

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 733**

51 Int. Cl.:

F25B 30/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2012** **PCT/FR2012/051650**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013** **WO13030476**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2012** **E 12744087 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020** **EP 2751501**

54 Título: **Método de utilización de tetrafluoropropeno como refrigerante en un ciclo de refrigeración supercrítico**

30 Prioridad:

30.08.2011 FR 1157622

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

15.02.2021

73 Titular/es:

**ARKEMA FRANCE (100.0%)
420, rue d'Estienne d'Orves
92700 Colombes, FR**

72 Inventor/es:

RACHED, WISSAM

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 805 733 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 utilización de tetrafluoropropeno como refrigerante en un ciclo de refrigeración supercrítico

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al uso de fluidos de transferencia de calor basados en tetrafluoropropeno en régimen supercrítico, en el marco de instalaciones de bomba de calor.

Técnica anterior

- 10 Los fluidos basados en compuestos fluorocarbonados se usan ampliamente en los sistemas de transferencia de calor por compresión de vapor, en particular en dispositivos de climatización, bombas de calor, refrigeración o congelación. Estos dispositivos tienen en común que se basan en un ciclo termodinámico que comprende la vaporización del fluido a baja presión (en la cual el fluido absorbe calor); compresión del fluido vaporizado hasta una presión alta; condensación del fluido vaporizado en líquido a presión alta (en la cual el fluido emite calor); y expansión del fluido para completar el ciclo.

- 15 La elección de un fluido de transferencia de calor (que puede ser un compuesto puro o una mezcla de compuestos) viene dada, por un lado, por las propiedades termodinámicas del fluido y, por otro lado, por restricciones adicionales. Por lo tanto, un criterio particularmente importante es el del impacto del fluido considerado en el medio ambiente. En particular, los compuestos clorados (clorofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos) tienen la desventaja de dañar la capa de ozono. Por lo tanto, ahora en general se prefieren los compuestos no clorados tales como hidrofluorocarbonos, fluoroéteres y fluoroolefinas.

- 20 También sigue siendo necesario desarrollar otros fluidos de transferencia de calor que presenten un potencial de calentamiento global (GWP) más bajo que el de los fluidos de transferencia de calor actualmente usados, y que presenten rendimientos equivalentes o mejorados.

Tradicionalmente, el fluido de transferencia de calor usado para las bombas de calor a alta temperatura era el CFC-114 (1,2-diclorotetrafluoroetano). Otro fluido de transferencia de calor clorado propuesto en esta aplicación era el HCFC-123 (2,2-dicloro-1,1,1-trifluoroetano).

- 25 Dadas las limitaciones ambientales recordadas antes, se han propuesto diversos fluidos de transferencia de calor basados en hidrofluorocarburos para reemplazar al CFC-114 o HCFC-123 para las bombas de calor de alta temperatura, por ejemplo, fluidos que contienen HFC-245fa (1,1,1,3,3-pentafluoropropano) mezclado con otros compuestos. Se pueden citar a este respecto los documentos US 6.814.884, WO 2010/081990, WO 2011/015737 y WO 2011/033200.

- 30 Sin embargo, existe la necesidad de proporcionar bombas de calor de alta temperatura que funcionen con fluidos de menor GWP y que presenten mejores rendimientos energéticos.

Además, se conoce el uso de fluidos de transferencia de calor en régimen supercrítico.

Se puede citar por ejemplo el documento WO 2008/034828, que describe un sistema de climatización de automóvil, en el que se usa CO₂ en régimen supercrítico.

- 35 Otros documentos usan fluidos de transferencia de calor en régimen supercrítico para generar corriente eléctrica (ciclos de Rankine). Este es el caso del documento WO 2007/131281, en el que los compuestos usados son CO₂, n-pentano y algunos hidrofluorocarburos. También es el caso del documento US 6.964.168, en el que los compuestos usados son hidrofluorocarburos o amoníaco. Sigue siendo el caso del documento WO 96/27739, en el que los compuestos usados también son hidrofluorocarburos o amoníaco o hidroclorofluorocarburos.

- 40 Además, las hidrofluoroolefinas, en particular HFO-1234yf (2,3,3,3-tetrafluoropropeno) y HFO-1234ze (1,3,3,3-tetrafluoropropeno), son conocidas por ser compuestos de bajo GWP, que se pueden usar para aplicaciones de transferencia de calor u otras. Los documentos US 2004/0256594, WO 2005/105947 y WO 2007/002625 mencionan el uso de hidrofluoroolefinas en régimen supercrítico para aplicaciones muy particulares tales como limpieza, extracción de sustancias biológicas o deposición de catalizadores. El documento EP-A 1 016 836 describe un sistema de refrigeración subcrítico que usa tetrafluoropropeno como refrigerante.

Por lo tanto, todavía existe la necesidad de proporcionar bombas de calor de alta temperatura que funcionen con fluidos con GWP más bajo y que presenten mejores rendimientos energéticos, como se ha destacado antes.

Resumen de la invención

- 50 La invención se refiere en primer lugar a un procedimiento de calentamiento de un fluido o un cuerpo mediante un circuito de compresión de vapor que contiene un fluido de transferencia de calor que comprende tetrafluoropropeno, comprendiendo dicho procedimiento de manera sucesiva y cíclica la evaporación del fluido de transferencia de calor, compresión del fluido de transferencia de calor, enfriamiento del fluido de transferencia de calor y expansión del fluido

de transferencia de calor, estando el fluido de transferencia de calor en estado supercrítico al final de la compresión.

Según una realización, el fluido o cuerpo calentado se calienta a una temperatura superior o igual a 100°C, preferiblemente superior o igual a 110°C, más en particular superior o igual a 120°C, y de manera particularmente preferida superior o igual a 130°C.

5 Según una realización, durante el enfriamiento, el fluido de transferencia de calor intercambia calor con el fluido o cuerpo calentado o con un fluido portador de calor, y preferiblemente el aumento de temperatura del fluido o cuerpo calentado o del fluido portador de calor, durante el intercambio de calor, es superior o igual a 10°C, preferiblemente superior o igual a 20°C, más en particular superior o igual a 30°C, y de manera particularmente preferida superior o igual a 40°C

10 Según una realización, el fluido de transferencia de calor comprende 1,3,3,3-tetrafluoropropeno o consiste en 1,3,3,3-tetrafluoropropeno.

Según una realización, el fluido de transferencia de calor comprende 2,3,3,3-tetrafluoropropeno o consiste en 2,3,3,3-tetrafluoropropeno.

15 Según una realización, el fluido de transferencia de calor comprende al menos 50% de tetrafluoropropeno, preferiblemente al menos 75%, y más en particular al menos 90% de tetrafluoropropeno.

Según una realización, el fluido de transferencia de calor comprende además uno o más hidrofluorocarburos, preferiblemente elegidos entre 1,1,1,2-tetrafluoroetano, difluorometano, 1,1-difluoroetano y 1,1,1,2,2-pentafluoroetano.

20 Según una realización, el fluido de transferencia de calor está asociado con uno o más aditivos elegidos entre lubricantes, estabilizantes, tensioactivos, agentes trazadores, agentes fluorescentes, agentes olorosos, agentes solubilizantes y sus mezclas.

La presente invención permite responder a necesidades percibidas en el estado de la técnica. Más en particular, proporciona bombas de calor de alta temperatura que funcionan con fluidos de menor GWP y que tienen mejores rendimientos energéticos que las de la técnica anterior.

25 La invención proporciona una alternativa particularmente ventajosa a las bombas de calor de alta temperatura que funcionan con CFC-114, HCFC-123 o HFC-245fa.

La invención permite en particular obtener un GWP más bajo, un coeficiente de rendimiento más alto y una capacidad volumétrica más alta que en aplicaciones similares conocidas por el estado de la técnica.

30 En comparación con los fluidos usados convencionalmente en régimen supercrítico para la transferencia de calor, tales como el CO₂, la invención permite un funcionamiento a una presión mucho más baja, lo que implica restricciones mucho menores de los materiales usados para la instalación.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 representa el ciclo termodinámico de una bomba de calor (entalpía en kJ/kg en abscisas, temperatura en °C en ordenadas) que funciona en régimen subcrítico con HCFC-123.

35 La figura 2 representa el ciclo termodinámico de una bomba de calor (entalpía en kJ/kg en abscisas, temperatura en °C en ordenadas) según la invención, que funciona en régimen supercrítico con HFO-1234yf.

Descripción de realizaciones de la invención

La invención se describe ahora con más detalle y sin limitación en la descripción a continuación.

40 A menos que se indique lo contrario, en el conjunto de la solicitud las proporciones de los compuestos indicados se dan en porcentajes en masa.

Según la presente solicitud, el potencial de calentamiento global (GWP) se define con respecto al dióxido de carbono y con respecto a un período de 100 años, según el método indicado en "The scientific assessment of ozone depletion, 2002, a report of the World Meteorological Association's Global Ozone Research and Monitoring Project".

45 Por "compuesto de transferencia de calor", respectivamente "fluido de transferencia de calor" (o fluido refrigerante), se entiende un compuesto, respectivamente un fluido, capaz de absorber calor por evaporación a baja temperatura y baja presión y emitir calor por enfriamiento a alta temperatura y alta presión, en un circuito de compresión de vapor. De forma general, un fluido de transferencia de calor puede comprender uno solo, dos, tres o más de tres compuestos de transferencia de calor.

Por "composición de transferencia de calor" se entiende una composición que comprende un fluido de transferencia de calor y opcionalmente uno o más aditivos que no son compuestos de transferencia de calor para la aplicación prevista.

5 Los aditivos se pueden elegir en particular entre lubricantes, estabilizantes, tensioactivos, agentes trazadores, agentes fluorescentes, agentes olorosos y agentes solubilizantes.

10 El o los estabilizantes, cuando están presentes, representan preferiblemente como máximo 5% en masa en la composición de transferencia de calor. Entre los estabilizantes, se pueden mencionar en particular nitrometano, ácido ascórbico, ácido tereftálico, azoles tales como toluotriazol o benzotriazol, compuestos fenólicos tales como tocoferol, hidroquinona, t-butil-hidroquinona, 2,6-di-ter-butil-4-metilfenol, epóxidos (alquilo opcionalmente fluorado o perfluorado o alqueno o aromático) tales como éter de n-butilo y glicidilo, éter de hexanodiol y diglicidilo, éter de alilo y glicidilo, éter de butilfenilo y glicidilo, fosfitos, fosfonatos, tioles y lactonas.

Como lubricantes, se pueden usar en particular aceites de origen mineral, aceites de silicona, parafinas de origen natural, naftenos, parafinas sintéticas, alquilbencenos, poli-alfa-olefinas, polialquenoglicoles, ésteres de poliol y/o poli(éteres de vinilo).

15 Como agentes trazadores (que se pueden detectar), se pueden mencionar los hidrofluorocarburos, deuterados o no, hidrocarburos deuterados, perfluorocarburos, fluoroéteres, compuestos bromados, compuestos yodados, alcoholes, aldehídos, cetonas, óxido nitroso y las combinaciones de estos. El agente trazador es diferente de los compuestos de transferencia de calor que forman el fluido de transferencia de calor.

20 Como agentes solubilizantes, se pueden mencionar hidrocarburos, éter de dimetilo, éteres de polioxialquileo, amidas, cetonas, nitrilos, clorocarbonos, ésteres, lactonas, éteres de arilo, fluoroéteres y 1,1,1-trifluoroalcanos. El agente solubilizante es diferente de los compuestos de transferencia de calor que forman el fluido de transferencia de calor.

Como agentes fluorescentes, se pueden mencionar naftalimidias, perilenos, cumarinas, antracenos, fenantracenos, xantenos, tioxantenos, naftoxantenos, fluoresceínas y derivados y combinaciones de estos.

25 Como agente oloroso, se pueden mencionar acrilatos de alquilo, acrilatos de alilo, ácidos acrílicos, ésteres acrílicos, éteres de alquilo, ésteres de alquilo, alquinos, aldehídos, tioles, tioéteres, disulfuros, alilisotiocianatos, ácidos alcanóicos, aminas, norbornenos, derivados de norborneno, ciclohexeno, compuestos aromáticos heterocíclicos, ascaridol, o-metoxi(metil)-fenol y combinaciones de estos.

El procedimiento de transferencia de calor según la invención se basa en el uso de una instalación que comprende un circuito de compresión de vapor que contiene una composición de transferencia de calor como se ha definido antes.

30 El circuito de compresión de vapor comprende al menos un evaporador, un compresor, un condensador (llamado refrigerador en régimen supercrítico) y una válvula de expansión, así como tubos de transporte de fluido de transferencia de calor entre estos elementos. El evaporador y el condensador (o refrigerador) comprenden un intercambiador de calor que permite un intercambio de calor entre el fluido de transferencia de calor y otro fluido o cuerpo.

35 La invención se refiere más específicamente a un procedimiento de calentamiento. Por lo tanto, el calor se transfiere (directa o indirectamente, a través de un fluido portador de calor) desde el fluido de transferencia de calor, durante el enfriamiento del mismo, al fluido o cuerpo que se calienta, y esto a una temperatura relativamente alta en relación con el entorno. La instalación que permite realizar la transferencia de calor se denomina así "bomba de calor".

40 Como compresor, se puede usar en particular un compresor centrífugo de una o más etapas o un minicompresor centrífugo. También se pueden usar compresores rotativos, de pistón o de tornillo. El compresor puede ser accionado por un motor eléctrico o por una turbina de gas o por engranaje.

45 En el marco de la invención, los fluidos de transferencia de calor se usan en régimen supercrítico en el circuito de compresión de vapor, es decir que pasan por el estado supercrítico al menos una vez, en particular al final de la compresión/a la salida del compresor. El estado supercrítico se obtiene cuando el fluido está a una temperatura superior a su temperatura crítica y a una presión superior a su presión crítica. Un fluido en estado supercrítico presenta propiedades físicas intermedias entre el estado gaseoso y el estado líquido.

50 Con referencia a la figura 1, un ciclo convencional (subcrítico, llamado de Hirn inverso) en un circuito de compresión de vapor para una bomba de calor comprende: el cambio de estado del fluido de transferencia de calor de una fase líquida (o difásica líquido/vapor) hacia una fase de vapor a una presión relativamente baja (evaporación), después la compresión del fluido en fase de vapor hasta una presión relativamente alta, el cambio de estado (condensación) del fluido de transferencia de calor de la fase de vapor a la fase líquida a una presión relativamente alta, y la reducción de la presión (expansión) para reiniciar el ciclo.

En dicho ciclo, el fluido de transferencia de calor permanece a una temperatura inferior a la temperatura crítica y/o a una presión inferior a la presión crítica. Por lo tanto, el fluido está en estado líquido y/o en estado de vapor durante

todo el ciclo.

Con referencia a la figura 2, un ciclo supercrítico tal como se usa en el marco de la presente invención se diferencia en que el fluido de transferencia de calor está en el estado supercrítico (ni líquido ni vapor) al final de la compresión. Vuelve a pasar al estado líquido durante la etapa de enfriamiento en el intercambiador de calor llamado refrigerador. Al final de la expansión y evaporación, el líquido pasa (parcialmente) al estado gaseoso al igual que en el ciclo subcrítico. La temperatura de evaporación del fluido es, por lo tanto, inferior a la temperatura crítica.

Una instalación que funciona como se indica en el figura 2 también puede incluir opcionalmente al menos un circuito de fluido portador de calor usado para transmitir calor (con o sin cambio de estado) entre el circuito de fluido de transferencia de calor y el fluido o cuerpo a calentar.

La instalación también puede comprender opcionalmente dos (o más) circuitos de compresión de vapor, que contienen fluidos de transferencia de calor iguales o distintos. Por ejemplo, los circuitos de compresión de vapor se pueden acoplar entre sí.

Se puede usar cualquier tipo de intercambiador de calor para implementar los fluidos de transferencia de calor según la invención, y en particular intercambiadores de calor de flujo paralelo o, preferiblemente, intercambiadores de calor de contracorriente.

Los fluidos de transferencia de calor usados en el marco de la presente invención son composiciones que comprenden tetrafluoropropeno.

El tetrafluoropropeno puede ser HFO-1234yf o HFO-1234ze o una mezcla de estos. Con respecto al HFO-1234ze, puede estar en forma cis o trans o en forma de una mezcla de estas dos formas.

El HFO-1234yf tiene una temperatura crítica de 95°C para una presión crítica de 34 bar. El HFO-1234ze tiene una temperatura crítica de 110°C para una presión crítica de 36 bar. Por lo tanto, estos compuestos son muy adecuados para un uso en régimen supercrítico en bombas de calor de alta temperatura.

Según una realización, los fluidos de transferencia de calor usados en la invención pueden comprender uno o más compuestos de transferencia de calor adicionales.

Estos compuestos de transferencia de calor adicionales se pueden elegir en particular entre hidrocarburos, hidrofluorocarburos, éteres, hidrofluoroéteres y fluoroolefinas.

Según realizaciones particulares, los fluidos de transferencia de calor según la invención pueden ser composiciones ternarias (que consisten en tres compuestos de transferencia de calor) o cuaternarias (que consisten en cuatro compuestos de transferencia de calor), en combinación con el aceite lubricante para formar las composiciones de transferencia de calor como se han definido antes.

Cuando están presentes compuestos adicionales de transferencia de calor, se prefiere que su proporción total en los fluidos de transferencia de calor anteriores sea inferior o igual a 50%, o 45%, o 40%, o 35%, o 30%, o 25%, 20%, o 15%, o 10%, o 5%, o 2%.

Como ejemplo de compuestos de transferencia de calor adicionales posibles, se pueden mencionar HFC-134a (1,1,1,2-tetrafluoroetano), HFC-152a (1,1-difluoroetano), HFC-125 (1,1,1,2,2-pentafluoroetano y HFC-32 (difluorometano). Así pues, como fluidos de transferencia de calor se pueden usar mezclas (preferiblemente binarias) de HFO-1234yf y HFC-134a; o HFO-1234ze y HFC-134a; o HFO-1234yf y HFC-32; o HFO-1234ze y HFC-32; o HFO-1234yf y HFC-152a; o HFO-1234ze y HFC-152a; o HFO-1234yf y HFC-125; o HFO-1234ze y HFC-125.

En general, la temperatura crítica del fluido de transferencia de calor considerado debe ser inferior a la temperatura de calentamiento deseada del fluido o cuerpo considerado.

Sin embargo, una temperatura crítica del fluido de transferencia de calor demasiado baja requiere trabajar a presiones muy altas para alcanzar temperaturas de calentamiento altas, lo cual es extremadamente complejo de implementar. Por ejemplo, a una temperatura crítica de 31°C (temperatura crítica del CO₂), calentar un cuerpo o fluido a 100°C requiere el uso de presiones extremadamente altas.

Por consiguiente, la temperatura crítica del fluido de transferencia de calor es preferiblemente de 75 a 160°C, de forma más particular de 90 a 120°C, idealmente de 95 a 110°C.

En el caso de los fluidos de transferencia de calor binarios mencionados antes, las formulaciones preferidas son las siguientes:

- de 50 a 65% de HFO-1234yf y de 35 a 50% de HFC-134a, preferiblemente de 53 a 58% de HFO-1234yf y de 42 a 47% de HFC-134a (por ejemplo, aproximadamente 56% de HFO-1234yf y 44% de HFC-134a);

- de 15 a 90% de HFO-1234yf y de 10 a 85% de HFC-32;

- de 90 a 99% de HFO-1234yf y de 1 a 10% de HFC-152a, preferiblemente de 93 a 97% de HFO-1234yf y de 3 a 7% de HFC-152a (por ejemplo, aproximadamente 95% de HFO-1234yf y aproximadamente 5% de HFC-152a);

- de 90 a 99% de HFO-1234yf y de 1 a 10% de HFC-125, preferiblemente de 93 a 97% de HFO-1234yf y de 3 a 7% de HFC-125 (por ejemplo, aproximadamente 95% de HFO-1234yf y aproximadamente 5% de HFC-125);

5 - de 65 a 85% de HFO-1234ze y de 15 a 35% de HFC-134a, preferiblemente de 70 a 80% de HFO-1234ze y de 20 a 30% de HFC-134a (por ejemplo, aproximadamente 75% de HFO-1234ze y 25% de HFC-134a);

- de 80 a 98% de HFO-1234ze y de 2 a 20% de HFC-32, preferiblemente de 85 a 95% de HFO-1234ze y de 5 a 15% de HFC-32 (por ejemplo, aproximadamente 90% de HFO-1234ze y 10% de HFC-32);

10 - de 90 a 99% de HFO-1234ze y de 1 a 10% de HFC-152a, preferiblemente de 93 a 97% de HFO-1234ze y de 3 a 7% de HFC-152a (por ejemplo, aproximadamente 95% de HFO-1234ze y aproximadamente 5% de HFC-152a);

- de 90 a 99% de HFO-1234ze y de 1 a 10% de HFC-125, preferiblemente de 93 a 97% de HFO-1234ze y de 3 a 7% de HFC-125 (por ejemplo, aproximadamente 95% de HFO-1234ze y aproximadamente 5% de HFC-125).

Según otra realización, los fluidos de transferencia de calor consisten esencialmente en HFO-1234yf y/o HFO-1234ze, o incluso consisten en HFO-1234yf y/o HFO-1234ze.

15 Pueden estar presentes impurezas en dichos fluidos de transferencia de calor a razón de menos de 1%, preferiblemente menos 0,5%, preferiblemente menos de 0,1%, preferiblemente menos de 0,05% y preferiblemente menos de 0,01%.

Según realizaciones particulares, la proporción de HFO-1234yf en el fluido de transferencia de calor puede ser: de 0,1 a 5%; o de 5 a 10%; o de 10 a 15%; o de 15 a 20%; o de 20 a 25%; o de 25 a 30%; o de 30 a 35%; o de 35 a 40%; o de 40 a 45%; o de 45 a 50%; o de 50 a 55%; o de 55 a 60%; o de 60 a 65%; o de 65 a 70%; o de 70 a 75%; o de 75 a 80%; o de 80 a 85%; o de 85 a 90%; o de 90 a 95%; o de 95 a 99,9%.

20 Según realizaciones particulares, la proporción de HFO-1234ze en el fluido de transferencia de calor puede ser: de 0,1 a 5%; o de 5 a 10%; o de 10 a 15%; o de 15 a 20%; o de 20 a 25%; o de 25 a 30%; o de 30 a 35%; o de 35 a 40%; o de 40 a 45%; o de 45 a 50%; o de 50 a 55%; o de 55 a 60%; o de 60 a 65%; o de 65 a 70%; o de 70 a 75%; o de 75 a 80%; o de 80 a 85%; o de 85 a 90%; o de 90 a 95%; o de 95 a 99,9%.

Ventajosamente, los fluidos de transferencia de calor usados en el marco de la invención no son inflamables, en el sentido de la norma ASHRAE 34-2007, y preferiblemente con una temperatura de ensayo de 60°C en lugar de 100°C.

30 La invención se aplica para procedimientos de calentamiento a alta temperatura, es decir, preferiblemente aquellos en los que la temperatura del fluido o del cuerpo calentado es superior o igual a 100°C, por ejemplo superior o igual a 110°C o superior o igual a 120°C o superior o igual a 130°C, y preferiblemente inferior o igual a 160°C.

Preferiblemente, la presión máxima en el circuito de compresión de vapor es de 25 a 85 bar, preferiblemente de 25 a 60 bar.

La invención se puede aplicar en particular en los siguientes campos:

35 - calentamiento y esterilización de productos alimenticios, por ejemplo leche, preferiblemente a una temperatura de 130 a 150°C;

- producción de vapor de agua a presión, en particular en la industria química, fábricas de papel, calefacción urbana, que implican preferiblemente un calentamiento a una temperatura de 105 a 135°C;

40 - producción de calor en el marco de procedimientos industriales por la recuperación de residuos térmicos a baja temperatura, por ejemplo, calentamiento a una temperatura de 100 a 150°C para recuperación de residuos térmicos a una temperatura de 50 a 90°C.

45 Según una realización, el aumento de la temperatura del fluido o cuerpo calentado durante el intercambio de calor con el fluido de transferencia de calor (en el intercambiador de calor llamado refrigerador) es superior o igual a 10°C, preferiblemente superior o igual a 20°C, más en particular superior o igual a 30°C, y de manera particularmente preferida superior o igual a 40°C. Cuando el fluido o cuerpo calentado no intercambia calor directamente con el fluido de transferencia de calor, sino a través de al menos un fluido portador de calor, se entiende que el aumento de temperatura preferido anterior es el aumento de temperatura del fluido portador de calor (en el intercambiador de calor denominado refrigerador). Esta realización permite obtener una eficacia máxima.

Ejemplo

El ejemplo ilustra la invención sin, no obstante, limitarla.

A partir de los datos sobre los compuestos de transferencia de calor disponibles en el software Refrop, se evalúan los rendimientos energéticos, respectivamente:

- 5 (A) de una bomba de calor que funciona en régimen subcrítico (según la figura 1) con CFC-114, HFC-245fa o HCFC-123, para calentar un fluido térmico desde una temperatura inicial de 70°C hasta una temperatura final de 120°C, con una emisión térmica a baja temperatura a 40°C;

(B) de una bomba de calor que funciona en régimen supercrítico (según la figura 2) con HFO-1234yf o HFO-1234ze, para calentar el mismo fluido térmico.

El ciclo subcrítico (A) funciona con una temperatura en el evaporador de 80°C, una temperatura de condensación de 140°C, un sobrecalentamiento de 10°C, un subenfriamiento de 50°C y una eficiencia isentrópica de 60%.

- 10 El ciclo supercrítico (B) funciona con una temperatura en el evaporador de 80°C, una temperatura a la salida del refrigerador de 90°C (equivalente a un subenfriamiento de 50°C), un sobrecalentamiento de 10°C y una eficiencia isentrópica de 60%.

Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla:

Producto	TSC (°C)	PEVD (bar)	PE (bar)	TDC	COP	CAP (kJ/m ³)	% CAP
CFC-114	149,7	29,6	9,31	3,18	5,02	7999	100
HFC-245fa	150,8	28,29	7,89	3,58	5,04	7756	97
HCFC-123	154,3	17,58	4,89	3,59	4,96	4988	64
HFO-1234ze	140	46,8		2,33	5,65	14550	181
HFO-1234yf	140	58,7		2,33	5,13	16400	205

- 15 En esta tabla, TSC indica la temperatura a la salida del compresor, PEVD indica la presión a la entrada de la válvula de expansión, PE indica la presión en el evaporador, TDC indica la relación de compresión, COP indica el coeficiente de rendimiento, CAP indica la capacidad de calentamiento por unidad de masa comprimida y % CAP indica la relación de la capacidad volumétrica frente a la capacidad volumétrica de referencia del CFC-114.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de calentamiento de un fluido o un cuerpo mediante un circuito de compresión de vapor que contiene un fluido de transferencia de calor que comprende tetrafluoropropeno, comprendiendo dicho procedimiento de manera sucesiva y cíclica la evaporación del fluido de transferencia de calor, compresión del fluido de transferencia de calor, enfriamiento del fluido de transferencia de calor y expansión del fluido de transferencia de calor, caracterizado por que el fluido de transferencia de calor está en estado supercrítico al final de la compresión.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el fluido o el cuerpo calentado se calienta a una temperatura superior o igual a 100°C, preferiblemente superior o igual a 110°C, más en particular superior o igual a 120°C y de manera particularmente preferida superior o igual a 130°C.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que durante el enfriamiento, el fluido de transferencia de calor intercambia calor con el fluido o cuerpo calentado o con un fluido portador de calor, y preferiblemente el aumento de temperatura del fluido o cuerpo calentado o del fluido portador de calor, durante el intercambio de calor, es superior o igual a 10°C, preferiblemente superior o igual a 20°C, más en particular superior o igual a 30°C y de manera particularmente preferida superior o igual a 40°C.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el fluido de transferencia de calor comprende 1,3,3,3-tetrafluoropropeno o consiste en 1,3,3,3-tetrafluoropropeno.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el fluido de transferencia de calor comprende 2,3,3,3-tetrafluoropropeno o consiste en 2,3,3,3-tetrafluoropropeno.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el fluido de transferencia de calor comprende al menos 50% de tetrafluoropropeno, preferiblemente al menos 75% y más en particular al menos 90% de tetrafluoropropeno.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el fluido de transferencia de calor comprende además uno o varios hidrofluorocarburos, preferiblemente seleccionados entre el 1,1,1,2-tetrafluoroetano, difluorometano, 1,1-difluoroetano y 1,1,1,2,2-pentafluoroetano.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el fluido de transferencia de calor está asociado con uno o varios aditivos seleccionados entre lubricantes, estabilizantes, tensioactivos, agentes trazadores, agentes fluorescentes, agente olorosos, agentes solubilizantes y sus mezclas.

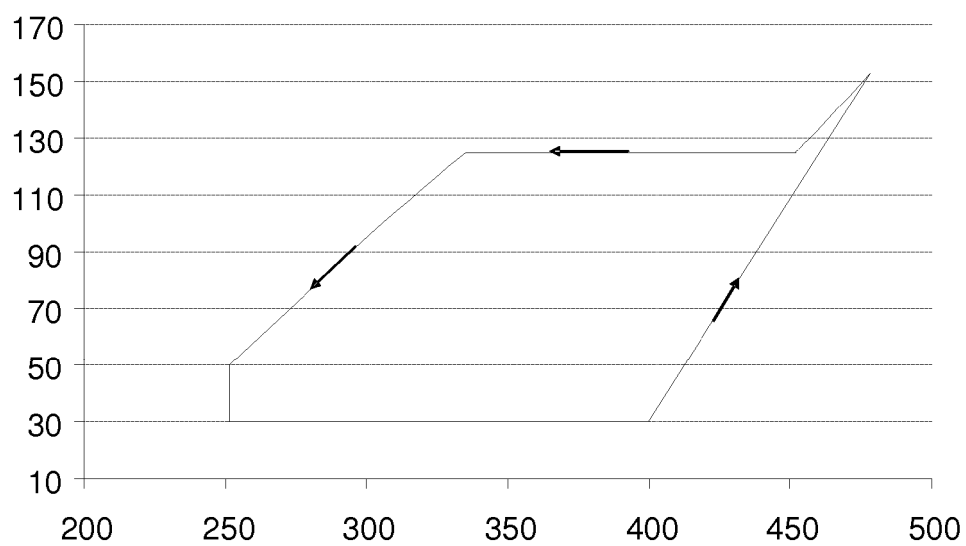


Fig. 1

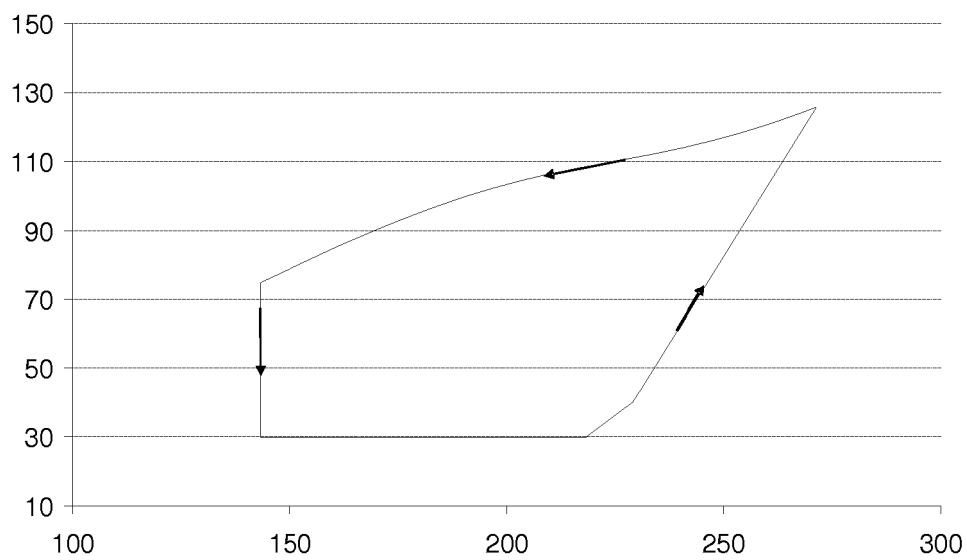


Fig. 2