

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 780 934**

51 Int. Cl.:

H01F 6/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2013 E 17170279 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3273450**

54 Título: **Aparato de imán**

30 Prioridad:

04.10.2012 GB 201217782

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

27.08.2020

73 Titular/es:

**TESLA ENGINEERING LIMITED (100.0%)
Water Lane, Storrington
Sussex RH20 3EA, GB**

72 Inventor/es:

**GOLDIE, FREDERICK THOMAS DAVID y
CLAYTON, PATRICK BRIAN**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 780 934 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

Aparato de imán

[0001] La presente invención se refiere a una disposición para alojar un imán en una cámara de vacío de modo que el imán se pueda mantener a baja temperatura.

5 **[0002]** Los experimentos de física de alta energía, los aceleradores de partículas para tratamientos médicos y otras aplicaciones requieren potentes imanes superconductores para formar y controlar haces de partículas de alta energía. Las bobinas de imán superconductor normalmente funcionan a bajas temperaturas y se alojan habitualmente en una "masa fría" suspendida dentro de una cámara de vacío o criostato para proporcionar un alto nivel de aislamiento térmico. Los sistemas de refrigeración criogénicos se usan habitualmente para reducir la temperatura de las bobinas magnéticas hasta su temperatura operativa, habitualmente a aproximadamente 4K. Estos sistemas de refrigeración criogénicos habitualmente tienen requisitos de energía relativamente bajos cuando un imán único se usa en aislamiento porque la cámara de vacío puede aislar eficazmente el imán frío de su entorno.

10 **[0003]** En algunas disposiciones es necesario proporcionar varios imanes muy próximos entre sí. En estas disposiciones pueden actuar fuerzas mecánicas atractivas o repulsivas muy altas sobre las bobinas magnéticas. Estas fuerzas podrían dañar potencialmente el sistema de suspensión o causar otro daño estructural a menos que se proporcione una fuerza restauradora apropiada.

15 **[0004]** Un método conocido para tratar con estas fuerzas es proporcionar un soporte estructural al imán dentro de su cámara de vacío. De esta manera el mecanismo de soporte puede proporcionar una fuerza restauradora para resistir cualquier movimiento del imán. Una desventaja de esta técnica es que la alta suspensión de fuerza y los sistemas de soporte normalmente tienen propiedades de aislamiento térmico relativamente pobres. Por tanto, el mecanismo de soporte conduce habitualmente calor del entorno circundante hacia la bobina magnética de baja temperatura. Este efecto de calentamiento significa que hay un requisito de enfriamiento aumentado para la bobina magnética, que aumenta los gastos de explotación de manera que el sistema de imanes puede ser excesivamente costoso.

20 **[0005]** Otro método conocido para tratar con estas fuerzas es conectar bobinas magnéticas juntas. Habitualmente esto se consigue al organizar las bobinas magnéticas pertinentes en una única cámara de vacío. La conexión entre las bobinas magnéticas puede evitar por lo tanto que las bobinas se muevan una respecto a la otra. La conexión puede también mantenerse en la misma baja temperatura que los imanes de modo que no hay intercambio térmico con el entorno circundante. Una desventaja con este método es que hay una flexibilidad limitada en la disposición de los imanes tras la construcción. Si se requiriese cualquier reordenamiento de los imanes entonces los imanes tendrían que desenergizarse y calentarse, y la cámara de vacío tendría que estar abierta. El sistema luego tendría que ser evacuado y enfriado de nuevo a su temperatura operativa antes de reutilizarlo. Además, la geometría de los sistemas de suspensión de tensión, que están diseñados para autocentrarse durante el enfriamiento de temperatura ambiente a temperatura operativa, se optimiza normalmente para un tamaño de masa fría de manera que esta también puede tener que ajustarse o cambiarse.

25 **[0006]** El documento US 2011/241684 A1 da a conocer un sistema de MRI que tiene una configuración de MRI dividida.

30 **[0007]** El documento EP 0797059 A2 da a conocer un aparato de refrigeración criogénico para enfriar un objeto tal como una bobina superconductora.

35 **[0008]** El documento US 2004/108925 A1 describe un elemento de soporte para suspender un cartucho magnético dentro de una cámara de vacío en un ensamblaje de imán superconductor.

[0009] La presente invención se destina a superar algunos de los problemas descritos anteriormente.

[0010] Según primeros y segundos aspectos de la presente invención se proporciona un aparato de imán según las reivindicaciones 1 y 11 respectivamente.

40 **[0011]** Un acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionarse entre el conector de carga y una pared interna de la primera cámara de vacío. El conector de carga en caso de existir está dispuesto de manera que se extiende desde la primera cámara de vacío hasta la segunda cámara de vacío. Por tanto, resulta importante establecer una disposición de sellado alrededor del conector de carga donde este entra/sale de una cámara de vacío. En configuraciones determinadas es imperativo que el conector de carga esté realmente conectado a una pared interna de la cámara de vacío para crear un sello eficaz. Dicha conexión directa puede crear problemas ya que cualquier intento de enfriar el conector de carga enfriaría también la cámara de vacío. Al proporcionar un acoplamiento de aislamiento térmico entre el conector de carga y la pared interna de la cámara de vacío puede ser posible mantener un sello eficaz alrededor del conector de carga mientras se minimiza el intercambio térmico con la cámara de vacío.

[0012] En una disposición el acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionarse al crear un camino de conducción térmica largo entre los componentes. Este podría crearse con un camino sinuoso de manera que el acoplamiento se parezca a fuelles comprimidos.

[0013] El acoplamiento de aislamiento térmico puede ser flexible. De esta manera el acoplamiento puede absorber cambios de longitud que pueden ocurrir debido a la dilatación y contracción térmica y/o debido a cambios en la carga mecánica o al movimiento relativo. Una disposición flexible puede proporcionarse usando un acoplamiento sinuoso.

[0014] Un primer acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionarse entre el conector de carga y el protector de radiación, y un segundo acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionarse entre el protector de radiación y la pared interna de la primera cámara de vacío. De esta manera el conector de carga, el protector de radiación y las cámaras de vacío se pueden proveer a distintas temperaturas ya que cada uno está térmicamente aislado del otro. Sin embargo, los tres componentes se pueden conectar juntos para asegurar que hay un sello eficaz en la cámara de vacío en el punto donde el conector de carga entra/sale de una cámara de vacío. En una forma simétrica en la segunda cámara de vacío, un primer acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionarse entre el conector de carga y el protector de radiación, y un segundo acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionarse entre el protector de radiación y una pared interna de la segunda cámara de vacío.

[0015] La pared interna de la primera cámara de vacío puede incluir un saliente que forme parte del mecanismo de sellado. Preferiblemente un acoplamiento flexible se proporciona entre el saliente de la primera cámara de vacío y un saliente correspondiente de la segunda cámara de vacío. El conector de carga puede estar anidado parcialmente en el acoplamiento de aislamiento térmico que lo conecta al protector de radiación. De esta manera, el acoplamiento de aislamiento térmico puede proporcionar un efecto de protección adicional para el conector de carga.

[0016] En una disposición el protector de radiación está dispuesto para proteger el conector de carga de la radiación térmica emitida desde la pared interna de la cámara de vacío. El protector de radiación se mantiene generalmente a una temperatura intermedia al conector de carga y la cámara de vacío. El conector de carga puede estar a aproximadamente 4K, el protector de radiación puede estar a aproximadamente 70K y la cámara de vacío puede estar a aproximadamente 290K (temperatura ambiente).

[0017] Preferiblemente la primera cámara de vacío comprende un montaje que está configurado para ensamblarse en una guía sobre la que la primera cámara de vacío se puede trasladar. En una configuración la primera cámara de vacío se puede montar sobre un raíl o un deslizamiento lineal. De esta manera el primer imán se puede trasladar con respecto a un segundo imán de modo que se puede conseguir un espaciado seleccionado entre los dos.

[0018] El conector de carga puede comprender una primera porción para su fijación a un primer imán y una segunda porción para su fijación a un segundo imán, y el conector de carga puede comprender además un componente de alineamiento para asegurar que las primeras y segundas partes se alinean correctamente. Este puede permitir que la primera porción de conector de carga esté asociada con un primer imán y la segunda porción de conector de carga esté asociada con un segundo imán. Los primeros y segundos imanes pueden, por lo tanto, manejarse por separado. Cuando los imanes se unen el componente de alineamiento puede asegurar que las primeras y segundas partes están centradas una con respecto a la otra. Esta configuración puede asegurar que el conector de carga distribuye la carga correctamente. El componente de alineamiento puede comprender una proyección cónica en la primera porción de conector de carga y una pieza de localización correspondiente en la segunda porción del conector de carga.

[0019] El componente de alineamiento puede permitir un movimiento relativo de las primeras y segundas partes de conector de carga en una dirección seleccionada. Por ejemplo, el componente de alineamiento puede permitir un movimiento relativo en una dirección circunferencial, con respecto al eje principal de los imanes, pero resiste el movimiento en otras direcciones. Esto podría conseguirse, por ejemplo, con una disposición de pasador en ranura. Diferentes tipos de componente de alineamiento pueden proporcionarse entre cada par de partes de conector de carga.

[0020] La tapa se puede usar para cubrir el conector de carga cuando no está conectado a un componente que puede proporcionar una fuerza restauradora. La otra cámara de vacío creada entre la tapa y la disposición de sellado puede asegurar que el conector de carga permanece aislado térmicamente de sus alrededores, incluso cuando el primer imán se usa por sí solo.

[0021] El conector de carga puede comprender una cara final y la primera disposición de sellado comprende preferiblemente un elemento de polarización para desviar un componente de la primera disposición de sellado hacia afuera desde la cara final. Esta disposición minimiza preferiblemente cualquier contacto térmico entre la disposición de sellado y el conector de carga.

[0022] El conector de carga será normalmente una entidad multiparte. Así por ejemplo, el conector de carga puede comprender un pin de conector de carga y al menos una placa de sellado separada. La placa de sellado puede formar parte de una disposición de sellado. El pin de conector de carga se puede alojar dentro de al menos una disposición de sellado.

5 **[0023]** La función importante del conector de carga es a transferir carga cuando el o cada imán es energizado. Siempre que esto se pueda conseguir el número de componentes separados que van juntos para componer el conector de carga al menos en algunas circunstancias no es particularmente pertinente.

[0024] De forma similar el conector de carga puede estar solo en contacto térmico con uno o ambos de los imanes cuando está en uso.

10 **[0025]** El conector de carga puede ser retroinstalable. En tal caso es más posible que el conector de carga no esté unido al imán.

[0026] El conector de carga puede comprender parte de al menos una disposición de sellado. La al menos una disposición de sellado puede comprender el conector de carga. La disposición de sellado puede comprender un par de partes de disposición de sellado.

15 **[0027]** El pin de conector de carga se puede recibir en un primer enchufe provisto en una primera porción de disposición de sellado que es para sellar la primera cámara de vacío y recibirse en un segundo enchufe provisto en una segunda porción de disposición de sellado que es para sellar la segunda cámara de vacío.

20 **[0028]** Cada una de las características descritas anteriormente después de cada uno de los aspectos anteriores de la invención son igualmente aplicables a cada uno de los respectivos otros aspectos de la invención. Estas características no se escriben de nuevo después cada aspecto de la invención en los intereses de brevedad.

[0029] Ahora se describirán las características preferidas de la presente invención, puramente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos anexos, donde:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato que incluye dos imanes superconductores que es útil para comprender la presente invención;

25 La Figura 2 es una vista en sección transversal del aparato mostrado en la figura 1;

La Figura 3 es una vista en sección transversal parcial de un mecanismo de sellado para su utilización en un aparato que es útil para comprender la invención;

La Figura 4 es una vista en sección transversal parcial de un mecanismo de sellado cubierto para su utilización en un aparato en una forma de realización de la invención;

30 La Figura 5 es una vista en perspectiva de un aparato que incluye dos imanes superconductores que es útil para comprender la presente invención;

La Figura 6 es una vista lateral del aparato mostrado en la figura 5;

La Figura 7 es una vista en sección transversal del aparato mostrado en la figura 5;

La Figura 8 es una vista en sección transversal que muestra más detalles que la figura 7;

35 La Figura 9 es una vista en sección transversal en perspectiva que muestra más detalles que la figura 8;

La Figura 10 es una vista lateral de un aparato con dos imanes superconductores que es útil para comprender la invención; y

La Figura 11 es una vista en sección transversal de un mecanismo de sellado alternativo y una disposición de conector de carga que es útil para comprender la invención.

40 **[0030]** Las Figuras 1 y 2 muestran un aparato 1 que comprende una primera cámara de vacío 2 y una segunda cámara de vacío 4. Los imanes superconductores (no mostrados) están dispuestos en las respectivas cámaras de vacío 2, 4. Un ensamblaje de enfriamiento 18 está provisto en la primera cámara de vacío 2 para enfriar el imán hasta aproximadamente 4K. Un ensamblaje de enfriamiento correspondiente 20 está provisto en la segunda cámara de vacío 4. Los imanes enfriados se suspenden en las cámaras de vacío 2, 4 de modo que se pueden
45 mantener a bajas temperaturas con un calentamiento conductor mínimo o convectivo de los alrededores.

[0031] Un protector de radiación 3, 5 se proporciona en cada cámara de vacío. El protector de radiación 3, 5 está dispuesto entre el imán enfriado y una pared interna de la cámara de vacío pertinente 2, 4. El protector de radiación 3, 5 puede interceptar radiación térmica emitida por la pared interna de la cámara de vacío para evitar que caliente

el imán. El protector de radiación 3, 5 está dispuesto a una baja temperatura de alrededor de 70K de modo que no causa un efecto de calentamiento significativo para el imán debido a la radiación térmica.

[0032] Cada cámara de vacío 2, 4 está soportada por un bastidor 6, 8, y cada bastidor está instalado en un sistema de raíl 10, 12 usando bloques de guía 14, 16. De esta manera los bastidores 6, 8 están diseñados para deslizarse en los rieles 10, 12 independientemente entre sí. Los rieles 10, 12 están dispuestos de manera ortogonal de modo que las cámaras de vacío 2, 4 se pueden trasladar en direcciones ortogonales. Específicamente, la primera cámara de vacío 2 se puede traducir en una dirección que sea tangencial al eje principal de su imán y la segunda cámara de vacío 4 se puede traducir en una dirección que sea paralela al eje principal de su imán. Esta disposición permite que los imanes se alineen correctamente y significa que la separación de los imanes puede controlarse cuidadosamente.

[0033] El imán en la primera cámara de vacío 2 está conectado a una pluralidad de conectores de carga 22. Los conectores de carga 22 están separados circunferencialmente entre sí y se extienden en una dirección axial con respecto al eje principal del imán. Un mecanismo de sellado 24 está dispuesto alrededor de cada conector de carga 22 para definir el límite de la primera cámara de vacío 2. En una forma simétrica, el imán en la segunda cámara de vacío 4 se conecta a una pluralidad de conectores de carga 26, cada uno de los cuales tiene un mecanismo de sellado asociado 28.

[0034] Los conectores de carga 22 conectados al primer imán están dispuestos para lindar con los conectores de carga 26 que se conectan al segundo imán. De esta manera los conectores de carga 22, 26 pueden proporcionar una fuerza restauradora para contrarrestar una fuerza atractiva o repulsiva entre los imanes. Esta configuración puede asegurar que hay un movimiento relativo mínimo de los imanes dentro de sus respectivas cámaras de vacío.

[0035] Los mecanismos de sellado 24, 28 asociados a las respectivas cámaras de vacío 2, 4 son simétricos, y más detalles serán aparentes en la figura 3. El primer conector de carga 22 se conecta a una placa de sellado 47 que se extiende a través de una cara final del conector de carga. La placa de sellado 47 define un límite de la primera cámara de vacío 2 y está en equilibrio térmico con el conector de carga 22 y el primer imán, a aproximadamente 4K. La placa de sellado 47 se conecta a un protector de radiación 30 por fuelles metálicos 32, que están soldados por bordes contorneados y actúan como aislante térmico. Los fuelles metálicos 32 se extienden desde la cara final del conector de carga 22 de vuelta hacia la primera cámara de vacío 2 de modo que el conector de carga 22 está parcialmente anidado en los fuelles 32. El protector de radiación 30 está conectado a un saliente 29 que está remachado al protector de radiación 3 en la primera cámara de vacío 2. El saliente 29 está conectado a un saliente adicional 34 por fuelles metálicos 36. El saliente 34 está soldado a una parte externa de la primera cámara de vacío 2 y está a una temperatura de alrededor de 290K.

[0036] El protector de radiación 30 se extiende del saliente 29 hacia la segunda cámara de vacío 4 de manera que el conector de carga 22 está anidado dentro de este. El protector de radiación 30 está dispuesto para lindar con un protector de radiación correspondiente que se extiende hacia la primera cámara de vacío 2.

[0037] El saliente 34 de la primera cámara de vacío 2 se conecta a un saliente de sellado 38 por fuelles metálicos 40. El saliente de sellado 38 se sella a un saliente de sellado complementario 41 en el segundo mecanismo de sellado 28, y un sello 42 provisto entre los rebordes de sellado 38, 41.

[0038] Los fuelles metálicos 32, 26, 40 son acoplamientos sinuosos que tienen un camino de conducción térmica largo. Los fuelles 32, 36 por lo tanto actúan como aislantes térmicos y permiten que componentes acoplados se mantengan a temperaturas sustancialmente diferentes. Los fuelles sinuosos 32, 36 también pueden extenderse o contraerse debido a cambios de temperatura o carga mecánica, o pequeños movimientos relativos de los imanes. Esta flexibilidad es ventajosa porque la temperatura de los imanes puede variar de 4K en funcionamiento a alrededor de 300K en un estado libre y debido a que se pueden colocar cargas mecánicas grandes y variables en los componentes.

[0039] El protector de radiación 30 está dispuesto entre componentes como el saliente 34 que está a alrededor de 290K y componentes como la placa de sellado 47 que está a 4K. El fin del protector de radiación 30 es interceptar cualquier radiación térmica emitida desde los componentes del mecanismo de sellado a temperatura ambiente y evitar así cualquier calentamiento de los conectores de carga 22, 26. El protector de radiación 30 se mantiene a una temperatura de alrededor de 70K de modo que él mismo emite radiación térmica mínima. Por tanto, el protector de radiación 30 no debería causar ningún efecto de calentamiento significativo para los conectores de carga 22, 26 o cualquier otro componente con una temperatura inferior.

[0040] Los conectores de carga 22, 26 comprenden huecos cónicos 46, 48 en sus extremos. Una pieza de ubicación cónica 50 se puede proveer entre las placas de extremo 47, 49 de los conectores de carga 22, 26 cuando están ensambladas juntas para asegurar que están alineadas correctamente. Un alineamiento correcto de los conectores de carga 22, 26 puede asegurar que la fuerza atractiva entre los imanes se ensancha de manera uniforme e igual entre la pluralidad de conectores de carga. Generalmente solo un par de conectores de carga incluyen estas características de alineamiento. Los conectores de carga restante son libres de deslizarse uno con

respecto al otro de modo que no estén demasiado restringidos. Las cámaras de vacío 2, 4 son también libres de hacer movimientos pequeños una con respecto a la otra debido a los rieles 10, 12 descritos previamente.

5 **[0041]** Cuando los primeros y segundos mecanismos de sellado 24, 28 están ensamblados juntos se crea un espaciado 33 entre los componentes externos tal como el saliente 34 y el protector de radiación 30, y se crea un espaciado 31 entre el protector de radiación 30 y los componentes internos como la placa de sellado 47. Estos dos
10 espaciamientos 31, 33 están en comunicación fluida entre sí de manera que forman una cámara única 46. La cámara 46 se rellena inicialmente con aire a una presión atmosférica normal. Sin embargo, un puerto 44 está provisto en el segundo mecanismo de sellado 28 para evacuar la cámara 46. Esta cámara de vacío 46 evita cualquier calentamiento conductor o convectivo del conector de carga 22 dónde éste se extiende entre las dos cámaras de vacío 2, 4.

15 **[0042]** La Figura 4 muestra una sección transversal parcial de un mecanismo de sellado cubierto. En esta disposición una tapa 60 se equipa al mecanismo de sellado 24 de modo que un único imán se puede usar en aislamiento. La tapa 60 incluye un saliente de sellado 62 que se conecta al saliente de sellado 38 en el mecanismo de sellado 24, con un sello 42 provisto entre estos. La placa de sellado 47 se separa ligeramente de la cara final del conector de carga 22 para minimizar el contacto térmico entre estos componentes. La separación se mantiene porque los fuelles metálicos 32 están diseñados para funcionar como un muelle, proporcionando una fuerza de desviación en la placa de sellado 47.

20 **[0043]** Cuando la tapa 60 se equipa al mecanismo de sellado se crea una cámara 70 entre la tapa 60 y el protector de radiación 30, e incluyendo el espaciado entre el protector de radiación 30 y la placa de sellado 47. Un puerto 44 está provisto en el mecanismo de sellado 24 para permitir la cámara 70 que se va a evacuar. Esto minimiza el contacto térmico entre el conector de carga 22 y la tapa 60 de modo que se minimiza el efecto de calentamiento en el conector de carga 22.

25 **[0044]** El mecanismo de sellado cubierto está destinado a utilizarse cuando solo se usa un imán y no hay fuerzas significativas que se han de equilibrar. La tapa 60 permite que un conector de carga 22 esté cubierto de modo que no cause ningún calentamiento del imán. Esto se puede conseguir porque la tapa 60 crea una cámara de vacío 70 alrededor del conector de carga 22 de modo que hay un contacto térmico mínimo entre los conectores de carga 22 y el entorno circundante. Generalmente se requiere una tapa separada 60 para cada conector de carga 22.

30 **[0045]** Las Figuras 5-10 muestran un aparato alternativo. En este aparato dos imanes (no mostrados) están dispuestos en las cámaras de vacío respectivas 100, 200, montados en los bastidores 102, 202, que están permanentemente conectados juntos. Los imanes están conectados juntos utilizando brazos 104 que se soportan radialmente fuera de la circunferencia de los imanes. De esta manera se puede crear un espacio libre directamente entre los imanes para usarlo al realizar mediciones y/o tratamientos de radioterapia. Por ejemplo, esta disposición puede permitir que un sistema de radioterapia se coloque entre dos bobinas de formación de imágenes por resonancia magnética.

35 **[0046]** La primera cámara de vacío 100 incluye una bobina 106 que forma parte del imán. La bobina 106 se conecta a un brazo 108 que también está encerrado por la cámara de vacío 100 y se extiende hacia el exterior radialmente con respecto al eje principal del imán. El brazo 108 está, por supuesto, en contacto térmico con la bobina para que se mantenga a aproximadamente 4K. El brazo 108 está rodeado por un protector de radiación 110 de modo que está blindado de radiación térmica emitida por superficies internas de la cámara de vacío 100 que estén a
40 temperatura ambiente.

45 **[0047]** Un orificio 112 se proporciona al final del brazo 108, y una barra de sujeción 114 se extiende a través del orificio 112 para ser conectada a un orificio correspondiente 212 al final de un brazo correspondiente 208 en la segunda cámara de vacío 200. El brazo 208 en la segunda cámara de vacío 200 se conecta a una bobina magnética 206, y por lo tanto la barra de sujeción 114 conecta los dos imanes y sostiene el ensamblaje junto. La barra de sujeción 114 asegura también un alineamiento correcto de las bobinas 106, 206. Se proporcionan tuercas 115, 215 en los extremos de la barra de sujeción 114 de modo que se sujeta de forma segura en su lugar entre los brazos 108, 208.

50 **[0048]** Un mecanismo de sellado 116 se proporciona alrededor del brazo 108. El mecanismo de sellado 116 incluye una placa de sellado 118 que se conecta al brazo 108 y define un límite de la cámara de vacío 100. La placa de sellado 118 se conecta al protector de radiación 110 mediante fuelles metálicos 120. A su vez el protector de radiación 110 se conecta a un saliente 124 mediante fuelles metálicos 122. Esta disposición permite que el brazo 108 y la barra de sujeción 114 se mantengan a alrededor de 4K, que el protector de radiación 110 se mantenga a alrededor de 70K y que las superficies externas de la cámara de vacío 100 como el saliente 124 se mantengan a temperatura ambiente.

55 **[0049]** El brazo 108 está biselado en su extremo, un poco más allá de la placa de sellado 118. La barra de sujeción 114 emerge del orificio 112 en el extremo biselado del brazo 108. Un puntal de soporte de carga 117 colinda con el extremo biselado del brazo 108 y se extiende hacia un extremo biselado correspondiente del brazo 208 en la segunda cámara de vacío 200. El puntal de soporte de carga 117 incluye un orificio que acomoda la barra de

sujeción 114. El puntal de soporte de carga 117 está dispuesto para resistir cualquier carga compresiva entre las dos bobinas 106, 206. Un preesfuerzo se puede aplicar en el puntal de soporte de carga 117 de modo que pueda resistir fuerzas compresivas sin desviarse.

[0050] El saliente 124 se conecta a fuelles metálicos cilíndricos 150 que incluyen la barra de sujeción 114 y el puntal de soporte de carga 117 donde se extienden entre las cámaras de vacío 100, 200. El puntal de soporte de carga 117 está rodeado también por el protector de radiación 110 que intercepta cualquier radiación térmica emitida por el fuelle metálico cilíndrico 150 de modo que el puntal de soporte de carga 117 está protegido contra la radiación térmica.

[0051] Una separación 152 se crea entre los fuelles cilíndricos 150 y el protector de radiación 110 y una separación adicional 154 se crea entre el protector de radiación 110 y el puntal de soporte de carga 117. Estas dos separaciones 152, 154 están en comunicación fluida y juntas definen una cámara 300. La cámara 300 está separada de las cámaras de vacío 100, 200, y se evacua a fin de minimizar cualquier contacto térmico entre el puntal de soporte de carga 117 y el entorno circundante. De esta manera el puntal de soporte de carga 117 puede resistir fuerzas compresivas entre las bobinas 106, 206 sin ser una fuente de calentamiento que requiera requisitos de enfriamiento adicionales.

[0052] Se puede acceder a la tuerca 115 en el extremo de la barra de sujeción 114 mediante un puerto de acceso 130. El puerto de acceso 130 está normalmente cerrado. Sin embargo, el puerto de acceso 130 se puede abrir de modo que la tuerca 115 se pueda retirar. El puerto de acceso 130 incluye fuelles cilíndricos 132, 134 que se extienden entre el brazo 108 y el protector de radiación 110 y entre el protector de radiación 110 y una superficie interna de la cámara de vacío 100. Una tapa separable 136 está provista en el puerto de acceso 130, y una tapa de radiación separable 138 se proporciona entre el fuelle cilíndrico 132, 134. Puede por lo tanto accederse a la barra de sujeción 114 en la cámara 300, sin afectar a la integridad de la cámara de vacío 100, que puede permanecer sellada.

[0053] La Figura 11 muestra una forma alternativa de mecanismos de sellado 1124, 1128 que se puede usar de manera similar a y en lugar de los mecanismos de sellado 24, 28 que se han descrito anteriormente. Esta forma de mecanismo de sellado es particularmente útil en situaciones de modernización donde los conectores de carga 22 del tipo anteriormente descrito no están provistos en los imanes M en el ensamblaje inicial. En el caso de la disposición mostrada en la figura 11, la mayoría, si no todos, de los conectores de carga pueden formar parte del mecanismo de sellado o al menos estar equipados con el mecanismo de sellado. Cabe señalar que no hay ningún requisito para que el conector de carga esté unido al imán M donde una carga compresiva debe ser transmitida por el conector de carga.

[0054] En la disposición de la figura 11 el conector de carga comprende un pin de conector de carga 1122 alojado en la disposición de sellado y un par de placas de sellado 1147 y 1148 localizadas en cada extremo del pin 1122. El pin 1122 puede montarse fijamente a una o ambas placas 1147, 1148 o estar dispuesto simplemente para contactar con el mismo bajo la carga. De forma similar una o ambas placas de sellado 1147, 1148 pueden estar montadas fijamente en el imán/masa fría M provista en la cámara de vacío respectiva 2, 4 o dispuesta simplemente para contactar con el mismo bajo la carga.

[0055] Como en la disposición mostrada en las Figuras 1 a 3, nuevamente un mecanismo de sellado 1124 se instala en y para sellar la primera cámara de vacío 2 y el otro mecanismo de sellado 1128 se instala en y para sellar la segunda cámara de vacío 4. Una tercera cámara de vacío 1146 está formada entre los mecanismos de sellado 1124, 1128. Los mecanismos de sellado son simétricos de manera que solo el primer mecanismo de sellado 1124 se describe en detalle a continuación.

[0056] El pin de conector de carga 1122 contacta con la placa de sellado 1147 que se extiende a través de una cara final del pin de conector de carga 1122. La placa de sellado 1147 define un límite de la primera cámara de vacío 2 y (al menos en uso - con los imanes energizados) está en equilibrio térmico con el pin de conector de carga 1122 y el primer imán, a aproximadamente 4K. La placa de sellado 1147 forma también el extremo de un enchufe 1150 que presenta una pared lateral anular 1151 que recibe y localiza un extremo del pin de conector de carga 1122. El otro extremo del pin 1122 se recibe en un enchufe correspondiente 1150 en el otro mecanismo de sellado 1128. La placa de sellado 1147 se conecta a un protector de radiación 1130 por fuelles metálicos 1132, que están soldados por bordes contorneados y actúan como aislante térmico. Los fuelles metálicos 1132 se extienden a partir de un extremo de la pared lateral anular 1151 de vuelta hacia la primera cámara de vacío 2 de modo que el pin de conector de carga 1122 está anidado parcialmente en los fuelles 1132. El protector de radiación 1130 está conectado a un saliente 1129 que reposa contra el protector de radiación 3 en la primera cámara de vacío 2. El saliente 1129 podría estar remachado al protector de radiación 3 pero el contacto deslizante permite un movimiento más relativo según las partes se mueven debido a los cambios de temperatura y similares. Por tanto debe observarse que en alternativas, los mecanismos de sellado mostrados en la figura 3 también se pueden implementar con un contacto deslizante entre estas partes antes que con remaches. El saliente 1129 se conecta a un saliente adicional 1134 por fuelles metálicos 1136. Este saliente adicional 1134 se suelda a una parte externa de la primera cámara de vacío 2 y está a una temperatura de alrededor de 290K.

[0057] El protector de radiación 1130 se extiende del saliente 1129 hacia la segunda cámara de vacío 4 de manera que el pin de conector de carga 1122 se anide dentro de este. El protector de radiación 1130 está dispuesto para extenderse hacia un protector de radiación correspondiente 1130 en el otro mecanismo de sellado 1128 y que se extiende hacia la primera cámara de vacío 2.

5 **[0058]** El saliente adicional 1134 conectado a la primera cámara de vacío 2 está conectado a un saliente de sellado 1138 por fuelles metálicos 1140. El saliente de sellado 1138 se sella a un saliente de sellado complementario 1141 en el segundo mecanismo de sellado 1128, y un sello 1142 está provisto en entre los rebordes de sellado 1138, 1141.

10 **[0059]** Un anillo de soporte 1152 se proporciona donde los protectores de radiación 1130 de los mecanismos de sellado 1124, 1128 se encuentran. Este está soportado mediante muelles (no mostrados) de un anillo de interfaz 1153 provisto entre los rebordes de sellado 1138, 1141 y mediante soportes de muelle 1154 que contactan con el pin de conector de carga 1122. Esto ayuda a controlar la posición de los protectores de radiación 1130 relativa al pin de conector de carga 1122 y la capa externa de la disposición de sellado. El pin de conector de carga 1122 se puede considerar que está flotando en relación con los mecanismos de sellado 1124, 1128. Además el pin de conector de carga 1122 o de hecho el conector de carga entero se puede considerar que está flotando en relación con los imanes/cámaras de vacío debido al montaje del pin 1122 en la disposición de sellado y la flexibilidad dada por los fuelles metálicos 1132, 1136, 1140 (acoplamientos de aislamiento).

15 **[0060]** Nuevamente cuando no hay ningún segundo imán con su cámara de vacío correspondiente 4, una tapa (no mostrada) se puede colocar sobre el mecanismo de sellado 1124 de la primera cámara de vacío 2 similar a lo que se muestra en figura 4 para asegurar un buen aislamiento térmico de la primera cámara de vacío 2. El pin de conector de carga 1122 se puede retener o retirar cuando el mecanismo de sellado está cubierto.

20 **[0061]** El resto de la naturaleza, funcionamiento y operación de los mecanismos de sellado alternativos 1124, 1128 se muestra en la figura 11 al igual que para los mecanismos de sellado 24, 28 descritos en relación a figura 3.

25 **[0062]** Nótese que un puerto 44 provisto en las disposiciones de sellado de todo el aparato y las formas de realización en particular tal como se han descrito anteriormente con respecto al aparato de la figura 3 se pueden usar para introducir gas tal como helio para una purga de helio para reducir o evitar la formación de hielo, al igual que se utiliza para evacuar aire hacia/desde la cámara de vacío formada por los mecanismos de sellado.

30 **[0063]** El pin de conector de carga 1122 contacta con la placa de sellado 1147 que se extiende a través de una cara final del pin de conector de carga 1122. La placa de sellado 1147 define un límite de la primera cámara de vacío 2 y (al menos en uso - con los imanes energizados) está en equilibrio térmico con el pin de conector de carga 1122 y el primer imán, a aproximadamente 4K. La placa de sellado 1147 forma también el extremo de un enchufe 1150 que presenta una pared lateral anular 1151 que recibe y localiza un extremo del pin de conector de carga 1122. El otro extremo del pin 1122 se recibe en un enchufe correspondiente 1150 en el otro mecanismo de sellado 1128. La placa de sellado 1147 se conecta a un protector de radiación 1130 por fuelles metálicos 1132, que están soldados por bordes contorneados y actúan como aislante térmico. Los fuelles metálicos 1132 se extienden a partir de un extremo de la pared lateral anular 1151 de vuelta hacia la primera cámara de vacío 2 de modo que el pin de conector de carga 1122 está anidado parcialmente en los fuelles 1132. El protector de radiación 1130 está conectado a un saliente 1129 que reposa contra el protector de radiación 3 en la primera cámara de vacío 2. El saliente 1129 podría estar remachado al protector de radiación 3 pero el contacto deslizante permite un movimiento más relativo según las partes se mueven debido a los cambios de temperatura y similares. Por tanto debe observarse que en alternativas, los mecanismos de sellado mostrados en la figura 3 también se pueden implementar con un contacto deslizante entre estas partes antes que con remaches. El saliente 1129 se conecta a un saliente adicional 1134 por fuelles metálicos 1136. Este saliente adicional 1134 se suelda a una parte externa de la primera cámara de vacío 2 y está a una temperatura de alrededor de 290K.

35 **[0064]** El protector de radiación 1130 se extiende desde el saliente 1129 hacia la segunda cámara de vacío 4 de manera que el pin de conector de carga 1122 está anidado dentro de este. El protector de radiación 1130 está dispuesto para extenderse hacia un protector de radiación correspondiente 1130 en el otro mecanismo de sellado 1128 y que se extiende hacia la primera cámara de vacío 2.

40 **[0065]** El saliente adicional 1134 conectado a la primera cámara de vacío 2 se conecta a un saliente de sellado 1138 por fuelles metálicos 1140. El saliente de sellado 1138 se sella a un saliente de sellado complementario 1141 en el segundo mecanismo de sellado 1128, y un sello 1142 está provisto en entre los rebordes de sellado 1138, 1141.

45 **[0066]** Un anillo de soporte 1152 se proporciona donde los protectores de radiación 1130 de los mecanismos de sellado 1124, 1128 se encuentran. Este está soportado mediante muelles (no mostrados) de un anillo de interfaz 1153 provisto entre los rebordes de sellado 1138, 1141 y mediante soportes de muelle 1154 que contactan con el pin de conector de carga 1122. Esto ayuda a controlar la posición de los protectores de radiación 1130 relativa al pin de conector de carga 1122 y la capa externa de la disposición de sellado. El pin de conector de carga 1122 se puede considerar que está flotando en relación con los mecanismos de sellado 1124, 1128. Además el pin de

ES 2 780 934 T3

conector de carga 1122 o de hecho el conector de carga entero se puede considerar que está flotando en relación con los imanes/cámaras de vacío debido al montaje del pin 1122 en la disposición de sellado y la flexibilidad dada por los fuelles metálicos 1132, 1136, 1140 (acoplamiento de aislamiento).

- 5 **[0067]** Nuevamente cuando no hay ningún segundo imán con su cámara de vacío correspondiente 4, una tapa (no mostrada) se puede colocar sobre el mecanismo de sellado 1124 de la primera cámara de vacío 2 similar a lo que se muestra en figura 4 para asegurar un buen aislamiento térmico de la primera cámara de vacío 2. El pin de conector de carga 1122 se puede retener o retirar cuando el mecanismo de sellado está cubierto.
- [0068]** El resto de la naturaleza, funcionamiento y operación de los mecanismos de sellado alternativos 1124, 1128 se muestra en la figura 11 al igual que para los mecanismos de sellado 24, 28 descritos en relación a figura 3.
- 10 **[0069]** Nótese que un puerto 44 provisto en las disposiciones de sellado de todas las formas de realización en particular tal como se han descrito anteriormente con respecto al aparato de la figura 3 se pueden usar para introducir gas tal como helio para una purga de helio para reducir o evitar la formación de hielo, al igual que se utiliza para evacuar aire hacia/desde la cámara de vacío formada por los mecanismos de sellado.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de imán (1) que comprende:
 - una primera cámara de vacío (2, 4);
 - otra cámara de vacío (70);
- 5 un primer imán dispuesto en la primera cámara de vacío (2, 4) de manera que el primer imán está configurado para estar aislado térmicamente del exterior de la primera cámara de vacío (2, 4);
 - la primera cámara de vacío (2, 4) comprendiendo una disposición de sellado (1124, 1128) dispuesta para aceptar un conector de carga para extenderse desde la primera cámara de vacío (2, 4) hasta la otra cámara de vacío (70) de manera que una carga en el primer imán se pueda transferir a la otra cámara de vacío (70), donde en caso de existir el conector de carga es térmicamente contactable con el primer imán y se puede aislar térmicamente del exterior de la primera cámara de vacío (2, 4) y el exterior de la otra cámara de vacío (70), comprendiendo además una tapa (60) para la disposición de sellado, y donde la otra cámara de vacío (70) está provista entre la tapa (60) y la disposición de sellado (1124, 1128).
- 10
- 15 2. Aparato según la reivindicación 1 comprendiendo además un protector de radiación (1130) provisto entre la disposición de sellado y la tapa.
3. Aparato según la reivindicación 2 comprendiendo además un protector de radiación adicional (3, 5) entre el primer imán y una pared interna de la primera cámara de vacío (2, 4).
4. Aparato según la reivindicación 3 donde el protector de radiación (1130) provisto entre la disposición de sellado (1124, 1128) y la tapa (60) está térmicamente acoplado al protector de radiación (3, 5) en la primera cámara de vacío (2, 4).
- 20
5. Aparato según la reivindicación 3 o la reivindicación 4 donde un primer acoplamiento de aislamiento térmico (1132) está provisto entre el conector de carga y dicho protector de radiación adicional (3, 5), y un segundo acoplamiento de aislamiento térmico (1136) está provisto entre dicho protector de radiación adicional y una pared interna de la primera cámara de vacío.
- 25 6. Aparato según cualquier reivindicación anterior donde el conector de carga comprende un pin de conector de carga separable (1122) y la disposición de sellado comprende un enchufe (1150) en que el pin de conector de carga es admisible.
7. Aparato según la reivindicación 6 donde la tapa (60) está dispuesta para sellar la disposición de sellado (1124, 1128) mientras que el pin de conector de carga está dispuesto en el enchufe (1150).
- 30 8. Aparato según la reivindicación 6 o reivindicación 7 donde la tapa (60) está dispuesta para sellar la disposición de sellado (1124, 128) cuando el pin de conector de carga (1122) está ausente.
9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 donde el aparato comprende un conector de carga que se extiende a través de la disposición de sellado (1124, 1128).
- 35 10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el conector de carga comprende una porción mecánicamente contactable con y unida opcionalmente al primer imán.
11. Aparato de imán (1) que comprende:
 - una primera cámara de vacío (2, 4);
 - otra cámara de vacío (70);
- 40 un primer imán dispuesto dentro de la primera cámara de vacío (2, 4) de manera que el primer imán está configurado para estar aislado térmicamente del exterior de la primera cámara de vacío (2, 4);
 - un conector de carga (22, 26) extendiéndose desde la primera cámara de vacío hasta la otra cámara de vacío (70) de manera que una carga en el primer imán se pueda transferir a la otra cámara de vacío, donde el conector de carga (22, 26) está en contacto térmico con el primer imán y se pueden aislar térmicamente del exterior de la primera cámara de vacío (2, 4) y el exterior de la otra cámara de vacío (70),
- 45 comprendiendo además una tapa (60) para el conector de carga, donde la primera cámara de vacío (2, 4) comprende una disposición de sellado (24, 28) a través de la cual se extiende el conector de carga, y donde la otra cámara de vacío (70) está provista entre la tapa (60) y la disposición de sellado (24, 28).
12. Aparato según la reivindicación 13 que comprende además un protector de radiación (30) provisto entre el conector de carga (22, 26) y la tapa (60).

- 13.** Aparato según la reivindicación 12 que comprende además un protector de radiación adicional (3, 5) entre el primer imán y una pared interna de la primera cámara de vacío (2, 4).
- 14.** Aparato según la reivindicación 13 donde el protector de radiación provisto entre la disposición de sellado (22, 26) y la tapa (60) está térmicamente acoplado al protector de radiación en la primera cámara de vacío (2, 4).
- 5 **15.** Aparato según la reivindicación 13 o la reivindicación 14 donde un primer acoplamiento de aislamiento térmico (32) está provisto entre el conector de carga (22, 26) y dicho protector de radiación adicional (3, 5), y un segundo acoplamiento de aislamiento térmico (36) está provisto entre dicho protector de radiación adicional y una pared interna de la primera cámara de vacío (2, 4).





















