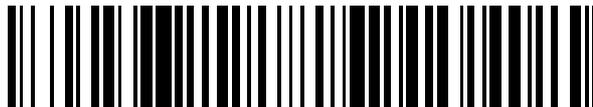


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 083**

51 Int. Cl.:

**B01D 35/157** (2006.01)

**F16N 39/00** (2006.01)

**B01D 29/00** (2006.01)

**B01D 35/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2012 PCT/DK2012/050012**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13104361**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2012 E 12700592 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2802396**

54 Título: **Método para limpiar aceite degradado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.04.2019**

73 Titular/es:  
**C.C. JENSEN A/S (100.0%)**  
**Lovholmen 13**  
**5700 Svendborg, DK**

72 Inventor/es:  
**JENSEN, SØREN HALLBERG y**  
**JENSEN, HENRIK HALLBERG**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 711 083 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 para limpiar aceite degradado

Campo técnico

5 La invención se relaciona con un método para limpiar aceite degradado que comprende productos de degradación solubles en aceite.

Antecedentes

10 El aceite se utiliza como un líquido funcional en muchas instalaciones industriales y de fabricación a gran escala. Los ejemplos para tales funciones pueden comprender lubricación, hidráulica, uso como fluido de enfriamiento en la producción de acero, u otros. Numerosos procesos de degradación y contaminación afectan la vida útil del aceite, así como la operación, el mantenimiento y, en última instancia, la vida útil de la maquinaria que utiliza el aceite. Limpiar y cambiar el aceite en una instalación grande, es por lo tanto de la mayor importancia. Sin embargo, dicho mantenimiento de los sistemas de aceite de una instalación determinada puede implicar costes considerables, tanto en vista del coste de grandes cantidades de aceite de alto rendimiento como, por lo general, aún más importante, los costes resultantes de cualquier tiempo de inactividad de la instalación.

15 El uso impone un estrés sustancial al aceite y provoca el desgaste y la degradación del aceite, por ejemplo, debido a la oxidación del aceite bajo estrés térmico. Una fuente primaria de degradación es la oxidación del aceite, además del estrés térmico y mecánico, y posteriormente la oxidación adicional de dichos productos de degradación. Además, los productos de degradación pueden reaccionar entre sí y/o polimerizarse. De este modo, los procesos de degradación forman precursores de barniz, así como componentes que causan coloración fallida y un cambio en el olor del aceite usado en comparación con el aceite fresco. Como consecuencia, el aceite degradado es típicamente una solución compleja que comprende numerosos contaminantes diferentes, solubles en aceite, generados por la degradación del aceite en uso. Los productos de degradación/oxidación, por lo tanto, contaminan el aceite, lo que afecta el rendimiento del aceite. Los polímeros formados pueden causar depósitos de barniz en las superficies en todo el sistema de aceite de la instalación, lo que afecta el rendimiento de la instalación, lo que causa un tiempo de inactividad para el mantenimiento, reduce la vida útil de las partes centrales de la instalación o incluso un fallo catastrófico de la instalación.

20 Para prolongar la vida útil del aceite y aumentar los intervalos de servicio que requieren el tiempo de inactividad de la instalación, es deseable eliminar los contaminantes del aceite durante la operación de la instalación, antes de que deterioren irreversiblemente los componentes de la instalación. Sin embargo, los productos de degradación/oxidación a menudo son difíciles de eliminar porque están en solución en el aceite. Los métodos conocidos para eliminar productos de oxidación del aceite generalmente requieren tiempo de inactividad, son complejos e implican inversiones considerables, o simplemente no son lo suficientemente eficientes (ver, por ejemplo, US2003/0080036 O WO96/39474).

Divulgación de la invención

35 Por lo tanto, es deseable proporcionar un método que pueda reducir eficientemente la concentración de productos de degradación/oxidación solubles en aceite, del aceite, que sea adecuado para conectarse operativamente al sistema de aceite de una gran instalación en operación, preferiblemente sin tener que apagar los respectivos componentes de la instalación en servicio.

40 De acuerdo con un aspecto, el objetivo de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un método para limpiar el aceite usado para superar los problemas de la técnica anterior o al menos producir una alternativa.

El objetivo de la presente invención se logra mediante un método para limpiar aceite degradado de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Las realizaciones ventajosas se definen mediante las reivindicaciones dependientes.

45 De acuerdo con una realización, un método para limpiar aceite degradado que comprende productos de degradación solubles en aceite comprende las etapas de recibir un flujo de entrada de aceite degradado, precipitar productos de degradación solubles en aceite, del aceite degradado, enfriando el aceite degradado a un régimen de precipitación y manteniendo el aceite degradado en el régimen de precipitación durante un tiempo de permanencia, pasando el aceite degradado enfriado como un flujo de filtración a través de un filtro para retener los productos de degradación precipitados en el filtro, y descargando un flujo de salida del aceite limpio.

50 Una de las ideas subyacentes de la presente invención es reconocer que la precipitación por enfriamiento permite una separación eficiente de los productos de degradación solubles en aceite del aceite portador. Se reconoce que, en gran medida, la solubilidad de los productos de degradación que se encuentran en aceite usado disminuye con la disminución de la temperatura de tal manera que estos productos de degradación pueden precipitarse de la solución de manera eficiente mediante un enfriamiento apropiado, y que aun así se ejecute el método de manera continua.

El término "soluble en aceite" se refiere a un sistema de disolvente-soluto donde el aceite actúa como disolvente y los productos de degradación son el soluto. Los productos de degradación contaminan el aceite con las consecuencias mencionadas anteriormente para rendimiento, servicio, mantenimiento y vida útil de la instalación de una maquinaria/construcción/instalación donde se utiliza el aceite. "Limpiar" el aceite en el contexto de la presente solicitud se refiere al proceso de reducir la concentración de contaminantes solubles en aceite/productos de degradación disueltos en el aceite. Por consiguiente, "aceite limpio" significa aceite con un nivel de contaminación reducido, es decir, una concentración reducida de contaminantes solubles en aceite/productos de degradación, en comparación con el nivel de contaminación del "aceite degradado". Un nivel de degradación de aceite puede estar relacionado con el nivel de contaminación del aceite y puede determinarse, por ejemplo, midiendo el valor del Parche de Membrana Colorimétrico (MPC) de una muestra del aceite en cuestión. El valor de MPC se puede medir utilizando un procedimiento estandarizado y calibrado implementado por la instrumentación comúnmente disponible, como el espectrofotómetro FLUITEC i-LAB 475. La escala del valor de MPC oscila entre 0 y 100. Un nivel de contaminación con un valor de MPC por encima de aproximadamente 20 generalmente se considera un alto nivel de contaminación de aceite, y un nivel de contaminación con un valor de MPC por encima de 30 usualmente se considera crítico para la mayoría de las aplicaciones, en particular en grandes instalaciones. Cabe señalar que la degradación del aceite es un proceso complejo que involucra, por ejemplo, procesos de oxidación, hidrólisis y degradación térmica, y dan como resultado una gran variedad de productos de degradación, como aldehídos, cetonas y ácido carboxílico. Los metales, como el hierro o el cobre, pueden actuar como catalizadores de los procesos involucrados en la degradación. La composición del aceite degradado puede, por lo tanto, depender del aceite particular y los aditivos contenidos en el aceite, las condiciones de uso en la configuración particular y los procesos de degradación en juego. Por lo tanto, es difícil proporcionar una calibración universal de cualquier medida de este tipo. Sin embargo, existen varios métodos analíticos diferentes para monitorear la degradación del petróleo. Los mismos métodos analíticos pueden usarse para monitorear cualquier proceso de limpieza y su desempeño en una configuración determinada, determinando así cualquier desviación/cambio/tendencia en el resultado de la medición a lo largo del tiempo y/o entre la entrada y la salida del proceso de limpieza. Los ejemplos de tales métodos analíticos para monitorear la degradación del aceite son las mediciones del número ácido total (TAN), viscosidad, ultracentrífuga, espectroscopia infrarroja, rutina de evaluación de la vida útil restante (RULER), prueba de colorimetría de parches de membrana (MPC) mencionada anteriormente, análisis de espectrofotometría cuantitativa (QSA) y prueba de oxidación en recipientes a presión rotativa (RPVOT). La información obtenida de los diferentes métodos analíticos puede ser complementaria entre sí. Ventajosamente, los diferentes métodos pueden por lo tanto ser usados en combinación.

La precipitación por enfriamiento tiene la ventaja de que el enfriamiento puede aplicarse desde el exterior y no requiere, por ejemplo, la introducción de disolventes específicos de contaminación en el aceite. Además, el método es adecuado para el funcionamiento de manera continua, como fue mencionado. Por lo tanto, el método puede aplicarse de manera continua acoplado operativamente al sistema de aceite de una configuración dada de una maquinaria/construcción industrial/instalación en operación. La presente invención reconoce que los productos de degradación debidos al uso normal del aceite en muchas configuraciones a menudo se generan a una tasa relativamente lenta y que el presente método es bien adecuado y puede configurarse de manera ventajosa para su uso en un diseño de baja tasa de flujo para el mantenimiento continuo del aceite. La limpieza continua del aceite, utilizando el método de acuerdo con la presente invención, tiene la ventaja de que mantiene el aceite limpio de manera eficiente al retener los productos de degradación en una etapa temprana esencialmente a medida que se generan, evitando así la formación de contaminantes derivados.

La precipitación por enfriamiento se estimula corriente arriba de un filtro. Al precipitar los contaminantes solubles en aceite corriente arriba del filtro, los precipitados pueden ser atrapados por el material del filtro y retenidos en el mismo. Mientras que el equilibrio termodinámico determina la cantidad total de productos de degradación que se precipitan del aceite degradado después de un cambio de temperatura dado, la cinética determina la tasa del proceso de precipitación. La precipitación se inicia enfriando el aceite degradado en el régimen de precipitación, y posteriormente los precipitados se forman y envejecen manteniendo el aceite degradado a temperaturas en el régimen de precipitación durante un tiempo de permanencia. Por lo tanto, el tiempo de permanencia debe entenderse como el tiempo durante el cual el flujo de aceite degradado se mantiene a temperaturas en el régimen de precipitación después del punto en que el aceite degradado se enfrió a temperaturas en el régimen de precipitación. Durante ese tiempo de permanencia, los precipitados se envejecen a una etapa en la que se pueden retener en el medio del filtro. Típicamente, el flujo de aceite degradado se mantiene a temperaturas en el régimen de precipitación, al menos desde el punto donde se aplica enfriamiento al flujo de entrada de aceite degradado, desde el punto de enfriamiento hasta el filtro, y en el propio filtro. Además, la interacción del aceite degradado en frío con el medio del filtro y con los precipitados ya retenidos en él, como la adsorción/absorción/coalescencia, puede promover aún más la formación de precipitados y mejorar la eficiencia de retención del filtro. Además, al pasar el aceite degradado en un estado enfriado a través del filtro, el aceite no tenderá a recoger contaminación al disolver los productos de degradación ya retenidos por el material del filtro.

La velocidad a la que se alcanza el equilibrio (según lo determinado por la cinética) es en el caso de la precipitación de productos de degradación de aceite degradado favorecido por cambios rápidos de temperatura y acelerado por una pequeña cantidad de impurezas en el aceite que actúan como semillas para la polimerización/cristalización. Por lo tanto, el proceso de precipitación puede acelerarse aplicando el enfriamiento repentinamente, por ejemplo, como enfriamiento de choque del aceite degradado en comparación con un proceso de enfriamiento lento.

En una configuración típica, el tiempo de permanencia está preferiblemente en el intervalo de minutos, como por lo menos 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos, 20 minutos, 25 minutos, 30 minutos, o en el intervalo de horas, como hasta aproximadamente ½ hora, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 5 horas, 6 horas, 7 horas, 8 horas, 9 horas, 10 horas, 11 horas o incluso 12 horas.

5 Como se mencionó anteriormente, el aceite degradado es un fluido complejo que comprende numerosos productos de degradación diferentes disueltos en el aceite. Para cada uno de los diferentes productos de degradación, el inicio de la precipitación puede ocurrir a una temperatura ligeramente diferente, y se puede observar que el inicio de la formación de precipitados en el aceite degradado enfriado se extiende sobre un intervalo de temperatura. Sin embargo, se pueden distinguir tres intervalos de temperatura. A altas temperaturas, existe un régimen de solución donde esencialmente todos los productos de degradación están en solución. A bajas temperaturas, existe un régimen de precipitación en el que prácticamente todos los productos de degradación que deben eliminarse del aceite forman un precipitado. A temperaturas intermedias entre el régimen de solución y el régimen de precipitación, existe un régimen de transición donde una primera fracción de productos de degradación que deben eliminarse todavía no forma precipitados, mientras que una segunda fracción de productos de degradación que deben eliminarse ya forma precipitados.

15 El método puede implementarse en un sistema para limpiar aceite degradado (es decir, un sistema de limpieza de aceite) en una configuración dada de maquinaria o construcción industrial. El método puede comprender por lo tanto, recibir un flujo de entrada de aceite degradado en una entrada del sistema de limpieza de aceite, precipitando productos de degradación solubles en aceite, del aceite degradado, enfriando el aceite degradado utilizando medios de enfriamiento, pasando el aceite degradado enfriado a través de un filtro en una dirección desde la entrada hasta una salida del sistema de limpieza para retener los productos de degradación precipitados en el filtro, y descargar un flujo de salida de aceite limpio a través de la salida del sistema de limpieza de aceite.

20 La eficiencia del sistema para la limpieza del aceite puede depender del diseño del sistema en vista de la configuración particular de la maquinaria o construcción industrial, el aceite utilizado en esa configuración y las condiciones operativas a las que se expone el aceite en uso. Por lo tanto, la implementación puede incluir una fase de diseño para diseñar un sistema para limpiar aceite en una configuración determinada. Los parámetros de diseño pueden incluir especificaciones de potencia de enfriamiento y rata de flujo, selección del material y tamaño del filtro, y similares.

25 Para un diseño dado de un sistema de limpieza de aceite, la eficiencia de la limpieza puede depender de los parámetros operativos reales elegidos para ese sistema en vista de la configuración particular, el aceite usado en esa configuración, las condiciones operativas a las cuales el aceite se expone en uso, el nivel de degradación del aceite en el flujo de entrada y el nivel deseado de limpieza del aceite descargado en el flujo de salida. Por ejemplo, la eficiencia de la etapa de filtración puede depender de las temperaturas reales de entrada/salida, las ratas de enfriamiento, el tiempo de permanencia y/o las ratas de flujo, y similares. Por lo tanto, la implementación puede incluir una fase de prueba y configuración del sistema para realizar el método de limpieza de aceite degradado para el aceite particular utilizado y/o las condiciones operativas particulares en esa configuración. La fase de prueba y configuración puede incluir la determinación de un régimen de saturación caracterizado por un intervalo de temperatura más allá del cual el aceite degradado debe ser enfriado para lograr la precipitación adecuada que se requiere para que la etapa de filtración sea eficiente y alcance un nivel predeterminado de contaminación después de limpiar. La fase de prueba y configuración también puede incluir la determinación de un tiempo de permanencia durante el cual el aceite degradado debe mantenerse frío en la configuración particular para lograr la precipitación adecuada que se requiere para que la etapa de filtración sea eficiente y logre un nivel de contaminación (limpieza) predeterminado, después de la limpieza. La comparación de los niveles de contaminación antes y después de la limpieza se puede usar como una medida del rendimiento del proceso de limpieza. Los niveles de contaminación pueden determinarse, por ejemplo, por medidas de MPC o cualquier otro método analítico para monitorear la degradación del aceite.

30 Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, enfriar el aceite degradado antes de la filtración comprende enfriar el aceite corriente abajo del filtro a una temperatura inferior a la del aceite degradado en el flujo de entrada, dividiendo el flujo de filtración en un punto de ramificación corriente abajo del filtro en el flujo de salida descargado a través de la salida y un flujo de recirculación, alimentando el flujo de recirculación de nuevo a un punto de recombinación corriente arriba del filtro, y recombinando el flujo de recirculación con el flujo de entrada.

35 En esta realización, el enfriamiento del aceite se realiza corriente abajo del filtro, es decir, en el lado del filtrado. En una operación constante, el nivel de contaminación del aceite en el lado del filtrado se reduce considerablemente en comparación con el aceite en el flujo de entrada o en el flujo de filtración corriente arriba del filtro. Por lo tanto, la disposición de un dispositivo de enfriamiento para enfriar el aceite corriente abajo del filtro tiene la ventaja de que el funcionamiento del dispositivo de enfriamiento no se ve tan afectado por los productos de precipitación que se sedimentan o depositan en el sistema de enfriamiento, que cuando el enfriamiento a las temperaturas de precipitación se realiza directamente en un flujo de aceite contaminado corriente arriba del filtro, por ejemplo, directamente en el flujo de entrada.

40 El aceite limpio y enfriado del flujo de recirculación se retroalimenta y mezcla con el aceite degradado del flujo de entrada en un punto de recombinación corriente arriba del filtro. Al combinar enfriamiento corriente abajo, la recirculación del aceite limpio enfriado y la mezcla del aceite limpio enfriado con el aceite degradado en un punto de

- recombinación corriente arriba del filtro, el aceite limpio enfriado actúa como un medio de enfriamiento y el aceite degradado del flujo de entrada se enfría de forma rápida y eficiente. La repentina caída de temperatura lograda por el enfriamiento rápido induce la precipitación de los productos de degradación solubles en aceite. De este modo, una parte principal de la precipitación se induce corriente arriba del filtro, en una ubicación separada de donde se realiza el enfriamiento real. De esta manera, los contaminantes se precipitan de manera efectiva en un lugar donde se pueden retener fácilmente, específicamente, en el material de filtro de un elemento de filtro fácilmente reemplazable en lugar de en cualquier otra parte del sistema.
- Ventajosamente, la mezcla se mejora proporcionando medios de mejora de la mezcla pasiva y/o activa proporcionados en el punto de recombinación. Al mejorar la mezcla del flujo de entrada y el aceite limpio enfriado del flujo de recirculación, el mecanismo de enfriamiento puede acelerarse para promover la precipitación. Además del enfriamiento acelerado, la mezcla puede generar turbulencia y/o inhomogeneidades locales que actúan como semillas para iniciar la precipitación, promoviendo así el proceso de precipitación.
- Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, el enfriamiento del aceite corriente abajo del filtro se realiza en el flujo de recirculación entre el punto de ramificación y el punto de recombinación. En esta realización ventajosa, el enfriamiento se aplica después de dividir el flujo de filtración en el punto de ramificación y antes de recombinar el flujo de recirculación con el flujo de entrada. De este modo, la potencia de enfriamiento solo se aplica al aceite recirculado y no a la porción del aceite limpio descargado a través de la salida. De este modo, se reduce el consumo de energía.
- Alternativamente, o además de esto, se puede proporcionar enfriamiento corriente abajo del filtro y antes del punto de ramificación. Por lo tanto, de acuerdo con una realización del método para limpiar aceite degradado, enfriar el aceite degradado antes de la filtración comprende enfriar el aceite corriente abajo del filtro y antes de dividir el flujo en el punto de ramificación. Esta realización es ventajosa, por ejemplo, para sistemas, donde el aceite limpio descargado por el flujo de salida debe usarse para propósitos de enfriamiento.
- Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, el método comprende además la etapa de preenfriamiento del aceite degradado, en la que el preenfriamiento se produce antes de la etapa de precipitar productos de degradación solubles en aceite del aceite degradado enfriando el aceite degradado.
- En una configuración típica de una maquinaria/construcción/instalación, el aceite funciona a temperaturas elevadas, que pueden ser muy superiores a 50 °C, muy superiores a 60 °C, superiores a 70 °C, superiores a 80 °C, o incluso superiores 90 °C (grados centígrados). En particular, al implementar el método para limpiar continuamente aceite en una configuración de una maquinaria/construcción/instalación en una operación, el aceite degradado recibido en el flujo de entrada puede tener una temperatura elevada. La etapa de preenfriamiento tiene el propósito de precondicionar el flujo de entrada de aceite degradado para la siguiente etapa de precipitación. El preenfriamiento se aplica al aceite degradado recibido, en el que la temperatura del aceite preenfriado en el flujo de entrada se mantiene por encima de la temperatura del aceite enfriado en el flujo de recirculación en el punto de recombinación. De este modo, se garantiza que el flujo de recirculación puede enfriar el flujo de entrada. Además, la temperatura del aceite preenfriado, es decir, la temperatura del aceite degradado en el flujo de entrada después de la etapa de preenfriamiento y corriente arriba del punto de recombinación se mantiene muy por encima de las temperaturas donde se produce una precipitación sustancial de productos de degradación.
- Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, el aceite degradado del flujo de entrada se enfría para disminuir la solubilidad de uno o más de los productos de degradación en el aceite degradado por debajo de la concentración de uno o más de los productos de degradación presentes en el aceite degradado.
- La solubilidad de los productos de degradación en el aceite disminuye al disminuir la temperatura. Como consecuencia, cuando se enfría aceite degradado que comprende uno o más productos de degradación diferentes, la solución de un producto de degradación dado en el aceite se acerca más y más a su punto de saturación donde la concentración del producto de degradación es igual a su solubilidad. Eventualmente, la solución se enfría en un régimen de sobresaturación donde la concentración del producto de degradación supera la solubilidad dependiente de la temperatura de la que se forman los precipitados del producto de degradación.
- Como se mencionó anteriormente, el aceite degradado es un fluido complejo que comprende numerosos productos de degradación diferentes disueltos en el aceite. Cada uno de estos diferentes productos de degradación puede tener diferentes puntos de saturación. Por lo tanto, para cada uno de los diferentes productos de degradación, el inicio de la precipitación puede ocurrir a una temperatura ligeramente diferente, y se puede observar que el inicio de la formación de precipitados en el aceite degradado enfriado se extiende sobre un intervalo de temperatura. Sin embargo, se pueden distinguir tres intervalos de temperatura. A altas temperaturas, existe un régimen de solución donde esencialmente todos los productos de degradación están en solución, es decir, la concentración de los productos de degradación está por debajo de su solubilidad para temperaturas en el régimen de solución (esencialmente, todos los productos de degradación están en solución subsaturada). A bajas temperaturas, existe un régimen de precipitación donde la concentración de esencialmente todos los productos de degradación que se eliminarán del aceite está por encima de su solubilidad (las soluciones de productos de degradación están en un estado sobresaturado). A temperaturas intermedias entre el régimen de solución y el régimen de precipitación, existe un régimen de transición

donde, para una primera fracción de productos de degradación, la concentración está por debajo de la solubilidad, y para una segunda fracción de productos de degradación, la concentración supera la solubilidad y los precipitados se forman a partir de la segunda fracción.

5 Al implementar el método de acuerdo con la invención en una configuración dada, los intervalos de temperatura relevantes de los regímenes mencionados anteriormente se pueden determinar para esa configuración, y posteriormente las temperaturas de operación de las diferentes etapas en el método se pueden elegir en consecuencia. La persona experimentada puede, por ejemplo, verificar el rendimiento del método implementado y de las temperaturas de operación seleccionadas con respecto a un objetivo de limpieza predeterminado al controlar la  
10 rata de precipitación obtenida para diferentes temperaturas. La rata de precipitación puede, por ejemplo, determinarse inspeccionando o midiendo el nivel de contaminación después del filtro en función de la temperatura a la que se enfría el aceite degradado y/o la temperatura a la que el aceite degradado se preenfía antes de la etapa de precipitación (para una temperatura dada de flujo de entrada y nivel de contaminación). Además del propósito de optimizar la rata de precipitación y, por lo tanto, la eficiencia de limpieza, la temperatura del aceite enfriado en la etapa de precipitación también puede estar sujeta a restricciones operativas adicionales, como la capacidad de hacer que el aceite fluya a  
15 través de un filtro dado.

Además, de acuerdo con una realización de la invención, la temperatura de precipitación a la cual se enfría el aceite degradado antes de la filtración es por debajo de 20 grados C, alternativamente inferior a 15 grados C, alternativamente inferior a 10 grados C, alternativamente inferior a 8 grados C, alternativamente inferior a 6 grados C, alternativamente inferior a 5 grados C, alternativamente inferior a 4 grados C, alternativamente inferior a 3 grados C, alternativamente inferior a 2 grados C, alternativamente inferior a cero grados C, alternativamente inferior a -5 grados C, alternativamente inferior a -10 grados C.  
20

La temperatura de precipitación es la temperatura del aceite degradado en un punto después del enfriamiento, pero antes de la filtración. Por ejemplo, en una realización que utiliza recirculación, la temperatura de precipitación debe determinarse en un punto entre el punto de recombinación y el filtro. Cuanto más baja sea la temperatura de precipitación, mayores serán las posibilidades de eliminar los productos de degradación solubles en aceite y en particular, los productos de degradación solubles en aceite que de otro modo son difíciles de atrapar, como los contaminantes que causan el olor, contaminantes que causan coloración fallida y/u otros contaminantes relacionados con productos de degradación de bajo número molecular y/o compuestos orgánicos nitrosos. En particular, en los intervalos más bajos de temperatura de precipitación inferior a aproximadamente 5 grados centígrados, y más particularmente en temperaturas de precipitación inferiores a 2 grados centígrados, y aún más particularmente a temperaturas inferiores a cero grados centígrados, se puede lograr un nivel de degradación sorprendentemente bajo. En una realización, donde el enfriamiento se realiza hasta temperaturas bajo cero grados centígrados, un medio de refrigerante/intercambio para intercambio de calor utilizado en el dispositivo de refrigeración/enfriador puede requerir el uso de un agente anticongelante comprendido en el refrigerante.  
25

30 El punto de fluidez de un líquido es la temperatura más baja a la que se vuelve semisólido y pierde sus características de flujo. Por lo tanto, la temperatura del aceite en todo el método/sistema de acuerdo con la invención debe mantenerse por encima del punto de fluidez del aceite en cuestión para que pueda fluir el aceite. La temperatura de precipitación se mantiene por encima del punto de fluidez, alternativamente al menos por encima de 5 grados centígrados por encima del punto de fluidez, alternativamente al menos por encima de 10 grados centígrados por encima del punto de fluidez del aceite en cuestión. Los datos de punto de fluidez para un aceite dado se encuentran generalmente en las hojas de datos del aceite en cuestión y, por lo tanto, están predeterminados para el aceite usado en una configuración dada. Alternativamente, el punto de fluidez del aceite puede determinarse siguiendo las instrucciones de la norma ASTM correspondiente, como ASTM D97. Sin embargo, en las configuraciones, donde el aceite puede contener cantidades considerables de agua que no se separan antes de alimentar el aceite a la entrada, puede ser necesario mantener la temperatura de precipitación por encima de cero grados C para evitar problemas debidos a formación de hielo, por ejemplo, dentro del dispositivo de refrigeración.  
35  
40  
45

Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, la temperatura del aceite preenfriado en el flujo de entrada se mantiene a una temperatura donde la solubilidad de los productos de degradación en el aceite degradado excede la concentración de los productos de degradación presentes en el aceite degradado.

50 Ventajosamente, la etapa de preenfriamiento preconditiona el flujo de entrada del aceite degradado a una temperatura cercana al régimen de transición, pero no en el régimen de transición donde aparece una precipitación apreciable. Esto tiene la ventaja de que la etapa de precipitación posterior en la que la temperatura del aceite degradado se reduce del régimen de solución, a través del régimen de transición y abajo, hacia el régimen de precipitación, requiere menos poder de enfriamiento y se puede realizar más rápidamente. Además, al mantener la temperatura en el régimen de solución, no se produce una precipitación apreciable antes de la etapa de precipitación real, lo que reduce la formación de depósitos no deseados fuera del filtro. De manera análoga al procedimiento descrito anteriormente para determinar la temperatura de enfriamiento apropiada, la temperatura apropiada a la cual se preenfía el aceite degradado antes de la etapa de precipitación en una configuración determinada se puede determinar por experimentación rutinaria.  
55

Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, el preenfriamiento comprende transferir calor desde el flujo de entrada al flujo de salida por medio de un intercambiador de calor. Al explotar la temperatura más baja del aceite limpio del flujo de salida para preenfriar el flujo de entrada, el método se vuelve más eficiente energéticamente. Además, el aceite limpio que debe devolverse a la configuración se devuelve a temperaturas más altas más cercanas a la temperatura de funcionamiento del aceite requerido por la configuración.

Además, de acuerdo con una realización, el método de acuerdo con la invención comprende además controlar una rata de flujo de entrada del flujo de entrada, controlar una rata de flujo de filtración del flujo de filtración para hacer pasar el aceite degradado enfriado a través del filtro y/o controlar una rata de flujo de recirculación del flujo de recirculación. Las ratas de flujo se pueden controlar utilizando medios de control de flujo, como bombas, válvulas de mariposa, válvulas de termostato, constricciones, válvulas de retención desviadas o similares. En particular, de acuerdo con una realización, la rata de flujo de entrada puede controlarse usando una bomba de entrada. El flujo de recirculación se puede controlar mediante una bomba de recirculación y/o una válvula de termostato, en el que la válvula del termostato puede responder a la entrada de un sensor de temperatura que mide una temperatura representativa de la temperatura del aceite en el filtro. El control de las ratas de flujo de entrada, filtración y/o recirculación entre sí permite controlar una proporción de recirculación, es decir, cuántas veces, en promedio, el aceite se recircula en el sistema antes de que se descargue a través de la salida. En el caso del enfriamiento aplicado en la rama de recirculación, esto también permite controlar el efecto de enfriamiento del flujo de recirculación en el flujo de entrada y por lo tanto, la rata de precipitación.

Además, de acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, el método se aplica a una configuración que tiene un volumen de aceite total, y en el que el volumen de aceite limpio por hora está entre 0,05% y 5%, preferiblemente entre 0,1% y 2% del volumen total de aceite de la configuración. Ventajosamente, el volumen de aceite limpio por hora es menor que 500 litros, alternativamente menor que 400 l, alternativamente menor que 300 l, alternativamente menor que 200 l, y preferiblemente menor que 100 l. La rata de limpieza se puede controlar, por ejemplo, controlando la rata de flujo de entrada, en el que la rata de flujo de salida corresponde a la rata de flujo de entrada. El método para limpiar el aceite degradado se puede operar en un modo de operación continua/en curso, en el que el flujo de entrada del aceite degradado se recibe directamente desde la configuración en operación y el flujo de salida del aceite limpio regresa a la configuración en operación. Típicamente, se pueden emplear bajas ratas de limpieza al limpiar en un modo de operación continua/en curso, y deben adaptarse a una rata de degradación observada o conocida para la configuración respectiva. De este modo, el modo de operación continua permite a los aparatos de menor escala llevar a cabo este método, que cuando se opera en modo de proceso por lotes. Además, es ventajoso operar el método de limpieza en un modo de mantenimiento continuo/en curso para retener los productos de degradación en una etapa temprana de una cadena de reacción de degradación, interceptando así eficientemente la formación de productos de degradación de orden superior. De este modo, la calidad del aceite en la configuración se mantiene en un nivel superior. Otros intervalos ventajosos para la rata de limpieza en operación continua/en curso en una configuración típica son entre 0,1% y 1%, alternativamente entre 0,1% y 0,5%, o aproximadamente 0,2% del volumen total de aceite de la configuración. Alternativamente, el método para limpiar el aceite degradado puede operarse en un modo por lotes, en el que el flujo de entrada del aceite degradado se recibe desde un primer depósito de aceite degradado, y el flujo de salida del aceite limpio/limpiado se descarga en un segundo depósito. Típicamente, cuando se limpia un volumen total de aceite de una configuración dada en modo de lotes, se desean ratas de limpieza grandes para reducir el tiempo de procesamiento.

Además, de acuerdo con una realización, el método de acuerdo con la invención comprende además controlar el tiempo de permanencia. Ventajosamente, el tiempo de permanencia puede controlarse controlando la rata de flujo de entrada, la rata de flujo de salida, la rata de flujo de filtración y/o la rata de flujo de recirculación por medios de control de flujo como se indica anteriormente. Preferiblemente, el tiempo de permanencia se controla en respuesta a un nivel de contaminación del aceite en el flujo de entrada y/o en respuesta a un nivel de contaminación del aceite en el flujo de salida. Como se mencionó anteriormente, el nivel de contaminación refleja el nivel de degradación del aceite, y puede determinarse mediante métodos conocidos de medición, como por ejemplo midiendo el valor de MPC de una muestra del aceite. La cinética de precipitación y filtrado puede depender del nivel de contaminación del aceite degradado en el flujo de entrada. Al ajustar el tiempo de permanencia en respuesta a un nivel de contaminación en el flujo de entrada y/o en el flujo de salida, el tiempo de permanencia se puede ajustar de acuerdo con la cinética de precipitación y filtrado del nivel de contaminación de entrada, optimizando así la eficiencia de limpieza del método, logrando un rendimiento de limpieza optimizado y eventualmente un nivel de contaminación de salida más bajo. Preferiblemente, el tiempo de permanencia se ajusta reduciendo la rata de flujo de filtración para un nivel de contaminación de entrada decreciente, aumentando así el tiempo de permanencia para un nivel de degradación de entrada decreciente. De este modo, se logra una retención mejorada de los precipitados en el medio de filtro y un nivel correspondiente de contaminación de salida más bajo. Por consiguiente, para niveles altos de entrada de contaminación del aceite en el flujo de entrada, como en una fase de inicio del método de limpieza, la rata de flujo de filtración se mantiene en un nivel más alto, logrando así un mayor rendimiento compensando con un mayor nivel de salida de contaminación del aceite en el flujo de salida. Ventajosamente, el tiempo de permanencia se ajusta controlando la rata de flujo de filtración directamente, controlando la rata de flujo de entrada/salida y/o controlando la rata de flujo de recirculación. Más ventajosamente, el tiempo de permanencia se ajusta en respuesta a un nivel de contaminación de entrada medido, calculado y/o simulado.

- 5 Ventajosamente, de acuerdo con una realización del método para limpiar aceite degradado, el método comprende además controlar la potencia de enfriamiento y/o la temperatura en la etapa de precipitación en respuesta a un nivel de contaminación del aceite en el flujo de entrada y/o controlar la potencia de preenfriamiento y/o temperatura en la etapa de preenfriamiento en respuesta a un nivel de contaminación del aceite en el flujo de entrada y/o en el flujo de salida.
- 10 Ventajosamente, de acuerdo con una realización del método para limpiar aceite degradado, la interacción de filtrado entre el aceite y el material de filtro es la adsorción y/o absorción de los contaminantes precipitados. Además, ventajosamente, el material de filtro comprende fibras de celulosa.
- En un ejemplo, que no es parte de la invención, se proporciona un sistema, estando el sistema adaptado para llevar a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones mencionadas en la presente solicitud.
- A continuación, se describen ejemplos ventajosos, que no son parte de la invención, de un sistema para limpiar aceite degradado. Un sistema para limpiar aceite degradado se beneficia de consideraciones y ventajas análogas como se mencionó anteriormente con respecto al método para limpiar aceite degradado.
- 15 De acuerdo con un ejemplo, que no es parte de la invención, de un sistema para limpiar aceite degradado que comprende productos de degradación solubles en aceite, el sistema comprende una entrada para recibir un flujo de entrada de aceite degradado, una salida para descargar un flujo de salida de aceite limpio, una rama de filtración que conecta la entrada y la salida, comprendiendo la rama de filtración un filtro dispuesto para pasar un flujo de filtración a una rata de flujo de filtración a través del filtro en una dirección desde la entrada a la salida, y un refrigerador para enfriar el aceite degradado a un régimen de precipitación y aislamiento térmico para mantener el aceite degradado a la temperatura de precipitación durante un tiempo de permanencia antes de la filtración para provocar que los productos de degradación disueltos en el aceite precipiten y retengan los productos de degradación precipitados en el filtro. Los medios para mantener el aceite degradado a la temperatura durante un tiempo de permanencia pueden incluir el aislamiento térmico de las tuberías y los tubos en el sistema, así como el aislamiento térmico de la carcasa del filtro. Además, se pueden proporcionar dispositivos de refrigeración activos para mantener frío el aceite degradado.
- 20
- 25 Además, de acuerdo con un ejemplo, que no forma parte de la invención, un sistema comprende además una rama de recirculación que se extiende desde un elemento divisor de flujo dispuesto corriente abajo del filtro a un elemento de combinación de flujos dispuesto corriente arriba del filtro, en el que el elemento divisor de flujo está adaptado para dividir el flujo de filtración en el flujo de salida y un flujo de recirculación, en el que la rama de recirculación está adaptada para pasar el flujo de recirculación en una dirección desde el elemento divisor de flujo al elemento de combinación de flujo, y en el que el elemento de combinación de flujo está adaptado para combinar el flujo de entrada con el flujo de recirculación y para pasar el flujo combinado como flujo de filtración al elemento de filtro para la filtración, y en el que el refrigerante está dispuesto corriente abajo del filtro para enfriar el flujo de recirculación a temperaturas por debajo de la temperatura del aceite del flujo de entrada en el combinador de flujo. El enfriamiento corriente abajo del aceite filtrado en combinación con el retorno del aceite limpio enfriado al flujo de filtración en un punto corriente arriba del filtro mejora la precipitación y, por lo tanto, la eficiencia de limpieza y además, mejora la confiabilidad del sistema de limpieza. En este ejemplo, el enfriamiento del aceite degradado se realiza mediante el intermedio de aceite limpio como medio de enfriamiento, que se mezcla al flujo de entrada. Para lograr un efecto de enfriamiento, esto implica que el flujo de recirculación debe tener una temperatura más baja que el flujo de entrada del aceite degradado en o inmediatamente antes de la recombinación/mezcla de los flujos en el combinador de flujo.
- 30
- 35 Este ejemplo también es ventajoso, porque el dispositivo de enfriamiento actúa sobre el aceite limpio con una baja concentración de productos de degradación solubles en aceite. Por lo tanto, el dispositivo de refrigeración utilizado, tal como un enfriador de tanque abierto/flujo continuo o similar, no se ve afectado por una deposición pronunciada de precipitados en el mismo.
- 40
- 45 Además, de acuerdo con un ejemplo del sistema, los medios de enfriamiento están dispuestos en la rama de recirculación. Al disponer los medios de enfriamiento corriente abajo del divisor de flujo en la rama de recirculación, el enfriamiento solo se aplica al aceite limpio en el flujo de recirculación, y no al flujo de salida, evitando así el desperdicio de energía de enfriamiento en el aceite descargado del sistema de limpieza.
- 50
- 55 Además, de acuerdo con un ejemplo del sistema, se proporcionan medios de mejora de la mezcla en el combinador de flujo. Los medios para mejorar la mezcla pueden ser medios de mezcla pasivos, como una espiral de mezcla de flujo o una disposición de deflectores en el flujo de filtración colocado después de que el flujo de entrada y el flujo de recirculación se hayan recombinado y/o medios de mezcla activos, tales como un dispositivo de agitación o similar. Al mejorar la mezcla del flujo de entrada y el aceite limpio enfriado del flujo de recirculación, se proporciona un mecanismo de enfriamiento muy eficiente y rápido que puede llevar rápidamente el aceite en el flujo de filtración corriente arriba del filtro en un estado sobresaturado desde el cual se produce la precipitación. Además, la mezcla puede generar turbulencia y/o inhomogeneidades locales que actúan como semillas para iniciar la precipitación, acelerando así aún más la cinética del proceso de precipitación.

Además, de acuerdo con un ejemplo, un sistema comprende además medios de preenfriamiento para preenfriar el aceite recibido en la entrada. Como se mencionó anteriormente con respecto al método de limpieza de aceite degradado, el propósito del preenfriamiento es traer el aceite degradado recibido de una configuración que tiene una temperatura de operación elevada más cercana a las temperaturas donde se produce una precipitación apreciable, pero no al régimen de precipitación.

Además, de acuerdo con un ejemplo del sistema, los medios de preenfriamiento comprenden un intercambiador de calor para transferir calor desde el flujo de entrada al flujo de salida. El preenfriamiento del aceite en el flujo de entrada se puede soportar, al menos, si no se proporciona completamente, transfiriendo calor del flujo de entrada tibio al flujo de salida frío por medio del intercambiador de calor. Al mismo tiempo, el aceite del flujo de salida se precalienta a temperaturas más cercanas a la temperatura de funcionamiento del aceite requerido por la configuración a la que se devuelve. De este modo, se puede mejorar la eficiencia energética del sistema de limpieza. Ventajosamente, el intercambiador de calor puede ser un intercambiador de calor de flujo entrecruzado. Otros medios de preenfriamiento pueden por ejemplo, comprender un intercambiador de calor de enfriamiento por aire y/o un ventilador de refrigeración.

Además, de acuerdo con un ejemplo, un sistema comprende además medios para controlar el flujo de entrada, medios para controlar el flujo de filtración, y/o medios para controlar el flujo de recirculación.

Además, de acuerdo con un ejemplo, un sistema comprende además medios para controlar una rata de flujo de entrada del flujo de entrada, medios para controlar la rata de flujo de filtración del flujo de filtración, y/o medios para controlar una rata de flujo de recirculación del flujo de recirculación.

Además, de acuerdo con un ejemplo del sistema, los medios para controlar el flujo de entrada y/o el flujo de filtración y/o el flujo de recirculación comprenden medios de bombeo y/o una válvula controlada por termostato y/o una válvula de retención desviada. Se pueden usar medios de bombeo para establecer una rata de flujo para el flujo de entrada, el flujo de recirculación y/o el flujo de filtración. La rata de flujo deseado se puede determinar en respuesta a una entrada del sensor y/o un control programado. Ventajosamente, en un ejemplo, una válvula controlada por termostato puede estar dispuesta en la rama de recirculación para controlar la rata de flujo de recirculación en respuesta a una entrada de señal representativa de la temperatura del aceite en el filtro. Se pueden emplear válvulas de retención desviadas para controlar la dirección del flujo y una presión mínima en las diferentes ramas del sistema. Por ejemplo, una válvula de retención desviada puede estar dispuesta entre el punto de ramificación y la salida de un sistema de acuerdo con un ejemplo, en el que la válvula de retención desviada se abre para descargar el flujo de salida de aceite limpio a través de la salida a presiones superiores a 0,5 bar y bloqueos para cualquier reflujo de aceite desde la salida hacia el sistema.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se explica adicionalmente mediante referencia a realizaciones ventajosas, en las que signos de referencia similares se refieren a características correspondientes/análogas. Los dibujos muestran en

La figura 1 es una presentación esquemática de un sistema y método para limpiar aceite degradado de acuerdo con una realización de la invención,

La figura 2 es una presentación esquemática de un sistema y método para limpiar aceite degradado de acuerdo con otra realización de la invención,

La figura 3 es una presentación esquemática de un sistema y método para limpiar aceite degradado de acuerdo con una realización adicional de la invención,

Descripción detallada de la invención

Las figuras 1-3 muestran esquemáticamente diferentes realizaciones 100, 200, 300 de un método y un sistema para limpiar aceite degradado. La figura 1 muestra una realización 100 simple con un refrigerador 105 de precipitación dispuesto corriente arriba del filtro 104, mientras que las figuras 2 y 3 muestran realizaciones 200, 300 más complejas, que comprenden una rama 206, 306 de recirculación donde un refrigerador 205, 305 está dispuesto corriente abajo del filtro 204, 304, y la precipitación por enfriamiento se realiza mezclando el aceite degradado con aceite enfriado recirculado en un punto 208, 308 de recombinación corriente arriba del filtro 204, 304. Una diferencia importante entre la realización 200 de la figura 2 y la realización 300 de la figura 3 es que, la primera 200 comprende enfriar el filtrado antes de dividir los flujos en flujo de salida y flujo de recirculación en un punto 207 de ramificación, mientras que el último 300 comprende enfriar el filtrado en la rama 306 de recirculación entre el punto 307 de ramificación y el punto 308 de recombinación. Ventajosamente, para todas las realizaciones 100, 200, 300, la interacción de filtrado para retener los precipitados en el material de filtro es la adsorción y/o absorción.

En la realización 100 de la figura 1, se recibe un flujo 1 de entrada de aceite degradado en una entrada 101, por ejemplo, desde una configuración (no mostrada) que tiene un volumen total de aceite sometido a degradación debido a su uso en la configuración. Una bomba 112 conduce el aceite recibido a una rata de flujo de entrada a través de un refrigerador 105, que está adaptado para reducir la temperatura del aceite degradado a un régimen de precipitación a una rata de flujo correspondiente a la rata de flujo de entrada. Como se mencionó anteriormente, la solubilidad de los

5 productos de degradación a eliminar por el presente método/sistema disminuye con la temperatura. En el régimen de precipitación, la solubilidad de los productos de degradación solubles en aceite que se eliminarán del aceite degradado está por debajo de la concentración de estos productos de degradación en el aceite degradado y se observa una precipitación sustancial de estos productos de degradación. Desde el refrigerador 105, el aceite degradado frío se pasa en un flujo 3 de filtración a través del filtro 104. El volumen del filtro 104 y la rata de flujo de filtración se adaptan para mantener el aceite frío en el filtro durante un tiempo de permanencia lo que permite que se formen los precipitados de los productos de degradación y que sean retenidos por el material filtrante. Finalmente, un flujo 2 de salida de aceite limpio con una concentración reducida de productos de degradación solubles en aceite en comparación con el aceite degradado en el flujo de entrada 1 se descarga a través de la salida 102 y puede devolverse a la configuración. La bomba 112, el refrigerador 105 y el filtro 104 están dispuestos en serie en la misma línea que forma la rama 103 de filtración que se extiende desde la entrada 101 a la salida 102.

15 En la realización 200 de la Figura 2, se recibe un flujo 1a de entrada de aceite degradado en una entrada 201, por ejemplo, desde una configuración (no mostrada) que tiene un volumen total de aceite sometido a degradación debido a su uso en la configuración. El flujo 1a de entrada se pasa a través de un preenfriador 210 para reducir la temperatura del aceite degradado recibido. El uso de un preenfriador es particularmente ventajoso cuando se opera el sistema/método para limpiar el aceite de una configuración en operación, es decir, donde el aceite degradado se recibe a una temperatura de operación elevada directamente de la configuración. La temperatura del aceite en el flujo 1b de entrada después del preenfriamiento debe mantenerse en un régimen de solución, donde la solubilidad dependiente de la temperatura de los productos de degradación solubles en aceite que deben eliminarse, excede la concentración de estos productos de degradación presentes en el aceite degradado. En otras palabras, la etapa de preenfriamiento debe adaptarse de manera que no anticipa la etapa de precipitación. Una bomba 212 conduce el aceite 1b preenfriado a una rata de flujo de entrada a un punto de recombinación con un combinador 208 de flujo donde el flujo 1b de entrada se mezcla con un flujo 6 de recirculación recibido de una rama 206 de recirculación y se pasa como un flujo 3a de filtración con una rata de flujo de filtración a un filtro 204 dispuesto en una rama 203 de filtración y además a un refrigerador 205 también dispuesto en la rama de filtración corriente abajo del filtro 204. La rama 203 de filtración de la realización 200 comprende, por lo tanto, tanto el filtro 204 como el refrigerador 205. Sin embargo, en contraste con la realización 100, el refrigerador 205 se coloca corriente abajo del filtro 204 en el lado del filtrado. El flujo de aceite enfriado 3b en la rama de filtración corriente abajo del refrigerador 205 se divide en un punto de ramificación con un divisor 207 de flujo en un flujo 2b de salida y el flujo 6 de recirculación, que a través de la rama 206 de recirculación se retroalimenta al punto 208 de recombinación corriente arriba del filtro 204. Colocando el refrigerador 205 en la rama 203 de filtración antes de dividir el flujo en el punto 207 de ramificación en lugar de en la rama 206 de recirculación, la potencia de enfriamiento del refrigerador 205 se aplica tanto al flujo 6 de recirculación como al flujo 2b de salida. Mezclando el aceite filtrado frío del flujo 6 de recirculación en el flujo 1b de entrada, el aceite degradado se enfría. La potencia de enfriamiento del refrigerador 205 se adapta para reducir la temperatura del aceite degradado en el flujo 3a de filtración a un régimen de precipitación, donde se observa una precipitación sustancial de los productos de degradación solubles en aceite que se eliminarán del aceite degradado. Los precipitados se forman en y después del punto 208 de recombinación y los precipitados se retienen en el filtro 204. El volumen del filtro 204 y la rata de flujo de filtración se adaptan para mantener el aceite frío en el filtro 204 durante un tiempo de permanencia que permite que se formen los precipitados de los productos de degradación y que sean retenidos por el material del filtro.

40 Durante una fase de inicio, por ejemplo, cuando se conecta el método/sistema para la limpieza de aceite degradado a una configuración en operación, que ya contiene aceite degradado con un alto nivel de contaminación con productos de degradación solubles en aceite, la potencia de enfriamiento del refrigerador 205 tal vez deba incrementarse gradualmente mientras mantiene las ratas de flujo de entrada y filtración altos al principio y disminuir las ratas de flujo a una configuración de estado estable a medida que se reduce el nivel de contaminación. De manera alternativa o adicional, el refrigerador puede precargarse con aceite limpio y enfriarse a la temperatura de operación antes de acoplar el método/sistema de limpieza a la configuración para lograr más rápidamente un buen rendimiento de limpieza.

50 El flujo 2b de salida de aceite limpio frío se puede usar para preenfriar el flujo 1a de entrada de aceite degradado. Para este fin, el preenfriador 210 puede ser ventajosamente un intercambiador de calor de flujo entrecruzado donde el calor del aceite degradado del flujo 1a de entrada se transfiere al aceite limpio y frío del flujo 2b de salida. De este modo, el aceite limpio del flujo 2b de salida se precalienta antes de descargarse a través de la salida 202 como flujo 2a de salida precalentado y se devuelve a la configuración. Como se mencionó anteriormente, la potencia de enfriamiento del refrigerador 205 en la realización 200 se aplica tanto al flujo 6 de recirculación como al flujo 2b de salida. De este modo, aumenta el efecto de preenfriamiento del intercambiador 210 de calor.

55 La figura 3 muestra un diagrama de una realización 300 adicional del método/sistema para limpiar aceite degradado. La realización 300 comprende una entrada 301 para recibir un flujo 1a de entrada de aceite degradado, una salida 302 para descargar un flujo 2a de salida de aceite limpio, una bomba 312 de entrada que conduce el flujo 1a de entrada a través de un preenfriador que comprende un intercambiador 310 de calor de flujo entrecruzado para transferir calor desde el flujo 1a de entrada a un flujo 2b de salida, y un intercambiador 311 de calor de líquido a aire, preferiblemente asistido por ventilador. El flujo 1b de entrada preenfriado se mezcla con un flujo 6b de recirculación en un punto de recombinación con un combinador 308 de flujo y pasado como un flujo 3a de filtración a un filtro 304 dispuesto en una rama 303 de filtración que conecta la entrada 301 con la salida 302.

5 Como en la realización 200 de la figura 2, la realización 300 de la figura 3 comprende un refrigerador 305 dispuesto corriente abajo del filtro 304 y una rama 306 de recirculación que se extiende desde un punto de ramificación con un divisor 307 de flujo corriente abajo del filtro 304 hasta el punto 308 de recombinación corriente arriba del filtro 304. Sin embargo, a diferencia de la realización 200, el refrigerador 305 de la realización 300 está dispuesto en la rama 306 de recirculación. El refrigerador 305 actúa, por lo tanto, directamente sobre el flujo 6a, 6b, recirculado y solo enfría indirectamente el flujo 2b de salida. El flujo de recirculación se puede conducir preferiblemente por una bomba 314 de recirculación dispuesta en la rama 306 de recirculación. La rata de flujo de recirculación se puede controlar mediante otros medios de control de flujo, como una válvula 313 termostática sensible a un sensor de temperatura que mide la temperatura del aceite en filtro 304. El combinador de flujo en el punto 308 de recombinación actúa como un reactor de precipitación. Se pueden proporcionar medios 309 de mejora de mezcla adicionales en el combinador de flujo en el punto 308 de recombinación para acelerar la recombinación del flujo 6b de recirculación y el flujo 1b de entrada, promoviendo así la precipitación en el flujo 3a de filtración corriente arriba del filtro 304.

10 La adaptación del método/sistema para la limpieza de aceite degradado a su uso en una configuración particular puede incluir la adaptación de la potencia de enfriamiento del refrigerador, el tamaño del filtro, las ratas de flujo y/o las capacidades de flujo. La adaptación puede incluir dimensionar y configurar en una etapa de diseño de un sistema de limpieza, configurar los ajustes de parámetros durante una fase inicial y/o configurar y controlar los ajustes de parámetros durante la operación. Durante la operación, la función de control puede responder a un ajuste de valor objetivo preconfigurado para un parámetro dado, opcionalmente en combinación con una entrada de sensor que mide el valor real del parámetro dado o una cantidad que afecta a ese parámetro.

15 A continuación, se proporciona un ejemplo de un método/sistema adaptado para la limpieza continua del aceite en una configuración de turbina de una central eléctrica que tiene un volumen total de aceite de aproximadamente 40.000 litros. Como puede verse en los números a continuación, una de las ventajas de limpiar continuamente el aceite en uso es que el sistema de limpieza requerido es sorprendentemente pequeño y, por lo tanto, menos costoso en comparación con el equipo de procesamiento de lotes, porque la limpieza se puede realizar a la rata de degradación. Además, al eliminar los productos de degradación solubles en aceite esencialmente a medida que se forman, la cadena de reacción de la formación de precursores de barniz y otros productos de degradación puede interceptarse en una etapa relativamente temprana, evitando así la formación de productos de degradación de orden superior que pueden depositarse como barniz dentro de la configuración y/o afectar severamente el rendimiento del aceite y la configuración misma. Esto mejora aún más la vida útil de la configuración y, lo que es más importante, puede mejorar considerablemente el tiempo de funcionamiento de la configuración.

### Ejemplos

25 En una configuración típica de una turbina de una central eléctrica con un volumen total de aceite de 40.000 litros, el aceite recibido en la entrada puede tener una temperatura de aproximadamente 90 °C y un nivel de contaminación de entrada caracterizado por un valor de MPC de aproximadamente 30. Una primera etapa de preenfriamiento con un intercambiador de calor de líquido a aire asistido por ventilador puede reducir la temperatura en el flujo de entrada a aproximadamente 50 °C. Una etapa adicional de preenfriamiento con un intercambiador de calor de flujo entrecruzado para transferir calor desde el flujo de entrada al flujo de salida puede reducir aún más la temperatura en el flujo de entrada a aproximadamente 20 °C en el elemento de combinación de flujo antes de mezclar con el aceite recirculado. El aceite recirculado se puede recibir de un refrigerador colocado en la rama de recirculación y tiene una temperatura de aproximadamente 3-4 °C en el elemento de combinación de flujo antes de mezclar con el aceite degradado del flujo de entrada que tiene una temperatura de 20 °C.

30 En una situación de estado estable, el flujo de entrada puede ser controlado por una bomba de entrada a una rata de flujo de entrada de aproximadamente 40-50 l/h. El flujo de recirculación se puede controlar mediante una bomba de recirculación a una rata de flujo que es mayor que la rata de flujo de entrada, por ejemplo, hasta 10 veces la rata de flujo de entrada, o aproximadamente 6 veces la rata de flujo de entrada. En combinación, la rata de flujo de entrada y la rata de flujo de recirculación determinan la rata de flujo de filtración. El volumen del filtro dividido por la rata de flujo de filtración determina el tiempo de permanencia del aceite. El ajuste de la rata de flujo de filtración variando la rata de flujo de entrada y/o la rata de flujo de recirculación permite así controlar el tiempo de permanencia de la interacción del aceite con el material del filtro dentro del filtro. Un valor típico para el tiempo de permanencia en un estado estable de un modo de operación continua puede ser de aproximadamente 1 hora, pero puede variar dependiendo, por ejemplo, en la carga de contaminación en el flujo de entrada y/o la caída de presión a través del filtro hasta entre media hora o hasta 3 o incluso hasta 6 horas, en la que pueden requerirse tiempos de permanencia más largos a niveles de contaminación más bajos, es decir, donde la concentración de contaminante de productos de degradación solubles en aceite es bajo, como para valores de entrada de MPC de 10-20, y valores de salida de MPC por debajo de 10.

35 Una eficiencia de retención del método/sistema de acuerdo con algunas realizaciones de la invención también se puede influir ajustando la temperatura de precipitación en el flujo de filtración después del enfriamiento, pero antes de la etapa de filtración/filtro. En una configuración de turbina de una central eléctrica determinada que utiliza aceite de turbina ISO VG 32 o ISO VG 46, tal como Regal R&O 46, Mobil DTE 832 o Mobil DTE 732, se puede lograr un valor de salida de MPC de aproximadamente 20 en el flujo de salida mediante simplemente preenfriando el flujo de entrada

- a aproximadamente 30 grados centígrados, pero sin ningún enfriamiento activo adicional del flujo de entrada. Al enfriar el aceite degradado a una temperatura de precipitación de aproximadamente 9 grados centígrados, se puede lograr un valor de MPC de salida de aproximadamente 8, mientras que a una temperatura de precipitación de aproximadamente 2 grados centígrados, se puede lograr un valor de MPC de salida de aproximadamente 2 en el flujo de salida. En particular, a temperaturas de precipitación más bajas, se observa una eliminación sorprendentemente buena del olor y la coloración fallida relacionados con la degradación.
- Si bien está concebido para configuraciones de grandes construcciones/instalaciones que tienen un volumen total de aceite de 10.000 litros o más, típicamente aproximadamente 40.000 litros o incluso 100.000 litros, el método y el sistema pueden hacerse a escala para que también se realicen en configuraciones con menores volúmenes de aceite.
- Métodos analíticos para monitorear la degradación del aceite
- Como se mencionó anteriormente, se dispone de varios métodos analíticos diferentes que son útiles para monitorear un proceso de limpieza de aceite y su desempeño en una configuración dada, preferiblemente con referencia a una medición de referencia en aceite fresco correspondiente. Las mediciones se pueden usar para determinar cualquier desviación/cambio/tendencia en el tiempo y/o entre la entrada y la salida del proceso de limpieza. Ejemplos de tales métodos analíticos para monitorear la degradación del aceite se dan a continuación.
- Número ácido total (TAN): El aumento de los ácidos carboxílicos conduce a un aumento en el número ácido total. El TAN se mide por titulación con KOH, y el resultado se proporciona como mg de KOH utilizados para neutralizar el ácido por gramo de muestra de aceite. Ejemplo: TAN: 0,35 mg KOH/g.
- Viscosidad: los subproductos de oxidación tienden a combinarse y formar moléculas más grandes, este proceso se llama polimerización. Como la viscosidad del aceite está relacionada con el tamaño de las moléculas, la polimerización conduce a un aumento de la viscosidad del aceite. Si la polimerización continúa, se formarán lodo y barniz en el aceite.
- Ultracentrífuga (UC): una cantidad determinada de aceite se centrifuga durante 30 minutos a 18.000 rpm en una ultracentrífuga. La cantidad de sedimentos se compara con una escala de calificación de UC, y el valor de UC (1 a 8) se proporciona en base a una evaluación visual.
- Espectroscopia infrarroja (típicamente FT-IR): el espectro FT-IR se obtiene midiendo el grado de absorción infrarroja en la región espectral de  $4.000\text{ cm}^{-1}$ - $500\text{ cm}^{-1}$  cuando pasa luz infrarroja a través de una muestra de aceite. Los subproductos de oxidación, como aldehídos, cetonas y los ácidos carboxílicos, todos contienen dobles enlaces carbono-oxígeno (grupos carbonilo). Estos grupos carbonilo absorben luz infrarroja en la región de  $1.740\text{ cm}^{-1}$  del espectro infrarrojo. A medida que aumenta la oxidación, el pico de absorbancia aumentará en esta región. Se observan desviaciones entre los tipos de aceite, aditivos, tipo de degradación, etc. La degradación térmica del aceite base no es significativa a  $1.740\text{ cm}^{-1}$ , en cambio, se observa un pico a  $1.640$ - $1.600\text{ cm}^{-1}$  (pico de nitración).
- La rutina de evaluación de vida útil restante (RULER): la RULER mide el nivel de antioxidantes y aditivos antidesgaste en aceites de base mineral y sintética, y como tal, la prueba no está directamente relacionada con la medición de oxidación, pero puede indicar problemas de oxidación que se avecinan, en un estado temprano. La prueba se realiza mezclando la muestra de aceite con un disolvente y un sustrato sólido en un vial, separando así el antioxidante del aceite, seguido de una medición con un electrodo. El número de RUL medido se compara con un número de RUL estándar de un aceite fresco de la misma marca. La oxidación conduce al agotamiento de los aditivos (disminución en el número de RUL). Al monitorear el agotamiento de los aditivos, la degradación del aceite se puede detectar en un estado temprano.
- Prueba de colorimetría de parche de membrana (MPC): los depósitos insolubles se extraen de una muestra de aceite utilizando un parche de nitrocelulosa de  $0,45\text{ }\mu\text{m}$ , filtración de vacío y éter de petróleo como disolvente. Las membranas se dejan secar y el color del parche se analiza utilizando un espectrofotómetro de mano. Los resultados se reportan como un valor de  $\Delta E$ . La interpretación de los valores delta E medidos se divide en 4 intervalos de gravedad: intervalo normal:  $\Delta E < 15$ , intervalo para monitorear:  $\Delta E 15$ - $30$ , intervalo anormal:  $\Delta E 30$ - $40$  e intervalo crítico:  $\Delta E > 40$ .
- Análisis espectrofotométrico cuantitativo (QSA): esta prueba es similar a la prueba MPC. Los depósitos insolubles se extraen de una muestra de aceite utilizando un parche de nitrocelulosa de  $0,45\text{ }\mu\text{m}$ , filtración de vacío y un disolvente. Las membranas se dejan secar y se mide el color del parche. Una calificación de 1 a 100 indica la propensión del lubricante a formar lodo y barniz.
- Prueba de oxidación en recipiente a presión rotativa (RPVOT): el análisis RPVOT mide la estabilidad de oxidación del aceite cuando se expone a la oxidación acelerada en una cámara sellada llena de oxígeno a presión a temperatura elevada. La muestra se coloca en un recipiente con un alambre de cobre pulido. El recipiente entonces se carga con oxígeno y se coloca en un baño a una temperatura constante de  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A medida que el aceite absorbe oxígeno, cae la presión en la cámara sellada. El resultado se expresa como el tiempo (minutos) requerido para lograr una caída de presión a un nivel predeterminado.

55

## ES 2 711 083 T3

### Números de referencia

flujo de entrada	1, 1a, 1b
flujo de salida	2, 2a, 2b
flujo de filtración	3, 3a, 3b
flujo de recirculación	6
sistema de limpieza	100, 200, 300
entrada	101, 201, 301
salida	102, 202, 302
rama de filtración	103, 203, 303
filtro	104, 204, 304
refrigerador	105, 205, 305
rama de recirculación	206, 306
punto de ramificación, elemento divisor de flujo	207, 307
punto de recombinación, elemento de combinación de flujo	208, 308
medios de mezcla	309
medios de preenfriamiento	210, 310, 311
medios de control de flujo	112, 212, 312, 313, 314

**REIVINDICACIONES**

1. Método para limpiar aceite degradado que comprende productos de degradación solubles en aceite, el método comprende las etapas de
- recibir un flujo de entrada (1, 1a, 1b) de aceite degradado,
- 5
- precipitar productos de degradación solubles en aceite del aceite degradado enfriando el aceite degradado a un régimen de precipitación y manteniendo el aceite degradado en el régimen de precipitación durante un tiempo de permanencia,
  - pasar el aceite degradado enfriado como un flujo (3, 3a, 3b) de filtración a través de un filtro (104, 204, 304) para retener los productos de degradación precipitados en el filtro,
- 10
- descargar un flujo (2, 2a, 2b) de salida de aceite limpio, en el que el aceite degradado se enfría antes de la filtración, este enfriamiento comprende
  - enfriar el aceite corriente abajo del filtro a una temperatura inferior a la del aceite degradado en el flujo de entrada,
  - dividir el flujo de filtración en un punto (207, 307) de ramificación corriente abajo del filtro al flujo de salida descargado a través de la salida y un flujo (6, 6a, 6b) de recirculación,
- 15
- retroalimentar el flujo de recirculación a un punto (208, 308) de recombinación corriente arriba del filtro, y
  - recombinar el flujo de recirculación con el flujo de entrada.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el enfriamiento del aceite corriente abajo del filtro se realiza en el flujo de recirculación entre el punto de ramificación y el punto de recombinación.
3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aceite degradado del flujo de entrada se enfría para disminuir la solubilidad de uno o más de los productos de degradación en el aceite degradado por debajo de la concentración de uno o más de los productos de degradación presentes en el aceite degradado.
4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura de precipitación a la que se enfría el aceite degradado antes de la filtración es inferior a 20 grados C, alternativamente inferior a 15 grados C, alternativamente inferior a 10 grados C, alternativamente inferior a 5 grados C, alternativamente inferior a cero grados C, alternativamente inferior a -5 grados C, alternativamente inferior a -10 grados C, y en el que la temperatura de precipitación antes de la filtración se mantiene por encima del punto de fluidez, alternativamente por encima de 5 grados por encima del punto de fluidez, o incluso por encima de 10 grados por encima del punto de fluidez.
5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el método comprende además la etapa de preenfriamiento del aceite degradado, en la que el preenfriamiento se produce antes de la etapa de precipitar productos de degradación solubles en aceite, del aceite degradado, enfriando el aceite degradado.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la temperatura del aceite preenfriado en el flujo de entrada se mantiene a una temperatura donde la solubilidad de los productos de degradación en el aceite degradado excede la concentración de los productos de degradación presentes en el aceite degradado.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que el preenfriamiento comprende transferir calor desde el flujo de entrada al flujo de salida por medio de un intercambiador de calor (210, 310).
8. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además controlar una rata de flujo de entrada del flujo de entrada, controlar una rata de flujo de filtración del flujo de filtración para pasar el aceite degradado enfriado a través del filtro y/o controlar una rata de flujo de recirculación del flujo de recirculación.
9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el método se aplica a una configuración que tiene un volumen total de aceite, y en el que el volumen de aceite limpiado por hora está entre el 0,05% y el 5%, preferiblemente entre el 0,1% y el 2% del volumen total de aceite de la configuración.
10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además controlar el tiempo de permanencia, preferiblemente en respuesta a un nivel de contaminación del aceite en el flujo de entrada y/o en respuesta a un nivel de contaminación del aceite en el flujo de salida.

45

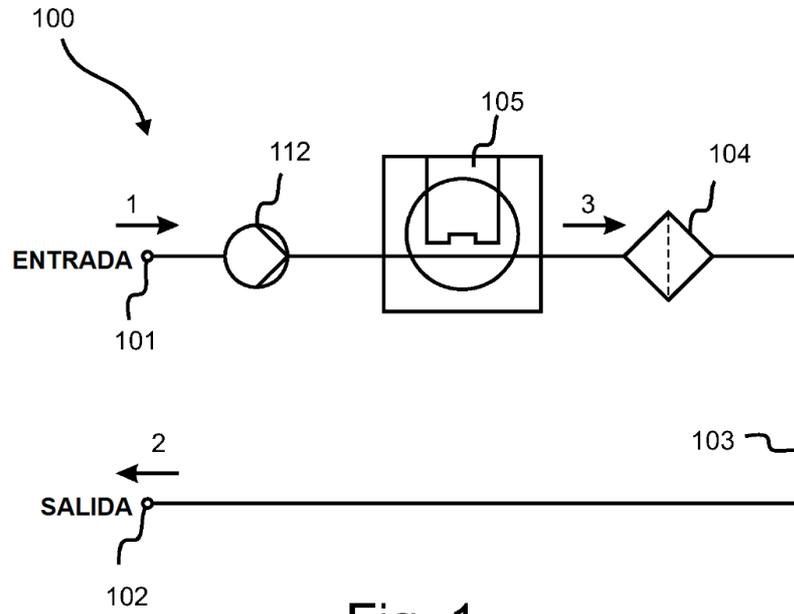


Fig. 1

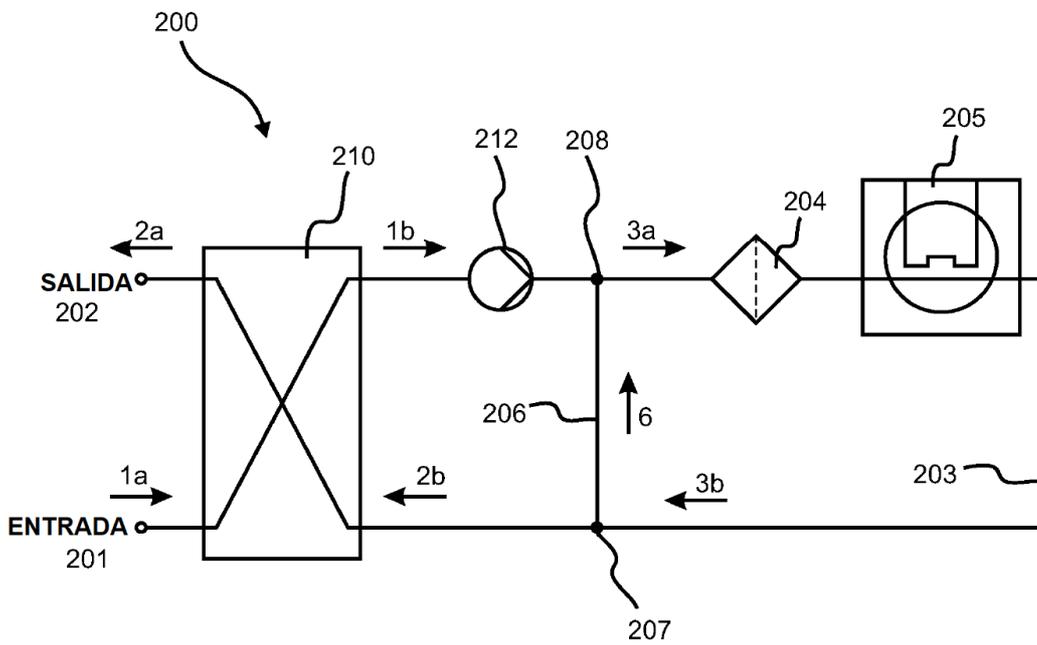


Fig. 2

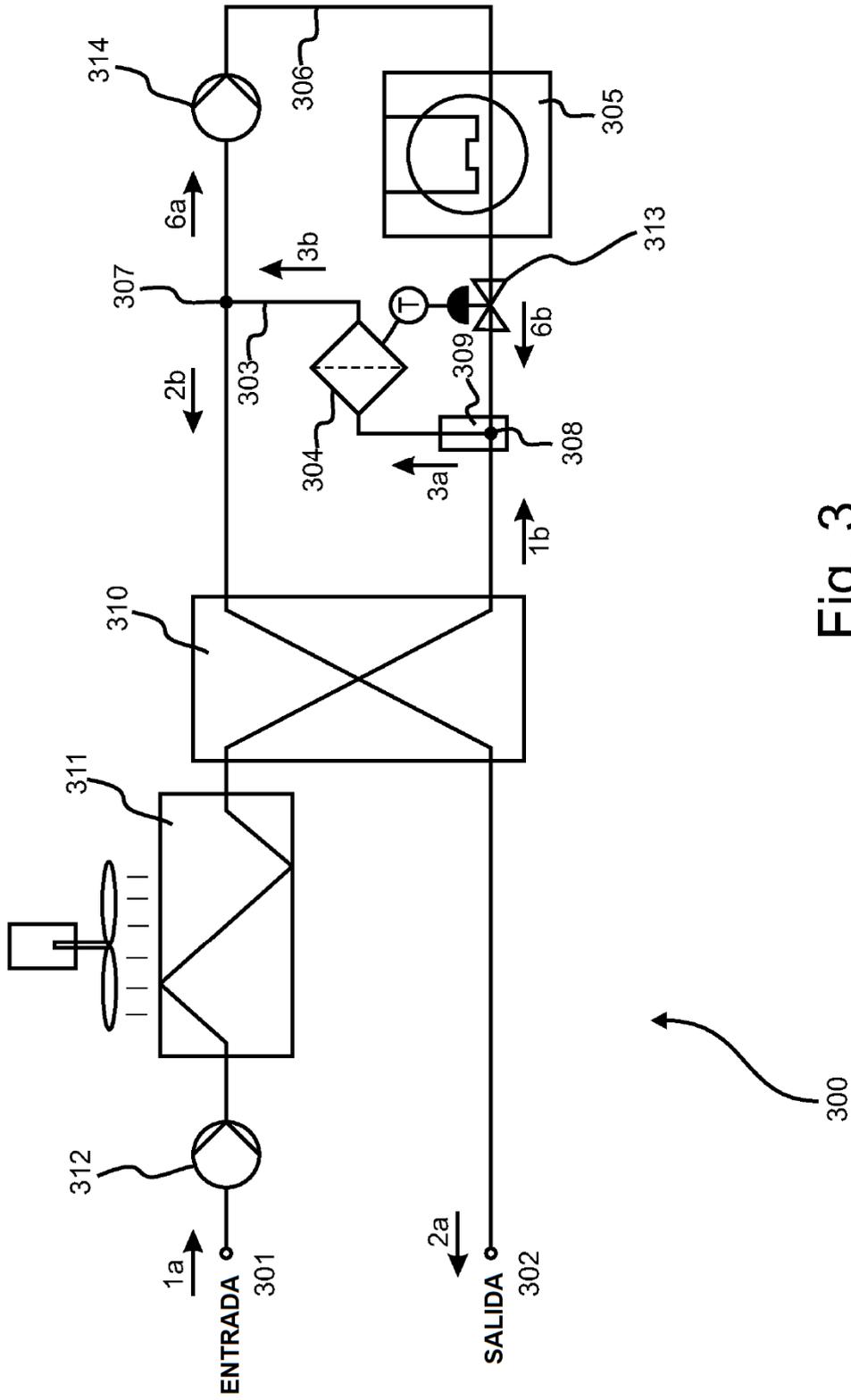


Fig. 3