad de coalescencia mejorada resultante es al menos un 20% más de primer líquido después de 40 minutos (y más del 100% más de primer líquido después de solo 20 minutos) que una velocidad de coalescencia basada únicamente en la gravedad, en donde cada velocidad se determina con una misma emulsión aceite-agua y mediante la medición de tiempos respectivos para producir la capa de aceite coalescida de una misma altura.

REIVINDICACIONES

1. El uso en un método de separación de un primer líquido de una emulsión de un dispositivo coalescedor (70) que comprende:
- 5 un recipiente (30),
- un tubo de aspiración (40), y
- 10 un medio para causar que un flujo vertical de fluido (medio que causa flujo vertical) que comprende un impulsor helicoidal (11) que puede girar y comprende un primer elemento helicoidal (50), el primer elemento helicoidal (50) que tiene bordes delantero y trasero separados; un eje longitudinal; una longitud (L_e) a lo largo de su eje longitudinal; un ángulo de giro T_e de 90 grados ($^\circ$) a 360 $^\circ$ alrededor de su eje longitudinal; un diámetro (D_e) perpendicular a su eje longitudinal; y que tiene el tamaño adecuado para establecer una configuración del primer elemento helicoidal caracterizable por una relación matemática entre cada L_e y de D_e $\leq L_e \leq 2D_e$,
- 15 donde una emulsión está contenida en el recipiente (30), la emulsión que comprende un primer líquido en una fase dispersa y un segundo líquido en una fase continua, el primer y segundo líquidos son inmiscibles entre sí; la emulsión que tiene un contenido inicial del segundo líquido y está en necesidad de separación; y
- 20 donde el tubo de aspiración (40) se dispone dentro del recipiente (30) y está orientada en forma esencialmente vertical en la emulsión; y el impulsor helicoidal (11) se dispone dentro de tubo de aspiración (40) y operable para producir un flujo vertical de fluido a través de este, el dispositivo coalescedor (70) que es operativo para coalescer un primer líquido de una emulsión cuando la emulsión se dispone en el recipiente (30) en contacto operativo con el tubo de aspiración (40) y medio que produce flujo vertical;
- donde el método comprende:
- 25 girar el impulsor helicoidal (11) dispuesto dentro del tubo de aspiración (40) a una velocidad de rotación de 30 a 120 revoluciones por minuto y que causa un flujo dirigido verticalmente de la emulsión a través del tubo de aspiración (40);
- y de este modo coalescer juntos al menos algo del primer líquido de la emulsión de modo de formar una primera capa de líquido coalescida que tiene un contenido reducido del segundo líquido, el contenido reducido del segundo líquido de la primera capa de líquido coalescida es más bajo que el contenido inicial del segundo líquido de la emulsión.
- 30 2. El uso según la reivindicación 1, en donde el dispositivo coalescedor (70) además comprende al menos un recipiente más (30), al menos un tubo de aspiración más (40), al menos un impulsor helicoidal más (11) según la reivindicación 1, y al menos un medio para transferir secuencialmente un líquido de recipiente a recipiente, en donde existe un tal tubo de aspiración (40) dispuesto dentro de cada recipiente (30) y un tal impulsor helicoidal (11) dispuesto dentro de cada tubo de aspiración (40) y operable para producir un flujo vertical de fluido a través de este.
- 35 3. El uso según la reivindicación 1, en donde el medio que produce flujo vertical además comprende dos o más deflector orientado verticalmente (112), el impulsor helicoidal (11) y dos o más deflectores orientados verticalmente (112) que están dispuestos en el interior y separado del tubo de aspiración (40) de tal manera que la rotación del impulsor helicoidal (11) alrededor de un eje vertical produce que un flujo de fluido dirigido verticalmente por los dos o más deflectores orientados verticalmente (112) a través del tubo de aspiración (40).
- 40 4. El uso según la reivindicación 1, en donde el dispositivo coalescedor (70) además comprende un medio de rotación; el medio de rotación está en conexión operativa al impulsor helicoidal (11) y operable para producir la rotación del impulsor helicoidal (11) dentro del tubo de aspiración (40).
5. El uso según la reivindicación 1, en donde el primer líquido es un aceite o agua.
6. El uso según la reivindicación 5, en donde la emulsión comprende una emulsión de aceite-agua.
7. El uso según la reivindicación 5, en donde el primer y segundo líquidos son diferentes del aceite.
- 45 8. El uso según la reivindicación 1, en donde la emulsión además comprende una mezcla de partículas sólidas.
9. El uso según la reivindicación 1, en donde el impulsor helicoidal (11) gira a una velocidad de 60 revoluciones por minuto.

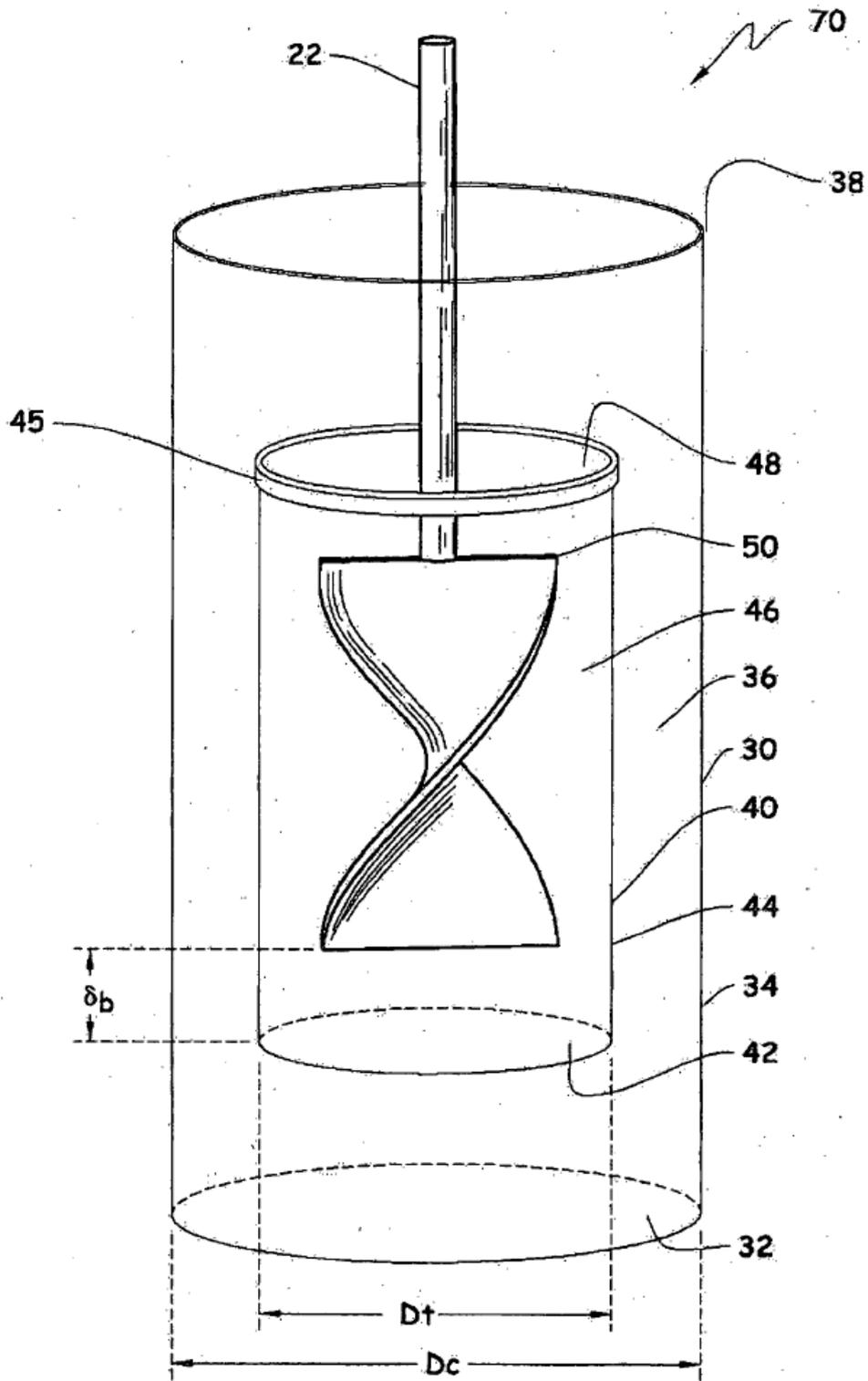


Fig. 1

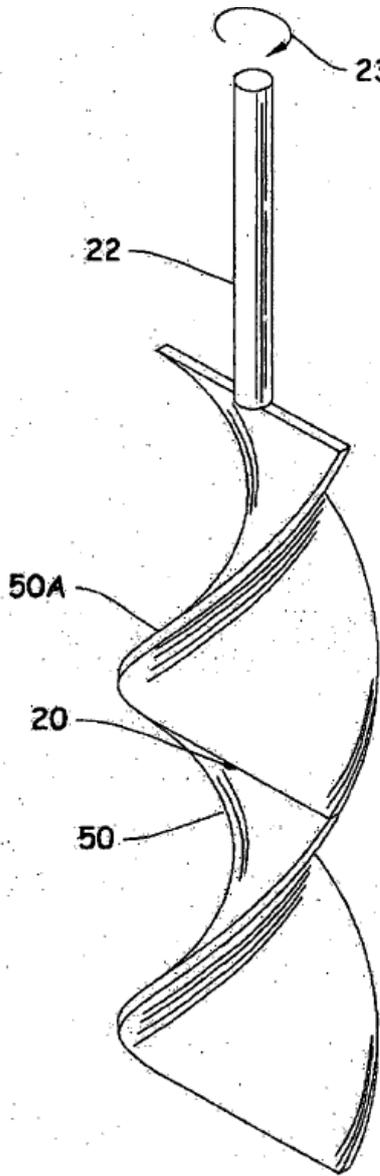


Fig. 2A

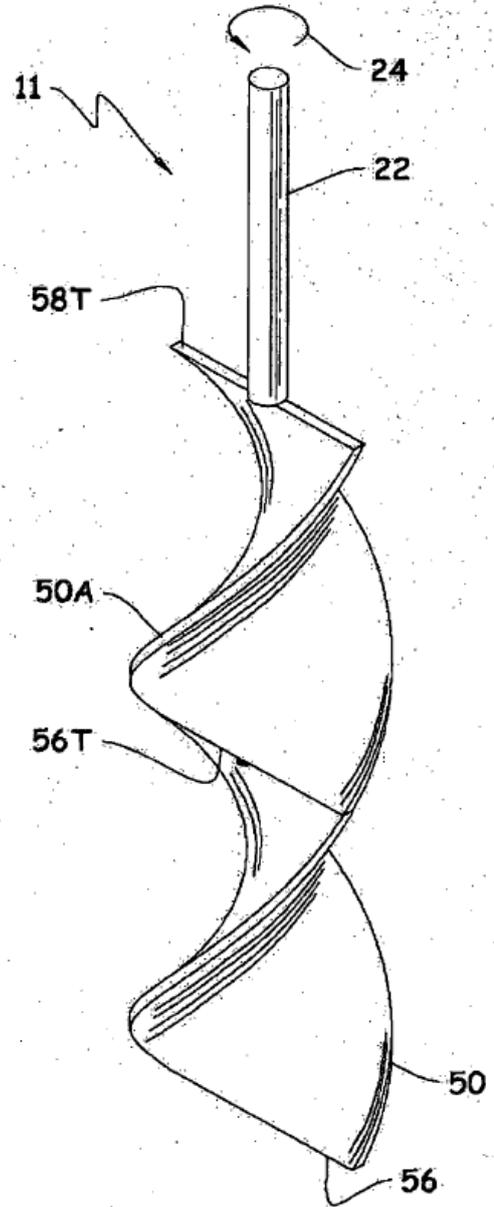


Fig. 2B

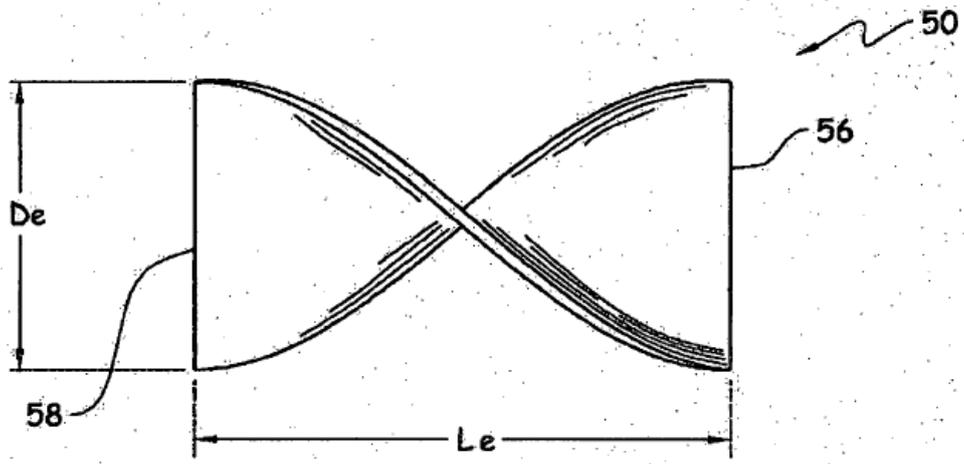


Fig. 3

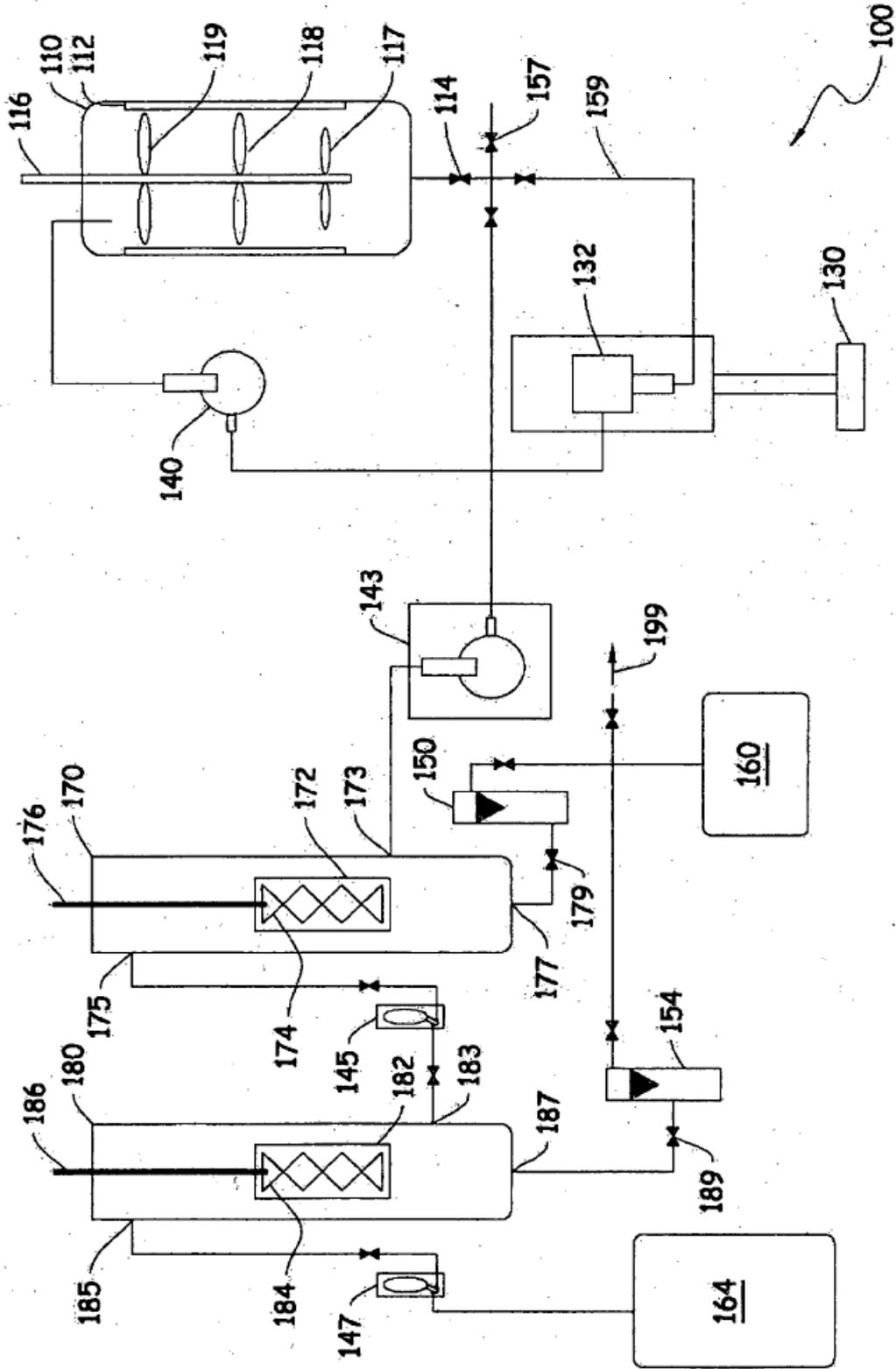


Fig. 4