

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 126**

51 Int. Cl.:

**F17C 3/08** (2006.01)

**F17C 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2017 PCT/EP2017/025100**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.11.2017 WO17190846**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2017 E 17723262 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3452751**

54 Título: **Contenedor de transporte**

30 Prioridad:

**04.05.2016 EP 16000999**

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

**31.03.2021**

73 Titular/es:

**LINDE GMBH (100.0%)  
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14  
82049 Pullach, DE**

72 Inventor/es:

**POSSELT, HEINZ;  
WERNER, PHILIP;  
PARKKONEN, MARKO;  
GRONLUND, ANDERS;  
AGREN, STEFAN, C. y  
SMEDSTAD, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 816 126 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

Contenedor de transporte

5 La invención se refiere a un contenedor de transporte para helio.

El helio se extrae junto con el gas natural. Por razones económicas, el transporte de grandes cantidades de helio solo resulta útil en forma líquida o supercrítica, es decir, a una temperatura de unos 4,2 a 6 K y a una presión de 1 a 6 bar. Para transportar el helio líquido o supercrítico se utilizan contenedores de transporte, los cuales se aíslan térmicamente de una manera compleja para evitar que la presión del helio aumente demasiado rápido. Tales contenedores de transporte pueden refrigerarse, por ejemplo, mediante nitrógeno líquido. De esta manera, se prevé un escudo térmico refrigerado con el nitrógeno líquido. El escudo térmico protege un contenedor interno del contenedor de transporte. El contenedor interno contiene el helio líquido o criogénico. El tiempo de conservación del helio líquido o criogénico en tales contenedores de transporte es de 35 a 40 días, es decir, transcurrido este tiempo, la presión en el contenedor interno aumenta hasta el valor máximo de 6 bar. La reserva de nitrógeno líquido es suficiente para unos 35 días.

En el documento EP 1 673 745 B1 se describe un contenedor de transporte de este tipo para helio líquido. El contenedor de transporte comprende un contenedor interno que contiene el helio líquido, un escudo térmico que cubre parcialmente el contenedor interno, un contenedor de refrigerante que contiene un líquido criogénico para refrigerar el escudo térmico y un contenedor externo en el que se disponen el contenedor interno, el escudo térmico y el contenedor de refrigerante.

En el documento US-3.782.128 A se muestra un contenedor de transporte para helio, con un contenedor interno para contener el helio, un escudo térmico que puede refrigerarse activamente mediante un líquido criogénico y en el que se aloja el contenedor interno, un contenedor externo en el que se alojan el escudo térmico y el contenedor interno y un anillo de refuerzo previsto en el escudo térmico.

En el documento US-2010/0011782 A1 se describe un contenedor de transporte para helio con un contenedor interno para contener el helio, un escudo térmico en el que se aloja el contenedor interno y un contenedor externo en el que se alojan el escudo térmico y el contenedor interno. El contenedor interno está suspendido directamente del contenedor externo por medio de puntales.

En el documento DE 29 03 787 A1 se muestra un dispositivo de suspensión para un tanque criogénico dispuesto térmicamente de forma aislada en un contenedor externo con varias bandas de sujeción de material compuesto de fibras que actúan en el contenedor externo, por un lado, y en el tanque criogénico, por otro, donde las bandas de sujeción están compuestas cada una por varios elementos individuales de diferente material de fibras conectados en serie, y el elemento individual más cercano al tanque de cada banda de sujeción consiste en el material de fibras con el coeficiente de dilatación térmica comparativamente más bajo.

En este contexto, el objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un contenedor de transporte mejorado.

En consecuencia, se propone un contenedor de transporte para helio. El contenedor de transporte comprende un contenedor interno para contener el helio, un escudo térmico que puede refrigerarse activamente mediante un líquido criogénico y en el que se aloja el contenedor interno, un contenedor externo en el que se alojan el escudo térmico y el contenedor interno, y un anillo portador previsto en el escudo térmico, donde el contenedor interno está suspendido del anillo portador por medio de unas primeras barras de suspensión, donde el anillo portador está suspendido del contenedor externo por medio de unas segundas barras de suspensión, donde al menos una de las primeras barras de suspensión presenta un primer dispositivo de resorte y al menos una de las segundas barras de suspensión presenta un segundo dispositivo de resorte para garantizar una pretensión de resorte de las primeras barras de suspensión y de las segundas barras de suspensión en caso de dilataciones térmicas diferentes del contenedor interno y del escudo térmico.

El contenedor interno también puede denominarse contenedor de helio o tanque interno. El contenedor de transporte también puede denominarse contenedor de transporte de helio. El helio puede describirse como helio líquido o criogénico. El helio, en particular, es también un líquido criogénico. El contenedor de transporte está especialmente diseñado para transportar helio en forma criogénica o líquida o supercrítica. En termodinámica, el punto crítico es un estado termodinámico de una sustancia, que se caracteriza por la igualdad de las densidades de las fases líquida y gaseosa. Las diferencias entre los dos estados de agregación dejan de existir en este punto. En un diagrama de fase, el punto representa el extremo superior de la curva de presión de vapor. El helio se introduce en el contenedor interno en forma líquida o criogénica. En el contenedor interno se forma entonces una zona de líquido con helio líquido y una zona de gas con helio gaseoso. De esta manera, una vez introducido en el contenedor interno, el helio presenta dos fases con diferentes estados de agregación, a saber, líquido y gaseoso. Esto significa que en el contenedor interno existe una frontera de fase entre el helio líquido y el helio gaseoso. Después de un cierto tiempo, es decir, cuando la presión en el contenedor interno aumenta, el helio en el contenedor interno se convierte en monofásico. La frontera de fase ya no existe y el helio es supercrítico.

El líquido criogénico o el criógeno es preferiblemente nitrógeno líquido. El líquido criogénico también puede ser, alternativamente, por ejemplo, hidrógeno líquido u oxígeno líquido. El hecho de que el escudo térmico puede

refrigerarse activamente o está refrigerado activamente debe entenderse como que el líquido criogénico fluye a través o alrededor del escudo térmico al menos parcialmente para refrigerarlo. En particular, el escudo térmico solo se refrigera activamente en un estado de funcionamiento, es decir, cuando el contenedor interno está lleno de helio. Cuando el líquido criogénico se acaba, el escudo térmico también puede estar no refrigerado. Durante la refrigeración activa del escudo térmico, el líquido criogénico puede ebullición y evaporarse. Como resultado, el escudo térmico presenta una temperatura que corresponde aproximada o exactamente al punto de ebullición del líquido criogénico. El punto de ebullición del líquido criogénico es preferiblemente más alto que el punto de ebullición del helio líquido.

Preferiblemente, el contenedor interno tiene una temperatura en la parte exterior que corresponde aproximada o exactamente a la temperatura del helio. El contenedor externo, el contenedor interno y el escudo térmico pueden presentar simetría de revolución con respecto a un eje de simetría o central común. El contenedor interno y el contenedor externo son preferiblemente de acero inoxidable. El contenedor interno presenta preferiblemente una sección de base tubular cerrada por ambos lados con secciones de tapa arqueadas. El contenedor interno es hermético a los fluidos. El contenedor externo presenta preferiblemente también una sección de base tubular, que está cerrada frontalmente por ambos lados con secciones de tapa. La sección de base del contenedor interno y/o la sección de base del contenedor externo pueden presentar una sección transversal circular o aproximadamente circular. El escudo térmico es preferiblemente de un material de aluminio de alta pureza.

El hecho de que esté previsto el escudo térmico garantiza que el contenedor interno esté rodeado solo por superficies con una temperatura correspondiente al punto de ebullición del líquido criogénico (punto de ebullición del nitrógeno a 1,3 bar abs.: 79,5 K). Como resultado, soy hay una pequeña diferencia de temperatura entre el escudo térmico (79,5 K) y el contenedor interno (temperatura del helio: 4,2-6 K) en comparación con el entorno del contenedor externo. Esto permite prolongar notablemente el tiempo de conservación del helio líquido en comparación con los contenedores de transporte conocidos. El intercambio de calor entre las superficies del contenedor interno y el escudo térmico se produce únicamente por radiación y conducción de gases residuales. Esto significa que el escudo térmico no entra en contacto con el contenedor interno.

A la hora de poner en funcionamiento el contenedor de transporte, en primer lugar se enfría el escudo térmico, sin llenar todavía el contenedor interno con helio. Como resultado, el gas residual a vacío se congela sobre el escudo térmico y por lo tanto no contamina la capa metálica lisa más externa de un elemento aislante previsto en el contenedor interno. En un extremo del contenedor interno opuesto a las primeras y segundas barras de suspensión, el contenedor interno está sujeto axialmente al escudo térmico y/o al contenedor externo. Es decir que está previsto aquí un apoyo fijo. Gracias a la refrigeración del escudo térmico se pueden aplicar tensiones inducidas térmicamente a las barras de suspensión. Estas tensiones térmicas causadas por el movimiento relativo entre el escudo térmico y el contenedor interno son notablemente mayores que las que se producen a la temperatura de funcionamiento del contenedor de transporte. Estas tensiones vienen dadas por la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica de los materiales del contenedor interno y del escudo térmico.

Al ponerse en funcionamiento el contenedor de transporte, estas tensiones ya no pueden ser absorbidas por una deformación elástica de las barras de suspensión. En cambio, se produce una deformación plástica, es decir, una elongación permanente de las barras de suspensión. Con las barras de suspensión elongadas, y a la temperatura de funcionamiento, el contenedor interno puede caer parcialmente, aflojándose las barras de suspensión que están dispuestas por debajo de un eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad. Por lo tanto, las fuerzas laterales que actúan sobre el contenedor interno solo pueden absorberse después de que este se haya movido, lo que puede provocar fuerzas de aceleración adicionales. Esto puede evitarse de manera fiable previendo dispositivos de resorte en las primeras y en las segundas barras de suspensión. Gracias a los dispositivos de resorte, el cambio de longitud necesario de las barras de suspensión puede absorberse elásticamente cuando se pone en funcionamiento el contenedor de transporte. Gracias a los dispositivos de resorte, la elasticidad de las barras de suspensión se incrementa, por tanto, de manera artificial. A este respecto, los dispositivos de resorte están dimensionados de tal manera que, gracias a ellos, las barras de suspensión solo se deforman plásticamente de forma leve cuando se pone en funcionamiento el contenedor de transporte. En cambio, en el estado de funcionamiento del contenedor de transporte, los dispositivos de resorte proporcionan suficiente fuerza de tracción para absorber elásticamente las fuerzas laterales.

Según una forma de realización, las primeras y las segundas barras de suspensión están dispuestas en cada caso en forma de estrella.

Preferiblemente, las barras de suspensión son barras de tracción. Las primeras y las segundas barras de suspensión pueden estar dispuestas distribuidas de manera uniforme o no uniforme alrededor de una circunferencia del anillo portador.

Según otra forma de realización, el primer y el segundo dispositivo de resorte presentan en cada caso varios elementos de resorte de disco.

En particular, los dispositivos de resorte están configurados como paquetes de elementos de resorte de disco. El número de elementos de resorte de disco por dispositivo de resorte es discrecional. De forma alternativa, los dispositivos de resorte pueden estar configurados también como resortes cilíndricos, especialmente como resortes de tracción.

5 Según otra forma de realización, están previstas cuatro primeras barras de suspensión y cuatro segundas barras de suspensión respectivamente.

10 El número de barras de suspensión es discrecional. Sin embargo, es preferible prever al menos tres primeras barras de suspensión y tres segundas barras de suspensión. Alternativamente, pueden estar previstas más de cuatro primeras barras de suspensión y más de cuatro segundas barras de suspensión. El número de las primeras barras de suspensión puede ser diferente del número de las segundas barras de suspensión.

15 Según otra forma de realización, la al menos una primera barra de suspensión, que presenta el primer dispositivo de resorte, está dispuesta por debajo de un eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad.

20 Las primeras barras de suspensión, que están dispuestas por encima del eje central con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad, se mantienen bajo tensión por el peso del contenedor interno. Estas barras de suspensión, por lo tanto, no presentan dispositivos de resorte.

Según otra forma de realización, dos primeras barras de suspensión, cada una de las cuales presenta un primer dispositivo de resorte, están dispuestas por debajo del eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad.

25 Preferiblemente, dos primeras barras de suspensión sin tal primer dispositivo de resorte están también colocadas por encima del eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad.

30 Según otra forma de realización, la al menos una segunda barra de suspensión, que presenta el segundo dispositivo de resorte, está dispuesta por debajo del eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad.

35 Las segundas barras de suspensión, que están dispuestas por encima del eje central con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad, se mantienen bajo tensión por el peso del contenedor interno. Estas barras de suspensión, por lo tanto, no presentan dispositivos de resorte.

Según otra forma de realización, dos segundas barras de suspensión, cada una de las cuales presenta un segundo dispositivo de resorte, están dispuestas por debajo del eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad.

40 Además, dos segundas barras de suspensión sin tal segundo dispositivo de resorte están dispuestas preferiblemente por encima del eje central del contenedor externo con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad.

45 Según otra forma de realización, el anillo portador presenta escotaduras en las que se disponen las segundas barras de suspensión.

50 Las escotaduras están preferiblemente orientadas radialmente hacia dentro desde el anillo portador, en dirección al eje central. Gracias a las escotaduras, las segundas barras de suspensión pueden configurarse con la mayor longitud posible. Esto alarga el recorrido de transporte de calor desde el anillo portador hasta el contenedor externo, lo cual puede reducir significativamente el aporte de calor del contenedor externo al anillo portador.

Según otra forma de realización, el contenedor interno presenta una brida de sujeción a la que se sujetan las primeras barras de suspensión.

55 La brida de sujeción es preferiblemente cilíndrica. En particular, la brida de sujeción está dispuesta con simetría de revolución con respecto a un eje central del contenedor interno. El eje central del contenedor externo puede ser idéntico al eje central del contenedor interno. Las primeras barras de suspensión pueden estar enganchadas a la brida de sujeción por medio de ojales previstos en esta.

60 Según otra forma de realización, el anillo portador, las primeras barras de suspensión y las segundas barras de suspensión están asociadas a una primera sección de tapa del contenedor interno.

La primera sección de tapa está colocada preferiblemente en posición opuesta a un contenedor de refrigerante del contenedor de transporte igualmente dispuesto en el contenedor externo.

Según otra forma de realización, el contenedor interno está suspendido del escudo térmico en una segunda sección de tapa por medio de unas terceras barras de suspensión, mientras que el escudo térmico está suspendido del contenedor externo por medio de unas cuartas barras de suspensión.

5 Con este fin, puede estar previsto un anillo portador adicional como parte del contenedor de refrigerante, del cual se suspende el contenedor interno por medio de las terceras barras de suspensión. El anillo portador puede estar suspendido del contenedor externo por medio de las cuartas barras de suspensión. Preferiblemente, están previstas cuatro de estas terceras barras de suspensión dispuestas en forma de estrella y cuatro de estas cuartas barras de suspensión dispuestas en forma de estrella. Preferiblemente, las terceras y cuartas barras de suspensión no presentan respectivamente ningún dispositivo de resorte. Las terceras y cuartas barras de suspensión forman un apoyo fijo del contenedor interno.

Según otra forma de realización, las terceras y las cuartas barras de suspensión atraviesan un contenedor de refrigerante en el que está contenido el líquido criogénico.

15 Preferiblemente, las terceras y las cuartas barras de suspensión atraviesan el contenedor de refrigerante en paralelo a la dirección de la fuerza de gravedad.

Según otra forma de realización, el contenedor interno no es desplazable en la segunda sección de tapa en relación con el escudo térmico.

20 Preferiblemente, el apoyo fijo del contenedor interno está previsto en la segunda sección de tapa. En la primera sección de tapa está previsto un apoyo libre.

Según otra forma de realización, el escudo térmico encierra completamente el contenedor interno.

25 En particular, el escudo térmico está dispuesto también entre el contenedor interno y el contenedor de refrigerante. Esto garantiza que el contenedor interno esté completamente rodeado por superficies que tienen una temperatura correspondiente al punto de ebullición del líquido criogénico, especialmente nitrógeno. Esto aumenta notablemente el tiempo de conservación del helio.

30 Otras posibles implementaciones del contenedor de transporte comprenden también combinaciones no mencionadas de forma explícita anteriormente de características o formas de realización descritas anteriormente o que se describen a continuación en relación con las realizaciones ilustrativas. A este respecto, el experto en la técnica también añadirá aspectos individuales como mejoras o adiciones a la respectiva configuración básica del contenedor de transporte.

35 Otras configuraciones ventajosas del contenedor de transporte son objeto de las reivindicaciones dependientes, así como de las realizaciones ilustrativas del contenedor de transporte que se describen a continuación. A continuación se explica con más detalle el contenedor de transporte mediante formas de realizaciones preferidas haciendo referencia a las figuras adjuntas.

40 La Figura 1 muestra una vista en sección esquemática de una forma de realización de un contenedor de transporte;

La Figura 2 muestra la vista II según la Figura 1;

45 la Figura 3 muestra la vista detallada III según la Figura 1; y

la Figura 4 muestra la vista detallada IV según la Figura 3.

50 En las figuras, a los elementos idénticos o equivalentes se les han dado los mismos símbolos de referencia, a menos que se indique lo contrario.

55 La Figura 1 muestra una vista en sección esquemática muy simplificada de una realización de un contenedor de transporte 1 para helio He líquido o criogénico. La Figura 2 muestra una vista frontal del contenedor de transporte 1 según la vista II de la Figura 1. La Figura 3 muestra la vista detallada III según la Figura 1 y la Figura 4 muestra la vista detallada IV según la Figura 3. En lo sucesivo se hace referencia a las Figuras 1 a 4 simultáneamente.

60 El contenedor de transporte 1 también puede denominarse contenedor de transporte de helio. El contenedor de transporte 1 también puede utilizarse para otros líquidos criogénicos. Ejemplos de líquidos criogénicos, o criógenos para abreviar, son el mencionado helio He líquido (punto de ebullición a 1 bar abs.: 4,222 K = -268,928 °C), hidrógeno H<sub>2</sub> líquido (punto de ebullición a 1 bar abs.: 20,268 K = -252,882 °C), nitrógeno N<sub>2</sub> líquido (punto de ebullición a 1 bar abs.: 77,35 K = -195,80 °C) u oxígeno líquido O<sub>2</sub> (punto de ebullición a 1 bar abs.: 90,18 K = -182,97 °C).

65 El contenedor de transporte 1 comprende un contenedor externo 2. El contenedor externo 2 está hecho, por ejemplo, de acero inoxidable. El contenedor externo 2 puede tener una longitud l<sub>2</sub> de 10 m, por ejemplo. El contenedor externo 2 comprende una sección de base 3 tubular o cilíndrica, que está cerrada frontalmente por ambos lados mediante una sección de tapa 4, 5 respectiva, en particular mediante una primera sección de tapa 4 y

una segunda sección de tapa 5. La sección de base 3 puede tener una geometría circular o casi circular en sección transversal. Las secciones de tapa 4, 5 son arqueadas. Las secciones de tapa 4, 5 se curvan en direcciones opuestas, de modo que ambas secciones de tapa 4, 5 se curvan hacia fuera en relación con la sección de base 3. El contenedor externo 2 es hermético a los fluidos, especialmente a los gases. El contenedor externo 2 presenta un eje de simetría o central  $M_1$  respecto al cual el contenedor externo 2 está dispuesto con simetría de revolución.

El contenedor de transporte 1 también comprende un contenedor interno 6 para contener el helio He líquido. El contenedor interno 6 también está hecho, por ejemplo, de acero inoxidable. En el contenedor interno 6 puede estar prevista una zona de gas 7 con helio He vaporizado y una zona de líquido 8 con helio He líquido, mientras el helio He se encuentre en la región bifásica. El contenedor interno 6 es hermético a los fluidos, en particular a los gases, y puede comprender una válvula de escape para la reducción controlada de la presión. Al igual que el contenedor externo 2, el contenedor interno 6 comprende una sección de base 9 tubular o cilíndrica que está cerrada por ambos lados frontalmente mediante secciones de tapa 10, 11, en particular una primera sección de tapa 10 y una segunda sección de tapa 11. La sección de base 9 puede tener una geometría circular o casi circular en sección transversal.

En la primera sección de tapa 10 puede estar prevista una brida de sujeción 12 cilíndrica. En la segunda sección de tapa 11 puede estar previsto un punto de sujeción 13 axial, que puede tener forma tubular. Las secciones de tapa 10, 11 se curvan en direcciones opuestas, de modo que estas se curvan hacia fuera en relación con la sección de base 9.

Al igual que el contenedor externo 2, el contenedor interno 6 presenta simetría de revolución con respecto al eje central  $M_1$ . Un espacio intermedio 14 previsto entre el contenedor interno 6 y el contenedor externo 2 está a vacío. El contenedor interno 6 también puede presentar un elemento aislante que no se muestra en las Figuras 1 a 4. El elemento aislante presenta una capa de cobre altamente reflectante en la parte exterior, por ejemplo, una lámina de cobre o una lámina de aluminio recubierta de cobre, y una capa aislante de varias capas entre el contenedor interno 6 y la capa de cobre. La capa aislante comprende varias capas alternas de lámina de aluminio perforada y estampada como reflector y de papel de vidrio como espaciador entre las láminas de aluminio. La capa aislante puede comprender 10 capas. Las capas de lámina de aluminio y de papel de vidrio se colocan sobre el contenedor interno 6 sin huecos intermedios, es decir, prensadas. La capa aislante puede consistir en lo que se denomina MLI (*multilayer insulation* o aislamiento multicapa). El contenedor interno 6 y también el elemento aislante tienen una temperatura en el exterior que corresponde aproximadamente a la temperatura del helio He.

El contenedor de transporte 1 también incluye un sistema de refrigeración 15 con un contenedor de refrigerante 16. Preferiblemente, el contenedor de refrigerante 16 presenta también simetría de revolución con respecto al eje central  $M_1$ . El contenedor de refrigerante 16 presenta una abertura 17 en el centro, que se extiende en la dirección del eje central  $M_1$ . Además, el contenedor de refrigerante 16 presenta cuatro aberturas 18, 19, de las cuales solo dos aberturas 18, 19 que se extienden en la dirección de la fuerza de gravedad  $g$  se muestran en la Figura 1. El contenedor de refrigerante 16 contiene un líquido criogénico, especialmente nitrógeno  $N_2$ . En el contenedor de refrigerante 16 puede estar prevista una zona de gas 20 con nitrógeno  $N_2$  vaporizado y una zona de líquido 21 con nitrógeno  $N_2$  líquido.

En una dirección axial A del contenedor interno 6, el contenedor de refrigerante 16 está dispuesto junto al contenedor interno 6. El contenedor de refrigerante 16, al igual que el contenedor interno 6, se encuentra dentro del contenedor externo 2. Entre el contenedor interno 6, en particular, la sección de tapa 11 del contenedor interno 6, y el contenedor de refrigerante 16, está previsto un espacio intermedio 22 que puede formar parte del espacio intermedio 14. Es decir, el espacio intermedio 22 también está a vacío.

El contenedor de transporte 1 también comprende un escudo térmico 23 asociado al sistema de refrigeración 15. El escudo térmico 23 está dispuesto en el espacio intermedio 14 a vacío previsto entre el contenedor interno 6 y el contenedor externo 2. El escudo térmico 23 puede refrigerarse activamente o está refrigerado activamente por medio del nitrógeno  $N_2$  líquido que está contenido en el contenedor de refrigerante 16. En la presente invención, por refrigeración activa se entiende que el nitrógeno  $N_2$  líquido para refrigerar el escudo térmico 23 pasa a través de o a lo largo del mismo. El escudo térmico 23 se refrigera en este caso a una temperatura que corresponde aproximadamente al punto de ebullición del nitrógeno  $N_2$ .

El escudo térmico 23 comprende una sección de base 24 cilíndrica o tubular que está cerrada por ambos lados por una sección de tapa 25, 26 que la cierra frontalmente. Tanto la sección de base 24 como las secciones de tapa 25, 26 se refrigeran activamente por medio del nitrógeno  $N_2$ . De forma alternativa, las secciones de tapa 25, 26 están materialmente unidas a la sección de base 24, de manera que la refrigeración de las secciones de tapa 25, 26 puede lograrse por conducción de calor. La sección de base 24 puede tener una geometría circular o casi circular en sección transversal. Preferiblemente, el escudo térmico 23 presenta también simetría de revolución con respecto al eje central  $M_1$ . Una primera sección de tapa 25 del escudo térmico 23 está dispuesta entre el contenedor interno 6, en particular, la sección de tapa 11 del contenedor interno 6, y el contenedor de refrigerante 16. Una segunda sección de tapa 26 del escudo térmico 23 está en posición opuesta al contenedor de refrigerante 16. El escudo térmico 23 es autoportante; es decir, el escudo térmico 23 no se apoya ni en el contenedor interno 6 ni en el contenedor externo 2.

El escudo térmico 23 es permeable a los fluidos. Esto significa que un espacio intermedio 27 entre el contenedor interno 6 y el escudo térmico 23 está comunicado con el espacio intermedio 14 para el paso de fluidos. Esto

permite poner a vacío los espacios intermedios 14, 27 simultáneamente. El escudo térmico 23 puede tener perforaciones, aberturas o similares para permitir la puesta a vacío de los espacios intermedios 14, 27. Preferiblemente, el escudo térmico 23 está fabricado de un material de aluminio de alta pureza.

5 La primera sección de tapa 25 del escudo térmico 23 protege completamente el contenedor de refrigerante 16 respecto del contenedor interno 6. Esto significa que, visto desde el contenedor interno 6 hacia el contenedor de refrigerante 16, el contenedor de refrigerante 16 está completamente cubierto por la primera sección de tapa 25 del escudo térmico 23. En particular, el escudo térmico 23 encierra completamente el contenedor interno 6. Esto significa que el contenedor interno 6 está dispuesto en su totalidad dentro del escudo térmico 23, donde el escudo  
10 térmico 23, como se ha mencionado anteriormente, no es hermético a los fluidos.

El escudo térmico 23 comprende al menos uno, pero preferiblemente varios conductos de refrigeración para la refrigeración activa de este. Por ejemplo, el escudo térmico 23 puede tener seis conductos de refrigeración. El conducto o conductos de refrigeración están comunicados con el contenedor de refrigerante 16 para el paso de fluidos, de modo que  
15 el nitrógeno N<sub>2</sub> líquido puede fluir desde el contenedor de refrigerante 16 hacia el conducto o conductos de refrigeración. El sistema de refrigeración 15 también puede comprender un separador de fase no mostrado, que está diseñado para separar el nitrógeno N<sub>2</sub> gaseoso del nitrógeno N<sub>2</sub> líquido. Por medio del separador de fase, el nitrógeno N<sub>2</sub> gaseoso producido durante la ebullición del nitrógeno N<sub>2</sub> líquido puede ser expulsado del sistema de refrigeración 15.

20 El conducto o conductos de refrigeración están previstos tanto en la sección de base 24 como en las secciones de tapa 25, 26 del escudo térmico 23. Alternativamente, las secciones de tapa 25, 26 pueden estar materialmente unidas a la sección de base 24 de modo que su refrigeración se produzca por conducción de calor. El conducto o conductos de refrigeración presentan una inclinación con respecto a una horizontal H, que es perpendicular a la dirección de la fuerza de gravedad g. En particular, el conducto o conductos de refrigeración describen un ángulo de más de 3° con respecto a la horizontal H.

25 Entre el escudo térmico 23 y el contenedor externo 2, puede estar dispuesta otra capa aislante multicapa, en particular un MLI, que llena completamente el espacio intermedio 14 y, por lo tanto, entra en contacto internamente con la parte exterior del escudo térmico 23 y con la parte interior del contenedor externo 2. Las capas de lámina de aluminio como reflector y la seda de filamentos de vidrio, el papel de vidrio o el tejido de malla de vidrio de la capa aislante, a diferencia del elemento  
30 aislante del contenedor interno 6 descrito anteriormente, se colocan de manera mullida en el espacio intermedio 14. “De manera mullida” significa aquí que las capas de lámina de aluminio y la seda de filamentos de vidrio, el papel de vidrio o el tejido de malla de vidrio no están prensados, de modo que el estampado y la perforación de la lámina de aluminio permiten que la capa aislante y, por lo tanto, el espacio intermedio 14, pueda ponerse a vacío sin problemas. También se reduce el indeseado contacto mecánico-térmico entre las capas de lámina de aluminio. Este contacto podría interferir con el  
35 gradiente de temperatura de las capas de lámina de aluminio que se establece por intercambio de radiación.

El escudo térmico 23 está dispuesto distanciado perimetralmente de la capa de cobre del elemento aislante del contenedor interno 6 y no lo toca. Esto reduce la incidencia del calor por radiación al mínimo físicamente posible. La anchura de un hueco intermedio previsto entre la capa de cobre y el escudo térmico 23 puede ser de 10 mm. Esto significa que el calor solo puede ser transferido desde las superficies del contenedor interno 6 al escudo  
40 térmico 23 por radiación y conducción de gases residuales.

El contenedor interno 6 está firmemente unido al contenedor externo 2 en una sección de extremo asociada a la primera sección de tapa 11. Esto significa que el contenedor interno 6 no es desplazable en la segunda sección de  
45 tapa 11 con respecto al escudo térmico 23 y al contenedor externo 2. En el contenedor externo 2 está previsto un punto de sujeción 28, en particular de forma tubular, que está unido al punto de sujeción 13. Los puntos de fijación 13, 28 atraviesan la abertura 17 prevista en el contenedor de refrigerante 16. El contenedor de refrigerante 16 también está fijado axialmente en el contenedor externo 2.

50 El escudo térmico 23 comprende un anillo portador 29, que está asociado a la primera sección de tapa 10 del contenedor interno 6. El anillo portador 29 puede, por ejemplo, estar materialmente unido a la sección de base 24 del escudo térmico 23. El contenedor interno 6 está suspendido del anillo portador 29 a través de la brida de sujeción 12 por medio de unas primeras barras de suspensión 30 a 33. Las primeras barras de suspensión 30 a 33 son especialmente barras de tracción. El número de las primeras barras de suspensión 30 a 33 es discrecional. Por  
55 ejemplo, pueden estar previstas cuatro de estas primeras barras de suspensión 30 a 33, dispuestas en forma de estrella. Las primeras barras de suspensión 30 a 33 pueden estar dispuestas distribuidas de manera no uniforme a lo largo de una circunferencia del anillo portador 29. Dos primeras barras de suspensión 32, 33 están dispuestas por debajo del eje central M<sub>1</sub> con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad g. Otras dos primeras barras de suspensión 30, 31 están dispuestas por encima del eje central M<sub>1</sub> con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad g. Cada una de las primeras barras de suspensión 30 a 33 se hace pasar desde la brida de sujeción 12 hasta el anillo portador 29 y conecta el anillo portador 29 a la brida de sujeción 12.  
60

Además, el anillo portador 29 está suspendido del contenedor externo 2 por medio de unas segundas barras de suspensión 34 a 37. Las segundas barras de suspensión 34 a 37 están preferiblemente dispuestas también en forma de  
65 estrella y pueden estar dispuestas distribuidas de manera no uniforme alrededor de la circunferencia del anillo portador 29. El número de segundas barras de suspensión 34 a 37 es discrecional. Por ejemplo, están previstas cuatro de estas

segundas barras de suspensión 34 a 37. Dos de las segundas barras de suspensión 36, 37 están dispuestas por debajo del eje central  $M_1$  con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad  $g$ . Otras dos de las segundas barras de suspensión 34, 35 están dispuestas por encima del eje central  $M_1$  con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad  $g$ .

5 Al menos una de las primeras barras de suspensión 32, 33 presenta un primer dispositivo de resorte 38. Preferiblemente las dos primeras barras de suspensión 32, 33, que están dispuestas por debajo del eje central  $M_1$  con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad  $g$ , presentan un dispositivo de resorte 38 de este tipo. Las primeras barras de suspensión 30, 31 que están dispuestas por encima del eje central  $M_1$  con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad  $g$  no presentan tal primer dispositivo de resorte 38.

10 El anillo portador 29 comprende varias escotaduras 39 a 42, en cada una de las cuales escotaduras 39 a 42 se aloja una segunda barra de suspensión 34 a 37. Las escotaduras 39 a 42 se extienden radialmente hacia dentro desde el anillo portador 29 hacia la brida de sujeción 12. Cada una de las segundas barras de suspensión 34 a 37 se apoya en la escotadura 39 a 42 que tiene asignada. Así, el anillo portador 29 está suspendido del contenedor externo 2 a través de las escotaduras 39 a 42 y las segundas barras de suspensión 34 a 37. En las Figuras 2 y 3 se muestran las segundas barras de suspensión 34, 35 en una posición de montaje en la que aún no están apoyadas en las escotaduras 39, 40 que tienen asignadas. Después de montar el contenedor de transporte 1, las tuercas previstas en las segundas barras de suspensión 34, 35 están en contacto con las escotaduras 39, 40.

20 En cada una de las dos segundas barras de suspensión 36, 37 que se encuentran por debajo del eje central  $M_1$  con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad  $g$  están previstos segundos dispositivos de resorte 43. En principio, los primeros dispositivos de resorte 38 y los segundos dispositivos de resorte 43 son idénticos. Los segundos dispositivos de resorte 43 se apoyan en las escotaduras 41, 42. Las segundas barras de suspensión 34, 35 que están dispuestas por encima del eje central  $M_1$  con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad  $g$  no presentan tales dispositivos de resorte 43. En la Figura 3 se muestra la segunda barra de suspensión 37 en una posición de montaje en la que el segundo dispositivo de resorte 43 no tiene contacto con la escotadura 42. Después de montar el contenedor de transporte 1, el segundo dispositivo de resorte 43 tiene contacto con la escotadura 42.

30 Gracias a las escotaduras 39 a 42 se puede lograr la mayor longitud mecánica posible de las segundas barras de suspensión 34 a 37. Esto significa que el trayecto de conducción de calor desde el contenedor externo 2 hasta el anillo portador 29 es lo más largo posible, lo que permite reducir el aporte de calor al escudo térmico 23. Mediante los dispositivos de resorte 38, 43 se puede garantizar una precarga de resorte de las primeras barras de suspensión 32, 33 y de las segundas barras de suspensión 36, 37 en caso de que se produzcan diferentes dilataciones térmicas del contenedor interno 6 y del escudo térmico 23.

35 La Figura 4 muestra una vista detallada ampliada del segundo dispositivo de resorte 43. Cada uno de los dispositivos de resorte 38, 43 presenta una pluralidad de paquetes de resortes de disco o elementos de resorte de disco 44, de los cuales solo uno está indicado con un símbolo de referencia en la Figura 4. Cada elemento de resorte de disco 44 comprende uno, dos o más resortes de disco arqueados colocados uno sobre otro. Los elementos de resorte de disco 44 adyacentes están dispuestos de manera que se curvan en direcciones opuestas. Esto permite lograr el efecto de resorte deseado.

45 Volviendo ahora a la Figura 1, la segunda sección de tapa 11 del contenedor interno 6 está provista de cuatro terceras barras 45, 46 de suspensión dispuestas en forma de estrella, de las cuales solo dos se muestran en la Figura 1. Por medio de las terceras barras de suspensión 45, 46, el contenedor interno 6 está suspendido del escudo térmico 23 o del contenedor de refrigerante 16. El escudo térmico 23 está nuevamente suspendido del contenedor externo 2 por medio de las cuartas barras de suspensión 47, 48, de las cuales solo dos se muestran en la Figura 1. Para sujetar las barras de suspensión 45 a 48 también puede estar previsto un anillo portador adicional. Las barras de suspensión 45 a 48 atraviesan las aberturas 18, 19 previstas en el contenedor de refrigerante 16.

50 El contenedor de transporte 1 comprende también varios dispositivos antitorsión 49, 50, que impiden que el contenedor interno 6 se retuerza con respecto al anillo portador 29. Los dispositivos antitorsión están diseñados 49, 50 como bandas de acero, por ejemplo. En particular, los dispositivos antitorsión 49, 50 están unidos fijamente con un extremo a la sección de tapa 10 del contenedor interno 6 y con el otro extremo al anillo portador 29, respectivamente.

55 A continuación se resume el modo de funcionamiento del contenedor de transporte 1. Antes de llenar el contenedor interno 6 con el helio He líquido, el escudo térmico 23 se refrigera primero con del nitrógeno  $N_2$  criogénico, inicialmente gaseoso y después líquido, al menos aproximada o completamente hasta el punto de ebullición (1,3 bar abs.: 79,5 K) del nitrógeno  $N_2$  líquido. El contenedor interno 6 aún no se refrigera activamente. Al refrigerar el escudo térmico 23, el gas residual a vacío que aún está en el espacio intermedio 14 se congela sobre el escudo térmico 23. Cuando el contenedor interno 6 se llena con el helio He líquido, esto evita que el gas residual a vacío se congele sobre la parte exterior del contenedor interno 6 y contamine así la superficie metálica lisa de la capa de cobre del elemento aislante del contenedor interno 6. Tan pronto como el escudo térmico 23 y el contenedor de refrigerante 16 están completamente refrigerados y el contenedor de refrigerante 16 vuelve a estar relleno con nitrógeno  $N_2$ , el contenedor interno 6 se llena con el helio He líquido.

65

5 Dado que el escudo térmico 23 se refrigera en primer lugar y que el contenedor interno 6 aún no está lleno de helio He, se produce una diferencia de longitud entre el escudo térmico 23 refrigerado y el contenedor interno 6, por un lado, debido a las diferentes temperaturas y, por otro lado, debido a los diferentes coeficientes de dilatación térmica de los materiales del escudo térmico 23, a saber, aluminio, y del material del contenedor interno 6, a saber, acero inoxidable. Esto puede conllevar movimientos relativos entre el escudo térmico 23 y el contenedor interno 6. Las tensiones térmicas causadas por el movimiento relativo entre el escudo térmico 23 y el contenedor interno 6 son notablemente mayores que las que se producen a la temperatura de funcionamiento del contenedor de transporte 1 y que vienen dadas por la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica del aluminio y del acero inoxidable.

10 Estas tensiones durante la puesta en funcionamiento ya no pueden ser absorbidas por las deformaciones elásticas de la primera y segunda barras de suspensión 30 a 37, sino que se producirá una deformación plástica, es decir, una elongación permanente de las barras de suspensión 30 a 37. En este sentido, el contenedor interno 6 puede caer ligeramente y quedar así en ligeramente oblicuo respecto al eje central M<sub>1</sub>. Sin embargo, los dispositivos de resorte 38, 43 garantizan que las barras de suspensión 30 a 37 no sufran ninguna deformación plástica significativa y estén siempre sometidas a tensión por tracción. Los dispositivos de resorte 38, 43 evitan así que las dos barras de suspensión 32, 33, 36, 15 37 inferiores respectivas se aflojen. Esto impide a su vez que el contenedor interno 6 quede suelto dentro del contenedor externo 2, lo que evita de manera fiable que se produzcan fuerzas de aceleración adicionales, por ejemplo, durante el transporte del contenedor de transporte 1. De esta manera, se pueden evitar deformaciones plásticas adicionales de las barras de suspensión 30 a 37 debido a estas fuerzas de aceleración mediante la precarga del resorte con los dispositivos 20 de resorte 38, 43. Esto puede evitar que el contenedor interno 6 caiga demasiado en el contenedor externo 2 o que las barras de suspensión 30 a 37 se rompan y, por lo tanto, se dañe el contenedor de transporte 1.

Aunque la presente invención se ha descrito a partir de realizaciones ilustrativas, puede ser modificada de muchas maneras dentro del alcance de las reivindicaciones.

25 Símbolos de referencia utilizados

1	Contenedor de transporte
2	Contenedor externo
3	Sección de base
4	Sección de tapa
5	Sección de tapa
6	Contenedor interno
7	Zona de gas
8	Zona de líquido
9	Sección de base
10	Sección de tapa
11	Sección de tapa
12	Brida de sujeción
13	Punto de sujeción
14	Espacio intermedio
15	Sistema de refrigeración
16	Contenedor de refrigerante
17	Abertura
18	Abertura
19	Abertura
20	Zona de gas
21	Zona de líquido
22	Espacio intermedio
23	Escudo
24	Sección de base
25	Sección de tapa
26	Sección de tapa
27	Espacio intermedio
28	Punto de sujeción
29	Anillo portador
30	Barra de suspensión
31	Barra de suspensión
32	Barra de suspensión
33	Barra de suspensión

34	Barra de suspensión
35	Barra de suspensión
36	Barra de suspensión
37	Barra de suspensión
38	Dispositivo de resorte
39	Escotadura
40	Escotadura
41	Escotadura
42	Escotadura
43	Dispositivo de resorte
44	Elemento de resorte de disco
45	Barra de suspensión
46	Barra de suspensión
47	Barra de suspensión
48	Barra de suspensión
49	Dispositivo antitorsión
50	Dispositivo antitorsión
A	Dirección axial
g	Dirección de la fuerza de gravedad
H	Horizontal
He	Helio
H <sub>2</sub>	Hidrógeno
l <sub>2</sub>	Longitud
M <sub>1</sub>	Eje central
N <sub>2</sub>	Nitrógeno
O <sub>2</sub>	Oxígeno

**REIVINDICACIONES**

1. Contenedor de transporte (1) para helio (He), con un contenedor interno (6) para contener el helio (He), un escudo térmico (23) que puede ser refrigerado activamente por medio de un líquido criogénico (N<sub>2</sub>) y en el que se aloja el contenedor interno (6), un contenedor externo (2), en el que se alojan el escudo térmico (23) y el contenedor interno (6) y un anillo portador (29) previsto en el escudo térmico (23), donde el contenedor interno (6) está suspendido del anillo portador (29) por medio de unas primeras barras de suspensión (30-33), donde el anillo portador (29) está suspendido del contenedor externo (2) por medio de unas segundas barras de suspensión (34-37), donde al menos una de las primeras barras de suspensión (30-33) presenta un primer dispositivo de resorte (38) y al menos una de las segundas barras de suspensión (34-37) presenta un segundo dispositivo de resorte (43) para garantizar un pretensado de resorte de las primeras barras de suspensión (30-33) y de las segundas barras de suspensión (34-37) en caso de que se produzcan diferentes dilataciones térmicas del contenedor interno (6) y del escudo térmico (23).
2. Contenedor de transporte según la reivindicación 1, donde las primeras barras de suspensión (30-33) y las segundas barras de suspensión (34-37) están dispuestas respectivamente en forma de estrella.
3. Contenedor de transporte según la reivindicación 1 o 2, donde el primer dispositivo de resorte (38) y el segundo dispositivo de resorte (43) presentan cada uno varios elementos de resorte de disco (44).
4. Contenedor de transporte según una de las reivindicaciones 1 a 3, donde están previstas cuatro primeras barras de suspensión (30-33) y cuatro segundas barras (34-37) de suspensión respectivamente.
5. Contenedor de transporte según una de las reivindicaciones 1 a 4, donde la al menos una primera barra de suspensión (30-33), que presenta el primer dispositivo de resorte (38), está dispuesta por debajo de un eje central (M<sub>1</sub>) del contenedor externo (2) con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad (g).
6. Contenedor de transporte según la reivindicación 5, donde dos primeras barras de suspensión (32, 33), cada una de las cuales presenta un primer dispositivo de resorte (38), están dispuestas por debajo del eje central (M<sub>1</sub>) del contenedor externo (2) con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad (g).
7. Contenedor de transporte según la reivindicación 5 o 6, donde la al menos una segunda barra de suspensión (34-37), que presenta el segundo dispositivo de resorte (43), está dispuesta por debajo del eje central (M<sub>1</sub>) del contenedor externo (2) con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad (g).
8. Contenedor de transporte según la reivindicación 7, donde dos segundas barras de suspensión (36, 37), cada una de las cuales presenta un segundo dispositivo de resorte (43), están dispuestas por debajo del eje central (M<sub>1</sub>) del contenedor externo (2) con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad (g).
9. Contenedor de transporte según una de las reivindicaciones 1 a 8, donde el anillo portador (29) presenta unas escotaduras (39-42) en las que están dispuestas las segundas barras de suspensión (34-37).
10. Contenedor de transporte según una de las reivindicaciones 1 a 9, donde el contenedor interno (6) presenta una brida de sujeción (12) a la que están sujetas las primeras barras de suspensión (30-33).
11. Contenedor de transporte según una de las reivindicaciones 1 a 10, donde el anillo portador (29), las primeras barras de suspensión (30-33) y las segundas barras de suspensión (34-37) están asociadas a una primera sección de tapa (10) del contenedor interno (6).
12. Contenedor de transporte según la reivindicación 11, donde el contenedor interno (6) está suspendido del escudo térmico (23) en una segunda sección de tapa (11) por medio de unas terceras barras de suspensión (45, 46) y donde el escudo térmico (23) está suspendido del contenedor externo (2) por medio de unas cuartas barras de suspensión (47, 48).
13. Contenedor de transporte según la reivindicación 12, donde las terceras barras de suspensión (45, 46) y las cuartas barras de suspensión (47, 48) atraviesan un contenedor de refrigerante (16) que contiene el líquido criogénico (N<sub>2</sub>).
14. Contenedor de transporte según la reivindicación 13, donde el contenedor interno (6) no es desplazable en la segunda sección de tapa (11) con respecto al escudo térmico (23).
15. Contenedor de transporte según una de las reivindicaciones 1 a 14, donde el escudo térmico (23) encierra completamente el contenedor interno (6).

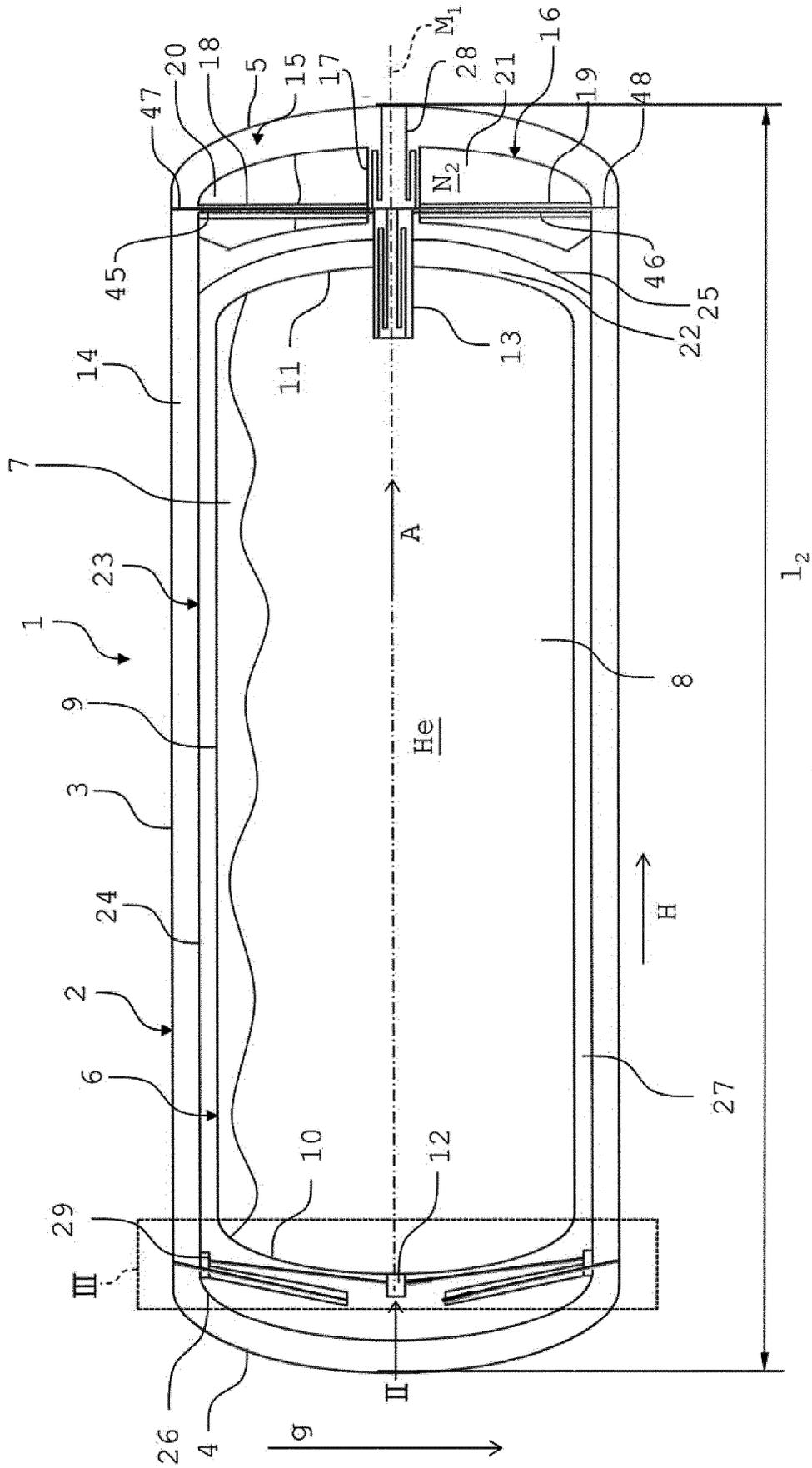


Fig. 1

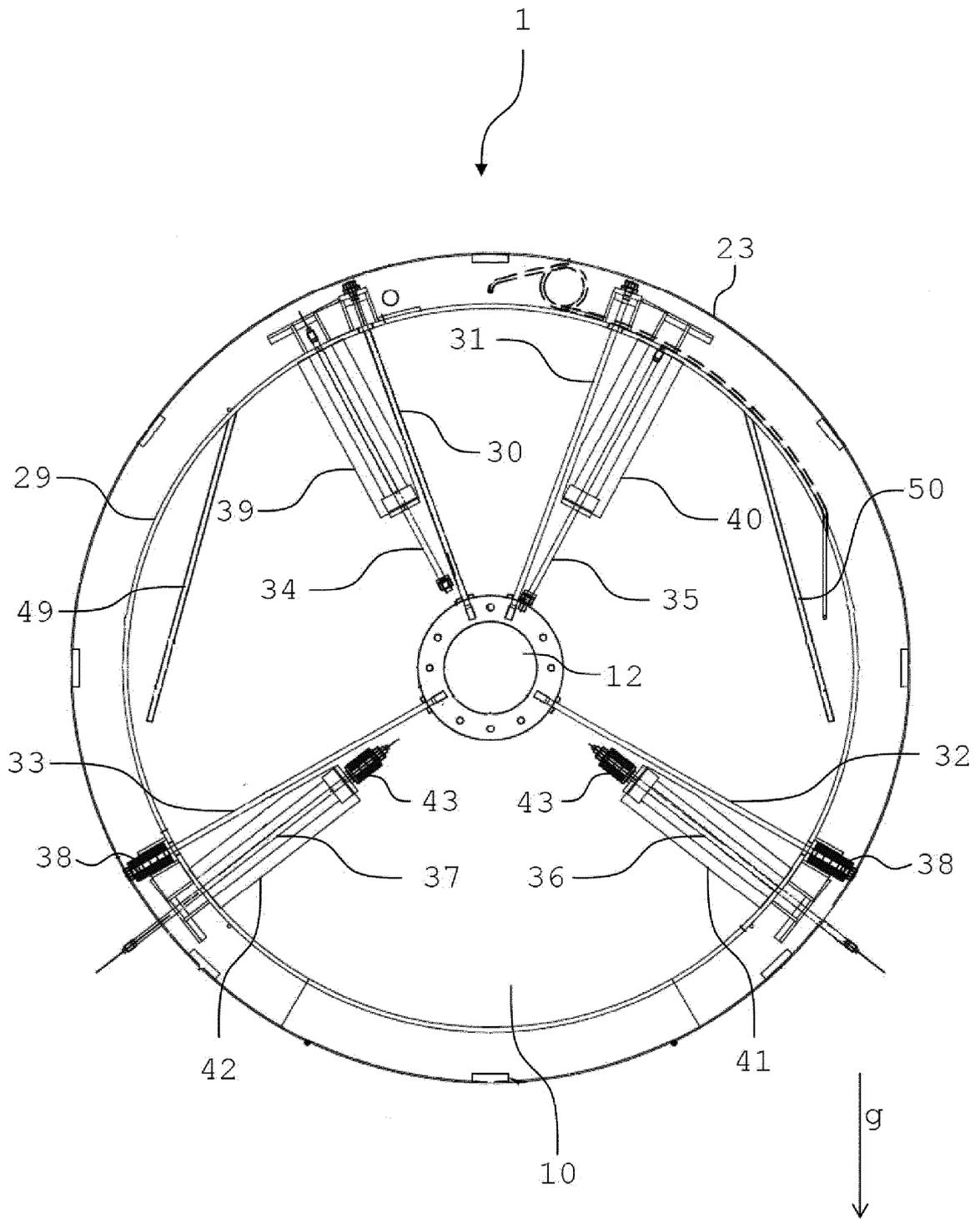


Fig. 2

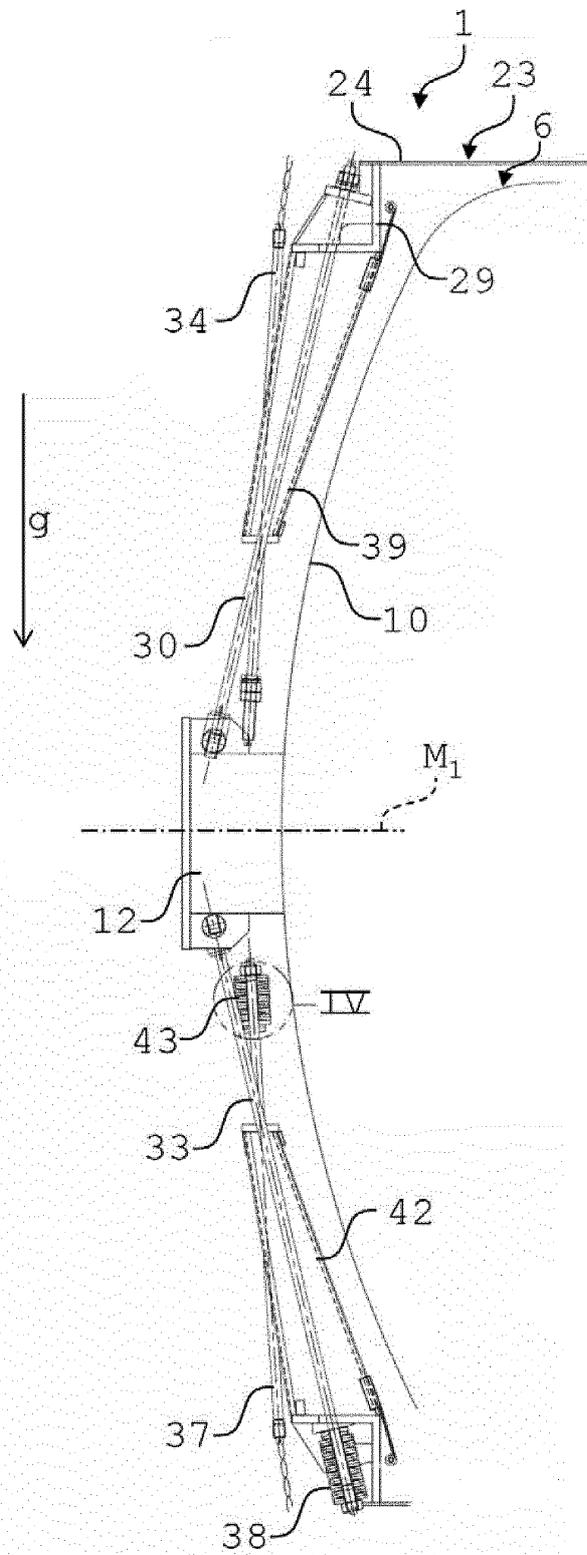


Fig. 3

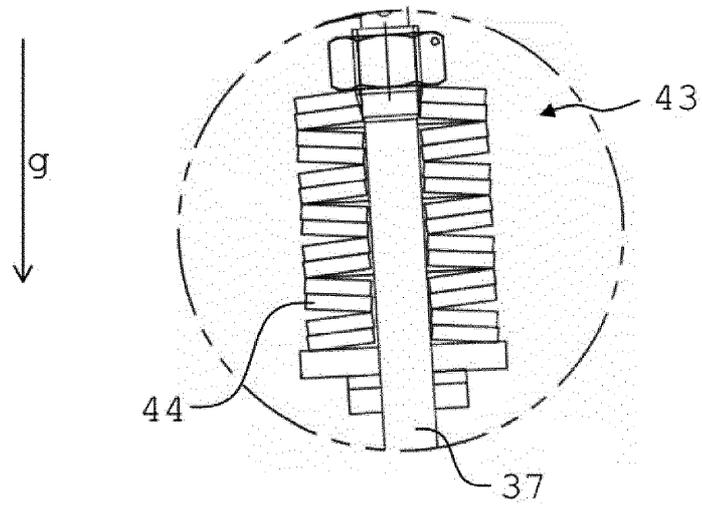


Fig. 4