

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 008 090**

51 Int. Cl.:

**F25J 1/00** (2006.01)

**F25B 9/14** (2006.01)

**F25J 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2021 PCT/FR2021/050768**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2021 WO21224574**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2021 E 21732956 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2024 EP 4146996**

54 Título: **Sistema de enfriamiento, sistema de aire acondicionado, ensamble del motor y métodos asociados**

30 Prioridad:  
**05.05.2020 FR 2004428**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.03.2025**

73 Titular/es:  
**EOSGEN-TECHNOLOGIES (100.00%)  
12 Avenue des Saules  
69600 Oullins, FR**

72 Inventor/es:  
**VERNET, JEAN-PHILIPPE GEORGES**

74 Agente/Representante:  
**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 3 008 090 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de enfriamiento, sistema de aire acondicionado, ensamble del motor y métodos asociados

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere al campo general del enfriamiento de un componente inicialmente gaseoso hasta su licuefacción, más precisamente hasta una temperatura muy baja, y en particular hasta una temperatura criogénica.

10 [0002] Por tanto, la invención se refiere a un sistema de enfriamiento.

[0003] La invención se refiere además a un sistema de aire acondicionado, un ensamble de motor y un método de adaptación asociado, un método de enfriamiento y un método de oxidación.

15 ESTADO DEL ARTE

[0004] Tradicionalmente, el uso, transporte y almacenamiento regulado de un componente gaseoso requiere realizar una concentración de este componente gaseoso, por ejemplo, mediante un compresor. La operación de concentración también puede realizarse por licuefacción del componente inicialmente gaseoso.

20 [0005] Para llevar a cabo la licuefacción de un componente gaseoso, se conoce por lo tanto implementar sistemas de enfriamiento y sistemas de compresión.

25 [0006] Estos sistemas dedicados a la licuefacción de un gas, aunque generalmente satisfactorios en su uso, tienen sin embargo algunas desventajas.

[0007] Por lo tanto, los sistemas de enfriamiento conocidos dedicados a la licuefacción de gases adolecen de un alto coste energético, una pobre eficiencia en el mejor de los casos, una implementación compleja y un dimensionamiento significativo con respecto a la cantidad relativamente pequeña de gas licuado producido por unidad de tiempo.

30 [0008] Los sistemas de compresión conocidos, en particular los dedicados a la licuefacción de gases, también adolecen de un elevado coste energético, especialmente porque además sufren importantes pérdidas de calorías debidas a la compresión de gases y a las fricciones inherentes al movimiento de su miembro de compresión, por ejemplo, un pistón en el caso de un compresor alternativo. Tal configuración limita en la práctica la tasa de compresión de cada etapa, en particular cuando es necesario alcanzar presiones elevadas. Por lo tanto, es posible que sea necesario enfriar los compresores en cada una de sus etapas, lo que consume aún más energía. Finalmente, los sistemas de compresión conocidos adolecen de importantes riesgos de seguridad asociados al almacenamiento de gas comprimido, y generalmente no están adaptados, solos, a la licuefacción de ciertos gases, en particular la licuefacción de los componentes gaseosos del aire.

40 [0009] Por lo tanto, incluso si los sistemas de licuefacción de gas son conocidos e implementables como tales, los inconvenientes mencionados anteriormente muestran que no se adaptan a una implementación simple, eficiente y completamente segura de una concentración de gas y, a fortiori, una licuefacción de gas.

45 [0010] Eventualmente, los sistemas de licuefacción de gases conocidos, en particular del tipo de licuefacción por enfriamiento o compresión, son particularmente costosos, consumidores de energía y voluminosos, y presentan un alto riesgo en términos de seguridad de bienes y personas. Son difíciles de utilizar fuera de una instalación industrial poco modulable y relativamente ineficiente.

50 DIVULGACIÓN DE LA INVENCION

[0011] Por lo tanto, los objetos asignados a la presente invención pretenden remediar los diferentes inconvenientes enumerados anteriormente y proponer un nuevo sistema de enfriamiento que, siendo particularmente eficiente, es particularmente simple de implementar, económico y compacto.

55 [0012] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento cuyo funcionamiento sea particularmente fácil de adaptar a diferentes usos.

60 [0013] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento de diseño robusto, de fácil implementación y de excelente eficiencia energética.

[0014] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento que sea a la vez fiable y económicamente competitivo.

65 [0015] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento de reducido coste de mantenimiento.

5 [0016] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento que sea particularmente resistente al desgaste y de eficacia sustancialmente constante en el tiempo, incluso si se somete a usos prolongados y/o sucesivos.

[0017] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento que tenga un rendimiento optimizado, permitiendo así el dimensionamiento más preciso según su uso.

10 [0018] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento particularmente eficiente, compacto y fácilmente adaptable a un uso a diferentes escalas.

15 [0019] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento que sea particularmente útil en el campo de los vehículos a motor, especialmente en lo que respecta a la eficiencia del combustible y el control de la contaminación.

[0020] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento que funcione en condiciones óptimas de seguridad.

20 [0021] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de enfriamiento que tenga poco o ningún impacto ambiental y una excelente huella de carbono.

[0022] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo sistema de climatización que tenga en particular una gran eficiencia energética, así como una excelente capacidad de climatización.

25 [0023] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo ensamble de motor particularmente respetuoso con el medio ambiente, fácil de implementar y de gran eficiencia energética.

30 [0024] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo método de fácil implementación para la adaptación de un motor de combustión interna que permita mejorar el rendimiento global del motor, particularmente en lo que respecta a la eficiencia energética y el control de emisiones.

35 [0025] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo método de enfriamiento que sea particularmente eficiente energéticamente, fácil de implementar y adaptable a una amplia gama de aplicaciones.

[0026] Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo método de oxidación particularmente eficiente, controlado, muy poco contaminante y de excelente eficiencia energética global.

40 [0027] Los objetos asignados a la invención se consiguen mediante un sistema de enfriamiento que comprende al menos:

- una bomba de calor Stirling diseñada para enfriar un gas de entrada hasta una temperatura criogénica para formar un líquido criogénico,
- un motor eléctrico primario, destinado a hacer funcionar dicha bomba de calor Stirling,
- 45 - una bomba primaria destinada a hacer circular dicho líquido criogénico a presión, y
- un medio de enfriamiento, destinado a enfriar dicho motor eléctrico primario por medio del líquido criogénico procedente de dicha bomba primaria.

50 [0028] Los objetos asignados a la invención también se consiguen mediante un sistema de aire acondicionado de alta potencia, caracterizado porque comprende el sistema de enfriamiento descrito anteriormente y más adelante, siendo proporcionada la energía de enfriamiento del sistema de aire acondicionado de alta potencia a través de la evaporador.

[0029] Los objetos asignados a la invención también se consiguen mediante un ensamble de motor caracterizado porque comprende al menos:

- 55 - el sistema de enfriamiento como se describe anteriormente y más adelante, estando diseñado dicho sistema de enfriamiento para producir dióxígeno licuado, y
- un motor de combustión interna, descendente de dicho sistema de enfriamiento y que comprende una cámara de combustión,

60 estando conectado el sistema de enfriamiento a dicho motor de combustión interna para poder inyectar dicho dióxígeno licuado en dicha cámara de combustión.

65 [0030] Los objetos asignados a la invención también se consiguen mediante un método de adaptación de un motor de combustión interna que comprende al menos un colector de admisión y una cámara de combustión, caracterizándose dicho método de adaptación porque comprende al menos:

- una etapa de cierre o desmontaje de dicho colector de admisión del motor,
- una etapa de instalación, en la que el sistema de enfriamiento tal como se describe anteriormente y a continuación se conecta a dicho motor de combustión interna, en dicho colector de admisión cerrado o desmontado, y por tanto ascendente de dicha cámara de combustión, para poder inyectar en esta última líquido dióxígeno producido por dicho sistema de enfriamiento.

**[0031]** Los objetos asignados a la invención se logran mediante un método de enfriamiento que comprende al menos:

- una etapa de enfriamiento de un gas de entrada por medio de al menos una bomba de calor Stirling, para formar un líquido criogénico, siendo dicha bomba de calor Stirling accionada por un motor eléctrico primario,
- una etapa de bombeo para hacer circular dicho líquido criogénico a presión, y
- una etapa de enfriamiento, durante la cual dicho motor eléctrico primario es enfriado por medio del líquido criogénico proveniente de dicha etapa de bombeo.

**[0032]** Los objetos asignados a la invención también se logran por medio de un método de oxidación que comprende el método de enfriamiento como se describe anteriormente, comprendiendo el método de oxidación además un paso de inyectar dióxígeno licuado durante el método de enfriamiento en una cámara de combustión de un motor de combustión interna.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

**[0033]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán con más detalle con la lectura de la siguiente descripción, con referencia a los dibujos adjuntos, dados a título meramente ilustrativo y no limitativo, en los que:

- La Figura 1 es una ilustración esquemática simplificada del principio general del sistema de enfriamiento de la invención.
- La Figura 2 es una ilustración esquemática de una realización particular del sistema de enfriamiento de la invención, con enfriamiento por helio.
- La Figura 3 es una ilustración esquemática de otra realización particular del sistema de enfriamiento de la invención, con dispositivo de separación, estando integrado el ensamble en un ejemplo de ensamble de motor de la invención.
- La Figura 4 es una ilustración esquemática de otra realización particular más del sistema de enfriamiento de la invención, con electrolisis de agua y metanización, estando integrado todo en otro ejemplo de ensamble de motor de la invención.
- La Figura 5 es una ilustración esquemática del dispositivo de separación de la figura 3.
- La Figura 6 es una ilustración esquemática de un detalle ampliado de la figura 5.
- La Figura 7 es una ilustración esquemática de una parte del dispositivo de separación de la figura 3.
- La Figura 8 es una vista en sección transversal por el plano B del dispositivo de separación de la figura 7.
- La Figura 9 es una ilustración esquemática detallada de un ejemplo del principio de funcionamiento de un dispositivo de separación magnética según la invención.
- La Figura 10 es una ilustración esquemática del motor de la Figura 3.

#### FORMAS DE IMPLEMENTAR LA INVENCION

**[0034]** Como se ilustra en las figuras, la invención se refiere, según un primer aspecto ilustrado en las figuras, a un sistema de enfriamiento 1 que comprende al menos:

- una bomba de calor Stirling 2 diseñada para enfriar un gas de entrada  $G_e$  hasta una temperatura criogénica para formar un líquido criogénico  $L$ ,
- un motor eléctrico primario 3, destinado a accionar dicha bomba de calor Stirling 2.

**[0035]** Por tanto, el sistema de enfriamiento 1 de la invención está ventajosamente diseñado para enfriar dicho gas de entrada  $G_e$  hasta que éste se licúe y, más precisamente, de tal forma que alcance una temperatura criogénica (también denominada criotemperatura) para formar dicho líquido criogénico  $L$ . Por supuesto, dicho gas de entrada  $G_e$  está preferentemente formado por al menos un componente capaz de alcanzar en forma líquida una temperatura criogénica,

es decir, bastante baja. Dicho líquido criogénico  $L$ , y las referencias a la criogenia en general, se refieren preferentemente a temperaturas inferiores a  $-50^{\circ}\text{C}$ , más preferentemente  $-100^{\circ}\text{C}$ , aún más preferentemente  $-150^{\circ}\text{C}$  o también  $-153,15^{\circ}\text{C}$  (es decir, 120 K). En otras palabras, dicha temperatura criogénica es ventajosamente inferior a  $-50^{\circ}\text{C}$ , más preferentemente  $-100^{\circ}\text{C}$ , incluso más preferentemente  $-150^{\circ}\text{C}$  o incluso más preferentemente  $-153,15^{\circ}\text{C}$  (es decir, 120 K). Por ejemplo, la temperatura criogénica, a la que se lleva así ventajosamente el líquido criogénico  $L$  gracias a dicha bomba de calor Stirling 2, está entre  $-150^{\circ}\text{C}$  y  $-270^{\circ}\text{C}$ , más preferentemente entre  $-170$  y  $-250^{\circ}\text{C}$ , y más preferentemente entre  $-196$  y  $-210^{\circ}\text{C}$ .

[0036] Dicha bomba de calor Stirling 2 es preferentemente una máquina de refrigerado, y por tanto ventajosamente diseñada para generar frío (a veces denominado "*frío Stirling*") según el ciclo Stirling, pero en el sentido inverso al de funcionamiento de un motor Stirling, ya que el ciclo Stirling es reversible. Preferentemente, dicha bomba de calor Stirling 2 requiere pues, para generar frío, un accionamiento mecánico proporcionado por dicho motor eléctrico primario 3. Dicha bomba de calor Stirling 2 está así ventajosamente diseñada de tal forma que, sola o en combinación con otros posibles sistemas de enfriamiento dispositivos, para enfriar dicho gas de entrada  $G_e$ , al menos hasta su licuefacción, y preferentemente antes de su solidificación, y más precisamente hasta dicha temperatura criogénica.

[0037] La invención también se refiere como tal, según un segundo aspecto ilustrado en las figuras, a un método de enfriamiento que comprende al menos un paso de enfriamiento de un gas de entrada  $G_e$  por medio de al menos una bomba de calor Stirling 2, para formar un líquido criogénico  $L$ , estando dicha bomba de calor Stirling 2 accionada por un motor eléctrico primario 3. Por supuesto, el método de enfriamiento se implementa preferentemente por medio del sistema de enfriamiento 1 mencionado anteriormente y descrito con más detalle a continuación. Por lo tanto, preferentemente, la descripción siguiente y anterior del sistema de enfriamiento 1 también se aplica al método de enfriamiento de la invención, y viceversa.

[0038] Según la invención, el sistema de enfriamiento 1 comprende, además al menos:

- una bomba primaria 4 destinada a hacer circular dicho líquido criogénico  $L$  a presión, y
- un medio de enfriamiento 5, destinado a enfriar dicho motor eléctrico primario 3 por medio del líquido criogénico  $L$  proveniente de dicha bomba primaria 4.

[0039] De acuerdo con la invención, el método de enfriamiento comprende, además:

- una etapa de bombeo para hacer circular dicho líquido criogénico  $L$  bajo presión, y
- una etapa de enfriamiento, durante la cual dicho motor eléctrico primario 3 es enfriado por medio del líquido criogénico  $L$  proveniente de dicha etapa de bombeo.

[0040] Naturalmente, dicho paso de bombeo se implementa preferentemente por medio de dicha bomba primaria 4. Por supuesto, dicho paso de enfriamiento se implementa preferentemente por medio de dichos medios de enfriamiento 5, que pueden comprender, por ejemplo, un intercambiador de calor (no ilustrado) que envuelve al motor eléctrico primario 3. Dichos medios de enfriamiento 5 comprenden además ventajosamente unos medios de recirculación, por ejemplo, un conducto, destinados a recoger el líquido criogénico  $L$  en una salida de la bomba de calor Stirling 2 e inyectarlo en dicho intercambiador de calor. Dicha bomba primaria 4 es preferentemente una bomba de alta presión, capaz de presurizar dicho líquido criogénico  $L$  a una presión superior a 40 bares, preferentemente superior a 70 bares, más ventajosamente superior a 100 bares, y por ejemplo, entre 100 y 3000 bares. Dicha etapa de bombeo es así ventajosamente una etapa de bombeo a alta presión, para llevar el líquido criogénico  $L$  a uno de los rangos de presión mencionados anteriormente. Opcionalmente, el medio de enfriamiento 5 está diseñado para enfriar también dicha bomba de calor Stirling 2 por medio de dicho líquido criogénico  $L$  proveniente de dicha bomba primaria 4, acelerando así la condensación del líquido criogénico  $L$  dentro de dicha bomba de calor Stirling 2 y permitiendo que la última para minimizar las pérdidas (por ejemplo, por calentamiento).

[0041] Una de las ventajas de la configuración de enfriamiento establecida por la invención es que los líquidos criogénicos suelen tener una viscosidad muy baja, siendo por ejemplo, la del aire licuado (que forma por ejemplo, dicho líquido criogénico  $L$ ) unas 20 veces inferior a la del agua en el estado líquido. Por lo tanto, es posible, gracias al sistema de enfriamiento 1 y al método de enfriamiento de la invención, presurizar fácilmente dicho líquido criogénico  $L$  con dicha bomba primaria 4, y eso a un costo de energía controlado debido no solo a la baja viscosidad del líquidos criogénicos implementados, sino también de las temperaturas de funcionamiento de la bomba primaria 4, que son ventajosamente muy bajas y permiten la implementación de dicha bomba primaria 4 en condiciones en los límites de la superconductividad, gracias al enfriamiento de dicha bomba primaria 4 por dicho líquido criogénico  $L$ .

[0042] Otra ventaja de la configuración de enfriamiento establecida por la invención es que la presurización (preferiblemente a alta presión) del líquido criogénico  $L$ , que puede así realizarse casi sin pérdidas (de energía eléctrica en particular) por dicha bomba primaria 4, hace es posible maximizar la eficiencia de uso de dicho líquido criogénico  $L$  en una amplia variedad de aplicaciones. Una de las ventajas de esta presurización del líquido criogénico  $L$  es que permite que éste enfríe con la suficiente rapidez dicho motor eléctrico primario 3.

5 [0043] Dicha bomba primaria 4 comprende, por ejemplo, un medio de bombeo que puede ser en particular del tipo centrífugo, volumétrico o de vacío. De manera particularmente ventajosa, la bomba primaria 4 comprende un motor eléctrico secundario (no ilustrado), y el sistema de enfriamiento 1 está diseñado para enfriar dicho motor eléctrico secundario mediante el líquido criogénico  $L$  procedente de dicha bomba de calor Stirling 2. Así, preferentemente durante la etapa de enfriamiento, el líquido criogénico  $L$  proveniente de dicha bomba de calor Stirling 2 enfría dicho motor eléctrico secundario.

10 [0044] Según esta configuración, dentro del sistema de enfriamiento 1, el líquido criogénico  $L$  permite ventajosamente hacer funcionar el motor eléctrico primario 3, y preferentemente también el motor eléctrico secundario, a temperaturas criogénicas. Dicho(s) motor(es) eléctrico(s) operando así ventajosamente en condiciones cercanas a la superconductividad debido a su baja temperatura de operación, esta configuración reduce significativamente las pérdidas en el circuito magnético (llamadas pérdidas de "hierro") y las pérdidas por efecto Joule (llamadas pérdidas de "cobre", debido a la resistencia eléctrica) del (de los) motor(es) eléctrico(s) 3. Así, desde el punto de vista energético, el sistema de enfriamiento 1 funciona casi sin pérdidas distintas de las pérdidas por fricción, que por lo demás son muy bajas dentro de la bomba primaria 4 e incluso dentro de la bomba de calor Stirling 2 cuando dicho líquido criogénico  $L$  tiene una viscosidad baja. El sistema de enfriamiento 1 y el método de enfriamiento pueden así implementarse con un mínimo de energía eléctrica, sin pérdida sustancial de esta última.

20 [0045] Dicho motor eléctrico primario 3 y motor eléctrico secundario son preferentemente distintos entre sí, para permitir un mejor control del sistema de enfriamiento y del método de enfriamiento, pero, como alternativa, pueden estar formados por un mismo motor eléctrico único, que realiza las dos funciones de poner en funcionamiento dicha bomba de calor Stirling 2 y poner en funcionamiento dicha bomba primaria 4, o más exactamente sus medios de bombeo.

25 [0046] Según una realización particular de la invención, el sistema de enfriamiento 1 comprende también un dispositivo de generación de energía eléctrica a partir de una fuente de energía renovable (no ilustrada), estando diseñado dicho motor eléctrico primario 3 y/o dicha bomba primaria 4 para ser alimentado (por tanto con energía eléctrica) por dicho dispositivo generador de energía. Dicho dispositivo de generación de energía es por ejemplo, del tipo de producción intermitente, y puede comprender en particular uno o varios aerogeneradores, o también uno o varios paneles solares (fotovoltaicos en particular). Así, según esta realización particular, el método de enfriamiento comprende una etapa de generación de energía eléctrica a partir de una fuente de energía renovable, por ejemplo, intermitente, como una fuente de energía eólica o solar, para alimentar (así con energía eléctrica) dicho motor eléctrico primario 3 y/o permitir dicho paso de bombeo. Naturalmente, dicha etapa de generación de energía se realiza preferentemente por medio de dicho dispositivo de generación de energía. Tal configuración es particularmente ventajosa porque representa una huella de carbono optimizada, un calentamiento global bajo y, por lo tanto, un impacto ambiental optimizado, es decir, un impacto reducido o incluso casi nulo o nulo.

40 [0047] De manera particularmente ventajosa, el sistema de enfriamiento 1 comprende, además un evaporador 6 destinado a evaporar al menos una parte de dicho líquido criogénico  $L$  presurizado procedente de dicho motor eléctrico primario 3, para formar un gas de salida  $G_s$  y recoger energía de enfriamiento. Dicho evaporador 6 puede estar formado por una unidad o por varias unidades, formando cada unidad ventajosamente un intercambiador de calor específico. Dicho evaporador 6 puede considerarse como un intercambiador de calor global, una de cuyas funciones principales es calentar dicho líquido criogénico  $L$  para evaporarlo como dicho gas de salida  $G_s$ . Dicho evaporador 6 también puede estar diseñado para transferir energía de enfriamiento desde dicho gas de salida  $G_s$  (que permanece relativamente frío en el evaporador 6, por ejemplo, alrededor de  $-10$  a  $-120^\circ\text{C}$ ) a otro componente, o en otras palabras, para transferir calor desde este otro componente a dicho gas de salida  $G_s$ .

50 [0048] Según algunas realizaciones particulares, cuyos ejemplos se ilustran en las figuras 1 a 4, dicho evaporador 6 comprende al menos un intercambiador de calor primario 7 destinado a recoger, por un lado, dicho gas de entrada  $G_e$  para enfriarlo antes de que entre en dicho calor de Stirling. bomba 2, y por otro lado, al menos parte de dicho líquido criogénico  $L$ , procedente de dicho motor eléctrico primario 3, para calentarlo. Ventajosamente, dicho evaporador 6 comprende, además al menos un intercambiador de calor secundario 8 destinado a calentar dicho gas de salida  $G_s$  o al menos parte de dicho líquido criogénico  $L$  procedente de dicho intercambiador de calor primario 7 por medio de una fuente de calor  $Q$ .

55 [0049] Según la realización ilustrada en la Figura 1, el sistema de enfriamiento 1 comprende un módulo 9 de alimentación de dicha fuente de calor  $Q$ . De forma especialmente ventajosa, dicho módulo de alimentación 9 está formado por un dispositivo de producción de energía solar 10, un sistema 51 de recuperación de la combustión calor, por ejemplo, de un motor de combustión interna 50, o un sistema de recuperación de calor residual del sistema de enfriamiento 1 o de otro sistema.

60 [0050] Según una realización ilustrada en la Figura 2, el sistema de enfriamiento 1 comprende un dispositivo de licuefacción de helio 30, que comprende al menos:

- un intercambiador de calor 31 destinado a recoger, por un lado, helio gaseoso  $H_e$  para enfriarlo a una temperatura criogénica, por ejemplo, de 120 K o menos (o cualquier otra temperatura criogénica ya mencionada), y por otro lado, el líquido criogénico presurizado  $L$  proveniente del motor eléctrico primario 3 para calentarlo,

5 - un módulo de expansión isentálpica 32, destinado a realizar la expansión isentálpica del helio gaseoso  $H_e$  enfriado procedente del intercambiador de calor 31, para licuar dicho helio gaseoso  $H_e$ .

10 **[0051]** De manera particularmente ventajosa, dicho intercambiador de calor 31 forma parte por tanto de dicho evaporador 6, y puede estar formado, por ejemplo, por dicho intercambiador de calor primario 7 o dicho intercambiador de calor secundario 8, o también ser una unidad distinta. En otras palabras, dicho evaporador 6 comprende dicho intercambiador de calor 31.

**[0052]** Preferiblemente, dicho dispositivo de licuefacción de helio 30 comprende, además al menos uno o más entre:

15 - un circuito 33 para enfriar un elemento magnético 34, tal como un imán de imágenes médicas, utilizando helio licuado  $H_e$  procedente de dicho módulo de expansión isentálpica, de manera que el helio licuado  $H_e$  se caliente lo suficiente como para vaporizarse en helio gaseoso  $H_e$ ,

20 - un compresor secundario 36, destinado a comprimir el helio gaseoso  $H_e$  procedente de dicho circuito de enfriamiento 33 y enviarlo a dicho intercambiador de calor 31, y

25 - una turbina secundaria 35, situada ascendente de dicho módulo de expansión isentálpica 32 y destinada a recuperar energía mecánica del helio gaseoso  $H_e$  enfriado procedente del intercambiador de calor 31, dicha turbina secundaria 35 alimentando (al menos en parte) dicho compresor secundario 36 (con energía mecánica, directamente, o con energía eléctrica, indirectamente, por ejemplo, a través de una unidad generadora de electricidad).

30 **[0053]** Según las realizaciones ilustradas en las figuras 1 a 4, el sistema de enfriamiento 1 comprende un dispositivo de recuperación de energía mecánica 12 para recuperar la energía mecánica producida por un desplazamiento de dicho gas de salida  $G_s$ . Preferiblemente, el método de enfriamiento comprende así, descendente de dicha etapa de enfriamiento, una etapa de recuperación de la energía mecánica producida por un desplazamiento de dicho gas de salida  $G_s$ . Preferiblemente, dicho desplazamiento del gas de salida  $G_s$  es provocado por el paso de al menos una parte de dicho líquido criogénico  $L$  al estado gaseoso como dicho gas de salida  $G_s$  y/o por un calentamiento y/o una expansión de dicho segundo componente de gas de salida  $G_s$ . El desplazamiento de dicho gas de salida  $G_s$  es así ventajosamente la fuente de un trabajo mecánico aprovechado por dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12.

35 **[0054]** Tal configuración hace posible obtener un balance energético particularmente favorable, es decir, con pocos desperdicios y pérdidas y máxima eficiencia energética. Por ejemplo, dicha bomba primaria 4 es accionada al menos en parte por medio de dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12. Por tanto, según este último ejemplo, dicha etapa de bombeo se realiza al menos en parte mediante la energía recuperada durante el paso de recuperación de energía mecánica.

40 **[0055]** De acuerdo con la realización ilustrada en la Figura 4, dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12 comprende al menos un generador eléctrico 13. Dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12 comprende, además, por ejemplo, una turbina primaria 14, conectada a dicho generador eléctrico 13, siendo dicha turbina primaria 14 girado por dicho gas de salida  $G_s$ . Como alternativa, la energía mecánica recuperada por dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12 se reutiliza de forma mecánica. Dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12, y más precisamente dicho generador eléctrico 13, está así ventajosamente diseñado para producir energía eléctrica producida  $E_{ep}$  a partir de la energía mecánica recuperada.

45 **[0056]** Ventajosamente, el sistema de enfriamiento 1 comprende, ascendente de dicha bomba de calor Stirling 2, un compresor primario 15 diseñado para comprimir dicho gas de entrada  $G_e$ , como se ilustra en las figuras 1 a 4. Este compresor 15 permite ventajosamente facilitar la entrada del gas de entrada  $G_e$ , por ejemplo, aire, al sistema de enfriamiento 1, para producir dicho líquido criogénico  $L$ . Preferiblemente, dicho compresor primario 15 es accionado al menos parcialmente por medio de dicho dispositivo de recuperación de energía mecánica 12, por ejemplo, por transmisión de energía mecánica y/o eléctrica. energía  $E_{me}$ . Así, ventajosamente, el procedimiento de enfriamiento comprende, ascendente de dicha etapa de enfriamiento, una etapa de compresión durante la cual se comprime dicho gas de entrada  $G_e$ , realizándose más preferentemente dicha etapa de compresión al menos en parte mediante la energía recuperada durante dicha etapa de recuperación de energía mecánica. . Por lo tanto, se mejoran aún más el balance de energía y la eficiencia global del sistema de enfriamiento 1.

50 **[0057]** De acuerdo con la realización ilustrada en la figura 4, el sistema de enfriamiento comprende, además un módulo 16 para electrolizar agua  $H_2O$  en hidrógeno  $H_2$  y dióxigeno  $O_2$ , alimentado al menos por dicho generador eléctrico 13. Por lo tanto, dicho generador eléctrico 13 proporciona la energía eléctrica producida  $E_{ep}$  a el módulo de electrolisis 16, ventajosamente en continuo, lo que permite ahorrar cantidades importantes de energía porque ya no es necesario alimentar dicho módulo de electrolisis 16 de forma totalmente independiente. Tal configuración es particularmente ventajosa porque la electrolisis del agua es muy costosa en términos de energía eléctrica.

**[0058]** Según la realización ilustrada en la figura 4, el sistema de enfriamiento 1 comprende ventajosamente un módulo intercambiador de calor 17 diseñado para:

- 5 - enfriar al menos hasta la licuefacción el dióxigeno  $O_2$  procedente del módulo de electrólisis 16 para formar dióxigeno  $O_2$  licuado, y
- calentar el gas de salida  $G_s$  procedente del recuperador de energía mecánica 12.

10 **[0059]** Aún de acuerdo con la realización de la Figura 4, el sistema de enfriamiento 1 también comprende una unidad de reformado de metano 18, diseñada para hacer reaccionar dióxido de carbono  $CO_2$  con hidrógeno  $H_2$  procedente de dicho módulo de electrólisis de agua 16 para formar metano  $CH_4$  y agua  $H_2O$ . El metano  $CH_4$  así formado se puede inyectar ventajosamente en un motor de combustión interna 50 como combustible, mientras que el dióxigeno licuado  $O_2$  se puede inyectar en dicho motor de combustión interna 50 como oxidante.

15 **[0060]** La invención también se refiere como tal, según un tercer aspecto ilustrado por los ejemplos de las Figuras 3 y 4, a un ensamble de motor 60 que comprende al menos:

- 20 - el sistema de enfriamiento 1 como se describe anteriormente y opcionalmente a continuación, estando diseñado dicho sistema de enfriamiento 1 para producir dióxigeno  $O_2$  licuado, y
- un motor de combustión interna 50, descendente de dicho sistema de enfriamiento 1 y que comprende una cámara de combustión 25.

25 **[0061]** Por supuesto, el ensamble de motor 60 se implementa preferentemente por medio del sistema de enfriamiento 1 mencionado anteriormente y descrito con más detalle a continuación. Por lo tanto, preferentemente, la descripción anterior (y opcionalmente la siguiente) del sistema de enfriamiento 1 y el método de enfriamiento también se aplica al ensamble de motor 60 de la invención, y viceversa.

30 **[0062]** Según este tercer aspecto de la invención, el sistema de enfriamiento 1 está conectado a dicho motor de combustión interna 50 para poder inyectar dicho dióxigeno  $O_2$  licuado en dicha cámara de combustión 25.

**[0063]** Según la realización ilustrada en la figura 3, el dióxigeno  $O_2$  licuado proviene del módulo de electrólisis de agua 16.

35 **[0064]** Ventajosamente, el sistema de enfriamiento 1 también está diseñado para poder inyectar también dicho metano  $CH_4$  en dicha cámara de combustión 25.

40 **[0065]** Por ejemplo, el motor de combustión interna 50 es un motor de cuatro tiempos, un motor de dos tiempos, un motor de pistón rotativo (como se ilustra), una turbina de gas o un motor Stirling. Dicho motor de combustión interna 50 está así ventajosamente destinado a ser alimentado con un comburente y un combustible, pudiendo proceder cualquiera de ellos de dicho sistema de enfriamiento 1.

45 **[0066]** Según una realización particular cuyo ejemplo se ilustra en la figura 3, compatible en particular con el tercer aspecto de la invención y/o solo con el primer y segundo aspectos, dicho líquido criogénico  $L$  proveniente de dicho motor eléctrico primario 3 está formado por al menos un primer componente  $C_1$  y un segundo componente  $C_2$ , distintos entre sí y en estado líquido.

50 **[0067]** De acuerdo con la realización ilustrada en la Figura 3, el sistema de enfriamiento 1 comprende, además un dispositivo de separación 19 diseñado para separar por magnetismo dichos primer y segundo componentes  $C_1$ ,  $C_2$  en estado líquido, uno de dichos primer y segundo componentes  $C_1$ ,  $C_2$  en estado líquido que tiene un carácter paramagnético mucho mayor que el del otro de dichos primer y segundo componentes  $C_1$ ,  $C_2$ . Por lo tanto, de acuerdo con esta última realización, el método de enfriamiento comprende, además un paso de separar por magnetismo dichos primer y segundo componentes  $C_1$ ,  $C_2$  en estado líquido. Por supuesto, dicho paso de separación se implementa preferentemente por medio

55 **[0068]** Según un primer ejemplo, como el ilustrado en la Figura 3, dicho gas de entrada  $G_e$  está formado por aire, estando formado principalmente dicho primer componente  $C_1$  por dióxigeno  $O_2$ , mientras que dicho segundo componente  $C_2$  está formado mayoritariamente por dinitrógeno  $N_2$ . Preferiblemente, dicho segundo componente  $C_2$  comprende, además argón Ar y/o dióxido de carbono  $CO_2$ , que se encuentran ambos en el aire en una proporción muy inferior a la del dinitrógeno  $N_2$ . Según un segundo ejemplo, dicho gas de entrada  $G_e$  está formado principalmente por gas natural o biometano (es decir, a partir de un proceso de producción de metano esencialmente biológico), estando formado predominantemente dicho primer componente  $C_1$  por metano  $CH_4$  mientras que dicho segundo componente  $C_2$ , en particular en el líquido estado, está formado por los efluentes de gas natural o biometano, estando dichos efluentes, en el presente caso, formados preferentemente por la fracción líquida del gas natural o biometano liberada como consecuencia del tratamiento del gas de entrada  $G_e$  (enfriamiento hasta licuefacción) limpiado de su principal producto valioso, es decir, aquí metano

CH<sub>4</sub>. De hecho, el gas natural y el biometano suelen estar formados cada uno por una mezcla de varias especies químicas, entre las que suele predominar el metano CH<sub>4</sub>.

**[0069]** Dicho dispositivo de separación 19 preferiblemente comprende, además una bomba de inducción 20, por ejemplo, monofásica o trifásica, diseñada para expulsar del dispositivo de separación 19 dicho componente más paramagnético, entre dichos primer y segundo componentes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, preferiblemente mientras lo presuriza. Ventajosamente, dicho dispositivo de separación 19 comprende una trampa magnética 21 diseñada para emitir un campo magnético 100 con el fin de retener la componente más paramagnética, entre dichos primer y segundo componentes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, sustancialmente dentro de una porción de trampa 22 de dicho dispositivo de separación 19. Ventajosamente, dicho paso de separación comprende así un paso de atrapamiento magnético en el que se emite un campo magnético 100 de manera que se retiene la componente más paramagnética, entre dichos primer y segundo componentes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, sustancialmente dentro de un área de atrapamiento 23, que es preferiblemente formado o rodeado por dicha porción de atrapamiento 22. Naturalmente, dicha etapa de atrapamiento magnético se implementa ventajosamente por medio de dicha trampa magnética 21. Preferiblemente, dicho dispositivo de separación 19 comprende un medio 24 para sedimentar dicho líquido criogénico L, una porción al menos de dicho medios de sedimentación 24 que forman dicha porción de trampa 22. El método de enfriamiento comprende así ventajosamente una etapa de sedimentación de dicho líquido criogénico L, dicha etapa de sedimentación b implementándose preferentemente por medio de dichos medios de decantación 24, que comprenden por ejemplo, un recipiente de decantación. Ventajosamente, dichas etapas de sedimentación y atrapamiento son al menos parcialmente concomitantes. Ventajosamente, dicha trampa magnética 21 y dicha bomba de inducción 20 se utilizan en combinación, estando dicha bomba de inducción 20 descendente de la trampa magnética 21 y permitiendo completar la etapa de separación de dichos primer y segundo componentes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. Según un ejemplo de funcionamiento dado a título meramente ilustrativo y no limitativo, para finalizar esta separación se succiona el primer componente C<sub>1</sub> en estado líquido (dioxígeno líquido O<sub>2</sub> en el caso de que el gas de entrada G<sub>e</sub> sea aire) trampa magnética 21 por la bomba de inducción 20 cuyo campo magnético, gracias a un desfase, genera una onda magnética que se desplaza a lo largo de un desagüe formando una salida para dicho primer componente C<sub>1</sub> en estado líquido, atrayendo así al primer componente C<sub>1</sub> en el estado líquido (formado por ejemplo, de dioxígeno líquido O<sub>2</sub>) fuera del medio de sedimentación 24, mientras lo presuriza. La velocidad de movimiento del primer componente C<sub>1</sub> en estado líquido es preferentemente proporcional a la frecuencia de la corriente que alimenta la bomba de inducción 20 ya las fuerzas de Lorentz.

**[0070]** Como se ilustra en la Figura 9, la trampa magnética 21, y más precisamente dicha porción de trampa 22, comprende ventajosamente una red magnética de pequeños imanes 26, que forman pequeñas celdas tridimensionales, y que permiten la emisión de dicho campo magnético 100. El set de dichos imanes 17 pueden formar un cubo, un cilindro o un cono, y las celdas se hacen más pequeñas a medida que se acercan al fondo. Tal configuración es similar a un filtro magnético con mallas cada vez más finas. En la figura 9, los índices P<sub>+</sub> y P<sub>-</sub> representan ventajosamente gradientes de presión parcial debidos a la concentración del dioxígeno líquido O<sub>2</sub> (o más generalmente del primer componente C<sub>1</sub>) y del dinitrógeno líquido N<sub>2</sub> (o más generalmente de dicho segundo componente C<sub>2</sub>), respectivamente, dentro de la trampa magnética 21, mientras que las flechas horizontales de los signos O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> representan las velocidades hidráulicas respectivas del dioxígeno líquido O<sub>2</sub> y el dinitrógeno líquido N<sub>2</sub>, representando la forma de onda de la izquierda la distribución de velocidades del primer y segundo componente C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> mezclado en estado líquido justo antes de su separación magnética. Ventajosamente, bajo el efecto del campo magnético 100, dicho dioxígeno líquido O<sub>2</sub> (o más generalmente dicho primer componente C<sub>1</sub>) se acerca a una primera pared 27 de la trampa magnética 21 detrás de la cual se encuentran dichos imanes 26, mientras que el dinitrógeno N<sub>2</sub> (o más generalmente, el segundo componente C<sub>2</sub>) se acerca a una segunda pared 28 de la trampa magnética 21 opuesta a la primera pared 27 y que no tiene imán, ejerciendo el campo magnético 100 una fuerza magnética F<sub>m</sub> solo sobre las moléculas paramagnéticas de dioxígeno O<sub>2</sub> (o más generalmente sobre el más paramagnético de dichos primer y segundo componentes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, preferiblemente dicho primer componente C<sub>1</sub>), y no sobre las moléculas de dinitrógeno N<sub>2</sub>. Por tanto, según esta alternativa con un dispositivo de separación magnética 19, la etapa de separación y/o el dispositivo de separación 19 de la invención utilizan la capacidad paramagnética del dioxígeno líquido O<sub>2</sub> (y más generalmente dicho primer componente C<sub>1</sub> en estado líquido), que queda así retenido entre polos magnéticos y/o atraído por un campo magnético 11, para separarlo del dinitrógeno N<sub>2</sub> y del argón Ar (y más generalmente de dicho segundo componente C<sub>2</sub> en estado líquido). En efecto, siendo el argón líquido Ar y el dinitrógeno líquido N<sub>2</sub> principalmente no magnéticos, ventajosamente no son retenidos por el campo magnético 100.

**[0071]** Dicha bomba de inducción 20 comprende, según un ejemplo ventajoso ilustrado en la Figura 7, un bobinado de hilo trifásico 70 para recoger dicho primer componente C<sub>1</sub> en los medios de decantación 6 y, descendente de este bobinado 70, uno o varios bobinados trifásicos 71, como se ilustra en la Figura 6. Tal configuración preferentemente hace posible tanto mejorar la separación final de dichos primer y segundo componentes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, como presurizar, es decir, a una tasa significativa, dicho primer componente líquido C<sub>1</sub> finalmente separado de dicho segundo componente líquido C<sub>2</sub>.

**[0072]** Esta configuración específica con un dispositivo de separación 19 que funciona gracias al magnetismo es particularmente ventajosa, porque las temperaturas de funcionamiento del dispositivo de separación magnética 19, y en particular de dicha trampa magnética 21 y dicha bomba de inducción 20, son muy bajas (criotemperaturas). Así, las partes conductoras del dispositivo de separación 19, en particular en el caso de los imanes y más en particular de los electroimanes, se encuentran en los límites de la superconductividad natural del cobre o del aluminio, por lo que se pueden

utilizar corrientes eléctricas de cualquier magnitud y generar valores magnéticos elevados. fuerzas con poco calentamiento y por lo tanto pocas pérdidas eléctricas y de calor.

**[0073]** Según la realización ilustrada en la Figura 3, el ensamble de motor 60 está diseñado de tal forma que el sistema de enfriamiento 1 puede inyectar, en dicha cámara de combustión 25, el primer componente  $C_1$  en estado líquido procedente del dispositivo de separación 19, dicho primer componente  $C_1$  en estado líquido formando ventajosamente dicho dióxido  $O_2$  licuado. Ventajosamente, dicho primer componente  $C_1$  inyectado está así destinado a servir como comburente en el motor de combustión interna 50.

**[0074]** De manera particularmente ventajosa, dicho dispositivo de separación 19 está así diseñado para inyectar dicho segundo componente  $C_2$  en estado líquido en dicho evaporador 6 y no para inyectar dicho primer componente  $C_1$  en estado líquido en el evaporador 6. Por ejemplo, el ensamble de motor 60 está diseñado de tal manera que el segundo componente  $C_2$  está formado (principalmente) por dicho dinitrógeno líquido  $N_2$  e introducido en el evaporador 6, mientras que el primer componente  $C_1$  está formado por dicho dióxido líquido  $O_2$  e inyectado directamente en dicho motor de combustión interna 50, para realizar una oxcombustión, como se ilustra en la Figura 3.

**[0075]** Por tanto, una alternativa concreta del tercer aspecto de la invención se refiere a un ensamble de motor 60 que comprende:

- el sistema de enfriamiento 1, y
  - un motor de combustión interna 50, descendente de dicho sistema de enfriamiento 1 y que comprende una cámara de combustión 25,
- estando conectado el sistema de enfriamiento 1 a dicho motor 26 para poder inyectar dicho primer componente  $C_1$  en dicha cámara de combustión 25. Esta última, por supuesto, está formada preferentemente por dióxido  $O_2$ .

**[0076]** Ventajosamente, dicho motor 50 comprende una salida de escape 42 destinada a descargar al menos un componente de escape  $C_e$  en estado gaseoso desde dicha cámara de combustión 25. Aún más ventajosamente, descendente de dicha salida de escape 42, dicho evaporador 6 está diseñado para enfriar dicho componente de escape.  $C_e$  procedente de dicha salida de escape 42 y para calentar dicho segundo componente  $C_2$  procedente de dicho dispositivo de separación 19. Dicha salida de escape 42 forma así ventajosamente parte de dicho dispositivo de recuperación de calor de combustión 51.

**[0077]** El combustible del motor de combustión interna 50 puede ser en particular un hidrocarburo, por ejemplo, metano  $CH_4$ , o dihidrógeno  $H_2$ . Cuando el combustible es un hidrocarburo y en particular metano  $CH_4$ , el componente de escape  $C_e$  en estado gaseoso, que contiene los productos de la combustión del motor 26, estará formado principalmente por agua y dióxido de carbono  $CO_2$ . Cuando el combustible es dihidrógeno  $H_2$ , el componente de escape  $C_e$  en estado gaseoso estará formado principalmente o incluso casi únicamente por agua. La ausencia de dinitrógeno  $N_2$  en la cámara de combustión, gracias a la inyección directa de dióxido  $O_2$  líquido puro (o potencialmente gaseoso) es una de las ventajas del ensamble de motor 60 de la invención (dos variantes concretas del cual se ilustran en las Figuras 3 y 4), en particular en lo que respecta a la reducción de la contaminación relacionada con el óxido de nitrógeno, también llamado " $NO_x$ ". De hecho, el motor de combustión interna 50 del ensamble de motor 60, en ausencia de nitrógeno en la cámara de combustión 25, no produce  $NO_x$  o casi no lo produce.

**[0078]** Ventajosamente, el ensamble de motor 60 comprende un dispositivo de recuperación del calor de combustión 51, preferentemente el descrito anteriormente, para recuperar el calor de combustión del componente de escape  $C_e$  procedente de dicha cámara de combustión 25.

**[0079]** Preferiblemente, el ensamble de motor 60 está diseñado de tal manera que el evaporador 6 enfría dicho componente de escape  $C_e$  al menos hasta la licuefacción de una porción primaria de este último, como se ilustra en las Figuras 3 y 4. Preferentemente, el ensamble de motor 60 está diseñado utilizar dicha porción primaria licuada para licuar una porción secundaria de dicho componente de escape  $C_e$ , siendo dichas porciones primaria y secundaria distintas entre sí. Ventajosamente, dicha parte primaria está formada principalmente por dióxido de carbono  $CO_2$ , mientras que dicha parte secundaria está formada principalmente por agua, como se ilustra en las figuras 3 y 4. Aún más ventajosamente, dicho dispositivo de recuperación de calor de combustión 51 comprende un dispositivo de reinyección (no ilustrado), diseñado para barrer dicha cámara de combustión 25 con dicha porción primaria y/o porción secundaria (en estado líquido, o alternativamente gaseoso) para expulsar dicho componente de escape  $C_e$  de la cámara de combustión 25. Tal configuración permite mejorar el funcionamiento del motor de combustión interna 50 expulsando eficientemente el componente de escape  $C_e$  de este último. Por ejemplo, en particular cuando el combustible es un hidrocarburo, dicho dispositivo de reinyección está diseñado para inyectar la porción primaria líquida formada por dióxido de carbono en dicha cámara de combustión 25, para optimizar el barrido de esta última, es decir, para expulsar todos los gases quemados por el combustión y que forman el componente de escape  $C_e$  en estado gaseoso.

**[0080]** La invención también se refiere como tal, según un cuarto aspecto, a un método para adaptar un motor de combustión interna 50 que comprende al menos un colector de admisión y una cámara de combustión 25, comprendiendo dicho método de adaptación al menos:

- 5 - una etapa de cerrar o retirar dicho colector de admisión del motor 26,
- una etapa de instalación, en la que el sistema de enfriamiento 1 tal como se ha descrito anteriormente se conecta a dicho motor de combustión interna 50, en dicho colector de admisión cerrado o desmontado, y por tanto ascendente de dicha cámara de combustión 25, para poder inyectar en esta última dióxígeno  $O_2$  licuado producido por dicho sistema de enfriamiento 1.

**[0081]** Ventajosamente, al final de dicha etapa de instalación, dicho motor de combustión interna 50 y el sistema de enfriamiento 1 forman un ensamble de motor 60 como se ha descrito anteriormente.

15 **[0082]** Por ejemplo, dicho dióxígeno  $O_2$  licuado puede estar formado por dicho primer componente  $C_1$  proveniente del dispositivo de separación 19, como se ilustra en la Figura 3, o por el dióxígeno  $O_2$  formado por el módulo de hidrólisis de agua 16 y licuado por dicho módulo de intercambio de calor 17, o también una combinación de ambos. Por supuesto, la descripción siguiente y anterior del sistema de enfriamiento 1, el ensamble de motor 60 y el método de enfriamiento también se aplican al método de adaptación de la invención, y viceversa.

20 **[0083]** La invención también se relaciona como tal, de acuerdo con un quinto aspecto, a un método de oxicomustión que comprende el método de enfriamiento como se describe anteriormente, comprendiendo el método de oxicomustión además un paso de inyectar dióxígeno  $O_2$  licuado durante el método de enfriamiento en una cámara de combustión 25 de un sistema interno motor de combustión 50. Por supuesto, la descripción siguiente y anterior del sistema de enfriamiento 1, el ensamble de motor 60, el método de enfriamiento e incluso el método de adaptación también se aplican al método de oxicomustión de la invención, y viceversa. Por ejemplo, estando formado dicho gas de entrada  $C_e$  por aire, dicho primer componente  $C_1$  está formado principalmente por dióxígeno  $O_2$ , y, durante dicha etapa de inyección, el primer componente  $C_1$  se inyecta en dicha cámara de combustión 25.

30 **[0084]** Por ejemplo, como se ilustra en la figura 10, el motor de combustión interna 50 tiene un pistón giratorio 44 (que tiene la forma de un triángulo de Reuleaux). El motor de combustión interna 50 con un pistón rotativo 44 de la alternativa ilustrada en la figura 10 comprende dos bujías opuestas 39, dos inyecciones comunes de combustible y oxidante también opuestas 40, 41 y dos salidas de escape 42 también opuestas diseñadas para descargar el componente de escape  $C_e$  en estado gaseoso, como se ha descrito anteriormente. Dicho comburente está formado preferentemente por dióxígeno líquido  $O_2$ , formado, por ejemplo, por dicho primer componente  $C_1$ . La oxicomustión permite aquí superar los problemas recurrentes de baja compresión de los motores de pistón rotativo convencionales, en particular adaptando la velocidad de rotación del pistón rotativo 44.

40 **[0085]** El sistema de enfriamiento 1 también está adaptado para la producción de pequeñas cantidades de dicho primer componente  $C_1$  licuado, o, después de la vuelta de este último al estado gaseoso, para la producción de pequeñas cantidades de dicho primer componente  $C_1$  licuado en estado gaseoso pero comprimido (es decir a una presión relativamente alta).

45 **[0086]** La invención también se refiere como tal, según un quinto aspecto no ilustrado en el presente documento, a un sistema de aire acondicionado de alta potencia que comprende el sistema de enfriamiento descrito anteriormente, siendo proporcionada la energía de enfriamiento del sistema de aire acondicionado de alta potencia a través de dicho evaporador. 6.

50 **[0087]** Por convención, con carácter meramente indicativo y no limitativo, los signos (g) y (liq) se utilizan en las figuras para indicar los estados gaseoso y líquido, respectivamente, de los distintos componentes. En las figuras, las flechas situadas a ambos lados de las líneas continuas indican preferentemente la dirección de un flujo, por ejemplo, un flujo de  $He_{(g)}$ , es decir un flujo de helio He en estado gaseoso.

55 **[0088]** Los términos tales como primero, segundo, tercero, cuarto, quinto, primario, secundario, terciario de la presente descripción se utilizan preferiblemente solo con fines distintivos y no para indicar un rango o una numeración ordinal. Se puede introducir un segundo elemento, por ejemplo, sin que necesariamente se haya introducido también un primer elemento de la misma naturaleza o incluso presente implícitamente.

#### 60 POSIBILIDAD DE APLICACIÓN INDUSTRIAL

**[0089]** En resumen, la invención se relaciona con los problemas de producción de gas licuado, control de la contaminación y eficiencia energética de los motores de combustión, y más en general de ahorro energético, siendo una posible aplicación la producción de un líquido criogénico con un consumo energético optimizado.

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de enfriamiento (1) que comprende al menos:
- 5 - una bomba de calor Stirling (2) diseñada para enfriar un gas de entrada ( $G_e$ ) hasta una temperatura criogénica para formar un líquido criogénico (L),  
 - un motor eléctrico primario (3), destinado a accionar dicha bomba de calor Stirling (2),  
 - una bomba primaria (4) destinada a hacer circular dicho líquido criogénico (L) a presión, y  
 - un medio de enfriamiento (5), destinado a enfriar dicho motor eléctrico primario (3) por medio del líquido criogénico (L) procedente de dicha bomba primaria (4).
- 10
2. El sistema de enfriamiento (1) según la reivindicación anterior, caracterizado porque la bomba primaria (4) comprende un motor eléctrico secundario, estando diseñado el sistema de enfriamiento (1) para enfriar dicho motor eléctrico secundario por medio del líquido criogénico (L) procedente de dicha bomba de calor Stirling (2).
- 15
3. El sistema de enfriamiento (1) de conformidad con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque comprende un dispositivo de licuefacción de helio (30), que comprende al menos:
- 20 - un intercambiador de calor (31) destinado a recoger, por un lado, helio gaseoso para enfriarlo a una temperatura criogénica, por ejemplo, 120 K o menos, y, por otro lado, el líquido criogénico (L) presurizado proveniente del primario eléctrico motor (3) para calentarlo,  
 - un módulo de expansión isentálpica (32), destinado a realizar la expansión isentálpica del helio gaseoso enfriado (He) procedente del intercambiador de calor (31), con el fin de licuar dicho helio gaseoso (He).
- 25
4. El sistema de enfriamiento (1) de conformidad con la reivindicación anterior, caracterizado porque dicho dispositivo de licuefacción de helio (30) comprende, además:
- 30 - un circuito de enfriamiento (33) de un elemento magnético (34), como un imán de imagen médica, utilizando helio licuado (He) procedente de dicho módulo de expansión isoentálpica (32), de forma que el helio licuado (He) se lo suficientemente calentado como para vaporizarse en helio gaseoso (He),  
 - un compresor secundario (36), destinado a comprimir el helio gaseoso (He) procedente de dicho circuito de enfriamiento (30) y enviarlo a dicho intercambiador de calor (31), y  
 - una turbina secundaria (35), situada ascendente de dicho módulo de expansión isentálpica (32) y destinada a recuperar energía mecánica del helio gaseoso enfriado (He) procedente del intercambiador de calor (31), dicha turbina secundaria (35) alimentando dicho secundario compresor (36).
- 35
5. El sistema de enfriamiento (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende un evaporador (6) destinado a evaporar al menos una parte de dicho líquido criogénico a presión (L) procedente de dicho motor eléctrico primario (3), para formar un gas de salida ( $G_s$ ) y recoger energía de enfriamiento.
- 40
6. El sistema de enfriamiento (1) según la reivindicación anterior, caracterizado porque dicho evaporador (6) comprende al menos un intercambiador de calor primario (7) destinado a recoger, por un lado, dicho gas de entrada ( $G_e$ ) para enfriarlo antes de entrar en dicha bomba de calor Stirling (2), y, por otra parte, al menos una parte de dicho líquido criogénico (L), procedente de dicho motor eléctrico primario (3), para calentarlo.
- 45
7. El sistema de enfriamiento (1) según la reivindicación anterior, caracterizado porque dicho evaporador (6) comprende, además al menos un intercambiador de calor secundario (8) destinado a calentar dicho gas de salida ( $G_s$ ) o al menos parte de dicho líquido criogénico (L) procedente de dicho intercambiador de calor primario (7) por medio de una fuente de calor (Q).
- 50
8. El sistema de enfriamiento (1) según la reivindicación anterior, caracterizado porque comprende un módulo (9) de alimentación de dicha fuente de calor (Q), estando formado dicho módulo de alimentación (9) por un dispositivo de producción de energía solar (10), un sistema (51) de recuperación de calor de combustión, o un dispositivo de recuperación de calor residual del sistema de enfriamiento (1) o de otro sistema.
- 55
9. El sistema de enfriamiento (1) según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque comprende un dispositivo de recuperación de energía mecánica (12) para recuperar la energía mecánica producida por un desplazamiento de dicho gas de salida ( $G_s$ ).
- 60
10. El sistema de enfriamiento (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho líquido criogénico (L) procedente de dicho motor eléctrico primario (3) está formado por al menos un primer componente ( $C_1$ ) y un segundo componente ( $C_2$ ) distintos entre sí y en estado líquido, comprendiendo además el sistema de enfriamiento (1) un dispositivo de separación (19) diseñado para separar por magnetismo dicho primer y segundo componente ( $C_1$ ,  $C_2$ ) en estado líquido, uno de dichos componentes primero y segundo ( $C_1$ ,  $C_2$ ) en estado líquido que tienen un carácter paramagnético muy superior al del otro de dichos componentes primero y segundo ( $C_1$ ,  $C_2$ ).
- 65

11. Un sistema de aire acondicionado de alta potencia, caracterizado porque comprende el sistema de enfriamiento según la reivindicación 5, y opcionalmente según cualquiera de las otras reivindicaciones anteriores, siendo proporcionada la energía de enfriamiento del sistema de aire acondicionado de alta potencia a través de dicho evaporador (6).

5 12. Un ensamble de motor (60) caracterizado porque comprende al menos:

- el sistema de enfriamiento (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, estando diseñado dicho sistema de enfriamiento (1) para producir dioxígeno licuado ( $O_2$ ), y
- un motor de combustión interna (50), descendente de dicho sistema de enfriamiento (1) y que comprende una cámara de combustión (25), estando conectado el sistema de enfriamiento (1) a dicho motor de combustión interna (50) para poder inyectar dicho dioxígeno licuado ( $O_2$ ) en dicha cámara de combustión (25).

10 13. Un método para adaptar un motor de combustión interna (50) que comprende al menos un colector de admisión y una cámara de combustión (25), caracterizado porque dicho método de adaptación comprende al menos:

- una etapa de cerrar o retirar dicho colector de admisión del motor (26),
- una etapa de instalación, en la que el sistema de enfriamiento (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21 se conecta a dicho motor de combustión interna (50), en dicho colector de admisión cerrado o retirado, y por tanto aguas arriba de dicha cámara de combustión (25), para poder inyectar en este último dioxígeno licuado ( $O_2$ ) producido por dicho sistema de enfriamiento (1).

15 14. Un método de enfriamiento que comprenda al menos:

- una etapa de enfriamiento de un gas de entrada ( $G_e$ ) por medio de al menos una bomba de calor Stirling (2), para formar un líquido criogénico (L), estando dicha bomba de calor Stirling (2) accionada por un motor eléctrico primario (3),
- una etapa de bombeo para hacer circular dicho líquido criogénico (L) a presión, y
- una etapa de enfriamiento, durante la cual dicho motor eléctrico primario (3) es enfriado por medio del líquido criogénico (L) procedente de dicha etapa de bombeo.

20 15. Un método de oxicomcombustión, caracterizado porque comprende el método de enfriamiento según la reivindicación 14, comprendiendo además el método de oxicomcombustión la etapa de inyectar dioxígeno ( $O_2$ ) licuado durante el método de enfriamiento a una cámara de combustión (25) de un motor de combustión interna (50).

FIG. 1

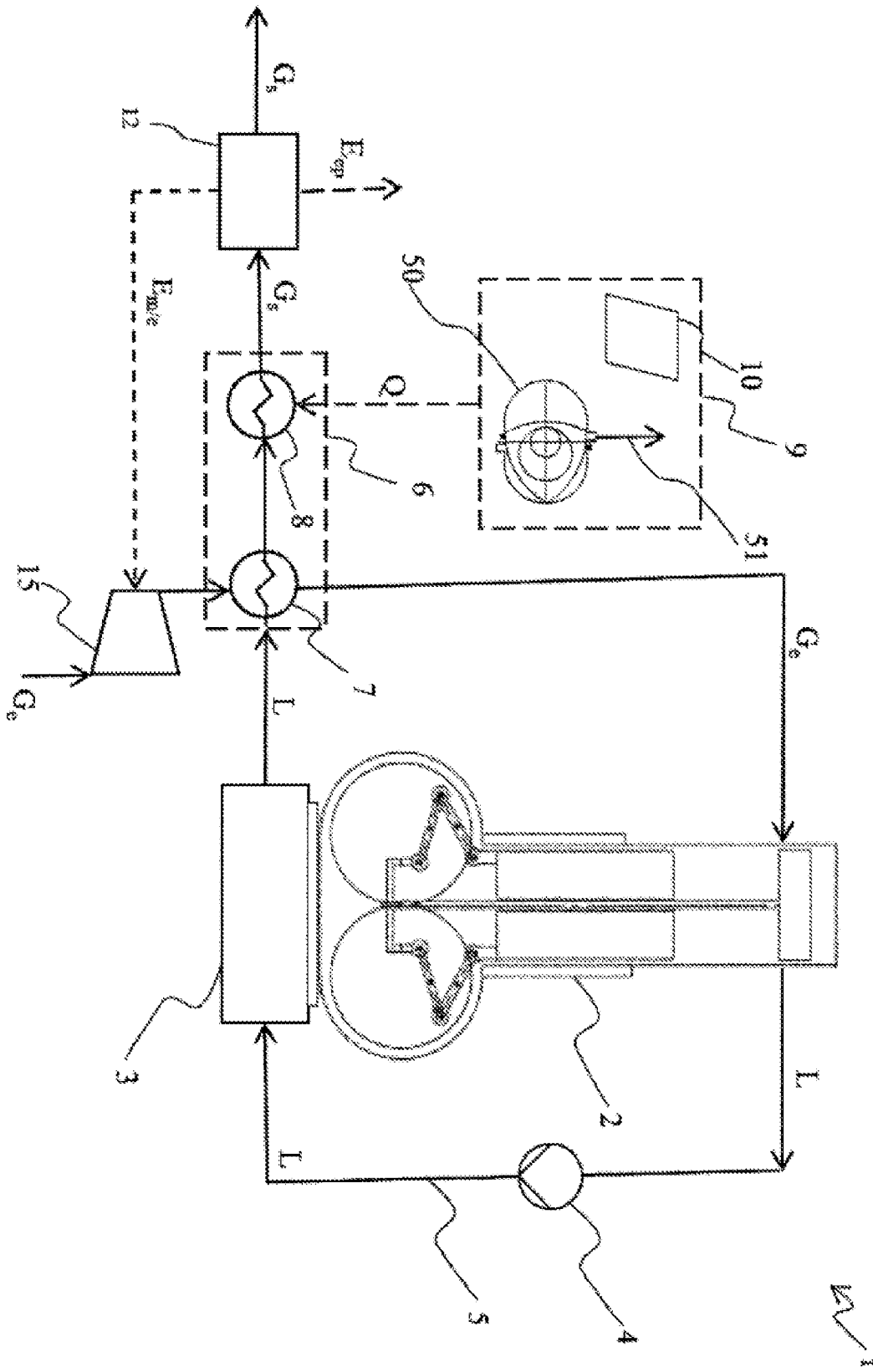






FIG. 4

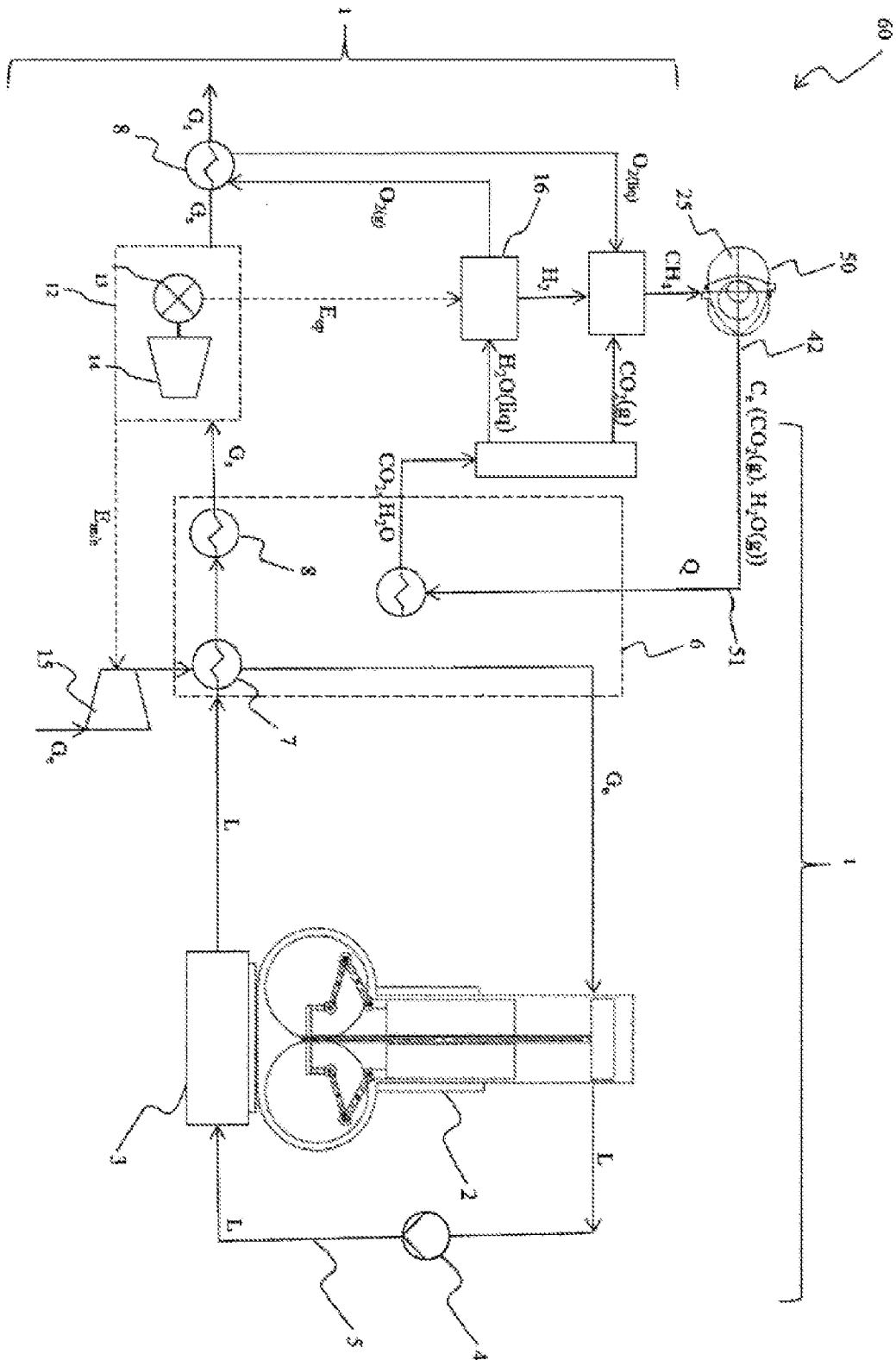


FIG. 5

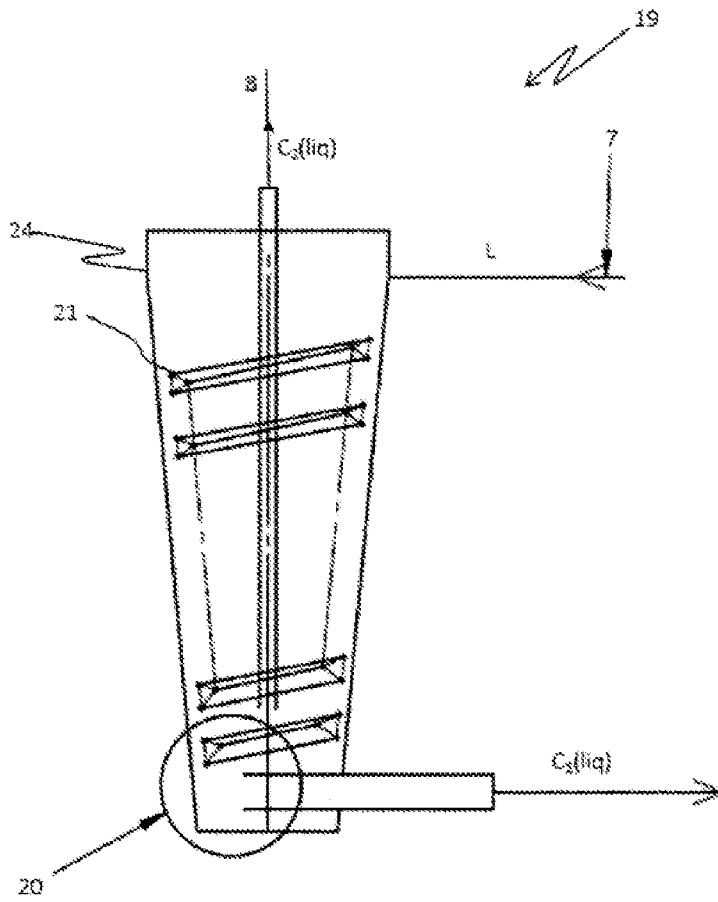


FIG. 6

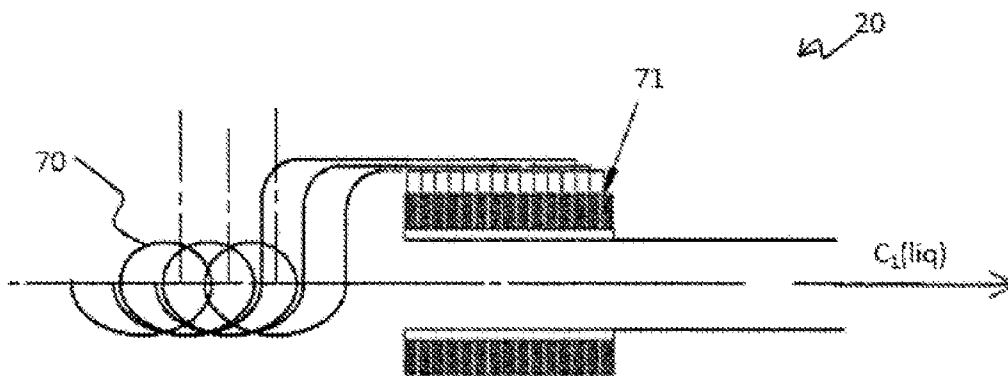


FIG. 7

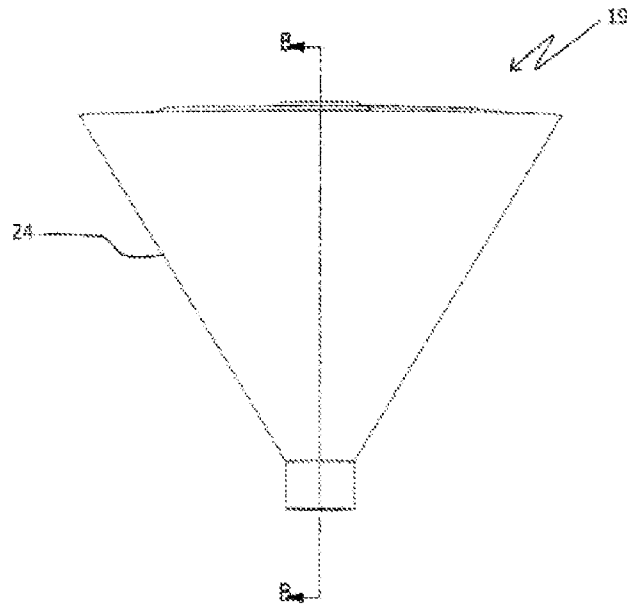


FIG. 8

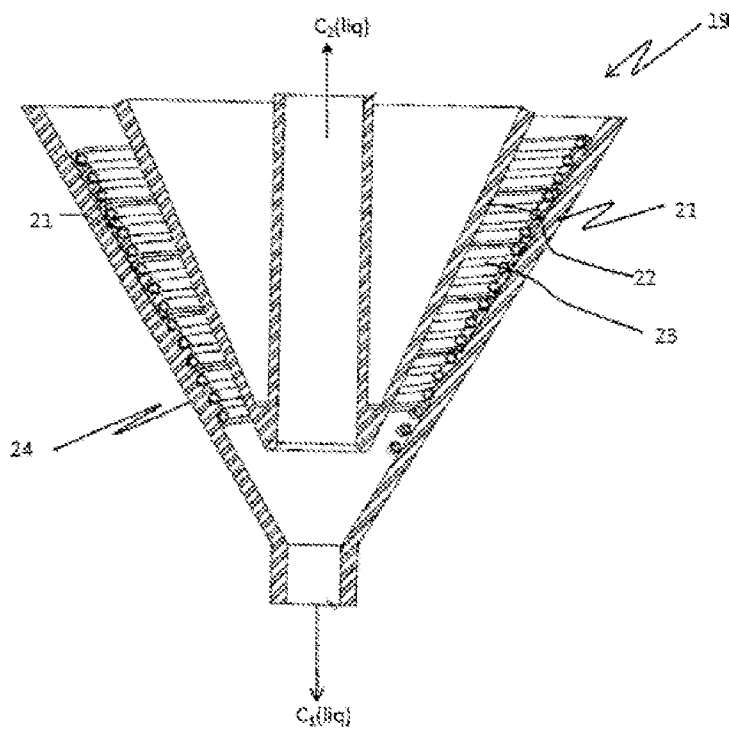


FIG. 9

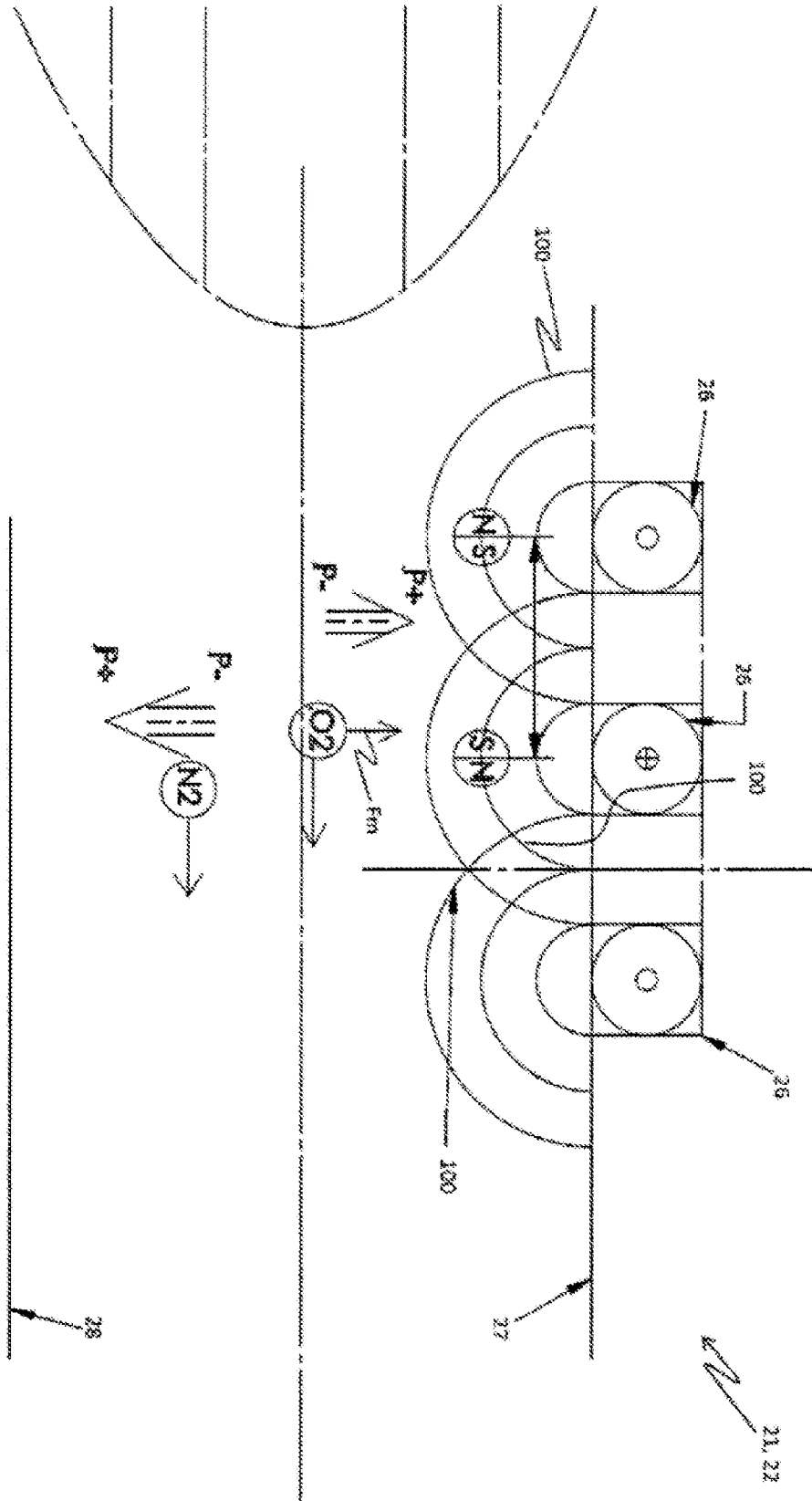


FIG. 10

