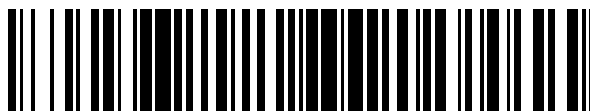


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 992**

51 Int. Cl.:

C02F 9/02 (2006.01)

C02F 9/06 (2006.01)

C02F 9/10 (2006.01)

C10M 175/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2010 E 10717741 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013 EP 2417071**

54 Título: **Método de descomposición de coloides y aparato para separar emulsiones electroquímicamente**

30 Prioridad:

09.04.2009 HU 0900222

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

05.12.2013

73 Titular/es:

**G.I.C. IPARI SZOLGÁLTATÓ ÉS
KERESKEDEKLM KFT. (100.0%)
Tuzko u. 7.
1118 Budapest, HU**

72 Inventor/es:

**SCHREMMER, ISTVÁN;
KOVÁCS, BERNADETT, IVETT;
KIS-BENEDEK, JÓZSEF y
ÉBERT, LÁSZLÓ**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 432 992 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 descomposición de coloides y aparato para separar emulsiones electroquímicamente.

La invención se refiere a un método de descomposición de coloides y a un aparato para resolver electroquímicamente emulsiones que contienen aceite y agua y para eliminar las partículas coloidales que flotan en el agua. El método y el aparato son capaces de resolver electroquímicamente emulsiones de las denominadas tipo "aceite en agua" (O/W) que tienen bajo contenido en aceite y/o que contienen un emulsionante de baja estabilidad, pero son aplicables también para resolver electroquímicamente emulsiones de las denominadas tipo "agua en aceite" (W/O) que tienen mayor contenido en aceite y/o que contienen un emulsionante de alta estabilidad.

El tratamiento o descontaminación de agua contaminada se está haciendo cada vez más importante en la actualidad con el uso creciente del agua industrial y doméstica y la reducción de las reservas naturales de agua de bebida. Los métodos de descontaminación aplicados actualmente se pueden agrupar en tres categorías: métodos de tratamiento de agua físicos, químicos, y biológicos. Los métodos físicos se ocupan principalmente de eliminar los contaminantes sólidos, utilizando diversas tecnologías de filtración y sedimentación. Las tecnologías de filtración incluyen la aplicación de tamices o filtros de materiales estructurales resistentes al medio a ser filtrado, o la utilización de capas filtrantes naturales, tales como lechos de grava o capas de arena. Las tecnologías de sedimentación explotan la diferencia en el peso específico entre el agua y las partículas sólidas para separar los contaminantes.

Los métodos químicos se aplican para eliminar principalmente los contaminantes orgánicos flotantes que son difíciles de separar por filtración, mientras que el tratamiento biológico se aplica usualmente para producir agua de bebida.

Los procedimientos de tratamiento de agua aplicados comúnmente incluyen usualmente una combinación de estos tres tipos de métodos. La primera etapa de tratamiento de agua es usualmente una fase inicial de filtración, en la que se eliminan los contaminantes sólidos mayores de 1 mm. Las aguas contaminadas así como las aguas superficiales naturales siempre contienen materiales sólidos flotantes de tamaño coloidal, en mayor o menor medida. Estos materiales coloidales tienen que ser eliminados antes de que se use el agua. Aunque las partículas coloidales tienen mayor densidad que el agua, permanecen flotando en el agua en lugar de sedimentar. Son muy estables y resistentes a la formación de flóculos. Puesto que las partículas coloidales tienen carga eléctrica negativa y se repelen entre sí, su agregación espontánea y formación de flóculos requiere mucho tiempo.

Para separar satisfactoriamente las partículas coloidales del agua se deben eliminar las fuerzas estabilizantes con el fin de formar partículas más grandes o flóculos que se puedan separar del agua por medios mecánicos. Según los métodos aplicados en la práctica actual, la formación de partículas más grandes implica coagulación y floculación: desestabilizando las partículas coloidales y acumulando las partículas desestabilizadas en flóculos más grandes.

La técnica anterior incluye una serie de métodos para resolver electroquímicamente las soluciones que contienen coloides, más particularmente las emulsiones del tipo O/W. Tales emulsiones, p.ej. las aguas residuales descargadas de lavados de coches, son eléctricamente conductoras, usualmente tienen una concentración de aceite inferior al 1,5 %, y no son demasiado estables. Los métodos electroquímicos para romper una emulsión incluyen usualmente la aplicación de diversos floculantes, tales como compuestos de hierro o compuestos de aluminio. Debido a sus mejores características de floculación, se han utilizado más ampliamente los compuestos de aluminio, que se hidrolizan a poli hidróxidos de aluminio mientras el pH de la emulsión se mantiene casi neutro. Las partículas coloidales se unen sobre la superficie de las partículas de poli hidróxido de aluminio floculantes y de este modo se pueden separar por sedimentación o filtración. La eficiencia del método es altamente dependiente del pH de la solución y de los parámetros de alimentación de reactivos.

La patente húngara HU 171.746 describe un aparato de electro-floculación para resolver emulsiones tipo O/W. El aparato tiene un sistema de electrodos paralelos dispuestos verticalmente, medios de separación y eliminación de espuma, y un espacio de sedimentación conectado al espacio de reacción. Se produce un gas de flotación utilizando los electrodos, y las diminutas burbujas del gas resuelven la emulsión.

La patente húngara HU 190.201 describe un aparato para romper una emulsión. La rotura de la emulsión se realiza por medios electroquímicos entre placas de electrodos, después de la neutralización de la emulsión. La mayor desventaja de estos métodos es su alta demanda de energía debido a la incapacidad de ajustar su consumo de energía al óptimo. Otra desventaja es que el grado de descontaminación alcanzable por estos métodos no cumple las estrictas regulaciones ambientales, y el grado de descontaminación no es controlable.

En la patente húngara HU 195.926 se describe un aparato y un método para resolver emulsiones. Según la invención la emulsión se resuelve electroquímicamente. Se elimina la fase emulsionante separada, y se reduce el contenido contaminante de la fase purificada por debajo de un valor predeterminado. La característica esencial de la invención es que en primer lugar se generan las condiciones que corresponden al valor mínimo de estabilidad de la emulsión, y después se resuelve la emulsión así preparada. Se hace un seguimiento continuo del contenido contaminante de la fase purificada, ajustando la densidad de corriente en los electrodos de la cubeta de descomposición dependiendo del grado de descontaminación alcanzado. El contenido contaminante de la fase

purificada se reduce además en una fase final de descontaminación posterior. Una ventaja de la invención es que proporciona un aparato y un método que son altamente controlables debido a las medidas realizadas en diferentes etapas del procedimiento tecnológico, y que son capaces de proporcionar una descontaminación que cumple los requisitos estrictos.

5 El documento DE 4.230.765 describe un método de descomposición de coloides para resolver electroquímicamente una emulsión. El método comprende las etapas de separar los contaminantes sólidos de la emulsión, fijar la estabilidad mínima de la emulsión ajustando el pH, resolver la emulsión en un reactor de descomposición electroquímica haciéndola pasar entre un ánodo y un cátodo

10 El documento DE 3.337.656 describe un método y un aparato para resolver una emulsión, dividiéndola por calentamiento y por adición de un ácido. La etapa electrolítica se realiza para la separación de iones metálicos más que para la separación de aceite de agua.

El documento DE 4.102.175 describe una mejor división de la emulsión, tal como los lubricantes de enfriamiento, añadiendo gas CO₂ a una cubeta electroquímica.

15 Las soluciones conocidas tienen la desventaja común de una demanda de energía extremadamente alta, y de ser capaces de alcanzar una descontaminación suficiente sólo por medio de un procedimiento de dos fases. Otro inconveniente común de estas soluciones es que - debido al deterioro o incluso reducción a cero de la conductividad eléctrica cuando aumenta la concentración de aceite de la emulsión - el tratamiento electroquímico de las emulsiones con mayor concentración de aceite es difícil o totalmente imposible. Por ejemplo, los métodos conocidos son incapaces de resolver, con razonable eficiencia, las emulsiones (del tipo W/O) que tienen una concentración de
20 aceite superior al 1,5 %.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un aparato que mejore las soluciones existentes disminuyendo la demanda de energía del procedimiento de descontaminación de agua y que produzca agua descontaminada conforme a las regulaciones ambientales en una única operación. Otro objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento capaz de la descomposición electroquímica de emulsiones tanto de tipo O/W como
25 de tipo W/O.

La invención se basa en el reconocimiento de que la demanda de energía del procedimiento se puede reducir notablemente – a la vez que al mismo tiempo se mejora la eficiencia de la separación – en el caso de que se produzca el floculante *in situ* en un reactor de descomposición electroquímica con la aplicación de un ánodo de un material electroquímicamente activo y un cátodo de un material electroquímicamente inactivo. El balance energético se puede mejorar además si la solución a tratar es precalentada antes de cargarla en el reactor de descomposición electroquímica. Se ha reconocido además que en el caso de que se mejore la conductividad eléctrica de las emulsiones tipo W/O estas emulsiones se pueden resolver aplicando un método de descomposición electroquímica.

El método de descomposición electroquímica para resolver las emulsiones tipo O/W según la invención se describe en la reivindicación 1. Otras etapas ventajosas del método se describen en las reivindicaciones dependientes.

35 La configuración y operación del aparato y métodos según la invención se explican en la presente memoria descriptiva con respecto a la principal dirección de flujo de la emulsión. Por lo tanto, las ubicaciones particulares de ciertos elementos se especifican p.ej. como "corriente arriba del reactor de descomposición electroquímica" o "corriente abajo del reactor de descomposición electroquímica" donde "corriente arriba" y "corriente abajo" significan que el elemento específico está localizado corriente arriba o corriente abajo con relación a la dirección de flujo de la emulsión.
40

Aparte del caudal de la emulsión a través del reactor de descomposición electroquímica y de la intensidad de la corriente eléctrica, los procedimientos de separación, coagulación, y floculación de partículas coloidales dependen de otros parámetros tecnológicos, tales como la temperatura y el valor de pH de la emulsión, y la concentración de contaminantes más gruesos tales como arena o arcilla.

45 Como primera etapa del método, los contaminantes sólidos se separan y se eliminan de la emulsión antes de la resolución electroquímica. Según una etapa ventajosa del método la emulsión se hace pasar a través de un tanque de pre-sedimentación y seguidamente a través de una hidrociclona y/o de un filtro inicial, donde se separa la mayor parte de los contaminantes sólidos.

La emulsión – de la que se han separado ya los contaminantes sólidos – se carga en el reactor de descomposición electroquímica a través de un regenerador de calor. Según una realización preferida del aparato el regenerador de calor se utiliza como un intercambiador de recuperación de calor, contracorriente. La temperatura de la emulsión se fija preferiblemente a 10-70 °C, más preferiblemente a 25-50 °C. La demanda de energía del procedimiento se puede reducir utilizando la fase de agua descontaminada de la emulsión para pre-calentar la emulsión. En el caso de que la temperatura del agua descontaminada no sea suficientemente alta para alcanzar la temperatura deseada de la emulsión, una realización preferida de la invención tiene un regenerador de calor auxiliar dispuesto en la línea de agua descontaminada. El regenerador de calor se utiliza también en este caso como un intercambiador de
50
55

recuperación de calor, que se conecta a un pre-calentador. El pre-calentador se puede operar utilizando energía eléctrica, gas natural, o energía solar.

En el reactor de descomposición electroquímica la emulsión tipo O/W se carga entre un ánodo de material electroquímicamente activo y un cátodo de material electroquímicamente inactivo. El ánodo puede estar constituido por hierro y/o por aluminio, mientras que el cátodo puede estar constituido por acero inoxidable o por grafito. El ánodo está preferiblemente constituido por aluminio metal, más preferiblemente por aluminio de un grado superior al 97,5 % de pureza que se aplica para la producción electroquímica *in situ* de poli hidróxido de aluminio. La cantidad del poli hidróxido de aluminio producido se controla ajustando la corriente eléctrica que fluye a través de los electrodos y el caudal de la emulsión entre los electrodos. Los electrodos se disponen preferiblemente paralelos uno a otro, siendo cargada la emulsión entre ellos de tal modo que el punto de introducción de la emulsión está colocado más bajo que el punto de descarga de la emulsión. Preferiblemente los electrodos están dispuestos verticalmente, siendo introducida la emulsión en el fondo en dirección hacia arriba.

Durante el proceso de resolución de la emulsión, las partículas coloidales se unen en la superficie de los flóculos de poli hidróxido de aluminio y se aglomeran en una espuma que flota en la superficie del fluido. La subida de la espuma a la superficie se facilita porque - aparte del aluminio disuelto electroquímicamente en el ánodo - se forma hidrógeno gas en el cátodo. Las reacciones se describen en las siguientes fórmulas:

Ánodo: $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$

Cátodo: $2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$

El H_2 gas que se forma en el cátodo impulsa hacia arriba los flóculos de poli hidróxido de aluminio, ayudando a la formación de una espuma en la superficie del fluido.

En el método según la invención el caudal volumétrico y la corriente eléctrica que fluye entre los electrodos se ajustan de tal modo que la tasa de introducción de aluminio en la solución está preferiblemente entre 1-1000 mg/l de Al^{3+} , más preferiblemente entre 1-100 mg/l de Al^{3+} .

Según otra etapa ventajosa del método la corriente eléctrica que fluye a través de los electrodos se ajusta periódicamente entre una intensidad de corriente más baja sostenida durante un periodo más largo y una intensidad de corriente más alta sostenida durante un periodo más corto. La intensidad de corriente más alta se aplica en una fase de limpieza en la que la generación más intensa de gas ayuda a evitar la formación de depósitos sobre los electrodos. Según una etapa ventajosa del método se mantiene una densidad de corriente en el ánodo de 0,05-0,3 A/dm² y una densidad de corriente en el cátodo de 0,1-0,9 A/dm² durante 2 a 2,5 minutos, y posteriormente se genera una densidad de corriente en el ánodo de 0,350-0,357 A/dm² y una densidad de corriente en el cátodo de 0,5-0,51 A/dm² durante 2 segundos, repitiéndose este ciclo durante el proceso.

La capa de espuma de espesor creciente se descarga desde el reactor de descomposición electroquímica al tanque receptor de la espuma en el que la espuma se coagula y se colapsa. El agua descontaminada que todavía contiene una baja cantidad de flóculos flotantes de poli hidróxido de aluminio se carga en un tanque de sedimentación final y/o en un filtro final, donde sedimenta el poli hidróxido de aluminio que queda en el agua. Se descarga entonces el agua descontaminada y se utiliza para pre-calentar la emulsión en un regenerador de calor.

En los procedimientos de descontaminación de soluciones que contienen coloides la estabilidad mínima de la emulsión está entre pH 6-8. Según la presente invención el valor de pH de la emulsión se fija para ajustarse a la estabilidad mínima utilizando una unidad de control. En un modo preferido de llevar a cabo el método se controla el pH de la emulsión utilizando los valores medidos de pH del agua descontaminada. Para medir el pH del agua descontaminada se dispone un peachímetro corriente abajo del reactor de descomposición electroquímica en la línea de descarga del agua descontaminada. El valor deseado de pH se fija introduciendo la cantidad necesaria de reactivo desde el recipiente de reactivo a un alimentador de reactivo dispuesto corriente arriba del reactor de descomposición electroquímica. Para ajuste de pH se aplica un ácido, preferiblemente ácido clorhídrico (HCl). Según otra etapa preferida del método el pH de la emulsión se ajusta de tal modo que el valor de pH del agua descontaminada esté entre 6-8, preferiblemente $7 \pm 0,25$.

La invención se refiere también a un método para resolver emulsiones del tipo W/O, como se especifica en la reivindicación 6.

El aumento de la concentración de aceite disminuye la conductividad eléctrica de las emulsiones. Se puede mejorar la conductividad en menor medida añadiendo sales conductoras, tales como cloruro de sodio o sulfato de sodio. Un aumento significativo del contenido de aceite y/o la aplicación de emulsionantes potentes, de alta estabilidad, produce el "cambio" del tipo de emulsión: la emulsión O/W eléctricamente conductora cambia a una emulsión tipo W/O. La conductividad eléctrica de las emulsiones tipo W/O es significativamente más baja que la conductividad de las de tipo O/W, y por ello no se pueden introducir los floculantes por medios electroquímicos. Por lo tanto, estas emulsiones no se pueden resolver utilizando un aparato electroquímico de rotura de emulsiones. Una característica esencial de la presente invención es que las emulsiones tipo W/O se convierten en adecuadas para ser resueltas en

un aparato electroquímico de resolución de coloides aumentando su conductividad eléctrica, haciendo de este modo que las emulsiones tipo W/O "cambien" a tipo O/W. Una importante reivindicación de la presente invención es que el método y el aparato desarrollados para resolver electroquímicamente las emulsiones pueden ser capaces de resolver las emulsiones tipo W/O en el caso de que se añada una unidad adaptada para el cambio de tipo de emulsión. Otra reivindicación es que el cambio de tipo de emulsión se puede facilitar por la adición de dióxido de carbono (CO₂) gas.

Antes y después de la fase de "cambio" del tipo de emulsión las etapas del método para resolver las emulsiones tipo W/O son las mismas que las etapas descritas antes con respecto a las emulsiones O/W.

Según la invención, después de la descontaminación el CO₂ es absorbido en la emulsión. El gas penetra en la película de aceite que rodea las gotitas de agua, cambiando su micro-estructura así como su valor de pH. Debido al cambio de tipo de emulsión las gotitas de aceite llegan a estar rodeadas por el agua, lo que hace que la conductividad eléctrica de la emulsión aumente y alcance la conductividad eléctrica de la emulsión tipo O/W. De este modo la emulsión se convierte en adecuada para ser resuelta en el reactor de descomposición electroquímica.

Durante el proceso, el gas CO₂ se introduce en la emulsión de forma continua o discontinua. Según una etapa ventajosa del método, se absorben en la emulsión 2-20 g/dm³ de gas CO₂.

Es también objeto de la presente invención un aparato para realizar los métodos descritos anteriormente. Este aparato se especifica en la reivindicación 11. Otras realizaciones ventajosas están descritas en las reivindicaciones dependientes.

El aparato para resolver emulsiones tipo O/W tiene un recipiente de la emulsión conectado a través de un tanque de pre-sedimentación y de una bomba de alimentación a una hidrociclona y/o a un filtro inicial utilizando conductos de tuberías convencionales y medios de cierre dispuestos en ellos. El tanque de pre-sedimentación y también la hidrociclona y/o el filtro inicial se incluyen para eliminar las partículas contaminantes sólidas más pequeñas o más grandes.

La hidrociclona y/o el filtro inicial están conectados a través de un regenerador de calor y una bomba de alimentación a un reactor de descomposición electroquímica. En el reactor de descomposición electroquímica está dispuesto un ánodo, constituido por un material electroquímicamente activo y conectado al suministro eléctrico, así como un cátodo de material electroquímicamente inactivo. Se introduce la emulsión entre el ánodo y el cátodo de tal modo que el punto de introducción de la emulsión esté colocado más bajo que el punto de descarga de la emulsión. El reactor de descomposición electroquímica puede tener una forma cilíndricamente simétrica o axialmente alargada.

La emulsión – de la que se han separado ya los contaminantes sólidos – se carga mediante una bomba de alimentación en el reactor de descomposición electroquímica a través de un regenerador de calor y un alimentador de reactivo. Según una realización preferida el regenerador de calor se utiliza como un intercambiador de calor contracorriente, y en otra realización preferida se utiliza como un intercambiador de recuperación de calor, a través del cual el agua descontaminada resultante del proceso de resolución de la emulsión se hace pasar como un medio de transferencia de calor. En otra realización adicional preferida de la invención la línea de agua descontaminada se hace pasar a través de un regenerador de calor auxiliar corriente arriba del regenerador de calor. En el regenerador de calor auxiliar el agua calentada por un pre-calentador se aplica como medio de transferencia de calor. Según otra realización preferida de la invención el regenerador de calor auxiliar se utiliza como un intercambiador de recuperación de calor contracorriente, donde el pre-calentador se puede calentar aplicando energía eléctrica, gas natural, o energía solar.

El reactor de descomposición electroquímica se conecta con un tanque receptor que está adaptado para recibir la espuma producida en el proceso y las partículas sedimentadas y/o filtradas.

El agua descontaminada se descarga del reactor de descomposición electroquímica mediante una bomba de descarga a través de un filtro final y/o del tanque de sedimentación final y del regenerador de calor.

El pH de la emulsión que entra en el reactor de descomposición electroquímica se ajusta controlando el valor de pH del agua descontaminada. El control del pH se realiza aplicando un peachimetro dispuesto corriente abajo del reactor de descomposición electroquímica en la línea de agua descontaminada, un recipiente de reactivo controlado por un controlador conectado al peachimetro, y un alimentador de reactivo dispuesto corriente arriba del reactor de descomposición electroquímica.

Los elementos del aparato según la invención están conectados por conductos convencionales que contienen medios de cierre.

En adición a los elementos del aparato descrito antes, el aparato de la invención para la descomposición electroquímica de emulsiones tipo W/O está equipado con elementos adaptados para almacenar y absorber gas CO₂.

También en este caso, el recipiente de la emulsión del aparato adaptado para resolver las emulsiones tipo O/W está conectado a través de un tanque de pre-sedimentación y una bomba de alimentación a una hidrociclona y/o a un filtro inicial. La hidrociclona y/o el filtro inicial están conectados a través de un alimentador de CO₂ discontinuo y/o continuo unido a un tanque de gas CO₂, al regenerador de calor, y a través de una bomba de alimentación al reactor de descomposición electroquímica. En una realización preferida de la invención el aparato tiene dos alimentadores de CO₂ discontinuos, siendo introducido el gas CO₂ en uno de los alimentadores de CO₂ y siendo introducida al mismo tiempo la emulsión en el otro alimentador de CO₂. Según otra realización preferida el alimentador de CO₂ discontinuo se utiliza como un tanque cerrado, en donde se mezclan la emulsión introducida y el gas CO₂. Según otra realización preferida adicional de la invención el alimentador de CO₂ continuo se utiliza como un reactor para mezclar gas-líquido. Desde este reactor se descarga la emulsión a través de una pieza reductora de presión.

En este caso también, los elementos del aparato según la invención están conectados por conductos convencionales que contienen medios de cierre. Los medios de cierre son preferiblemente válvulas de parada adaptadas para evitar o permitir el flujo de la emulsión o del agua descontaminada. La operación del aparato abriendo o cerrando válvulas específicas se describe en más detalle a continuación.

El aparato según la invención se explica en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que

La Fig. 1 muestra el aparato de la invención para resolver emulsiones tipo O/W, y

La Fig. 2 muestra el aparato para resolver emulsiones tipo W/O.

En la Fig. 1 se presenta un aparato adaptado para resolver emulsiones tipo O/W. La emulsión se carga desde el recipiente 1 de la emulsión a un tanque 3 de pre-sedimentación en el que las partículas contaminantes más gruesas se sedimentan de la solución. Las partículas sedimentadas se pueden descargar a través de un tubo con una válvula 4. Se aplica una bomba 5 de alimentación para cargar la emulsión desde el tanque 3 de pre-sedimentación a una hidrociclona 12 y/o a un filtro 9 inicial a través de las válvulas 6, 7, 8, 11, 13 para separar la mayor parte de las partículas contaminantes más finas. Las válvulas 6, 7, 8, 11, 13 se abren o se cierran dependiendo del grado de contaminación de la emulsión a resolver. Los contaminantes separados se pueden descargar desde la hidrociclona 12 a través de la válvula 15, y desde el filtro 9 inicial a través de la válvula 10.

La emulsión – de la que ya se han separado los contaminantes sólidos – se carga en el regenerador de calor 32 a través de las válvulas 14, 16. El regenerador de calor 32 se utiliza como un intercambiador de calor recuperador, contracorriente, en el que la emulsión se calienta por la contracorriente del agua descontaminada caliente. Corriente arriba del regenerador de calor 32 se dispone un regenerador de calor auxiliar en la ruta de flujo del agua descontaminada. El regenerador de calor 31 auxiliar es también un intercambiador de calor recuperador, contracorriente, en el que el agua descontaminada se calienta además por un medio caliente cargado desde un pre-calentador 50. Con la ayuda del regenerador de calor 31 auxiliar se puede fijar la temperatura de la emulsión en el valor óptimo incluso si el contenido de calor del agua descontaminada no es suficiente por sí mismo para alcanzar el valor óptimo.

La emulsión calentada se carga mediante una bomba 34 de alimentación a un reactor 38 de descomposición electroquímica a través del alimentador 36 de reactivo. El alimentador 36 de reactivo está unido a un recipiente 43 de reactivo a través de un controlador 42. El controlador se aplica para abrir o cerrar el recipiente 43 de reactivo y controlar el alimentador 36 de reactivo dependiendo de los valores de pH medidos por el peachímetro 40 dispuesto en la línea de descarga del agua descontaminada.

Para llevar a cabo las reacciones de coagulación y floculación necesarias para romper la emulsión, se carga la emulsión en un reactor 38 de descomposición electroquímica. El ánodo y el cátodo dispuestos en el reactor 38 de descomposición electroquímica están conectados a un suministro eléctrico 41. Los electrodos se utilizan como tubos concéntricos dispuestos verticalmente, con lo que la emulsión se carga entre los electrodos en el fondo en dirección hacia arriba.

En el espacio inter-electrodos los flóculos de poli hidróxido de aluminio flotan hacia la superficie, impulsados parcialmente por la fuerza flotante de H₂ gas, y forman una espuma. La espuma se derrama por el lado interno de los electrodos y se descarga a un tanque 39 receptor de espuma a través de salidas de espuma dispuestas en los electrodos. El agua, que contiene todavía una baja cantidad de flóculos de poli hidróxido de aluminio, fluye a través de las válvulas 45, 46, 48, 49 hasta el tanque 47 de sedimentación final y/o hasta el filtro 44 final, en donde los flóculos restantes se sedimentan y/o se separan. Las válvulas 45, 46, 48, 49 se cierran o se abren dependiendo del grado en que el agua tiene que ser descontaminada. El agua descontaminada se descarga desde el aparato a través de un regenerador de calor 31 auxiliar y un regenerador de calor 32 y una válvula 33.

La Fig. 2 muestra un aparato para resolver las emulsiones tipo W/O. Aparte de los elementos incluidos para almacenar y suministrar gas CO₂, el aparato es idéntico al descrito anteriormente. Los elementos similares se identifican utilizando los mismos números de referencia y no se describen en detalle de nuevo.

Aquellos elementos del aparato que están localizados entre el recipiente 1 de la emulsión y la hidrociclona 12 y el filtro 9 inicial son idénticos a los elementos del aparato mostrado en la Fig. 1. La emulsión, de la que ya se han separado los contaminantes sólidos, se carga a través de las válvulas 14, 16, 21, 22, 29 en un alimentador de CO₂ discontinuo 19, 20 o en un alimentador de CO₂ continuo 28. El alimentador de CO₂ discontinuo 19, 20 y el alimentador de CO₂ continuo 28 están conectados a un tanque 27 de gas CO₂ a través de las válvulas 23, 24, 25, 26. Después de permanecer en los alimentadores de gas durante un tiempo apropiado, se carga la emulsión en el regenerador de calor 32 a través de las válvulas 17, 18, 30. Otros elementos del aparato se disponen de la misma manera que en el aparato de la Fig. 1.

A través de la aplicación de las válvulas de parada, y más particularmente a través de la abertura y cierre programado de estas válvulas el aparato se vuelve extremadamente flexible y se hace aplicable para un amplia diversidad de tareas. A continuación se presentan los diferentes modos de operación del aparato adaptado para resolver las emulsiones tipo W/O. Se puede percibir fácilmente que por el cierre o abertura de los apropiados medios de cierre (válvulas) se puede hacer pasar la emulsión a través de diferentes elementos del aparato. Por lo tanto, el aparato se puede aplicar para romper emulsiones de una amplia diversidad de composición y grado de contaminación.

Este aparato se puede aplicar también para resolver emulsiones tipo O/W. En este caso se cierran las válvulas 23, 24, 25, 26 del tanque 27 de gas CO₂ y los alimentadores continuos y/o discontinuos de gas CO₂.

Los posibles modos de operación para romper una emulsión con la aplicación del aparato se resumen en la siguiente tabla, junto con las correspondientes posiciones de las válvulas. Con el único fin de una más fácil comprensión, algunos elementos importantes del aparato se identifican utilizando las siguientes abreviaturas, que hacen más fácil seguir las particulares rutas de flujo en la tabla.

HC	hidrociclona (12)
IF	filtro inicial (9)
DC	alimentador de CO ₂ discontinuo (19,20)
FF	filtro final (44)
CC	alimentador de CO ₂ continuo (28)
FS	tanque de sedimentación final (47)

Modo ID	VALVULAS																										
	MODO DE OPERACIÓN																										
1.	Hc+IF+DC+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
2.	Hc+IF+DC+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
3.	Hc+IF+DC+FS	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
4.	Hc+IF+DC+FS	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
5.	Hc+IF+DC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
6.	Hc+IF+DC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
7.	Hc+IF+CC+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
8.	Hc+IF+CC+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
9.	Hc+IF+CC+FS	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
10.	Hc+IF+CC+FS	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
11.	Hc+IF+CC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
12.	Hc+IF+CC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
13.	Hc+DC+FS	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
14.	Hc+DC+FS	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
15.	Hc+DC+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
16.	Hc+DC+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17.	Hc+DC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
18.	Hc+DC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
19.	Hc+CC+FS	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
20.	Hc+CC+FS	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
21.	Hc+CC+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
22.	Hc+CC+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
23.	Hc+CC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
24.	Hc+CC+FS+FF	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
25.	Ss+DC+UFS	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
26.	Ss+DC+FS	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0

Modo ID	VÁLVULAS MODOS DE OPERACIÓN		2	4	6	7	8	10	11	13	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	26	29	30	33	45	46	48	49
27.	IF+DC+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
28.	IF+DC+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
29.	IF+DC+FS+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
30.	IF+DC+FS+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
31.	IF+CC+FS		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
32.	IF+CC+FS		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
33.	IF+CC+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
34.	IF+CC+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
35.	IF+CC+FS+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
36.	IF+CC+FS+FF		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1
37.	DC+FS		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
38.	DC+FS		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
39.	DC+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
40.	DC+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
41.	DC+FS+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0/1	1/0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
42.	DC+FS+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0/1	1/0	1/0	0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
43.	CC+FS		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
44.	CC+FS		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
45.	CC+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
46.	CC+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
47.	CC+FS+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
48.	CC+FS+FF		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1

Rutas de flujo de los diferentes modos de operación

1. HC+IF+DC+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ (27) abierto
- 5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 10 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
- 15 2. HC+IF+DC+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ (27) cerrado
- Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 20 3. HC+IF+DC+FS = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de CO₂ abierto
- 25 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
- 30 4. HC+IF+DC+FS = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ cerrado
- 35 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
5. HC+IF+DC+FS+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto.
- 40 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 45 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
6. HC+IF+DC+FS+FF= hidrociclona (12) - filtro inicial (9) – alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 50 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor recuperador (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor recuperador (32) - válvula (33).

7. HC+IF+CC+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se carga el CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
- 10 8. HC+IF+CC+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 15 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
9. HC+IF+CC+FS = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ abierto
- 20 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 25 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
10. HC+IF+CC+FS = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ cerrado
- 30 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 35 11. HC+IF+CC+FS+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 40 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
- 45 12. HC+IF+CC+FS+FF = hidrociclona (12) - filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 50 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (13) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

13. HC+DC+FS = hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ abierto
- 5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
- 10 14. HC+DC+FS= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ cerrado
- 15 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)
15. HC+DC+FF = hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 20 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 25 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
- 30 16. HC+DC+FF = hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 35 17. HC+DC+FS+FF = hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 40 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) — filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
- 45 18. HC+DC+FS+FF= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 50 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
19. HC+CC+FS= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ abierto

- 5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
20. HC+CC+FS= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ cerrado
- 10 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 15 21. HC+CC+FF= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 20 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
22. HC+CC+FF= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 25 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 30 23. CC+FS+FF= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 35 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
24. HC+CC+FS+FF= hidrociclona (12) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44), tanque de gas CO₂ cerrado
- 40 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (11) - hidrociclona (12) - válvula (14) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 45 25. IF+DC+FS = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ abierto
- Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 50

A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20)

26. IF+DC+FS = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47), tanque de gas CO₂ cerrado

5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

10 27. IF+DC+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto

Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)

15

A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20)

28. IF+DC+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44), tanque de gas CO₂ cerrado

20 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

25 29. IF+DC+FS+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto

Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

30

A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20)

30. IF+DC+FS+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado

35

Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)

40

31. IF+CC+FS = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ abierto

Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

45

A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se carga el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28)

50 32. IF+CC+FS = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ cerrado

- 5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)
33. IF+CC+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 10 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se carga el CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28)
34. IF+CC+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44), tanque de gas CO₂ cerrado
- 15 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 20 35. IF+CC+FS+FF= filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 25 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se carga el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28)
- 30 36. IF+CC+FS+FF = filtro inicial (9) - alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 35 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (6) - filtro inicial (9) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
37. DC+FS = alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ abierto
- 40 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33)
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20)
- 45 38. DC+FS= alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47); tanque de gas CO₂ cerrado
- 50 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
39. DC+FF = alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto

- 5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
40. DC+FF = alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 10 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 15 41. DC+FS+FF= alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 20 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula 21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (23/24), se carga el gas CO₂ alternativamente en uno de los alimentadores de CO₂ discontinuos (19/20).
42. DC+FS+FF= alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado
- 25 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula 21/22) - alimentador de CO₂ discontinuo (20/19) - válvula (18/17) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 30 43. CC+FS = alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47), tanque de gas CO₂ abierto
- 35 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).
44. CC+FS = alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47), tanque de gas CO₂ cerrado
- 40 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (48) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
45. CC+FF = alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto
- 45 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).
- 50 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).

46. CC+FF = alimentador de CO₂ continuo (28) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado.

5 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (45) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

47. CC+FS+FF = alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ abierto

10 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

15 A través de la ruta tanque de gas CO₂ (27) - válvula (26) - válvula (25), se introduce el gas CO₂ en el alimentador de CO₂ continuo (28).

48. CC+FS+FF = alimentador de CO₂ continuo (28) - tanque de sedimentación final (47) - filtro final (44); tanque de gas CO₂ cerrado

20 Recipiente de la emulsión (1) - válvula (2) - tanque de pre-sedimentación (3) - bomba de alimentación (5) - válvula (7) - válvula (8) - válvula (16) - válvula (29) - alimentador de CO₂ continuo (28) - válvula (30) - regenerador de calor (32) - bomba de alimentación (34) - alimentador de reactivo (36) - reactor de descomposición electroquímica (38) - bomba de descarga (37) - peachímetro (40) - válvula (46) - tanque de sedimentación final (47) - válvula (49) - filtro final (44) - regenerador de calor auxiliar (31) - regenerador de calor (32) - válvula (33).

Los métodos según la invención se explican en más detalle a continuación a modo de ejemplos de la vida real.

Ejemplo 1

25 Una emulsión (descargada de lavados de coches) que contenía 2,5 gramos/l de aceite, se resolvió utilizando el método y el aparato según la invención. En primer lugar se introdujo la emulsión en el recipiente 1 de la emulsión. Desde el recipiente se cargó después la emulsión a un caudal ajustado utilizando la bomba 5 de alimentación en el regenerador de calor 32 a través del tanque 3 de pre-sedimentación y la hidrociclona 12. En el regenerador de calor 32 se pre-calentó la emulsión inicialmente fría utilizando el agua descontaminada caliente procedente del reactor 38 de descomposición electroquímica. Se aplicó el pre-calentador 50 para proporcionar la cantidad de calor necesaria a través de un regenerador de calor 31 auxiliar de tal modo que la temperatura de la emulsión que sale del regenerador fue 45 ± 5 °C. Se cargó la emulsión a tratar en el reactor 38 de descomposición electroquímica a través del alimentador 36 de reactivo.

35 Se suministró HCl a través del alimentador 36 de reactivo en una cantidad que hizo que el valor de pH del agua descontaminada fuera de $7 \pm 0,25$ medido por el peachímetro 40. Los dos electrodos del reactor 38 de descomposición electroquímica se utilizaron como tubos concéntricos con una altura efectiva de H=500 mm. Los diámetros del ánodo fueron $d_a/d_i=63/60$ mm siendo el ánodo un tubo de aluminio del 98,5 % de pureza, mientras que los diámetros del cátodo fueron $d_c/d_i=63/60$ mm, siendo el cátodo un tubo de acero inoxidable KO 36 electropulido externamente. La emulsión pre-calentada, con el pH ajustado, se cargó entre los electrodos en el fondo en dirección hacia arriba. Se ajustó la corriente eléctrica que fluye entre el ánodo y el cátodo de tal modo que se generó una corriente de $1 \pm 0,05$ A durante un ciclo de 2,5 minutos, y posteriormente se generó una corriente de $5 \pm 0,05$ A durante un ciclo de 1 s, y después se ajustó la corriente para repetir este ciclo a lo largo de toda la duración del proceso.

45 Durante la electrolisis la densidad de corriente del ánodo estuvo en el intervalo de 0,067-0,074 A/dm², mientras que en la fase de limpieza estuvo entre 0,350-0,357 A/dm². Las densidades de la corriente del cátodo estuvieron entre 0,1-0,9 A/dm² y 0,5-0,51 A/dm² respectivamente. El caudal volumétrico de la emulsión a descontaminar es 20 ± 1 l/h con los valores anteriores de densidad de corriente.

50 Después de la descontaminación la concentración de aceite medida fue $C_{aceite} < 5$ mg/l. La demanda de energía eléctrica del procedimiento fue $P \approx 50$ Wh/m³. La cantidad de contaminantes sólidos recibida en el tanque 39 receptor de espuma fue inferior al 5 % de la emulsión tratada.

Ejemplo 2

Una emulsión usada como lubricante de montaje, que contenía 12,5 g/l de aceite, se resolvió utilizando el aparato según la invención. Se cargó la emulsión en el alimentador de CO₂ discontinuo en el que durante 10 minutos se hizo que absorbiera 6 g/dm³ de gas CO₂.

Otros parámetros del proceso así como los resultados obtenidos fueron los mismos que en el Ejemplo 1.

Lista de los números de referencia

	1	recipiente de la emulsión
	2	válvula
5	3	tanque de pre-sedimentación
	4	válvula
	5	bomba de alimentación
	6	válvula
	7	válvula
10	8	válvula
	9	filtro inicial
	10	válvula
	11	válvula
	12	hidrociclona
15	13	válvula
	14	válvula
	15	válvula
	16	válvula
	17	válvula
20	18	válvula
	19	alimentador de CO ₂ discontinuo
	20	alimentador de CO ₂ discontinuo
	21	válvula
	22	válvula
25	23	válvula
	24	válvula
	25	válvula
	26	válvula
	27	tanque de gas CO ₂
30	28	alimentador de CO ₂ continuo
	29	válvula
	30	válvula
	31	regenerador de calor auxiliar
	32	regenerador de calor
35	33	válvula
	34	bomba de alimentación

	35	bomba de circulación
	36	alimentador
	37	bomba de descarga
	38	reactor de descomposición electroquímica
5	39	tanque receptor
	40	peachímetro
	41	suministro de energía eléctrica
	42	controlador
	43	recipiente de reactivo
10	44	filtro final
	45	válvula
	46	válvula
	47	tanque de sedimentación final
	48	válvula
15	49	válvula
	50	pre-calentador

REIVINDICACIONES

1. Método de descomposición de coloides para resolver electroquímicamente emulsiones, principalmente emulsiones tipo O/W, que comprende las etapas de
 - separación de los contaminantes sólidos de la emulsión,
- 5
 - pre-calentamiento de la emulsión utilizando un regenerador de calor,
 - fijación de la estabilidad mínima de la emulsión por ajuste del pH,
 - resolución de la emulsión en un reactor de descomposición electroquímica haciéndola pasar entre un ánodo constituido por un material electroquímicamente activo y un cátodo constituido por un material electroquímicamente inactivo, mientras que las partículas coloidales de la emulsión se unen en flóculos que forman una espuma utilizando
- 10
 - como floculante el compuesto producido *in situ* a partir del ánodo electroquímicamente activo.
 - descarga de la espuma producida en la etapa anterior, y
 - descarga del agua descontaminada a través de un filtro final y/o de un tanque de sedimentación final y de un regenerador de calor.
- 15
 - 2. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que se utiliza como ánodo aluminio metal, ajustando la corriente eléctrica que fluye entre los electrodos de tal modo que la tasa de introducción de aluminio en la solución esté entre 1-1000 mg/l de Al^{3+} , preferiblemente entre 1-100 mg/l de Al^{3+} .
- 20
 - 3. El método según la reivindicación 2, caracterizado por que durante 2 a 2,5 minutos se mantiene una densidad de corriente en el ánodo de 0,05-0,3 A/dm² y una densidad de corriente en el cátodo de 0,1-0,9 A/dm², y posteriormente durante 1 segundo se genera una densidad de corriente en el ánodo de 0,350-0,357 A/dm² y una densidad de corriente en el cátodo de 0,5-0,51 A/dm², repitiéndose este ciclo durante el proceso.
- 25
 - 4. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que la emulsión es pre-calentada a 10-70 °C, preferiblemente a 25-50 °C.
 - 5. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que el pH de la emulsión se ajusta de tal modo que el valor de pH del agua descontaminada está entre 6-8, preferiblemente $7 \pm 0,25$.
- 30
 - 6. Método de descomposición de coloides para resolver electroquímicamente emulsiones, principalmente emulsiones tipo W/O, que comprende las etapas de
 - separación de los contaminantes sólidos de la emulsión,
 - absorción de gas CO₂ en la emulsión, cambiando de este modo el tipo de emulsión de W/O a O/W,
 - pre-calentamiento de la emulsión utilizando un regenerador de calor,
- 35
 - fijación de la estabilidad mínima de la emulsión por ajuste del pH,
 - resolución de la emulsión en un reactor de descomposición electroquímica haciéndola pasar entre un ánodo constituido por un material electroquímicamente activo y un cátodo constituido por un material electroquímicamente inactivo, mientras que las partículas coloidales de la emulsión se unen en flóculos que forman una espuma utilizando como floculante el compuesto producido *in situ* a partir del ánodo electroquímicamente activo.
- 40
 - descarga de la espuma producida en la etapa anterior, y
 - descarga del agua descontaminada a través de un tanque de sedimentación final y/o un filtro final y/o un regenerador de calor.
- 45
 - 7. El método según la reivindicación 6, caracterizado por que el gas CO₂ introducido de modo continuo es absorbido en la emulsión.
 - 8. El método según la reivindicación 6, caracterizado por que el gas CO₂ introducido de modo discontinuo es absorbido en la emulsión.
 - 9. El método según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizado por que se absorben en la emulsión 2-20 g/dm³ de gas CO₂.
 - 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 6-9, caracterizado por que la conductividad de la emulsión se aumenta si es necesario añadiendo una sal conductora.
11. Aparato de descomposición de coloides para resolver electroquímicamente emulsiones, que comprende

- un recipiente de la emulsión (1) conectado a través de un tanque de pre-sedimentación (3) y de una bomba de alimentación (5) a una hidrociclona (12) y/o un filtro inicial (9),
- para resolver electroquímicamente emulsiones tipo W/O, un tanque de gas CO₂ (27) para introducir gas CO₂ en la emulsión a través de un alimentador de CO₂ discontinuo (19, 20) y/o un alimentador de CO₂ continuo (28),
- 5 - un reactor de descomposición electroquímica (38) al que están conectados la hidrociclona (12) y/o el filtro inicial (9) a través de un regenerador de calor (32) y una bomba de alimentación (34), donde en el reactor de descomposición electroquímica (38) están dispuestos un ánodo constituido por un material electroquímicamente activo y conectado al suministro eléctrico (41) y un cátodo constituido por un material electroquímicamente inactivo, siendo introducida la emulsión entre el ánodo y el cátodo de tal modo que el punto de introducción de la emulsión está colocado más
- 10 bajo que el punto de descarga de la emulsión,
- un tanque receptor (39) conectado al reactor de descomposición electroquímica (38), adaptado para recibir la espuma producida en el proceso y para recibir las partículas sedimentadas y/o filtradas,
- una bomba de descarga (37) para descargar a través de un filtro final (44) y/o de un tanque de sedimentación final (47) y de un regenerador de calor (32) el agua descontaminada que sale del reactor de descomposición
- 15 electroquímica (38),
- una unidad de ajuste de pH que consiste en un peachímetro (40) dispuesto corriente abajo del reactor de descomposición electroquímica (38) para medir el pH del agua descontaminada, un controlador (42) conectado al peachímetro (40), un recipiente de reactivo (43), y un alimentador de reactivo (36) que está dispuesto corriente arriba del reactor de descomposición electroquímica (38).
- 20 - válvulas de parada (2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 33, 45, 46, 48, 49) conocidas *per se*, dispuestas en las tuberías que transportan la emulsión o el agua descontaminada, estando adaptadas las válvulas de parada para evitar o permitir el flujo de la emulsión o del agua descontaminada.
- 25 12. El aparato según la reivindicación 11, caracterizado por que tiene dos alimentadores de CO₂ discontinuos (19, 20), donde el gas CO₂ se introduce en uno de los alimentadores de CO₂ y al mismo tiempo la emulsión se introduce en el otro alimentador de CO₂.
- 30 13. El aparato según la reivindicación 11, caracterizado por que el ánodo electroquímicamente activo está constituido por hierro y/o aluminio, y el cátodo electroquímicamente inactivo está constituido por acero inoxidable o grafito.
- 14. El aparato según la reivindicación 11, caracterizado por que el regenerador de calor (32) se utiliza como un intercambiador de calor recuperador.
- 15. El aparato según la reivindicación 14, caracterizado por que un regenerador de calor auxiliar (31) está dispuesto corriente arriba del regenerador de calor (32).
- 16. El aparato según la reivindicación 15, caracterizado por que el regenerador de calor auxiliar (31) es un intercambiador de calor recuperador, en donde el agua descontaminada se hace pasar a través de un circuito del intercambiador de calor, y un medio precalentado utilizando un pre-calentador (50) se hace pasar a través de otro
- 35 circuito del mismo intercambiador de calor.

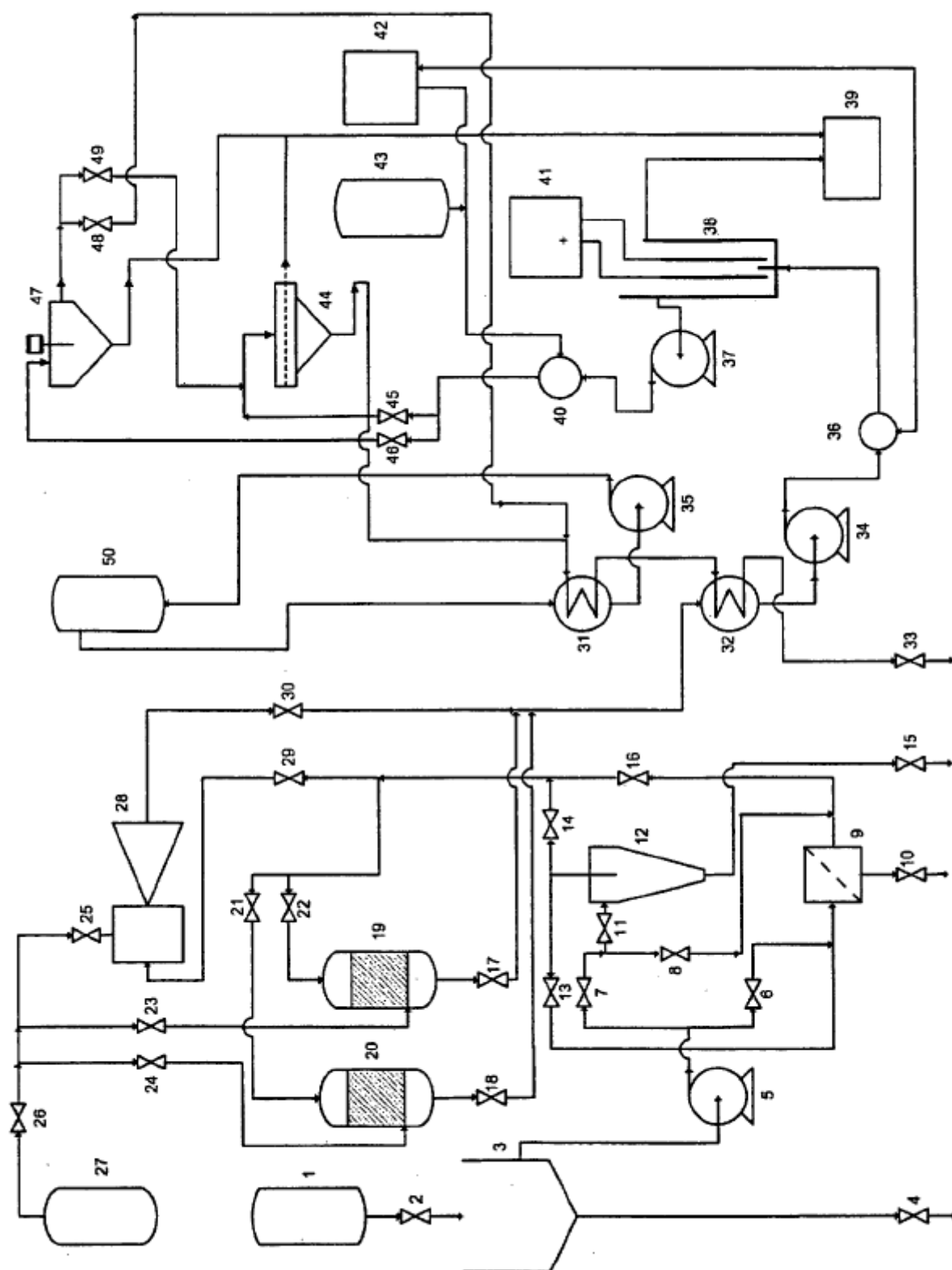


Fig. 1

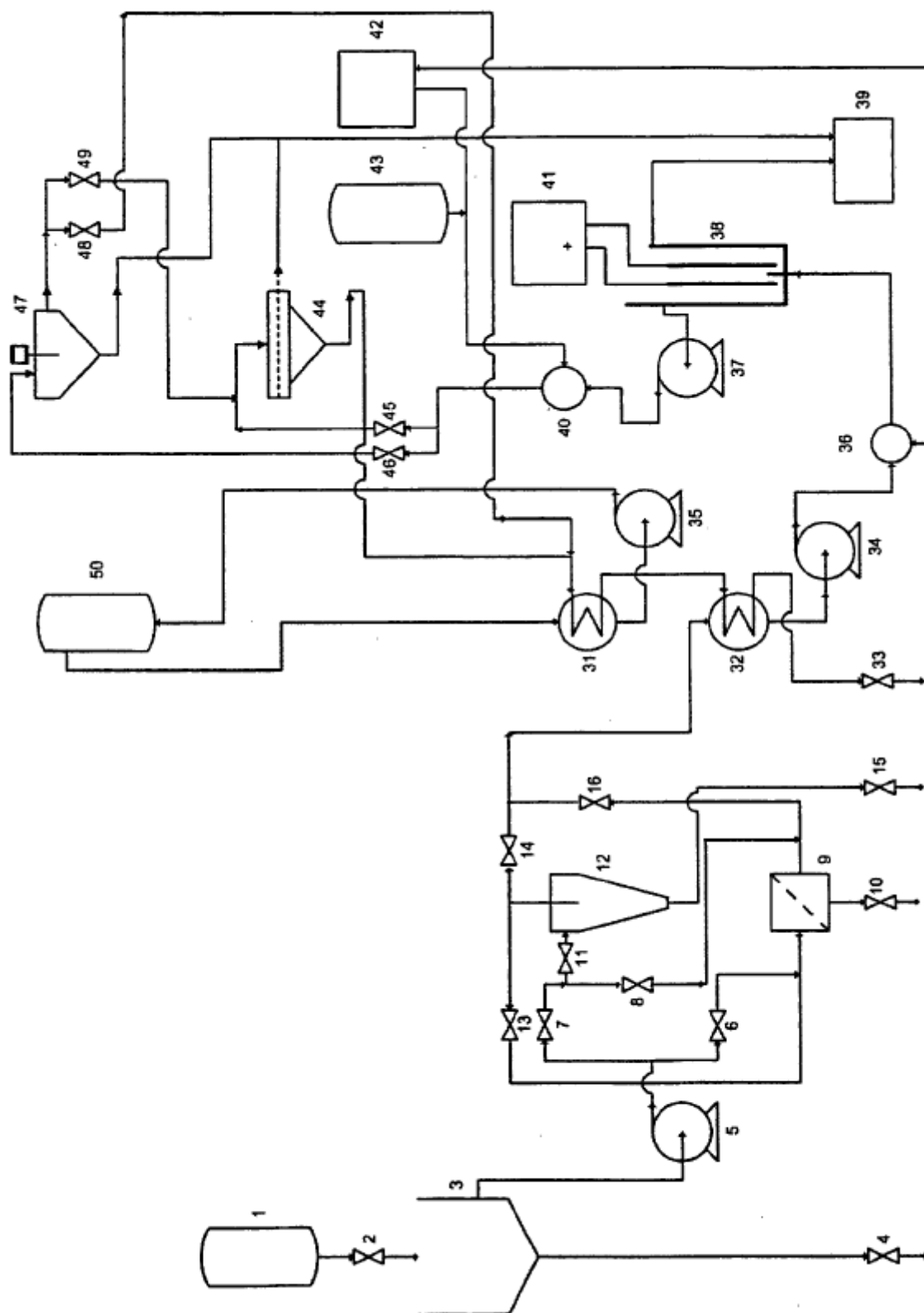


Fig. 2