

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(10) Número de Publicación Internacional
WO 2014/102402 A1

(43) Fecha de publicación internacional
3 de julio de 2014 (03.07.2014)

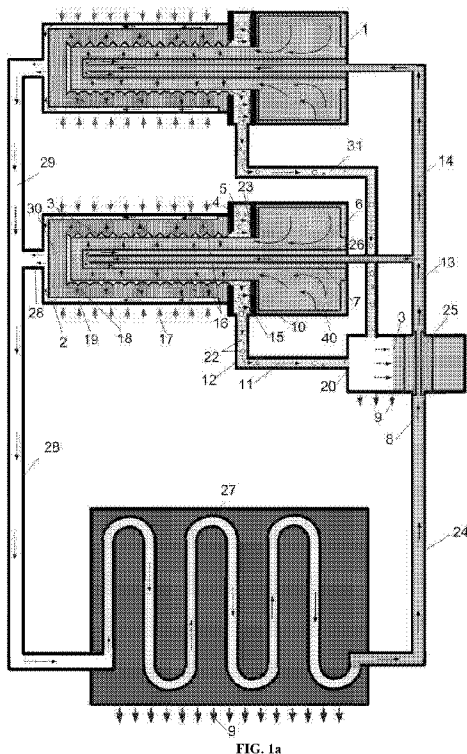
WIPO | PCT

- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
F28D 15/04 (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/070918
- (22) Fecha de presentación internacional:
28 de diciembre de 2012 (28.12.2012)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (71) Solicitante: **IBÉRICA DEL ESPACIO, S.A.** [ES/ES];
c/Magallanes, 3- 4ª planta, E-28010 Madrid (ES).
- (72) Inventores: **TORRES SEPÚLVEDA, Alejandro**;
c/Magallanes, 3- 4ª planta, E-28010 Madrid (ES).
MISHKINIS, Donatas; c/Magallanes, 3- 4ª planta, E-
28010 Madrid (ES). **KULAKOV, Andrei**; c/Magallanes,
3- 4ª planta, E-28010 Madrid (ES).
- (74) Mandatario: **ELZABURU, Alberto de**; C/ Miguel Ángel
21, E-28010 Madrid (ES).
- (81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa,
para toda clase de protección nacional admisible): AE,
AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY,
TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.
- (84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa,
para toda clase de protección regional admisible):
ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ,
BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: LOOP HEAT PIPE APPARATUS FOR HEAT TRANSFER AND THERMAL CONTROL

(54) Título : APARATO DE CALODUCTO EN BUCLE CERRADO PARA TRANSMISIÓN DE CALOR Y CONTROL TÉRMICO



(57) Abstract: The invention concerns a closed-loop heat-transfer apparatus (1) for transmitting heat and thermal control, which uses a bi-phase fluid as working medium and which comprises: at least one evaporator (2) for connection to a heat source and comprising a thermal compensation-stabilization chamber (10) connected to the at least one evaporator (2) and a secondary capillary pump (40) located inside the thermal compensation-stabilization chamber (10); at least one condenser (27) for connection to a heat drain; liquid pipes (24) and vapour pipes (29) which connect the at least one evaporator (2) and the at least one condenser (27); and a remote compensation chamber (20); the thermal compensation-stabilization chamber (10) comprising a bi-phase store (5) and a liquid-accumulating store (6) separated by a heat-exchange surface (15), such that the remote compensation chamber (20) is hydraulically connected to the bi-phase store (5) and to the liquid-accumulating store (6).

(57) Resumen: Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, que utiliza un fluido bifásico como medio de trabajo y que comprende: - al menos un evaporador (2) para conectarse con una fuente de calor y que comprende una cámara de compensación-estabilización térmica (10) unida al al menos un evaporador (2) y una bomba capilar secundaria

[Continúa en la página siguiente]

WO 2014/102402 A1



Publicada:

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

(40) situada en el interior de la cámara de compensación- estabilización térmica (10), - al menos un condensador (27) para conectarse a un sumidero de calor, - líneas de líquido (24) y líneas de vapor (28) que conectan el al menos un evaporador (2) y el al menos un condensador (27), y - una cámara remota de compensación (20), en el que la cámara de compensación-estabilización térmica (10) comprende un depósito bifásico (5) y un depósito (6) acumulador de líquido separados por una superficie de intercambio de calor (15), de manera que la cámara remota de compensación (20) está conectada hidráulicamente con el depósito bifásico (5) y con el depósito (6) acumulador de líquido.

APARATO DE CALODUCTO EN BUCLE CERRADO PARA TRANSMISIÓN DE CALOR Y CONTROL TÉRMICO

CAMPO DE LA INVENCION

5

Esta invención trata de un dispositivo de transmisión de calor y de control térmico, especialmente para su uso en naves espaciales, y más en particular la invención se dirige a un dispositivo de transmisión de calor y de control térmico con bucles cerrados bifásicos de accionamiento capilar.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La mayoría de los componentes y subsistemas de una nave espacial deben funcionar en rangos de temperatura restringidos. Esto hace que el control térmico sea un aspecto clave del diseño y funcionamiento de la nave espacial, con un impacto significativo de peso, potencia y coste en el presupuesto global de la nave espacial.

El control térmico de una nave espacial depende del balance térmico global de la nave espacial: las cargas térmicas deben ser evacuadas al espacio profundo, que actúa como un sumidero térmico. Dado que no existe conexión material entre este sumidero y la nave espacial, esta evacuación se efectúa mediante radiación térmica a través de radiadores dedicados instalados sobre las superficies externas del satélite.

Las cargas térmicas de la nave espacial provienen de la disipación de los equipos internos de la nave espacial, y externamente, del sol y la tierra o de los cuerpos celestiales alrededor de los cuales la nave espacial orbita. Los sistemas térmicos usados en naves espaciales por lo tanto deben ser capaces de controlar equipos que funcionan en un rango específico de temperaturas, y también discontinuamente.

Actualmente, los dispositivos térmicos conocidos para controlar las cargas térmicas en naves espaciales son los bucles de transmisión de calor

bifásicos, que también son conocidos en la práctica de la ingeniería como bucles cerrados de accionamiento capilar y bombeados mecánicamente o bucles cerrados de calor. El objeto de estos dispositivos en naves espaciales es el de transmitir el calor entre una fuente de calor (por ejemplo, un elemento electrónico) y un sumidero de calor (típicamente, el espacio profundo). En los bucles bifásicos de transmisión de calor, el calor se transmite a través de un ciclo evaporación-condensación de un fluido de trabajo almacenado dentro de un contenedor sellado herméticamente. Los bucles cerrados de accionamiento capilar tienen una estructura porosa especial, denominada bomba capilar o mecha, para mantener el fluido de trabajo en circulación continua dentro del sistema. La mecha siempre está ubicada en el evaporador del bucle cerrado de accionamiento capilar. El evaporador está fijado a una fuente de calor.

La tecnología de bucle cerrado de accionamiento capilar mencionada anteriormente ha encontrado una amplia aplicación en sistemas de control térmico en muchas aplicaciones de naves espaciales, que suelen usar bucles cerrados con un solo evaporador. Sin embargo, muchas aplicaciones requieren el control térmico de grandes cargas útiles de contacto superficial térmico o de múltiples fuentes de calor ubicadas remotamente.

Los desarrolladores de diseños de evaporadores múltiples y de condensadores múltiples de bucles cerrados de accionamiento capilar, (conocidos en la práctica de la ingeniería como caloductos en bucle cerrado (CBC, en español) o LHPs (loop heat pipes, en inglés), bucles cerrados de bombeo capilar (BCBC, en español) o CPLs (capillary pumped loops, en inglés) y bucles cerrados de calor bifásicos híbridos), tienen la intención de crear sistemas de control térmico con las siguientes características: plan funcional optimizado, escalabilidad, expandabilidad, compartir las cargas térmicas efectivas, flexibilidad en la ubicación de los componentes, acoplamiento térmico entre radiadores independientes y masa y volumen minimizados.

La *tecnología CBC* fue inventada originalmente en la Unión Soviética, y esta tecnología de un aparato de transmisión de calor se conoce, por ejemplo, en el documento US 4515209. Los primeros sistemas CBC se dedicaron a aplicaciones terrestres. Más tarde, se introdujo un enlace capilar (mecha

secundaria) entre el evaporador y la cámara de compensación, para proporcionar suministro de líquido desde la cámara de compensación a la mecha primaria del evaporador en condiciones de gravedad cero (0 g).

El desarrollo y las pruebas de un CBC con dos evaporadores idénticos se realizó por primera vez por el Instituto de Física Térmica (Academia Rusa de las Ciencias) a mediados de los años 80. Desarrollos adicionales hacia un *sistema CBC multi-evaporador*, como muestra, por ejemplo, la patente soviética 1395927, se realizaron utilizando un CBC con dos evaporadores y dos condensadores. Los CBCs con dos evaporadores pueden operar eficientemente a distribuciones simétricas y no simétricas de carga térmica entre los evaporadores, y a temperaturas diferentes de enfriamiento del condensador o condensadores. Sin embargo, apagar el enfriamiento activo de un condensador traería como resultado un descenso abrupto de la capacidad máxima de transmisión del dispositivo.

Cada evaporador en un sistema CBC típico tiene su propia cámara de compensación, que puede ser conectada directamente a las cámaras de compensación de otros evaporadores o puede no tener ninguna conexión directa con las cámaras de compensación de otros evaporadores en el sistema. En estos dispositivos, los evaporadores están conectados rígidamente entre sí y están ubicados a distancias relativamente cercanas entre sí.

A pesar de las ventajas evidentes de los sistemas CBC con múltiples evaporadores diseñados para funcionar en una amplia gama de temperaturas, existe una limitación en el número de evaporadores que se pueden usar razonablemente, ya que cada evaporador comprende una cámara de compensación. Conforme desciende la temperatura mínima de funcionamiento, el volumen de la cámara de compensación aumenta rápidamente cuando aumenta el número de evaporadores. Esto implica un límite en el número de evaporadores que se pueden usar en estos sistemas.

Además, pueden surgir ciertos problemas con el control de temperatura en sistemas CBC con múltiples evaporadores: los componentes clave para el control de temperatura CBC son las cámaras de compensación. En una instalación de dos evaporadores, el CBC puede funcionar a la temperatura

deseada en la mayoría de los casos, ya que el CBC responde muy bien a cambios bruscos en la carga térmica, la temperatura de sumidero y la temperatura de punto de consigna. Sin embargo, solo una de las cámaras de compensación tiene una condición bifásica de vapor-líquido durante el funcionamiento, a pesar del número que haya bajo control de temperatura.

El calor, que pasó por conducción térmica a través de la pared de la bomba capilar a la parte central del evaporador, en la dirección opuesta a la dirección de circulación del fluido, normalmente se denomina fuga de calor parásita. Los resultados de las pruebas han demostrado que cuando uno de los evaporadores tiene una carga térmica muy baja, se observó una generación de vapor repentina sobre la superficie interior de la bomba capilar, que aumentó drásticamente la fuga de calor parásita a la cámara de compensación, lo que trae como resultado una temperatura de funcionamiento más alta del bucle. Esto causa un problema de control de histéresis para el bucle que es difícil de predecir o de evitar. También se constató que las situaciones en las que el líquido se distribuye entre las cámaras de compensación (intentando ocupar los puntos de presión más bajos) pueden llevar al funcionamiento inestable del sistema. Además, surge un problema de controlabilidad para sistemas CBC con múltiples evaporadores cuando aumenta la cantidad de evaporadores y de cámaras de compensación.

Por lo tanto, es posible concluir que la limitación de expandabilidad es el problema principal en sistemas CBC con múltiples evaporadores, según se muestra en la patente soviética 1395927, de modo que se usan dos evaporadores o solo tres evaporadores como mucho para rangos de temperatura estrechos. Un problema secundario que presentan estos sistemas es la escasa controlabilidad.

Otro tipo de bucle cerrado de accionamiento capilar es el *BCBC*, como por ejemplo en los documentos de patente US 6626231 y US 7118076, que típicamente comprende uno o más evaporadores, uno o más condensadores, líneas de transporte, una cámara de compensación remota y un subenfriador. La ubicación de la cámara de compensación es la principal característica

diferenciadora entre los diseños BCBC y CBC. La cámara o cámaras de compensación CBC siempre están conectadas directamente al evaporador o evaporadores, pero los BCBC tienen una cámara de compensación remota (también denominada depósito líquido), separado del evaporador o evaporadores por un tubo o tubos conectores de pequeño diámetro (2,5 mm). En BCBC, el líquido del condensador y de la cámara de compensación remota fluye a través del subenfriador antes de llegar a los evaporadores. El BCBC que comprende un depósito remoto pierde la capacidad de autoarranque sin acondicionamiento especial. Además, para cualquier BCBC, la tolerancia para la fuga de calor parásita de vapor es un problema significativo de operabilidad fiable del sistema. El crecimiento de una burbuja de vapor sobre la superficie interior de la bomba capilar conduce al secado de la bomba y, finalmente, al fallo del funcionamiento del BCBC. En el caso del CBC, la burbuja normalmente migra a la cámara de compensación (en cuanto esté fijada cerca del evaporador) y se condensa en líquido sub-enfriado que siempre se presenta en la cámara de compensación del CBC.

En las últimas décadas se han realizado continuas mejoras a los BCBCs. El evaporador de dos puertos (una entrada de líquidos y una salida de vapor) inicialmente usado en BCBCs generalmente sufrió desecamiento debido a la aparición de vapor en el núcleo líquido durante el arranque y regímenes transitorios. Para impedir que el vapor bloquee el retorno del líquido a la estructura de la mecha, se introdujo un evaporador capilar de tres puertos, en el sistema que conecta la línea del depósito remoto al núcleo líquido del evaporador. Esta configuración permite que el vapor se expanda a lo largo del núcleo del evaporador y que migre hacia dentro del depósito remoto, en vez de acumularse en el núcleo de evaporador e interferir con el líquido que retorna desde el condensador. Inicialmente, las bombas capilares de tres puertos se usaron como bombas de arranque, y luego como el diseño del evaporador funcional principal. Para impedir que el vapor de los evaporadores descebados fluya aguas arriba y bloquee el retorno de líquido a los evaporadores en funcionamiento, se introdujo un dispositivo capilar, denominado aislador capilar,

ubicado aguas arriba de la entrada al evaporador. También se instalaron reguladores de contra-presión en muchos BCBCs de múltiples evaporadores para ayudar durante el arranque. Estos dispositivos capilares, ubicados en la línea de transporte de vapor, redirigen el vapor inicialmente generado en un evaporador a los otros evaporadores que no están en funcionamiento (sin carga 5 térmica). Esta acción obliga salir el líquido de las líneas de vapor y mejora las posibilidades de un arranque exitoso de todos los evaporadores en el sistema: también ayuda a fomentar el compartir las cargas térmicas entre evaporadores, por ejemplo, cuando un evaporador inactivo actúa como condensador.

10 Además, otro problema en los sistemas BCBC conocidos es la formación de gases no condensables en el bucle, que puede conducir al fallo del evaporador si las burbujas no condensables llegan al núcleo del evaporador y bloquean el retorno del líquido a los evaporadores de los BCBCs. Dado que es prácticamente inevitable que se formen gases no condensables durante la vida 15 de los BCBCs, los BCBCs se deben diseñar para que sean tolerantes a gases no condensables de una u otra forma. Una de las posibles soluciones es la de instalar trampas especiales para recoger las burbujas. Las trampas se suelen usar para sistemas con condensadores paralelos y se ubican a la salida del condensador donde también pueden servir de reguladores del flujo capilar (si la 20 trampa utiliza una estructura capilar para separar el gas del líquido). La estructura capilar ayuda a impedir que el vapor salga del condensador. Si uno de los condensadores llega a utilizarse plenamente, entonces esta trampa puede servir para redirigir el flujo hacia otro condensador o condensadores.

25 Las siguientes conclusiones resumen los asuntos relacionados con la fiabilidad de los BCBCs:

- El diseño del BCBC no debe nunca permitir la formación de burbujas en el lado líquido del bucle: se debe poner una trampa para burbujas en la salida del subenfriador para impedir la convección de los gases no condensables y/o burbujas de vapor hacia los evaporadores;

- El BCBC requiere un evaporador de arranque para limpiar los conductos de vapor en los evaporadores principales antes de que se les aplique calor;
 - Reducir el diámetro de los elementos del evaporador BCBC conduce a muchas dificultades no esperadas: el diseño con paredes de bomba capilar más delgadas conduce a una probabilidad más alta de formación de burbujas de vapor dentro del núcleo líquido del evaporador y como consecuencia al fallo del funcionamiento del BCBC;
 - Es conocido en la técnica anterior que para mejorar la tolerancia de los evaporadores a las fugas de calor parásitas de vapor, es preferible conectar estos evaporadores en serie; en este caso el primer evaporador en serie crea un flujo de barrido para los evaporadores previos
- Otra solución implica instalar varios evaporadores en paralelo con conexión a la misma cámara de compensación, situada en la parte evaporadora del bucle, y que incluye enlaces capilares especiales de gran longitud entre los evaporadores y la cámara de compensación. Este sistema se conoce como *CBC de situación libre (Free Location LHP, en inglés)*, tal y como se muestra, por ejemplo, en el documento de patente US 5944092, en la patente soviética 1626798 o en la patente rusa 2120592. Este sistema superó con éxito las pruebas en campo con un incremento gravitatorio favorable de los evaporadores en relación con la cámara de compensación, facilitando así la que los enlaces capilares distribuyeran el fluido a todos los evaporadores. La restricción de orientación en el campo gravitatorio se debe a los límites impuestos por el enlace capilar. El enlace capilar que conecta los evaporadores y la cámara de compensación limita la distancia de separación entre los evaporadores y la cámara de compensación. Esta limitación es parecida a la que ya existe en tuberías térmicas convencionales. Otras limitaciones significativas de este diseño son la complejidad y las dificultades de integración que dan lugar a

problemas de expandibilidad, escalabilidad y estandarización de las piezas. Todos los evaporadores tendrán que estar por debajo o en el mismo plano con respecto al plano de la cámara de compensación. Como la tubería de conexión entre cada evaporador y la cámara de compensación contiene un enlace capilar en el interior, el diámetro interno del tubo suele ser mayor de 4 mm, puesto que es prácticamente imposible instalar una estructura capilar en una tubería con un diámetro más pequeño. Las tuberías de conexión de gran diámetro hacen que el sistema sea inflexible y que sean necesarios elevados requerimientos para las tolerancias con fines de integración. En el diseño habitual de un evaporador de CBC con un tubo de bayoneta, un enlace capilar (mecha secundaria) suministra el líquido a la bomba capilar primaria prácticamente solo durante regímenes transitorios. Sin embargo, en este diseño el enlace capilar suministra toda la cantidad de líquido que hace falta para el evaporador, lo que ocasiona limitaciones significativas de las tasas de cambio de la potencia de la fuente de calor y/o de la temperatura del sumidero de calor. Otra desventaja de este enfoque es la baja conductancia térmica de los evaporadores a causa de la presencia constante de la fase de vapor en el núcleo del evaporador.

Para intentar superar algunas de estas importantes desventajas se desarrollaron los *bucles cerrados por bombeo capilar multilibres (multi-free LHP CPL)* de acuerdo, por ejemplo, con el documento US 5944092, en el que los evaporadores funcionales no tienen un enlace capilar con la cámara de compensación, sino sólo con la línea de líquido. Las limitaciones de este diseño son parecidas a las de los BCBCs convencionales con bombas de arranque. Los tubos capilares unidos a los evaporadores de la línea de líquido no pueden proporcionar una tolerancia de vapor fiable y, por tanto, la desventaja de este diseño es la necesidad de contar con un evaporador adicional especial con una fuente de potencia específica para proporcionar la circulación del bucle.

Se han realizado otros diseños desarrollando los llamados CBC *híbridos multievaporadores (multi-evaporator hybrid LHP, en inglés)*, tal y como se conocen, por ejemplo, en los documentos de patente US 7661464, US 6889754, US 7004240, US 8047268, US 7549461, US 8109325, US 8066055, US

8047268 o US 7251889, sugiriendo que se podría emplear un bucle como enlace entre los evaporadores y la cámara de compensación, y esta idea se incorporó a un BCBC avanzado, para intentar incorporar las ventajas de un CBC robusto con la flexibilidad arquitectónica de un BCBC. Este sistema comprende dos bucles de funcionamiento relativamente independiente: un bucle principal y un bucle auxiliar. El bucle principal es básicamente un BCBC tradicional con la misma configuración y principios de funcionamiento que un BCBC, y su función consiste en transportar el calor disipado y rechazarlo a un sumidero de calor a través del condensador primario. El bucle auxiliar se emplea para retirar las burbujas de vapor del núcleo de los evaporadores de los BCBC y trasladarlas a la cámara de compensación. El bucle auxiliar sólo contiene un evaporador de tipo CBC con la cámara de compensación de gran tamaño unida. Sólo existe una cámara que es común a todos los evaporadores: los evaporadores de los BCBC en el bucle principal y el evaporador del CBC en el bucle auxiliar. Además, el bucle auxiliar también se emplea para facilitar el arranque. De este modo, el bucle auxiliar sirve de sustituto funcional de la mecha secundaria de un CBC convencional. La viabilidad de este diseño, no obstante, sólo se alcanzó al conectar los evaporadores en serie. Esto significa que en consecuencia el líquido tiene que pasar por los evaporadores: el flujo que sale del primer evaporador entra en el segundo, etc.

En principio, el CBC híbrido multievaporador incluía tres evaporadores, uno de los cuales era un evaporador de CBC estándar unido directamente a la cámara de compensación del sistema común, así como dos evaporadores BCBC tradicionales de tres puertos. Las pruebas mostraron que el sistema no era muy fiable durante los ciclos de potencia. La sensibilidad al ciclo de potencia se atribuyó a la expansión de burbujas de vapor en el núcleo del evaporador. La conducción de calor a través de la pared de la bomba capilar del evaporador facilitó la nucleación del vapor en el núcleo del evaporador. En el caso de operación en régimen estacionario, estas burbujas se arrastraron del núcleo de evaporadores funcionales mediante el flujo del líquido a la bomba capilar. Sin embargo, a medida que disminuía la potencia de entrada de los evaporadores funcionales, el movimiento de líquido forzado por la acción capilar en el

evaporador auxiliar no resultaba suficiente para retirar de forma eficaz todas las burbujas de vapor del núcleo del evaporador y así evitar el bloqueo con vapor de la bomba capilar (resecación) tras un aumento repentino de la potencia del evaporador. Por otra parte, una reducción repentina de potencia causa una
5 ruptura temporal del flujo de fluido en el condensador hasta que se establece un nuevo equilibrio de temperatura/presión en el sistema. Esta ruptura del flujo hace necesario un desplazamiento másico neto del flujo desde el evaporador y la cámara de compensación al condensador. En consecuencia, el flujo nominal en dirección hacia delante era interrumpido. Durante la situación de flujo inverso
10 se podían acumular o incluso expandir las burbujas de vapor en el núcleo de la bomba capilar del evaporador, causando así la resecación del evaporador y el fallo del sistema.

Para mejorar la tolerancia al vapor, el diseño interno de los evaporadores se modificó para incluir una mecha especial de separación de fases, que se
15 diseñó para proporcionar un mejor control de la distribución de las dos fases vapor/líquido en el núcleo de las bombas. El objetivo de las modificaciones del diseño era extender el control de las fases que proporcionaba la mecha secundaria en el evaporador tradicional CBC a los evaporadores de BCBC. A pesar de los resultados favorables generales obtenidos durante las pruebas, el
20 funcionamiento se verificó en condiciones relativamente limitadas: los evaporadores estaban en general en orientación horizontal y cercanos los unos a los otros, así que la resistencia hidráulica de las líneas era parecida. Esta configuración, por tanto, no era representativa de las condiciones de las posibles aplicaciones de control térmico en aeronaves cuando los evaporadores y el
25 depósito remoto se encuentran separados espacialmente, y el nivel de respuesta de los evaporadores a las variaciones de potencia de entrada y de condiciones de sumidero de calor dependen de la longitud de las líneas de conexión entre estos elementos. Por tanto, no se comprobó adecuadamente la capacidad de control térmico.

30 En la técnica anterior también se conoce la *tecnología de bucles híbridos de refrigeración*, como por ejemplo los que se muestran en los documentos de

patente US6990816 y US6948556, que combinan el bombeo activo de líquidos y la gestión pasiva capilar de líquidos en la estructura de la mecha del evaporador y su separación líquido/vapor. El bucle híbrido de refrigeración consiste en un evaporador, un condensador, una cámara de compensación de líquidos y una bomba, en su diseño más simple. Debido al sistema de bombeo de amplificación activo, el sistema de bucle híbrido sería capaz de gestionar distintos diseños de evaporadores múltiples. A pesar de contar con ciertas ventajas, la necesidad de contar con una circulación suplementaria por el bucle se puede considerar una desventaja por la naturaleza activa de los componentes críticos de diseño, lo que reduce la fiabilidad y la vida útil del sistema.

También se ha desarrollado otro sistema conocido denominado *CBC avanzado*, que es un CBC con dos evaporadores: el evaporador principal (funcional) y el evaporador secundario (auxiliar), según el documento de patente US6810946 B2, por ejemplo, que incorpora un evaporador secundario al diseño convencional del CBC. El evaporador secundario se encuentra en un entorno con incremento de frío para asegurar que la bomba capilar siempre está cebada. Se conectan calentadores eléctricos a este evaporador para proporcionar la potencia térmica necesaria para su funcionamiento. Cuando la bomba secundaria se encuentra en operación, ésta retira de forma activa el vapor que se acumula en la cámara de compensación a causa de las fugas parásitas de calor a la cámara de compensación del evaporador principal y a la línea de líquido. Este diseño solo considera un único evaporador CBC principal. La mayor desventaja de este planteamiento es la existencia del evaporador adicional y su naturaleza activa. De hecho, esta solución solo se necesita para un CBC con una bomba secundaria no diseñada correctamente.

Además, se propuso usar un evaporador con cámara de compensación adjunta en un bucle de accionamiento capilar, conocido por ejemplo en los documentos de patente US7061446, US7268744 o US7841392. La mecha capilar indivisa grande se usa en la parte del evaporador y en la cámara de compensación. La mecha tiene mayor tamaño transversal en la cámara de

compensación que en la parte del evaporador. No existen medios para garantizar la tolerancia de vapor de los evaporadores.

Por lo tanto, como resumen, es posible concluir que el elemento principal y más crítico en un bucle de accionamiento capilar es el evaporador. La
5 intolerancia al vapor y a gases no condensables, que puede conducir a fallo total del sistema en transmisión de calor, es el principal problema en el desarrollo de sistemas de control térmico bifásicos multi-evaporador de accionamiento capilar. Se han propuesto y investigado varios métodos para solventar el problema; sin embargo, las soluciones técnicas existentes aún no pueden garantizar un
10 comportamiento estable y fiable en condiciones térmicas reales diferentes del funcionamiento de naves espaciales.

Esta invención por lo tanto está orientada hacia estas necesidades.

SUMARIO DE LA INVENCION

15

Por lo tanto, esta invención proporciona un sistema de control térmico y de transmisión de calor, en concreto un sistema bifásico de caloducto de bucle cerrado (CBC) de accionamiento capilar.

Un objeto de la invención es proporcionar un sistema bifásico de
20 caloducto de bucle cerrado (CBC) de accionamiento capilar que funcione de forma fiable bajo un amplio rango de condiciones de operación, proporcionando al mismo tiempo medios de tolerancia de fugas de calor parásitas de vapor para el evaporador y flexibilidad de diseño mediante la implantación de una cámara de compensación remota.

25 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema bifásico CBC de accionamiento capilar con posibilidad de expansión, es decir, que se pueda alterar la cantidad de evaporadores y/o condensadores.

Otros objetos del sistema bifásico CBC de accionamiento capilar con posibilidad de expansión son los siguientes:

- *escalabilidad*: el tamaño de los evaporadores (en cuanto a diámetro y longitud) puede variar en un amplio rango y puede ser ajustado en función de la aplicación particular que se necesite;
- *controlabilidad*: posibilidad de controlar la temperatura de operación del sistema por medio del control térmico de la cámara remota de compensación;
- *capacidad de reparto de carga térmica* cuando el sistema bifásico CBC de accionamiento capilar comprenda múltiples evaporadores: los rangos de potencia pueden variar de un evaporador a otro, de manera que algunos evaporadores pueden tener la carga térmica máxima mientras que otros no tienen aplicación de potencia;
- *flexibilidad de configuración*: en teoría se puede usar un número ilimitado de evaporadores/condensadores; la distancia entre los evaporadores y la cámara de compensación puede ser de hasta varios metros; los evaporadores, condensadores y la cámara remota de compensación pueden encontrarse en un campo de gravedad a distintos niveles con diferencias de elevación de hasta 1-3 m, considerando sólo el potencial capilar de las bombas secundarias de los evaporadores;
- *flexibilidad funcional*: existe un amplio rango de potencias de aportación de calor para el sistema completo y para cada evaporador; se produce resistencia a cambios repentinos de aportaciones de potencia y/o temperaturas del condensador (en relación con el objetivo principal del invento: tolerancia de las fugas parásitas de calor del vapor);
- *flexibilidad de integración*: el pequeño diámetro (1-2 mm) de las tuberías de conexión entre los evaporadores y la cámara remota de compensación facilita la instalación del sistema al nivel del satélite; además, se pueden emplear insertos flexibles, tales como serpentines y/o latiguillos flexibles para mejorar la integración del sistema;
- *normalización de los evaporadores*: posibilidad de emplear cámaras de compensación unidas a los evaporadores, con dimensiones

normalizadas y sin necesidad de realizar la recualificación de los evaporadores para todas las configuraciones y tamaños del sistema; esto resulta de especial importancia para mejorar *la viabilidad mecánica del sistema bifásico CBC de accionamiento capilar durante las vibraciones*, ya que todos los evaporadores del sistema cuentan con una cámara de compensación individual normalizada relativamente pequeña (con un diseño mecánico más sencillo que los evaporadores con cámaras de gran tamaño) y se pueden diseñar mecánicamente y cualificar individualmente sólo una vez.

10

Estos objetivos se logran gracias a un sistema bifásico de caloductos en bucle cerrado (CBC) con bombeo capilar, que realiza las aplicaciones de transmisión de calor y el control térmico con un fluido bifásico como medio de trabajo. El sistema de la invención comprende al menos un evaporador, que comprende un cámara de compensación-estabilización térmica a la que está conectada, al menos un condensador, líneas de líquido y vapor y una única cámara remota de compensación. La cámara de compensación-estabilización térmica comprende depósitos bifásicos y acumuladores hidráulicos. La cámara remota de compensación cuenta con una conexión hidráulica a los depósitos bifásicos y acumuladores hidráulicos de la cámara de compensación-estabilización térmica. El evaporador comprende una bomba capilar primaria que absorbe el calor producido por el equipo a enfriar y proporciona una circulación continua de fluido/calor entre el evaporador, que está conectado a la fuente de calor, y el condensador, que está conectado al sumidero de calor. En el interior de la mecha primaria y en el interior de la cámara de compensación-estabilización térmica se encuentra una bomba capilar secundaria que sirve para proporcionar líquido a la mecha primaria y para proporcionar circulación intermitente de fluido/calor durante regímenes transitorios de funcionamiento del sistema entre la parte interior de la mecha primaria y la cámara remota de compensación con control térmico. Durante el funcionamiento del sistema en regímenes en estado estacionario, la cámara de compensación-estabilización térmica permite retirar las fugas internas de calor a través de una bomba capilar

30

por convección y condensación en la superficie del intercambiador de calor, que separa los depósitos bifásicos y acumuladores hidráulicos en la cámara de compensación-estabilización térmica.

Otras características y ventajas de la presente invención se describirán en la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas de su objeto en relación con las figuras adjuntas.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las características, objetos y ventajas del invento se ilustrarán claramente con la siguiente descripción junto a las siguientes figuras, en las que:

Las figuras 1a, 1b y 1c muestran vistas esquemáticas del dispositivo de caloducto en bucle cerrado (CBC) de la invención con una cámara de compensación remota y dos evaporadores.

La figura 2 muestra una vista general del dispositivo CBC de la invención con varios evaporadores (4 unidades) y varios condensadores (2 unidades).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un dispositivo CBC 1 que comprende un evaporador 2 con una cámara de compensación-estabilización 10, una combinación de una bomba capilar primaria 30 y una bomba capilar secundaria 40, junto con los componentes de fontanería correspondientes del dispositivo CBC 1. La bomba capilar primaria 30 bombea fluido al dispositivo CBC 1, cuya evaporación absorbe el calor del sistema que se ha de refrigerar. La bomba capilar secundaria 40 proporciona líquido a la bomba capilar primaria 30 y, junto con la cámara de compensación-estabilización 10 y la cámara remota de compensación 20, proporciona los medios para la retirada del vapor que se forma por las fugas parásitas de calor internas del al menos un evaporador 2.

La presente invención se refiere a un dispositivo CBC 1, que puede ser una realización del tipo de un único condensador-evaporador o varios evaporadores

(y/o condensadores), tal y como se muestra en las figuras 1a, 1b, 1c. El dispositivo CBC 1 de la invención comprende los siguientes componentes:

- 5 - al menos un evaporador 2: el evaporador 2 comprende la cámara de compensación-estabilización 10, una combinación de una bomba capilar primaria 30 y una bomba capilar secundaria 40. La bomba capilar primaria 30 bombea fluido al dispositivo CBC 1, cuya evaporación absorbe el calor del equipo que se ha de refrigerar. La bomba capilar secundaria 40 proporciona líquido a la bomba capilar primaria 30 y, junto con la cámara de compensación-estabilización 10
10 y la cámara remota de compensación 20, proporciona los medios para la retirada del vapor que se forma por las fugas 18 parásitas de calor internas del al menos un evaporador 2;
- 15 - una cámara remota de compensación 20 en condición bifásica para realizar funciones de control de temperatura y para la gestión de cambios en el volumen de la fase líquida junto con el exceso de fugas parásitas de calor de vapor durante los regímenes transitorios de funcionamiento de los CBC, proporcionando un diseño compacto normalizado del evaporador 2 así como la posibilidad de extensión en la realización con varios evaporadores 2; las cámaras de
20 compensación-estabilización 14 de gran volumen pueden no ser necesarias dependiendo del volumen total del dispositivo CBC 1, puesto que pueden tener volúmenes unificados mínimos que permitan gestionar y asegurar la tolerancia de vapor/gases no condensables durante el régimen de estado permanente;
- 25 - al menos un condensador 27;
- línea de vapor 28 y línea de líquido 24.

En las figuras 1a, 1b y 1c se muestran diferentes esquemas de una realización del invento. Se aprecia un dispositivo CBC 1 con una disposición con una cámara remota de compensación 20 y evaporadores 2, de manera que:

- 5 - En la figura 1a se muestra la cámara remota de compensación 20 conectada a un depósito bifásico 5 de la cámara de compensación-estabilización 10 por medio de una línea bifásica 12. El depósito acumulador de líquido 6 de la cámara de compensación-estabilización 10 está conectado a la cámara remota de compensación 20 por medio de la línea de líquido 13. El líquido de retorno del condensador
10 siempre pasa por la cámara remota de compensación 20 antes de alcanzar los evaporadores 2.
- En la figura 1b se muestra la cámara remota de compensación 20 conectada al depósito bifásico 5 de la cámara de compensación-estabilización 10 por una línea bifásica 12. La línea de líquido 13 está
15 conectada directamente con la línea de líquido 24 retornando líquido a un tubo de bayoneta 7 a la entrada del evaporador 2 desde el condensador 27. La cámara remota de compensación 20 cuenta con un enlace hidráulico con el depósito acumulador de líquido 6 de la cámara de compensación-estabilización 10 mediante las líneas 13 y
20 24.
- En la figura 1c se muestra la cámara remota de compensación 20 conectada al depósito bifásico 5 de la cámara de compensación-estabilización 10 por medio de una línea bifásica 12. La cámara de compensación-estabilización 10 también comprende un depósito
25 acumulador de líquido 6 directamente conectado a la cámara remota de compensación 20 por medio de una línea de retorno de líquido 13.

Se muestran tres casos para ilustrar las diferentes variantes de los diseños de la cámara de compensación 20 y las diferentes disposiciones del
30 dispositivo CBC 1. El puerto bifásico de la cámara de compensación remota 20 siempre se encuentra conectado por medio de la línea 12 a la cámara de compensación-estabilización 10. Sin embargo, el/los puerto(s) de líquido de la

cámara remota de compensación se pueden conectar a la cámara de compensación-estabilización 10 de tres maneras distintas: de forma directa (Fig 2c), por medio de la línea de líquido 24 en serie (Fig. 2a) y en paralelo (Fig 2b). Hay al menos dos puertos de fluido, uno para la línea bifásica 12 y el otro para la línea de retorno de líquido 13 (ver fig. 2b). La cantidad máxima de puertos de fluido para la cámara de compensación 20 se puede calcular multiplicando el número de evaporadores por dos y sumando el número de condensadores: en este caso, todos los evaporadores cuentan con dos líneas individuales 12 y 13 de conexión con la cámara de compensación-estabilización 10 y con la cámara de compensación remota 20. La cámara de compensación remota 20 está conectada con el condensador a través de líneas de líquido 24 adicionales. Existen distintas combinaciones entre el número máximo y mínimo de puertos que proporcionan flexibilidad al diseño del sistema.

Las referencias numéricas de las figuras 1a-1b-1c y 2 representan los siguientes elementos:

- 1 Dispositivo CBC
- 2 Evaporador
- 3 Interfaz vapor-líquido
- 4 Separador de los lados de baja/alta presión de la bomba capilar primaria 30
- 5 Depósito bifásico unido al núcleo interno de la bomba capilar primaria 30
- 6 Depósito acumulador de líquido
- 7 Tubo de bayoneta, entrada de la línea de transporte de líquido desde el condensador 27
- 8 Dirección del flujo de líquido
- 9 Sumidero de calor
- 10 Cámara de compensación-estabilización
- 11 Dirección del flujo de vapor
- 12 Línea bifásica a la cámara remota de compensación 20
- 13 Línea de retorno de líquido de la cámara remota de compensación 20
- 14 Fluido en estado líquido

- 15 Intercambiador de calor (superficie de intercambio de calor) -
separador de los lados de baja presión (líquido) y alta presión (bifásico)
de la bomba capilar secundaria 40
- 16 Canales de retirada de vapor en el interior de la bomba capilar
5 primaria 30 (núcleo del evaporador)
- 17 Entrada de calor
18. Fuga parásita de calor al núcleo central de la bomba capilar primaria
30
- 19 Canales de retirada de vapor en el exterior de la bomba capilar
10 primaria 30
- 20 Cámara remota de compensación
- 21 Entrada de la línea de vapor del dispositivo CBC 1
- 22 Burbujas de vapor
- 23 Gotas de líquido
- 15 24 Línea de transporte de líquido
- 25 Mecha porosa en el interior de la cámara remota de compensación 20
- 26 Canal líquido
- 27 Condensador
- 28 Línea de vapor
- 20 29 Fluido en estado de vapor
- 30 Bomba capilar primaria
- 31 Fluido en estado bifásico
- 40 Bomba capilar secundaria

25 El evaporador 2 comprende una pequeña cámara de compensación-
estabilización 10 que contiene una bomba capilar secundaria 40, diseñada para
gestionar de forma eficaz el caudal de vapor causado por las fugas parásitas de
calor 18 al núcleo central de la bomba capilar primaria 30.

30 El diseño del evaporador 2 comprende una bomba capilar primaria 30 con
canales externos 19 de retirada de calor en el exterior de la bomba capilar
primaria 30, una bomba capilar secundaria 40 y una cámara de compensación-

estabilización 10 que comprende dos cámaras, un depósito bifásico 5 y un depósito acumulador de líquido 6. La bomba capilar primaria 30 también comprende canales de extracción de vapor 16 internos en el núcleo del evaporador 2, para retirar el vapor que se forme a causa de fugas de calor a través de la bomba capilar primaria 30. Estos canales de extracción de vapor 16 se encuentran conectados al depósito bifásico pequeño 5 cerca de las salidas de los canales de extracción de vapor 16. Este tanque bifásico 5 comprende un intercambiador de calor 15 (superficie de intercambio de calor) entre el depósito bifásico 5 y el depósito acumulador de líquido 6 de la cámara de compensación-estabilización 10. El depósito acumulador de líquido 6 y el depósito bifásico 5 con la superficie de intercambio de calor 15 se puede identificar como cámara de compensación-estabilización 10. La bomba capilar secundaria 40 se encuentra en el interior de la bomba capilar primaria 30 y la cámara de compensación-estabilización 10. En el interior de la cámara de compensación 20 se instala una mecha porosa 25 para gestionar la distribución de fluidos en condiciones de microgravedad. La mecha porosa 25 también evita que las burbujas de vapor o gases no condensables penetren en la línea de líquido 13 y en el depósito acumulador de líquido 6.

El fluido de trabajo se encuentra en tres estados en el interior del dispositivo 1 del CBC de la invención: vapor 29, líquido 14 y estados bifásicos 31.

Cuando se suministra calor 17 al evaporador 2 por los equipos de liberación de calor o la fuente de calor, el calor evapora el líquido de trabajo. El vapor fluye desde el evaporador 2 al condensador 27 a través de la línea de transporte de vapor 28, donde se condensa. A continuación el líquido de trabajo regresa a la cámara de compensación-estabilización 10 y al evaporador 2 a través de la línea de transporte de líquido 24, y luego se evapora en la bomba capilar primaria 30 del evaporador 2. Al contrario que los sistemas CBC normales, el dispositivo CBC 1 propuesto de la invención se controla mediante la cámara remota de compensación 20, ya que siempre se encuentran las dos fases en esta cámara.

El enlace de la bomba capilar secundaria 40 y la cámara de compensación-estabilización 10 proporciona las siguientes funciones:

- 5 - redistribución y suministro de líquido desde el tubo de bayoneta 7 y el canal interno de líquido 26, para su suministro a la bomba capilar primaria 30 (especialmente en condiciones de régimen estacionario);
- transporte de líquidos desde la cámara remota de compensación 20 a través del depósito acumulador de líquido 6, y suministro a la bomba capilar primaria 30 (especialmente en régimen transitorio);
- 10 - junto con la cámara de compensación-estabilización 10 y la cámara remota de compensación 20, proporciona medios pasivos de tolerancia de fugas parásitas de calor del vapor para cada evaporador 2 (de un diseño multievaporador).

El dispositivo CBC 1 puede contener varios evaporadores 2 y varios condensadores 27 (figuras 1, 2). Se proporciona la oportunidad de que los
15 evaporadores 2 puedan recoger la potencia de diversas fuentes de calor, que pueden estar alejadas entre sí debido a la flexibilidad/adaptabilidad proporcionada por el concepto del dispositivo CBC 1.

Son posibles varias realizaciones de la invención en relación con el rechazo de potencia. Incluso en el caso de un dispositivo CBC 1 con un único
20 evaporador, se pueden instalar varios condensadores 27 en distintos puntos para aprovechar las condiciones más favorables del sumidero en función de la posición a lo largo de la órbita (para aplicaciones espaciales del dispositivo CBC 1), por ejemplo, se pueden colocar dos condensadores 27 en caras opuestas (Fig. 2).

25 Se han diseñado varios medios para la gestión de la tolerancia del vapor para compensar la penetración de las fugas de calor primario a través de la bomba capilar primaria 30 al núcleo del evaporador 2 y para compensar la penetración de la fuga parásita de calor secundario a través de la bomba capilar

secundaria 40 (que es bastante más baja, en órdenes de magnitud, que la fuga parásita de calor primario):

- 5 - el intercambiador de calor 15 en la cámara de compensación-estabilización 10 proporciona la posibilidad de refrigerar y condensar el vapor generado por la principal (primaria) fuga parásita de calor 18; el líquido frío subenfriado en el depósito acumulador de líquido 6 enfría y condensa las burbujas de vapor 22 cuando haya líquido en el depósito bifásico 5 o condensa el vapor formando gotas de líquido 23 en la superficie de intercambio de calor 15. El intercambiador de calor 10 15 está diseñado con un área superficial calculada para condensar el vapor que corresponde al 10-15% de la carga térmica 17 de entrada del evaporador (valores máximos posibles de la fuga de calor), para que la línea bifásica 12 esté normalmente llena de líquido, que es el régimen nominal de operación del CBC en condiciones de régimen estacionario. El intercambiador de calor 15 es el medio principal de 15 tolerancia de fugas parásitas de calor del vapor;
- 20 - un mecanismo de *'barrido del núcleo'* autoinducido para asegurar la compensación de las fugas parásitas de vapor en régimen transitorio, de manera que la bomba capilar secundaria 40 garantice la extracción de vapor desde el núcleo del evaporador 16 a la cámara remota de compensación 20 y el retorno de líquido 13 a la cámara de compensación-estabilización 10. Esto es especialmente importante durante regímenes de funcionamiento transitorio (cambio de calor de 25 entrada 17 y/o temperatura del condensador) con altos niveles de fugas de calor;
- diseño de la cámara de compensación-estabilización 10 como acumulador de líquido frío. Esto produce la compensación efectiva de las fugas parásitas de calor secundario a través de la bomba capilar secundaria 40.

Por tanto, los medios principales de tolerancia de vapor/gases no condensables se encuentran lo más cerca posible de los evaporadores 2. Además, el líquido que fluye desde el condensador 27 no sólo alcanza el evaporador 2, sino que además se puede suministrar la reserva del líquido del depósito acumulador de líquido 6 al evaporador 2 cuando sea necesario (especialmente durante regímenes transitorios), para así aumentar la fiabilidad del sistema. Además, se pueden considerar varios medios redundantes adicionales: CBC auxiliar y/o enfriador térmico eléctrico, por ejemplo.

El vapor generado por las fugas internas de calor 18 en el núcleo del evaporador que se trasladan al depósito bifásico 5 se condensa en el intercambiador de calor 15 (en el caso de funcionamiento nominal). Por lo tanto, la línea bifásica 12 que conecta el depósito bifásico 5 y la cámara remota de compensación 20 suele estar llena de líquido.

Durante los regímenes transitorios más desfavorables, parte del vapor 11, que no se puede condensar por completo sobre la superficie de intercambio de calor 15 en la cámara de compensación-estabilización 10 puede fluir hasta la cámara remota de compensación 20 y condensarse ahí. El resto de las fugas de calor (las fugas secundarias que penetran en el canal líquido a través de la bomba capilar secundaria 40) se compensará con la condensación en el depósito acumulador de líquido 6 en la cámara de compensación-estabilización 10 mediante líquido subenfriado.

La presencia de la cámara remota de compensación 20 proporciona la oportunidad de gestionar gases no condensables en el interior del CBC. En un CBC típico, el gas no condensable se encuentra en la cámara de compensación 10 cerca del evaporador 2 y puede entrar en el núcleo del evaporador 16 y así tener una mayor influencia sobre el evaporador 2 y, por tanto, sobre el funcionamiento del CBC. En el diseño propuesto de acuerdo con la invención, el gas no condensable fluirá hasta la cámara remota de compensación 20 que acumulará gas no condensable para evitar un impacto negativo en el funcionamiento del CBC.

Este esquema garantiza la tolerancia al vapor/gas no condensable del dispositivo CBC 1 y la fiabilidad del sistema (especialmente durante regímenes transitorios) de forma individual, pasiva y automática para cada evaporador 2 (en la opción de múltiples evaporadores), sin la necesidad de tener un control activo.

5 Este diseño proporciona una alternativa más sencilla y más robusta a los diseños de 'bombeo forzado' activo externo empleado en otras soluciones técnicas conocidas de la técnica anterior equipadas con bucles remotos auxiliares con bombeo capilar o bucles con bombeo mecánico para el sistema completo. La bomba capilar secundaria 40 trabaja como bomba capilar del bucle
10 secundario con la cámara remota de compensación 20 como condensador para absorber las fugas de calor a través de la bomba capilar primaria 30. Por eso, en diseños existentes la bomba capilar secundaria 40 realiza funciones similares como bucle remoto auxiliar de bombeo capilar o mecánico.

Una cámara remota de compensación 20 (común para todos los
15 evaporadores 2 en la opción de evaporadores múltiples) que se incluye en el diseño propuesto sirve para acumular líquido y compensar los cambios de volumen de líquido durante el funcionamiento del CBC 1. Este depósito de gran tamaño permite evitar la obligación de diseñar una cámara de compensación de gran volumen para los evaporadores individuales en la opción de
20 multievaporador (en los CBC convencionales con evaporadores múltiples sus volúmenes dependen en gran medida del número total de evaporadores 2 del sistema). Por tanto, esta configuración permite un diseño escalable que se puede adaptar más fácilmente al número de evaporadores 2 requerido y a los requisitos específicos de cada aplicación, ya que el diseño de los evaporadores
25 2 será el mismo independientemente del diseño y volumen de las líneas, condensadores 27, el número total de evaporadores 2, etc. Sólo será necesario ajustar el volumen de la cámara de compensación 20 para algunos requisitos específicos.

El diseño y situación de la cámara remota de compensación 20 se puede
30 seleccionar en función de los objetivos funcionales y las restricciones geométricas. Sin embargo, se recomienda controlar la temperatura de la cámara

remota de compensación 20. Para ello se han considerado varias opciones y se puede seleccionar la solución más apropiada en función de los requisitos de cada aplicación:

- 5 - contar con un control activo mediante un calentador o enfriador térmico eléctrico para controlar la temperatura y facilitar el cebado del bucle antes de su arranque;
- contar con un enlace térmico con el entorno para mantener su temperatura dentro de un rango determinado.

10 El dispositivo CBC 1 de la invención puede comprender varios elementos optativos adicionales, tales como:

- un subenfriador situado entre el condensador 27 y la salida de la línea de líquido 24;
- 15 - se puede instalar un bloqueo capilar en la salida de los condensadores paralelos 27 para mejorar la distribución de vapor entre ellos;
- también se podrán incluir más bloqueos capilares en las salidas de las líneas de líquido 24 de los evaporadores múltiples 2 para evitar que la línea de líquido 24 y los evaporadores 2 sufran pérdidas de presión.

20 El dispositivo CBC 1 de la invención también puede comprender otros medios auxiliares externos tales como enlaces de incremento de la refrigeración o enfriadores térmicos eléctricos para el subenfriamiento del líquido en el interior de los depósitos acumuladores de líquido 6 en las cámaras de compensación-estabilización 10.

25 También existen otros elementos auxiliares que proporcionan subenfriamiento a los depósitos acumuladores de líquido 6 en la cámara de compensación-estabilización 10: esta refrigeración se emplea principalmente como medios adicionales para la retirada del retorno de los evaporadores 2 y las

fugas parásitas de calor a la línea de líquido 24. Por tanto, se tienen en cuenta varias opciones:

- enlaces de incremento de enfriamiento;
- enfriadores térmicos eléctricos situados en la cámara de compensación-estabilización 10.

Todas estas opciones se han de evaluar caso por caso en función de las condiciones de funcionamiento requeridas para el dispositivo CBC 1.

Aunque se ha incluido una descripción completa de la presente invención en relación con las realizaciones preferidas, es obvio que se pueden introducir modificaciones dentro de su alcance y que éstas no se consideran limitadas por estas realizaciones sino por el contenido de las siguientes reivindicaciones:

REIVINDICACIONES

1. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, que utiliza un fluido bifásico como medio de trabajo y que comprende:

5

- al menos un evaporador (2) para conectarse con una fuente de calor y que comprende una cámara de compensación-estabilización térmica (10) unida al al menos un evaporador (2) y una bomba capilar secundaria (40) situada en el interior de la cámara de compensación-estabilización térmica (10),

10

- al menos un condensador (27) para conectarse a un sumidero de calor,

- líneas de líquido (24) y líneas de vapor (28) que conectan el al menos un evaporador (2) y el al menos un condensador (27), y

15

- una cámara remota de compensación (20),

caracterizado porque la cámara de compensación-estabilización térmica (10) comprende un depósito bifásico (5) y un depósito (6) acumulador de líquido separados por una superficie de intercambio de calor (15), de manera que la cámara remota de compensación (20) está conectada hidráulicamente con el depósito bifásico (5) y con el depósito (6) acumulador de líquido.

20

2. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según la reivindicación 1, en el que la bomba capilar primaria (30) comprende canales (19) externos de vapor para la recogida y retirada de calor de un dispositivo enfriado y canales (16) internos de vapor para la recogida y retirada del vapor producido por las fugas parásitas de calor que penetran a través de la bomba capilar primaria (30).

25

30

3. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según la reivindicación 2, en el que los canales (16) internos de vapor están unidos con el depósito bifásico (5) de la cámara de compensación-

estabilización térmica (10) donde se condensa el vapor extraído que se genera debido a las fugas parásitas de calor en la superficie (15) dedicada de intercambio de calor.

5 4. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la bomba capilar secundaria (40) contiene un canal interno (26) de líquido con un tubo de bayoneta (7) para el líquido de retorno del condensador (27) y la cámara remota de compensación (20).

10

5. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cámara remota de compensación (20) tiene una estructura capilar interna que separa la línea (13) de retorno de líquido del volumen completo de la cámara remota de compensación (20) para evitar la entrada de flujo de vapor/burbujas a la línea (13) de retorno de líquido y al depósito (6) acumulador de líquido de la cámara de compensación-estabilización (10).

15

6. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cámara remota de compensación (20) está conectada al depósito bifásico (5) de la cámara de compensación-estabilización (10) a través de la línea bifásica (12) y al depósito (6) acumulador de líquido de la cámara de compensación-estabilización (10) a través de la línea (13) directa de retorno de líquido.

20

25

7. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la cámara remota de compensación (20) está conectada al depósito bifásico (5) de la cámara de compensación-estabilización (10) a través de la línea bifásica (12) y al depósito (6) acumulador de líquido de la cámara de compensación-estabilización (10) a través de la línea (13) de retorno de líquido y la línea (24) de transporte de líquido.

30

8. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la cámara remota de compensación (20) está conectada al depósito bifásico (5) de la cámara de compensación-estabilización (10) a través de la línea bifásica (12) y al depósito (6) acumulador de líquido de la cámara de compensación-estabilización (10) a través de una línea (13) de líquido que tiene dos funciones: transportar el líquido a la entrada en bayoneta (7) del evaporador (2) desde el condensador (27) a través de la línea de transporte de líquido (24), y efectuar el retorno de líquido desde la cámara remota de compensación (20).
9. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente varios evaporadores (2).
10. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente varios condensadores (27).
11. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según la reivindicación 9 o 10, que comprende un bloqueo capilar en la línea de transporte de líquido (24) en la entrada de líquido de cada evaporador (2).
12. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según la reivindicación 10, que comprende un bloqueo capilar en la salida de líquido de cada condensador (27).
13. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente medios auxiliares externos para el subenfriamiento

del líquido en el interior de los depósitos (6) acumuladores de líquido de las cámaras de compensación-estabilización (10).

14. Aparato (1) de caloducto en bucle cerrado para transmisión de calor y control térmico, según la reivindicación 13, en el que los medios auxiliares externos para el subenfriamiento del líquido en el interior de los depósitos (6) acumuladores de líquido de las cámaras de compensación-estabilización (10) son enlaces de incremento de enfriamiento o enfriadores térmicos eléctricos.

1/4

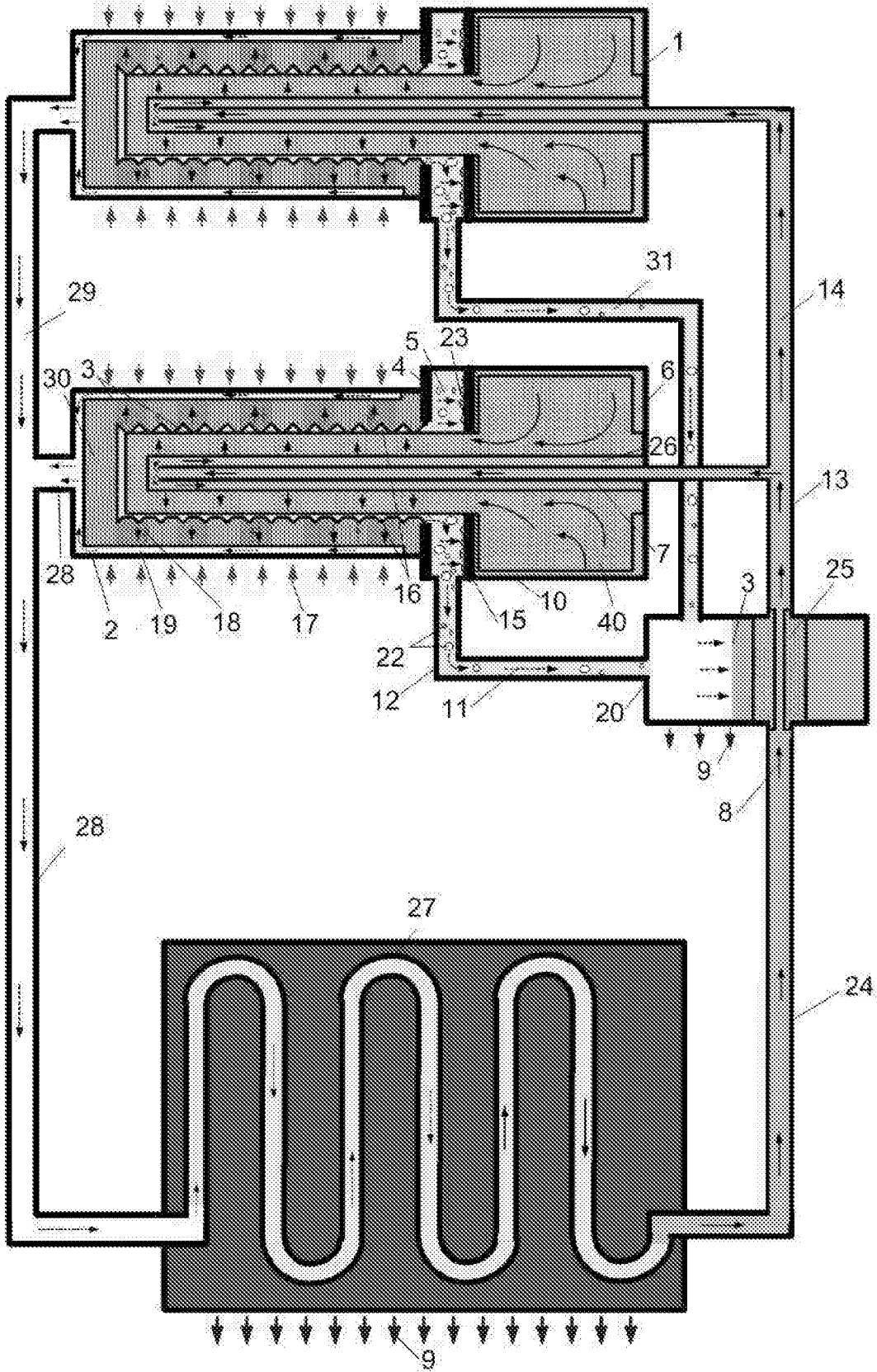


FIG. 1a

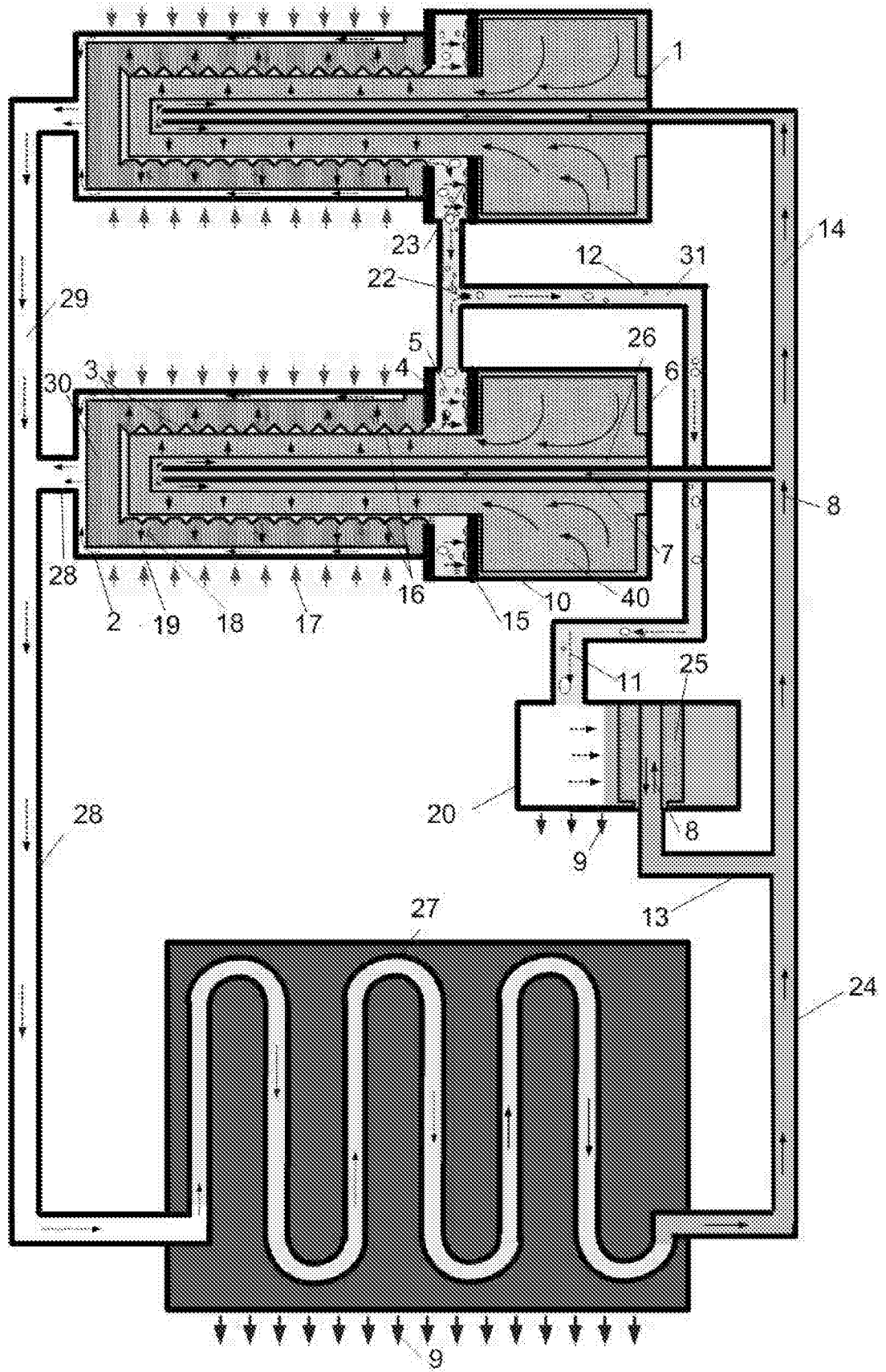


FIG. 1b

3/4

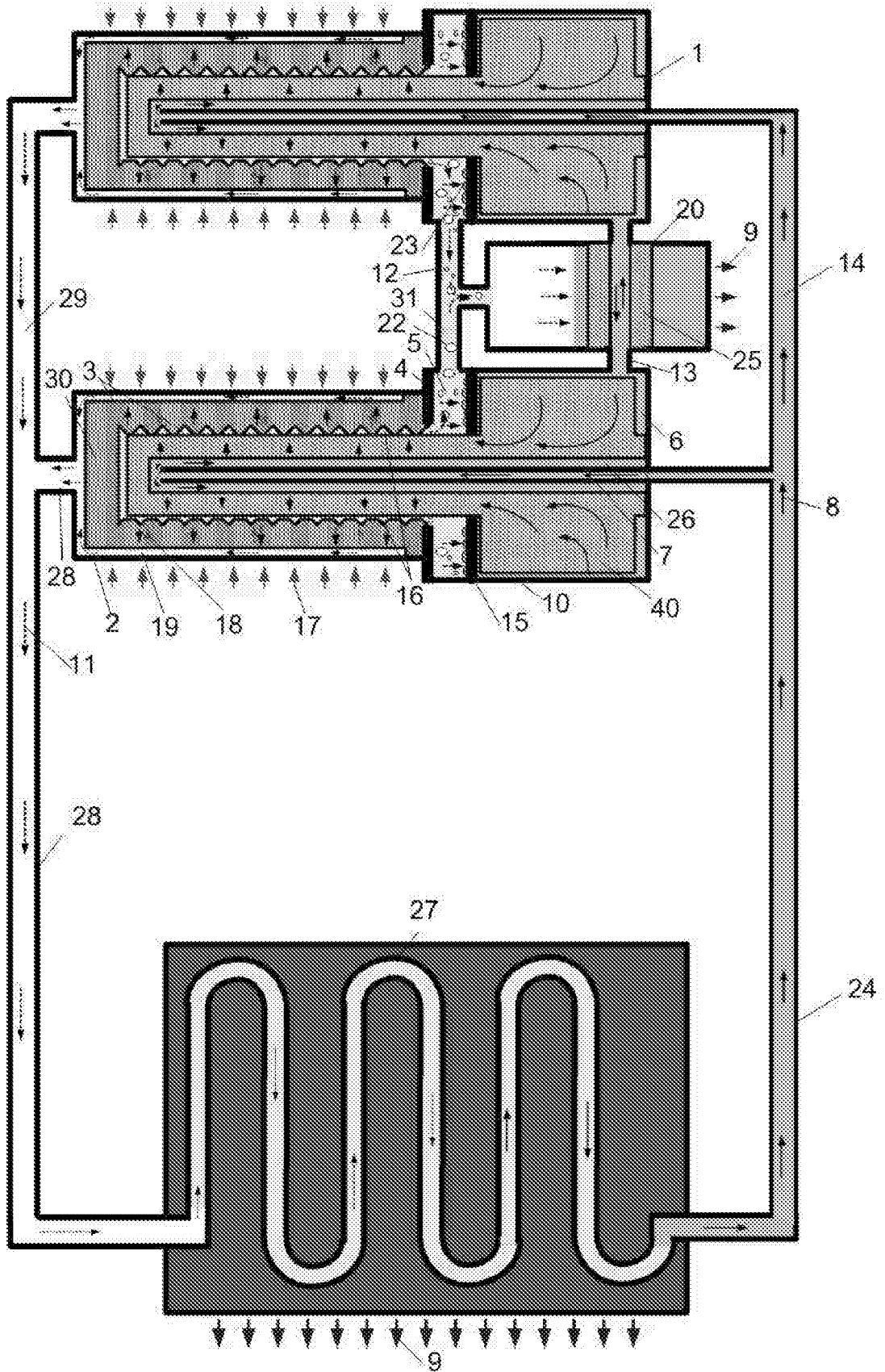


FIG. 1c

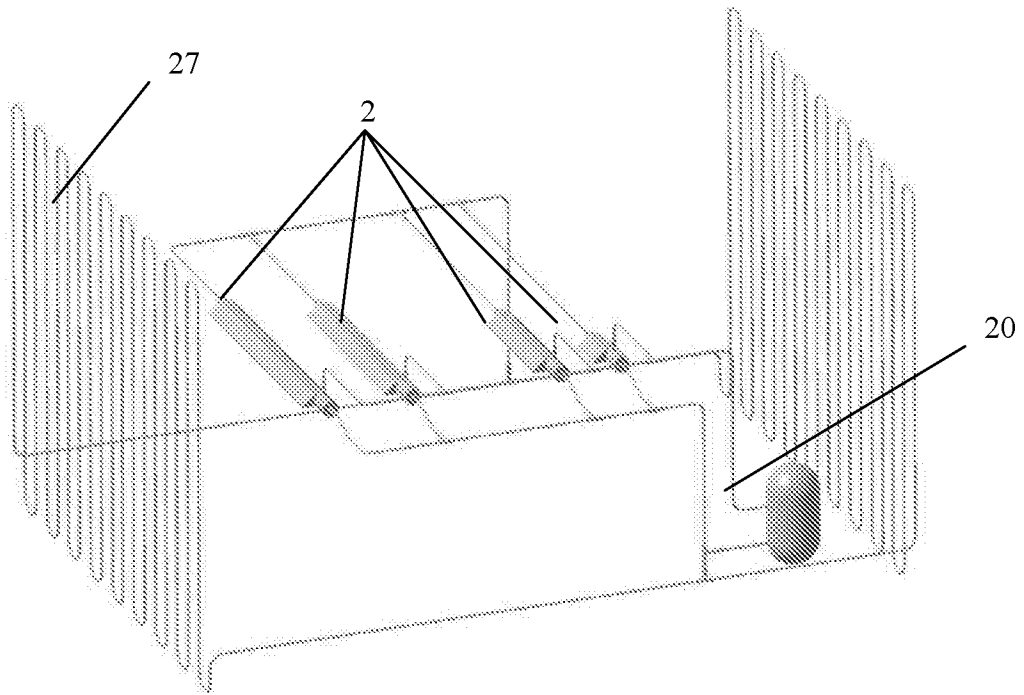


FIG. 2

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2012/070918

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

INV. F28D15/04

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F28D

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados) **EPO-Internal**

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
A	<p>US 7 549 461 B2 (KROLICZEK EDWARD J [US] ET AL) ; 23 de Junio de 2009 (23-06-2009) citado en la aplicación figura 1 col. 5, línea 67 - col. 6 línea 3 -----</p>	1-14
A	<p>US 6 227 288 B1 (GLUCK DONALD F [US] ET AL) 08 de Mayo de 2001 (08-05-2001) figuras -----</p>	1-14
A	<p>WO 98/06992 A1 (CENTRE NAT ETD SPATIALES [FR]; MACIASZEK THIERRY [FR]; MAUDUYT JACQUES) 19 de Febrero de 1998 (19-02-1998) figuras -----</p>	1-14

En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos

Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:
 "A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.
 "E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.
 "L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).
 "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.
 "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
 "X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
 "Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
 "&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional
10 September 2013

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional
24/09/2013

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Funcionario autorizado
Fernandez Ambres, A

N° de fax

N° de teléfono

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES2012/070918

US 7549461	B2	23-06-2009	US	2005061487	A1	24-03-2005
			US	2009200006	A1	13-08-2009
			US	2012017625	A1	26-01-2012

US 6227288	B1	08-05-2001	NINGUNO			
------------	----	------------	---------	--	--	--

WO 9806992	A1	19-02-1998	CA	2234403	A1	19-02-1998
			DE	69704105	D1	29-03-2001
			DE	69704105	T2	02-08-2001
			EP	0855013	A1	29-07-1998
			ES	2156398	T3	16-06-2001
			FR	2752291	A1	13-02-1998
			JP	H11514081	A	30-11-1999
			US	6058711	A	09-05-2000
			WO	9806992	A1	19-02-1998

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2012/070918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F28D15/04
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 7 549 461 B2 (KROLICZEK EDWARD J [US] ET AL) 23 June 2009 (2009-06-23) cited in the application figure 1 column 5, line 67 - column 6, line 3 -----	1-14
A	US 6 227 288 B1 (GLUCK DONALD F [US] ET AL) 8 May 2001 (2001-05-08) figures -----	1-14
A	WO 98/06992 A1 (CENTRE NAT ETD SPATIALES [FR]; MACIASZEK THIERRY [FR]; MAUDUYT JACQUES) 19 February 1998 (1998-02-19) figures -----	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <p style="text-align: center;">10 September 2013</p>	Date of mailing of the international search report <p style="text-align: center;">24/09/2013</p>
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <p style="text-align: center;">Fernandez Ambres, A</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/ES2012/070918

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7549461	B2	23-06-2009	
		US 2005061487 A1	24-03-2005
		US 2009200006 A1	13-08-2009
		US 2012017625 A1	26-01-2012

US 6227288	B1	08-05-2001	NONE

WO 9806992	A1	19-02-1998	
		CA 2234403 A1	19-02-1998
		DE 69704105 D1	29-03-2001
		DE 69704105 T2	02-08-2001
		EP 0855013 A1	29-07-1998
		ES 2156398 T3	16-06-2001
		FR 2752291 A1	13-02-1998
		JP H11514081 A	30-11-1999
		US 6058711 A	09-05-2000
		WO 9806992 A1	19-02-1998
