



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 328 619**

(51) Int. Cl.:

**F17C 7/04** (2006.01)

(12)

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **06252521 .7**

(96) Fecha de presentación : **12.05.2006**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1855047**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **14.11.2007**

(54) Título: **Sistema y método para vaporizar líquidos criogénicos usando un refrigerante intermedio en circulación natural.**

(73) Titular/es: **Black & Veatch Corporation**  
**11401 Lamar Avenue**  
**Overland Park, Kansas 66211, US**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.11.2009**

(72) Inventor/es: **Minton, Bill R.;**  
**Franklin, David A. y**  
**Rosetta, Martin J.**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2009**

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema y método para vaporizar líquidos criogénicos usando un refrigerante intermedio en circulación natural.

### 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema y un procedimiento para vaporizar fluidos criogénicos usando un refrigerante intermedio en circulación natural en un montaje térmico de tipo sifón en el que un primer intercambiador de calor está situado por encima de un segundo intercambiador de calor de manera que el refrigerante intermedio se vaporiza en el segundo intercambiador de calor, pasando el vapor hacia arriba al primer intercambiador de calor para intercambiar calor con un líquido criogénico, recuperándose un líquido refrigerante intermedio condensado que retorna al segundo intercambiador de calor intermedio mediante flujo por gravedad.

### 15 Antecedentes de la invención

En muchas partes del mundo se encuentran grandes depósitos de gas natural que están lejos de cualquier mercado comercial para el volumen de gas natural disponible. Consecuentemente, se han considerado procedimientos para llevar el gas natural a mercados comerciales por gasoductos y por licuefacción del gas natural seguida de transporte en barco o un medio similar. Cuando el gas natural se licúa y transporta en barco o medio similar es necesario revaporizar el gas natural licuado (GNL) para usarlo como gas natural.

Se han usado muchos enfoques para vaporizar y revaporizar. Por ejemplo, con frecuencia se usa agua de mar como medio de calentamiento para vaporizar el GNL, puesto que el agua de mar normalmente está presente en el sitio de descarga. Sin embargo, un problema continuo es la gran superficie que se requiere en los intercambiadores de calor para revaporizar el GNL con agua de mar como medio de calentamiento. Además, el uso de agua de mar da por resultado la contaminación de las superficies de los intercambiadores de calor, por lo que en muchos casos se requiere limpiar con frecuencia. Además, cuando se usan caudales bajos de agua de mar o caudales excesivamente altos de líquido criogénico, el agua de mar se puede congelar en el lado del agua de mar del sistema de intercambio de calor usado. Esto puede dañar el sistema así como interrumpir la producción de material criogénico vaporizado. Consecuentemente, se ha buscado un procedimiento mejorado para conseguir la eficiencia de intercambio de calor deseada y en una superficie menor, lo que es un beneficio tremendo cuando la regasificación se realiza en el mar y sitios similares.

El documento FR-A-235781L, considerado técnica anterior más reciente, describe un aparato para vaporizar gas natural licuado usando agua con cloro, que comprende un intercambiador de calor dispuesto en serie del tipo de fluido intermedio, de calentamiento indirecto, un intercambiador de calor multitubular concurrente y un intercambiador de calor multitubular en contracorriente.

### 40 Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, se ha encontrado que se revaporizan fácilmente líquidos criogénicos por un procedimiento para vaporizar un fluido criogénico usando un refrigerante intermedio que circula naturalmente, procedimiento que comprende: hacer pasar el líquido criogénico en contacto de intercambio de calor con un refrigerante intermedio en forma de vapor en un primer intercambiador de calor que tiene una entrada de refrigerante intermedio vapor y una salida del refrigerante intermedio líquido, para calentar el fluido criogénico para producir un fluido criogénico gaseoso y un refrigerante intermedio líquido; hacer pasar el refrigerante líquido intermedio en contacto de intercambio de calor con un fluido de calentamiento en un segundo intercambiador de calor que tiene una entrada de refrigerante intermedio líquido y una salida de refrigerante intermedio vapor para calentar el refrigerante intermedio para producir el refrigerante intermedio vapor, estando el primer intercambiador de calor por encima del segundo intercambiador de calor; dejar que el refrigerante intermedio vapor suba al primer intercambiador de calor, y dejar que el refrigerante intermedio líquido fluya descendiendo al segundo intercambiador de calor.

La invención comprende además un sistema para vaporizar un líquido criogénico usando un refrigerante intermedio en circulación natural, sistema que comprende: un primer intercambiador de calor que tiene una entrada del fluido criogénico líquido, una salida del fluido criogénico vaporizado, una entrada del refrigerante intermedio vaporizado y una salida del refrigerante intermedio líquido; y un segundo intercambiador de calor que tiene una entrada del refrigerante líquido, una salida del refrigerante vaporizado, una entrada del fluido de calentamiento y una salida del fluido de calentamiento, estando situado el primer intercambiador de calor por encima del segundo intercambiador de calor, estando la entrada del refrigerante intermedio vaporizado al primer intercambiador de calor en comunicación fluídica con la salida del refrigerante intermedio vaporizado del segundo intercambiador de calor y con la salida del refrigerante intermedio líquido en comunicación fluídica con la entrada del refrigerante intermedio líquido al segundo intercambiador de calor.

### 65 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una realización esquemática de la presente invención y comprende un intercambiador de calor que comprende dos conjuntos de tubos en posición vertical dentro de un recipiente a baja presión con un intercambiador de tipo de placa soldada como caldera del refrigerante intermedio;

# ES 2 328 619 T3

la Fig. 2 es un diagrama esquemático de otra realización de la presente invención usando un intercambiador de calor del tipo de placas para vaporizar el líquido criogénico y para vaporizar el refrigerante intermedio;

5 la Fig. 3 es un diagrama esquemático de otra realización de la presente invención en la que se dispone de un supercalentador para sobrecalentar el vapor refrigerante;

la Fig. 4 es un supercalentador usado para sobrecalentar el gas natural vaporizado, y

10 en la Fig. 5 se usa un recipiente de separación intermedio entre la salida del vapor refrigerante intermedio desde el calentador del refrigerante intermedio y la salida del refrigerante intermedio líquido de la sección de vaporización del líquido criogénico.

## Descripción de realizaciones preferentes

15 En la descripción de las Figuras se usarán los mismos números para referirse a los mismos o similares componentes.

En la Fig. 1 se muestra una realización del procedimiento que usa un típico intercambiador de calor de envoltura y tubo en configuración vertical. El sistema de vaporización 10 comprende un condensador del refrigerante y vaporizador de líquido criogénico que tiene una parte superior 11. El condensador 12 del refrigerante (primer intercambiador de calor) incluye una entrada 14 del líquido criogénico y una salida 16 del fluido criogénico vaporizado. Como se ve, por la tubería 14 pasa material criogénico líquido a una zona establecida por un divisor 21 y un colector 20 y a una entrada a los conjuntos de tubos 18. El material criogénico vaporizado se recupera por una salida de los tubos 18 a través de un colector 22 y pasa a la tubería 16. Se muestran dos colectores para los dos conjuntos de tubos 18. El segundo conjunto de tubos se representa como que recibe el líquido criogénico a través de un colector 24 en el conjunto de tubos 18 y que recuperá el material criogénico vaporizado a través de un colector 26 de una salida del conjunto de tubos 18 al colector 26. Se pueden hacer varias configuraciones para pasar el material criogénico a través de los colectores a los tubos de intercambiador de calor, como lo saben los expertos en la técnica. La realización presentada es sólo ilustrativa.

El primer intercambiador de calor 12 incluye también una entrada 38 del vapor refrigerante, a través de la cual se introduce vapor refrigerante que pasa ascendiendo a través de un conducto vertical 30 y hacia fuera a un espacio para el vapor refrigerante 28, como lo señalan las flechas 50. Luego, el vapor intercambia calor con el fluido criogénico en los tubos 18 y se condensa como material refrigerante intermedio líquido. En el fondo 34 del intercambiador de calor 12 se muestra un nivel 32 representativo del líquido. El refrigerante intermedio líquido pasa a través de una salida 36 por una tubería 45 a la entrada 44 al segundo intercambiador de calor 40. En el segundo intercambiador de calor 40, el refrigerante intermedio se calienta por contacto de intercambio de calor con un fluido de intercambio de calor que pasa al intercambiador de calor 40 por una entrada 46 y una tubería 47. El refrigerante intermedio se vaporiza en el segundo intercambiador de calor 40 por intercambio de calor con el fluido de intercambio de calor que luego se descarga a través de una salida 48 y una tubería 49. El vapor refrigerante se descarga a través de una tubería 42 y pasa ascendiendo por la tubería 43 a una entrada 38 del vapor refrigerante que lo conduce al primer intercambiador de calor 12. Al funcionar el sistema de intercambio de calor, la cabecera del líquido en el fondo 34 del primer intercambiador de calor 12 suministra la fuerza motora para que el refrigerante intermedio líquido fluya en retorno a través de la tubería 45 a la entrada 44 en el primer intercambiador de calor 12 como vapor. Este ciclo es repetitivo y proporciona un suministro de calor al primer intercambiador de calor 12 desde el segundo intercambiador de calor 40 sin necesidad de bombas mecánicas o similares.

45 Se entenderá que se podrían usar una amplia variedad de tipos de intercambiadores de calor. Por ejemplo, tanto el primer intercambiador de calor como el segundo, como ambos, podrían ser un intercambiador de calor de envoltura y tubos de varias configuraciones, un intercambiador de calor de núcleo en cadena, un intercambiador de placas con aletas, un intercambiador de calor del tipo de placas, conjuntos de tubos múltiples en un intercambiador de calor de envoltura y otros similares, como es conocido por los expertos en la técnica. Se considera que cualquiera de tales intercambiadores de calor es adecuado, aunque se prefiere usar intercambiadores de calor del tipo de placas.

Los intercambiadores de calor del tipo de placas son comercializados por muchos suministradores adecuados. Los intercambiadores de calor de circuito impreso son un tipo de intercambiadores de calor de placas y son comercializados por HEATRIC. Los intercambiadores de calor de circuito impreso son intercambiadores de calor extremadamente compactos, de alta eficiencia, que toleran fácilmente altas presiones y que tienen capacidad de soportar temperaturas extremas. Los intercambiadores de calor de circuito impreso se preparan básicamente haciendo en una placa por ataque químico un canal para el paso de una corriente que casa con un paso de la corriente que se está haciendo por ataque químico en otra placa, uniéndose luego las dos placas, como lo conocen los expertos en la técnica. Se apilan las placas y se pueden unir por difusión o también soldar si se desea. Estas placas pueden tener una amplia variedad de pasos de intercambio de calor y se considera que son bien conocidas por los expertos en la técnica. A causa de su alta eficiencia y su configuración compacta, se prefieren los intercambiadores de calor de placas para el procedimiento de la presente invención. También están configurados para proporcionar algunas ventajas respecto a su limpieza y uso cuando generalmente se usa agua de mar como material de intercambio de calor.

65 Debe señalarse que como fluido de intercambio de calor en el segundo intercambiador de calor se puede usar no sólo agua de mar, sino también cualquier otro líquido o vapor adecuado que esté caliente en comparación con el líquido criogénico y a una temperatura suficiente para vaporizar el refrigerante intermedio. Algunos materiales de este

# ES 2 328 619 T3

tipo son agua fresca, agua de mar, hidrocarburos ligeros, vapor de agua, aire, agua enfriada y corrientes de calor de desecho de refinerías, y oros similares.

Es deseable que el refrigerante intermedio sea un material tal como propano, refrigerantes mixtos, refrigerantes

- 5 hidrocarburo, refrigerantes clorofluoro-carburo, tales como los de la familia FREON, producidos por DuPont, y otros similares que no congelan a temperaturas criogénicas, esto es, por debajo de -73°C. Un criterio principal para los refrigerantes intermedios es que sean vaporizados fácilmente por el fluido de intercambio de calor de que se dispone y que sean eficaces para conducir el calor al primer intercambiador de calor y condensar en contacto de intercambio de calor con el líquido criogénico. Puesto que la mayoría de los refrigerantes se condensarán fácilmente a la temperatura del líquido criogénico, una consideración importante es la fácil vaporización del refrigerante intermedio por la fuente de calor disponible. Además es deseable que el refrigerante intermedio permanezca líquido en contacto con la superficie de intercambio de calor que está en contacto con el fluido criogénico líquido en el primer intercambiador de calor. Los refrigerantes mencionados se considera que satisfacen estos criterios. Algunos de los refrigerantes pueden ser más deseables que otros para ciertas aplicaciones.

15 En realizaciones alternativas de la presente invención, que se muestran por ejemplo en la Fig. 2, se puede usar un intercambiador de calor del tipo de placas para el primer intercambiador de calor 12 y el segundo intercambiador de calor 40. El flujo a través de estos intercambiadores de calor del tipo de placas se ha discutido previamente. Por ejemplo, el vapor del refrigerante intermedio se obtiene de una salida 42 del vapor del refrigerante intermedio del 20 segundo intercambiador de calor y pasa través de la tubería 43 a una entrada 38 al primer intercambiador de calor 12, en el que se introduce un fluido criogénico por la tubería 14 y se recupera a través de la tubería 16 en forma revaporizada o parcialmente revaporizada. El refrigerante intermedio condensado se recupera por una salida 36 del primer intercambiador de calor 12 y pasa a través de una tubería 45 al segundo intercambiador de calor 40. Como se muestra en la Fig. 2, se introduce a través de una entrada 46 y una tubería 47 un fluido de calentamiento y se descarga 25 por una salida 48 a través de una tubería 49. El funcionamiento del primer intercambiador de calor y el segundo se ha discutido antes con el refrigerante intermedio líquido descargado a través de una salida 36 que suministra el frente de fluido necesario para mover el refrigerante intermedio por la tubería 45 a la entrada 44 al segundo intercambiador de calor 40. El vapor se descarga por la tubería 42 y la tubería 43 a la entrada 38, fluviendo el refrigerante completamente por gravedad por un proceso de tipo sifón térmico. Este tipo de proceso presenta ventajas significativas en cuanto a 30 que no son necesarias bombas para la circulación del refrigerante intermedio, aunque si se desea se podría usar una bomba. Puesto que el refrigerante es un material que congela fácilmente en contacto con superficies de intercambio de calor que contienen el líquido criogénico y que vaporiza fácilmente en el segundo intercambiador de calor, se realiza una transferencia de calor eficiente sin exponer el fluido de calentamiento en la tubería 47 a un contacto directo con las superficies de intercambio de calor que contienen el líquido criogénico. Esto es una ventaja significativa respecto a 35 la congelación del fluido de intercambio de calor durante períodos de un flujo lento del fluido de intercambio de calor o caudales altos de fluido criogénico.

Es deseable que la salida 36 esté situada suficientemente por encima de la entrada 40 para tener el calor necesario para el flujo deseado. La altura típicamente es de como mínimo aproximadamente 60 cm y preferiblemente de 40 aproximadamente 180 a 300 cm.

En la Fig. 3 se presenta otra realización de la invención. En esta realización se usa un supercalentador 54 con un segundo medio de calentamiento suministrado a través de la tubería 56 y que se recupera por la tubería 58 para sobrecalentar el vapor de refrigerante intermedio, que luego se hace pasar a través de una salida 42 del supercalentador 45 54 por una tubería 43 a la entrada 38 al primer calentador 12. El refrigerante líquido retorna como se ha discutido antes por la tubería 44 al segundo calentador 40.

En la Fig. 4 se muestra otra realización en la que se usa un supercalentador 60, calentado por el material de calentamiento que se suministra a través de la tubería 56 y que se recupera por la tubería 58, para sobrecalentar el 50 material criogénico recuperado que ha sido licuado en el intercambiador de calor 12 (aguas abajo). En otros aspectos, el flujo del material ha sido descrito antes.

En la Fig. 5 se muestra otra realización en la que se usa un separador 62, que tiene un nivel 64 del líquido, para asegurar la separación de líquido y vapor de las corrientes de las tuberías 43 y 45. El refrigerante líquido que ha pasado 55 por la salida 36 a través de la tubería 45 al separador 62 deseablemente es totalmente líquido. Consecuentemente, esta corriente se introduce en el separador 62 por debajo del nivel 64 del líquido del separador 62. Análogamente, la corriente recuperada por la salida 42 y que ha pasado a través de la tubería 43 al separador 62 deseablemente es totalmente de vapor. Esta corriente se introduce en el separador 62 a un nivel por encima del nivel 64 del líquido y luego se pasa una corriente de vapor por la tubería 43' a la entrada 38 al recipiente 12. De forma similar, del separador 60 62 se recupera una corriente de líquido y se hace pasar por la tubería 45' a la entrada 44 al intercambiador de calor 40. Esta realización asegura que el refrigerante intermedio vapor pasa como vapor al primer intercambiador 12 y que el refrigerante intermedio líquido pasa al segundo intercambiador de calor 40 como líquido.

Ha de tenerse en cuenta que se puede arrastrar líquido con el vapor que ha pasado al primer intercambiador de calor 65 12 y que el vapor puede ser adsorbido o retenido en la corriente de refrigeración intermedia que pasa en retorno al segundo intercambiador de calor 40. Esta inclusión de líquido o vapor no afecta significativamente al funcionamiento de cualquiera de los recipientes puesto que cada uno actúa sustancialmente de por sí como un recipiente de separación y también como intercambiador de calor.

## ES 2 328 619 T3

De acuerdo con la presente invención, se usa un refrigerante intermedio que no es propenso a congelarse en superficies de intercambio de calor en contacto con los líquidos criogénicos. Claramente, cuando se usa un material tal como agua de mar como material de intercambio de calor, hay siempre el riesgo de que el agua de mar en contacto con materiales criogénicos pueda congelarse, obstruyendo así el paso de más material de intercambio de calor, de lo

5 que resultaría una congelación aún mayor del recipiente. Puesto que la congelación puede ser relativamente repentina teniendo en cuenta la diferencia radical de temperaturas entre el agua de mar y los materiales criogénicos, esto puede dar por resultado un daño sustancial de las superficies de intercambio de calor en un período de tiempo muy corto. Estos problemas se evitan con la presente invención, en la que se usa un refrigerante intermedio resistente a la congelación en contacto con superficies que están en contacto con líquidos criogénicos.

10 Además, los intercambiadores de calor del tipo de placas usados en la presente invención se limpian muy fácilmente en el caso de que se produzca la contaminación de las superficies del intercambiador de calor como resultado del paso de agua de mar. La presencia de contaminación se minimiza porque la diferencia de temperaturas en las superficies de intercambio de calor es mucho menor. Además, se evitan los problemas ambientales resultantes de la descarga al mar del agua de mar a una temperatura muy baja. Con la presente invención, el intercambio de calor puede realizarse a una temperatura más baja puesto que el calor de vaporización es suministrado por el agua de mar que se puede usar fácilmente a volúmenes mayores, dado que los intercambiadores de calor del tipo de placas son muy eficientes y ocupan un espacio relativamente pequeño. Puesto que el calor de vaporización es transferido al fluido criogénico, se puede conseguir una transferencia de calor mayor que si sólo pudiera disponerse de calor sensible para transferir calor 15 al líquido criogénico. Además, la presente invención reduce la necesidad de bombear un refrigerante intermedio, lo que hace que el procedimiento sea más eficiente energéticamente.

20 Colocando los intercambiadores de calor de manera que el segundo intercambiador de calor esté por debajo del primer intercambiador de calor y que los superalentadores estén por encima del primer calentador y el segundo calentador, respectivamente, se requiere una superficie mucho menor para la instalación de un sistema de revaporización que tenga capacidad suficiente para manipular grandes cantidades de líquido criogénico. Además, se podrían usar adosados sistemas de este tipo de manera que se pudiera usar el número apropiado de sistemas para vaporizar un fluido criogénico deseado a una velocidad deseada. Es evidente que la entrada y la salida del segundo intercambiador de calor podrían situarse para tomar agua de mar a una distancia sustancial de la plataforma y descargarla a una distancia 25 sustancial de la plataforma u otra instalación.

30 En resumen, la presente invención ha proporcionado un procedimiento y un sistema muy eficientes y eficaces para revaporizar un líquido criogénico usando un refrigerante intermedio que no es propenso a los problemas asociados con el uso de los materiales de intercambio de calor más comúnmente usados.

35 Si bien la presente invención se ha descrito por referencia a algunas de sus realizaciones preferentes, se señala que las realizaciones descritas son por naturaleza ilustrativas y no limitativas, y que se pueden hacer muchas variaciones y modificaciones dentro del alcance de la presente invención. Muchas de estas variaciones y modificaciones se pueden considerar obvias y deseables por los expertos en la técnica sobre la base de una revisión de la descripción anterior de 40 realizaciones preferentes.

45

50

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para vaporizar un fluido criogénico usando un refrigerante intermedio que circula naturalmente, procedimiento que comprende:

(a) hacer pasar el líquido criogénico en contacto de intercambio de calor con un refrigerante intermedio en forma de vapor en un primer intercambiador de calor que tiene una entrada del refrigerante intermedio en forma de vapor y una salida del refrigerante intermedio líquido para calentar el fluido criogénico para producir un fluido criogénico gaseoso y un refrigerante intermedio líquido,

(b) hacer pasar el refrigerante intermedio líquido en contacto de intercambio de calor con un fluido de caleamiento en un segundo intercambiador de calor que tiene una entrada del refrigerante intermedio líquido y una salida del refrigerante intermedio en forma de vapor para calentar el refrigerante intermedio para producir el refrigerante intermedio en forma de vapor, estando el primer intercambiador de calor por encima del segundo intercambiador de calor;

(c) dejar que el refrigerante intermedio líquido ascienda al primer intercambiador de calor, y

(d) dejar que el refrigerante intermedio líquido fluya descendiendo al segundo intercambiador de calor,

en el que los intercambiadores de calor primero y segundo son intercambiadores de calor del tipo de placas.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el fluido criogénico es gas natural licuado.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el primer intercambiador de calor es un intercambiador de calor de circuito impreso.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el fluido de caleamiento es agua de mar.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el refrigerante comprende al menos uno de propano, un refrigerante mixto, un refrigerante fluorocarburo y un refrigerante clorofluorocarburo.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el fluido criogénico se calienta además en un tercer intercambiador de calor aguas abajo del primer intercambiador de calor.

7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el refrigerante intermedio se calienta además en un cuarto intercambiador de calor entre el segundo intercambiador de calor y el primer intercambiador de calor.

8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la salida del refrigerante intermedio líquido del primer intercambiador de calor se sitúa suficientemente por encima de la entrada del refrigerante intermedio líquido al segundo intercambiador de calor para asegurar la circulación natural del refrigerante.

9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la salida del refrigerante intermedio líquido del primer intercambiador de calor está como mínimo aproximadamente 60 cm por encima de la entrada del refrigerante intermedio líquido al segundo intercambiador de calor.

10. Un sistema para vaporizar un líquido criogénico usando un refrigerante intermedio que circula naturalmente, sistema que comprende:

(a) un primer intercambiador de calor que tiene una entrada del fluido criogénico líquido, una salida del fluido criogénico vaporizado, una entrada del refrigerante intermedio vaporizado y una salida del refrigerante líquido,

(b) un segundo intercambiador de calor que tiene una entrada del refrigerante líquido, una salida del refrigerante vaporizado, una entrada del fluido de caleamiento y una salida del fluido de caleamiento, estando situado el primer intercambiador de calor por encima del segundo intercambiador de calor, estando la entrada del refrigerante intermedio vaporizado al primer intercambiador de calor en comunicación fluídica con la salida del refrigerante intermedio vaporizado del segundo intercambiador de calor, y estando la salida del refrigerante intermedio líquido del primer intercambiador de calor en comunicación fluídica con la entrada del refrigerante intermedio líquido al segundo intercambiador de calor,

en el que los intercambiadores de calor primero y segundo son intercambiadores de calor del tipo de placas.

11. El sistema de la reivindicación 10, en el que la salida del refrigerante intermedio líquido del primer intercambiador de calor se sitúa suficientemente por encima de la entrada del refrigerante intermedio líquido al segundo intercambiador de calor para asegurar la circulación natural del refrigerante.

## ES 2 328 619 T3

12. El sistema de la reivindicación 10, en el que la salida del refrigerante intermedio líquido del primer intercambiador de calor está como mínimo aproximadamente 60 cm por encima de la entrada del refrigerante líquido al segundo intercambiador de calor.

5 13. El sistema de la reivindicación 10, en el que está colocado un tercer intercambiador de calor en comunicación fluídica con la salida del fluido criogénico vaporizado para calentar el fluido criogénico vaporizado.

10 14. El sistema de la reivindicación 10, en el que está colocado un cuarto intercambiador de calor en comunicación fluídica con la salida del refrigerante intermedio vaporizado para calentar el refrigerante intermedio vaporizado.

15 15. El sistema de la reivindicación 10, en el que está colocado un recipiente en comunicación fluídica con la salida del refrigerante intermedio líquido, la salida del refrigerante intermedio vaporizado, la entrada del refrigerante intermedio líquido y la entrada del refrigerante intermedio vaporizado para separar el refrigerante intermedio líquido y el vaporizado para pasar a la entrada del refrigerante intermedio vaporizado y a la entrada del refrigerante intermedio líquido, respectivamente.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

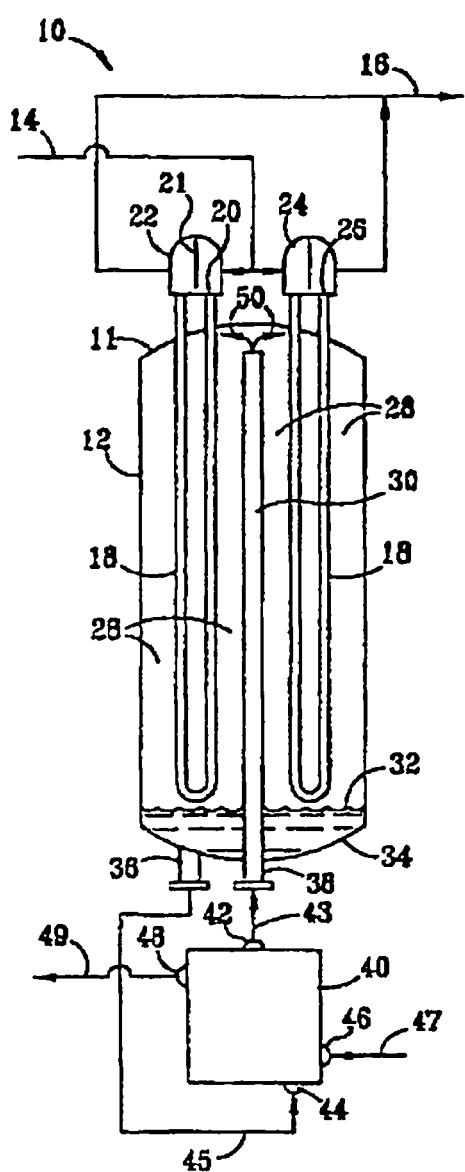


FIG. 2

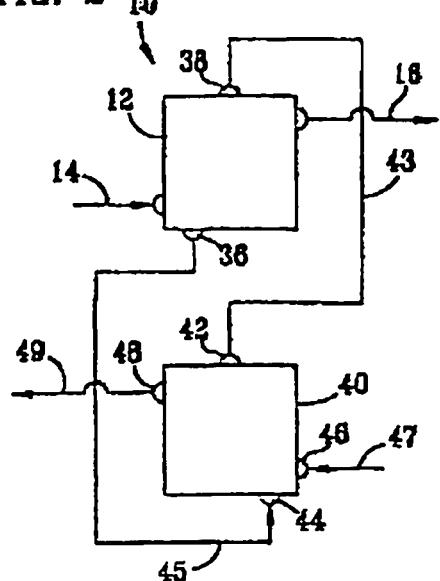


FIG. 3

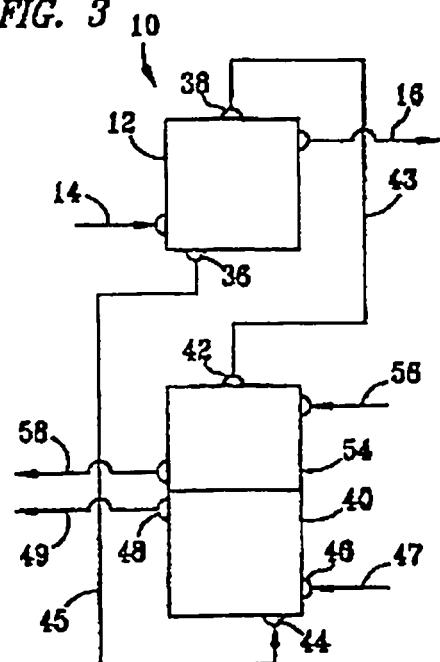


FIG. 4

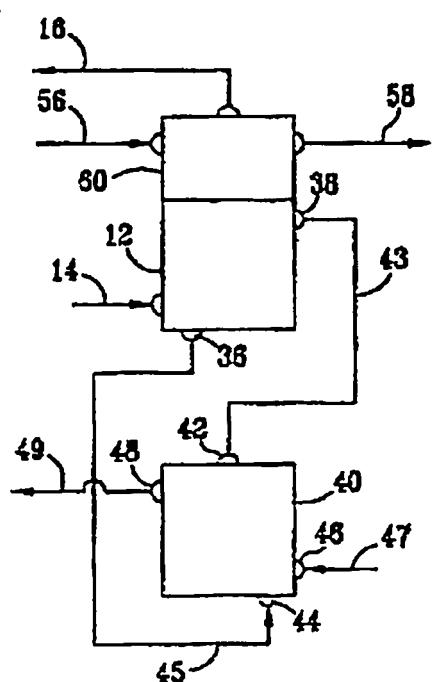


FIG. 5

