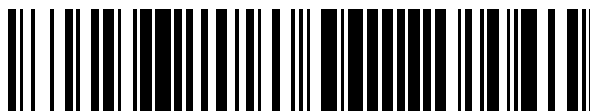


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 937**

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 13186752 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2717276**

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:

24.10.2017

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 2 638 937 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

5 [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 una temperatura baja.

10 [0002] Los experimentos de física de alta energía, los aceleradores de partículas para tratamientos médicos y otras aplicaciones requieren potentes imanes de superconductividad para formar y controlar haces de partículas de alta energía. La bobinas magnéticas de superconductividad normalmente funcionan a temperaturas bajas y típicamente están alojadas en una "masa fría" suspendida dentro de una cámara de vacío o criostato para proporcionar un alto nivel de aislamiento térmico. Normalmente se usan sistemas de refrigeración criogénicos usados para reducir la temperatura de las bobinas magnéticas a su temperatura operativa, típicamente a aproximadamente 4K. Estos sistemas de refrigeración criogénicos típicamente tienen requisitos de alimentación relativamente bajos cuando se usa un único imán en aislamiento debido a que la cámara de vacío puede aislar eficazmente el imán frío de su entorno.

20 [0003] En algunas disposiciones es necesario proporcionar varios imanes muy próximos el uno al otro. En estas disposiciones, fuerzas mecánicas muy fuertes de atracción o repulsión pueden actuar sobre las bobinas magnéticas. Estas fuerzas podrían dañar potencialmente el sistema de suspensión o causar otros daños estructurales a menos que se proporcione una fuerza restauradora apropiada.

25 [0004] Un método conocido para tratar con estas fuerzas es proporcionar 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. Un inconveniente de esta técnica es que los sistemas de suspensión y de soporte de alta fuerza normalmente tienen propiedades de aislamiento térmico relativamente pobres. Así, el mecanismo de soporte típicamente conduce calor del ambiente circundante hacia la bobina magnética de baja temperatura. Este efecto de calentamiento significa que hay un requisito de enfriamiento aumentado para la bobina magnética, lo que aumenta los gastos de funcionamiento de tal manera que el sistema de imanes puede hacerse extremadamente costoso.

35 [0005] Otro método conocido para tratar con estas fuerzas es conectar entre sí bobinas magnéticas. Esto típicamente se consigue disponiendo las bobinas magnéticas pertinentes en una única cámara de vacío. La conexión entre las bobinas magnéticas puede, por lo tanto, evitar que las bobinas se muevan unas con respecto a otras. La conexión también se puede mantener a la misma temperatura baja que los imanes, de modo que no haya intercambio de calor con el ambiente circundante. Un inconveniente de este método es que hay una flexibilidad limitada en la disposición de los imanes después de la construcción. Si fuera necesaria una reestructuración de los imanes, los imanes tendrían que desactivarse y calentarse, y la cámara de vacío tendría que abrirse. Entonces, el sistema debería evacuarse y enfriarse hasta su temperatura de funcionamiento antes de reutilizarse. Además, la geometría de los sistemas de suspensión de tensión, que están diseñados para ser autocentrantes durante el enfriamiento de temperatura ambiente a temperatura de funcionamiento, normalmente está optimizada para un tamaño de masa fría, así que posiblemente esta también tendría que ajustarse o cambiarse.

45 [0006] La presente invención pretende superar algunos de los problemas anteriormente descritos.

[0007] EP 0 797 059 A describe un aparato de refrigeración criogénico con una unidad de bobina en una cámara de vacío y una unidad de refrigeración en otra cámara de vacío. Se proporcionan elementos conductores del calor para transferir calor entre la unidad de bobina y la unidad de refrigeración.

50 [0008] Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de imán según la reivindicación 1.

55 [0009] Así, para cualquier carga ejercida en el imán, se puede proporcionar una fuerza restauradora a través del conector de carga. El conector de carga está en contacto térmico con el imán, lo que significa que éste puede estar aproximadamente a la misma temperatura. Al disponer el conector de carga de esta manera, es posible proporcionar una fuerza restauradora a partir de un componente que está a la misma temperatura que el imán, pero está fuera de la primera cámara de vacío.

60 [0010] Mediante un conector de carga que se extiende desde la primera cámara de vacío hasta el interior de la segunda cámara de vacío, es posible que una fuerza restauradora sea proporcionada por un componente que está fuera del criostato del imán. Esto significa que el imán se puede manipular separadamente del componente que proporciona la fuerza restauradora.

65 [0011] Preferiblemente, el aparato comprende un segundo imán dispuesto en la segunda cámara de vacío y conectado al conector de carga. De esta manera, el conector de carga se puede anclar al segundo imán para proporcionar una fuerza restauradora para el primer imán. De hecho, el primer y el segundo imán pueden ejercer

una fuerza igual y contraria sobre el otro, y se pueden proporcionar fuerzas de restauración a través del conector de carga para poder conseguir una disposición estable.

5 [0012] El conector de carga se puede conectar al primer y al segundo imán para que esté preferiblemente en equilibrio térmico con ambos de estos componentes. Preferiblemente, el conector de carga tiene una temperatura sustancialmente constante a lo largo de su longitud, lo que se puede conseguir debido a que la segunda cámara de vacío aísla el conector de carga de su entorno donde se extiende fuera de la primera cámara de vacío. De esta manera, se puede proporcionar una fuerza de la restauración al primero y al segundo imán sin aumentar sustancialmente los requisitos de alimentación para el enfriamiento de los imanes.

10 [0013] El aparato comprende además una tercera cámara de vacío, dispuesta entre la primera cámara de vacío y la segunda cámara de vacío. De esta manera, el primer y el segundo imán pueden estar contenidos completamente en la primera y la segunda cámara de vacío. La tercera cámara de vacío se puede proporcionar entre los imanes para asegurar que no haya pérdidas de energía debido al calentamiento del conector de carga donde éste se extiende entre la primera y la segunda cámara de vacío.

15 [0014] La tercera cámara de vacío puede incluir un puerto para controlar la presión del aire. En algunas disposiciones, la tercera cámara de vacío se puede crear cuando el primer y el segundo imán, en sus cámaras respectivas, se juntan. En estas circunstancias, el puerto puede utilizarse para evacuar la cámara una vez se ha formado, de modo que el conector de carga se puede aislar térmicamente de su entorno. Por supuesto, también se pueden proporcionar aberturas para controlar la presión del aire en la primera y la segunda cámara de vacío.

20 [0015] Un protector contra la radiación puede estar dispuesto entre el conector de carga y una pared interna de la tercera cámara de vacío para proteger el conector de carga de la radiación térmica emitida por la pared interna de la tercera cámara de vacío. De esta manera, el protector de radiación puede evitar que la pared interna de la tercera cámara de vacío, que puede estar a temperatura ambiente, aumente la necesidad de alimentación para el enfriamiento de los imanes y el conector de carga. Es deseable que el protector contra la radiación se mantenga a una temperatura baja para que no aumente la necesidad de enfriamiento al calentar el conector de carga con radiación térmica. En una disposición, el protector contra la radiación se puede enfriar a aproximadamente 70K. Otro protector contra la radiación se puede proporcionar entre el primer imán y una pared interna de la primera cámara de vacío.

25 [0016] El protector contra la radiación de la tercera cámara de vacío se puede acoplar térmicamente al protector contra la radiación de la primera cámara de vacío. En esta disposición, los protectores contra la radiación se pueden mantener a la misma temperatura de modo que el efecto de protección en el primer imán sea el mismo que el efecto de protección en el conector de carga. Por supuesto, el segundo imán también puede disponer de un protector contra la radiación.

30 [0017] El conector de carga está dispuesto de manera que se extiende desde la primera cámara de vacío hasta la segunda cámara de vacío. De este modo, resulta importante establecer una disposición de sellado alrededor del conector de carga donde éste entra en una cámara de vacío o sale de ésta. En determinadas configuraciones, es imperativo que el conector de carga esté conectado realmente a una pared interna de la cámara de vacío para crear un sellado eficaz. Tal conexión directa puede crear problemas, ya que cualquier intento de enfriar el conector de carga también enfriaría la cámara de vacío. Al proporcionar un acoplamiento térmicamente aislante entre el conector de carga y la pared interna de la cámara de vacío, se podría mantener un sellado eficaz alrededor del conector de carga y, al mismo tiempo, minimizar el intercambio de calor con la cámara de vacío.

35 [0018] En una disposición, el acoplamiento térmicamente aislante se puede proporcionar mediante la creación de una vía larga de conducción térmica entre los componentes. Esto se podría lograr con una vía sinuosa de manera que el acoplamiento parezca un fuelle comprimido.

40 [0019] El acoplamiento térmicamente aislante es flexible. De esta manera, el acoplamiento puede absorber los cambios de longitud que puedan ocurrir debido a la dilatación y contracción térmica y/o debido a cambios en la carga mecánica o relativos al movimiento de los imanes. En este aparato puede haber cambios significativos en la temperatura cuando los imanes están en uso en comparación con el estado inactivo. También puede haber cargas mecánicas significativas, y cambios significativos en la carga. Por lo tanto, es deseable que los acoplamientos sean lo suficientemente flexibles para soportar cambios en la temperatura o el movimiento relativo de los imanes. Una disposición flexible se puede proporcionar utilizando un acoplamiento sinuoso.

45 [0020] Un primer acoplamiento térmicamente aislante se puede proporcionar entre el conector de carga y el protector contra la radiación, y un segundo acoplamiento térmicamente aislante se puede proporcionar entre el protector contra la radiación y la pared interna de la primera cámara de vacío. De esta manera, el conector de carga, el protector contra la radiación y las cámaras de vacío se pueden proporcionar a temperaturas diferentes, ya que cada uno está térmicamente aislado de los otros. Sin embargo, los tres componentes se pueden conectar entre sí para asegurar que haya un sellado eficaz en la cámara de vacío en el punto donde el conector de carga

entra en una cámara de vacío o sale de ella. De manera simétrica, en la segunda cámara de vacío, se puede proporcionar un primer acoplamiento térmicamente aislante entre el conector de carga y el protector contra la radiación, y un segundo acoplamiento térmicamente aislante se puede proporcionar entre el protector contra la radiación y una pared interna de la segunda cámara de vacío.

5

[0021] La pared interna de la primera cámara de vacío puede incluir un reborde que forma parte del mecanismo de sellado. Preferiblemente, se prevé un acoplamiento flexible entre el reborde de la primera cámara de vacío y un reborde correspondiente de la segunda cámara de vacío. El conector de carga puede estar parcialmente alojado en el acoplamiento térmicamente aislante que lo conecta al protector contra la radiación. De esta manera, el acoplamiento térmicamente aislante puede proporcionar otro efecto de protección para el conector de carga.

10

[0022] En una disposición, el protector contra la 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 contra la 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 contra la radiación puede estar a aproximadamente 70K y la cámara de vacío puede estar a aproximadamente 290K (temperatura ambiente).

15

[0023] Una pluralidad de conectores de carga se puede unir al primer imán, y los conectores de carga pueden estar separados circunferencialmente entre sí con respecto al eje principal del primer imán. Cualquier carga ejercida sobre el primer imán puede, por lo tanto, ser distribuida entre la pluralidad de conectores de carga.

20

[0024] El conector de carga puede tener un componente que se extiende radialmente con respecto al eje principal del primer imán. De esta manera, se puede crear un espacio vacío entre el primer y el segundo imán. Esto puede ser útil en determinadas disposiciones para realizar mediciones. En particular, el espacio vacío se puede utilizar para realizar tratamientos de radioterapia.

25

[0025] Preferiblemente, la primera cámara de vacío comprende un ensamblaje que está configurado para ensamblarse a una guía sobre la que la primera cámara de vacío se puede desplazar. En una configuración, la primera cámara de vacío se puede montar en un riel o corredera lineal. De esta manera, el primer imán se puede desplazar relativamente al segundo imán de modo que se pueda conseguir un espaciado seleccionado entre los dos.

30

[0026] La segunda cámara de vacío también puede comprender un ensamblaje que puede estar ensamblado a una guía sobre la que la segunda cámara de vacío se puede desplazar. Preferiblemente, la segunda cámara de vacío se puede desplazar en una dirección diferente a la primera cámara de vacío. Esto puede permitir una flexibilidad en la alineación de los conectores de carga, especialmente en formas de realización donde la primera y la segunda cámara de vacío se pueden desplazar en direcciones ortogonales.

35

[0027] El conector de carga puede comprender una primera parte fijada al primer imán y una segunda parte fijada al segundo imán, y el conector de carga puede comprender además un componente de alineamiento para asegurar que la primera y la segunda parte estén alineadas correctamente. Esto puede permitir asociar la primera parte de conector de carga con el primer imán y asociar la segunda parte de conector de carga con el segundo imán. El primer y el segundo imán pueden, por lo tanto, ser manipulados separadamente. Cuando los imanes se juntan, el componente de alineamiento puede asegurar que la primera y la segunda parte estén centradas una respecto a otra. Esta configuración puede asegurar que el conector de carga distribuya la carga correctamente. El componente de alineamiento puede comprender una proyección cónica en la primera parte de conector de carga y un correspondiente pieza de localización en la segunda parte de conector de carga.

40

45

[0028] El componente de alineamiento puede permitir un movimiento relativo de la primera y la segunda parte 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 oponer resistencia al movimiento en otras direcciones. Esto podría lograrse, por ejemplo, con una disposición de pasador en ranura (pin-in-slot). Diversos tipos de componentes de alineamiento se pueden proporcionar entre cada par de partes de conector de carga.

50

55

[0029] El aparato puede comprender tres o más imanes, cada uno dispuesto en una respectiva cámara de vacío, y se puede proporcionar un conector de carga en una cámara de vacío entre cada par de imanes adyacentes. Así, los conectores de carga pueden proporcionar una fuerza restauradora entre cada par de imanes en una disposición lineal.

60

[0030] Se puede proporcionar un tapón para el conector de carga. En esta disposición, la primera cámara de vacío puede comprender una disposición de sellado a través de la cual se extiende el conector de carga, y la segunda cámara de vacío se puede proporcionar entre el tapón y la disposición de sellado.

65

[0031] El tapón, por lo tanto, puede usarse para cubrir el conector de carga cuando no está conectado a un componente que puede proporcionar una fuerza restauradora. La segunda cámara de vacío creada entre el tapón y la disposición de sellado puede asegurar que el conector de carga permanezca térmicamente aislado de su entorno, incluso cuando el primer imán se usa por sí solo.

5

[0032] El conector de carga puede comprender una cara de extremo y la primera disposición de sellado preferiblemente comprende un elemento de polarización para la polarización de un componente de la primera disposición de sellado hacia la dirección contraria respecto a la cara de extremo. Esta disposición minimiza preferiblemente cualquier contacto térmico entre la disposición de sellado y el conector de carga.

10

[0033] El conector de carga se puede poner en contacto mecánicamente con el primer y/o segundo imán sin estar unido a éste. El aparato puede estar dispuesto de modo que el conector de carga solo entra en contacto mecánicamente con el imán o cada imán en uso, por ejemplo solo cuando el imán o cada imán está activo.

15

[0034] Así, en algunas formas de realización, el conector de carga puede estar unido a uno o más de los imanes pero, en otras formas de realización, el conector de carga pueden no estar unido, pero sí en contacto o ser contactable con uno o ambos de los imanes.

20

[0035] Por lo tanto, cuando se ha mencionado antes que el conector de carga está fijado a un imán, se debe tener en cuenta que en alternativas puede haber una característica correspondiente pero con contacto o contactabilidad en lugar de fijación. Esto puede ayudar a permitir el movimiento lateral entre las partes del aparato.

25

[0036] El conector de carga normalmente será una entidad multiparte. Por lo tanto, por ejemplo, el conector de carga puede comprender un pasador de conector de carga y al menos una placa de sellado aparte. La placa de sellado puede formar parte de una disposición de sellado. El pasador de conector de carga se puede alojar dentro de al menos una disposición de sellado.

30

[0037] La función importante del conector de carga es transferir carga cuando el imán o cada imán está activo. Siempre que esto se pueda conseguir, el número de componentes individuales que se juntan para componer el conector de carga no es particularmente pertinente, al menos en algunas circunstancias.

35

[0038] De forma similar, el conector de carga puede estar en contacto térmico solo con uno o ambos de los imanes cuando está en uso.

40

[0039] El conector de carga puede ser reajutable. En tal caso, es más que posible que el conector de carga no esté unido al imán.

45

[0040] El conector de carga puede comprender parte de al menos una disposición de sellado. 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.

50

[0041] El pasador de conector de carga puede ser recibido en una primera toma proporcionada en una primera parte de disposición de sellado que es para sellar la primera cámara de vacío y ser recibido en una segunda toma proporcionada en una segunda parte de disposición de sellado que es para sellar la segunda cámara de vacío.

55

[0042] A continuación se describirán las características preferidas de la presente invención, puramente a modo de ejemplo, en referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

60

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato que incluye dos imanes de superconductividad en una forma de realización de la presente invención;

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

65

La Figura 3 es una vista en sección transversal parcial de un mecanismo de sellado para usar en un aparato en una forma de realización de la invención;

La Figura 4 es una vista en sección transversal parcial de un mecanismo de sellado con el tapón;

La Figura 5 es una vista en perspectiva de un aparato que incluye dos imanes de superconductividad en otra forma de realización de la presente invención;

70

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 detalle que la figura 7;

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

La Figura 10 es una vista lateral de un aparato que incluye dos imanes de superconductividad en otra forma de realización de la invención; y

75

La Figura 11 es una vista en sección transversal de un mecanismo de sellado y disposición de conector de carga alternativos.

- 5 [0043] 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 de superconductividad (no mostrados) están dispuestos en las cámaras de vacío respectivas 2, 4. Un ensamblaje de enfriamiento 18 se proporciona en la primera cámara de vacío 2 para el enfriamiento del imán a aproximadamente 4K. Un ensamblaje de enfriamiento correspondiente 20 se proporciona en la segunda cámara de vacío 4. Los imanes enfriados se suspenden en las cámaras de vacío 2, 4 de modo que se pueden mantener a una temperatura baja con un calentamiento de conducción o convección mínimo procedente del entorno.
- 10 [0044] Un protector contra la radiación 3, 5 se proporciona en cada cámara de vacío. El protector contra la radiación 3, 5 está dispuesto entre el imán enfriado y una pared interna de la cámara de vacío pertinente 2, 4. El protector contra la radiación 3, 5 puede interceptar la radiación térmica emitida por la pared interna de la cámara de vacío para evitar que caliente el imán. El protector contra la radiación 3, 5 está dispuesto a una temperatura baja de alrededor de 70K para que no cause un efecto de calentamiento significativo sobre el imán debido a la radiación térmica.
- 15 [0045] Cada cámara de vacío 2, 4 es soportada por un bastidor 6, 8, y cada bastidor está montado en un sistema de riel 10, 12 utilizando bloques de guía 14, 16. De esta manera los bastidores 6, 8 están diseñados para deslizarse en los rieles 10, 12 independientemente el uno del otro. Los rieles 10, 12 están dispuestos ortogonalmente, de modo que las cámaras de vacío 2, 4 se pueden desplazar en direcciones ortogonales. Específicamente, la primera cámara de vacío 2 se puede desplazar en una dirección que es tangencial al eje principal de su imán y la segunda cámara de vacío 4 se puede desplazar en una dirección que es paralela al eje principal de su imán. Esta disposición permite alinear los imanes correctamente y significa que la separación de los imanes se puede controlar con precisión.
- 20 [0046] El imán de 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. De manera simétrica, el imán de la segunda cámara de vacío 4 está conectado a una pluralidad de conectores de carga 26, cada uno de los cuales tiene un mecanismo de sellado asociado 28.
- 25 [0047] Los conectores de carga 22 conectados al primer imán están dispuestos contiguos a los conectores de carga 26 que están conectados al segundo imán. De esta manera, los conectores de carga 22, 26 pueden proporcionar una fuerza restauradora para contrarrestar una fuerza de atracción o repulsión entre los imanes. Esta configuración puede asegurar que haya un movimiento relativo mínimo de los imanes dentro de sus cámaras de vacío respectivas.
- 30 [0048] Los mecanismos de sellado 24, 28 asociados a las cámaras de vacío respectivas 2, 4 son simétricos, y más detalles son aparentes en la figura 3. El primer conector de carga 22 está conectado a una placa de sellado 47 que se extiende a través de una cara de extremo 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 está conectada a un protector contra la radiación 30 por los fuelles metálicos 32, que están soldados con borde en espiral y actúan como aislante térmico. Los fuelles metálicos 32 se extienden desde la cara de extremo del conector de carga 22 hacia la primera cámara de vacío 2 de modo que el conector de carga 22 está alojado parcialmente en los fuelles 32. El protector contra la radiación 30 está conectado a un reborde 29 que está fijado al protector contra la radiación 3 en la primera cámara de vacío 2. El reborde 29 está conectado con otro reborde 34 por los fuelles metálicos 36. El reborde 34 está soldado a una parte externa de la primera cámara de vacío 2 y está a una temperatura de alrededor de 290K.
- 35 [0049] El protector contra la radiación 30 se extiende desde el reborde 29 hacia la segunda cámara de vacío 4 de manera que el conector de carga 22 está alojado dentro de ésta. El protector contra la radiación 30 está dispuesto contiguo a un protector contra la radiación correspondiente que se extiende hacia la primera cámara de vacío 2.
- 40 [0050] El reborde 34 de la primera cámara de vacío 2 está conectado a un reborde de sellado 38 por los fuelles metálicos 40. El reborde de sellado 38 está sellado a un reborde de sellado complementario 41 en el segundo mecanismo de sellado 28, y un sello 42 proporcionado entre los rebordes de sellado 38, 41.
- 45 [0051] Los fuelles metálicos 32, 26, 40 son acoplamientos sinuosos que tienen una vía de conducción térmica larga. Los fuelles 32, 36, por lo tanto, actúan como aislantes térmicos y permiten mantener los componentes acoplados a temperaturas sustancialmente diferentes. Los fuelles sinuosos 32, 36 también pueden extenderse o contraerse debido a cambios en la temperatura o carga mecánica, o pequeños movimientos relativos de los imanes. Esta flexibilidad es ventajosa debido a que la temperatura de los imanes puede variar de 4K en funcionamiento a alrededor de 300K en un estado inactivo y porque se pueden colocar cargas mecánicas grandes y variables en los componentes.
- 50
- 55
- 60
- 65

- 5 [0052] El protector contra la radiación 30 está dispuesto entre componentes tales como el reborde 34 que están a alrededor de 290K y componentes como la placa de sellado 47 que están a 4K. El fin del protector contra la radiación 30 es interceptar cualquier radiación térmica emitida a partir de los componentes del mecanismo de sellado a temperatura ambiente y, de ese modo, evitar cualquier calentamiento de los conectores de carga 22, 26. El protector contra la radiación 30 se mantiene a una temperatura de alrededor de 70K de modo que éste emita una radiación térmica mínima. Por lo tanto, el protector contra la radiación 30 no debería causar ningún efecto de calentamiento significativo para los conectores de carga 22, 26 o cualquier otro componente a una temperatura inferior.
- 10 [0053] Los conectores de carga 22, 26 comprenden entrantes cónicos 46, 48 en sus extremos. Una pieza de sujeción cónica 50 se puede proporcionar entre las placas de extremo 47, 49 de los conectores de carga 22, 26 cuando se ensamblan para asegurar que estén correctamente alineados. El alineamiento correcto de los conectores de carga 22, 26 puede asegurar que la fuerza de atracción entre los imanes se distribuya uniforme y equitativamente entre la pluralidad de conectores de carga. Generalmente, solo un par de conectores de carga incluye estos elementos de alineamiento. Los conectores de carga restantes son libres de deslizarse unos con respecto a otros de modo que no están sobrelimitados. Las cámaras de vacío 2, 4 también son libres de hacer pequeños movimientos unas respecto a otras debido a los rieles 10, 12 descritos previamente.
- 15 [0054] Cuando el primer y el segundo mecanismo de sellado 24, 28 están ensamblados entre sí, se crea un espaciado 33 entre los componentes externos tales como el reborde 34 y el protector contra la radiación 30, y se crea un espaciado 31 entre el protector contra la radiación 30 y los componentes internos como la placa de sellado 47. Estos dos espaciados 31, 33 están en comunicación de fluido el uno con el otro, de manera que forman una única cámara 46. La cámara 46 inicialmente está llena de aire a presión atmosférica normal. Sin embargo, se proporciona un puerto 44 en el segundo mecanismo de sellado 28 para evacuar la cámara 46. Esta cámara de vacío 46 evita cualquier calentamiento de conducción o convección del conector de carga 22 donde éste se extiende entre las dos cámaras de vacío 2, 4.
- 20 [0055] La Figura 4 muestra una sección transversal parcial de un mecanismo de sellado con tapón. En esta disposición, se coloca un tapón 60 en el mecanismo de sellado 24 de modo que un único imán se puede usar en aislamiento. El tapón 60 incluye un reborde de sellado 62 que está conectado al reborde de sellado 38 en el mecanismo de sellado 24, con un sello 42 proporcionado entremedias. La placa de sellado 47 está ligeramente separada de la cara de extremo del conector de carga 22 para minimizar el contacto térmico entre estos componentes. La separación se mantiene debido a que los fuelles metálicos 32 están diseñados para funcionar como un muelle, proporcionando una fuerza de desviación sobre la placa de sellado 47.
- 25 [0056] Cuando el tapón 60 se coloca en el mecanismo de sellado, se crea una cámara 70 entre el tapón 60 y el protector contra la radiación 30, incluyendo el espaciado entre el protector contra la radiación 30 y la placa de sellado 47. Un puerto 44 se proporciona en el mecanismo de sellado 24 para permitir la evacuación de la cámara 70. Esto minimiza el contacto térmico entre el conector de carga 22 y el tapón 60, de modo que el efecto de calentamiento en el conector de carga 22 se minimiza.
- 30 [0057] El mecanismo de sellado con tapón está destinado a usarse cuando solo se usa un imán y no hay fuerzas significativas que equilibrar. El tapón 60 permite cubrir un conector de carga 22 de modo que éste no cause ningún calentamiento del imán. Esto se puede conseguir debido a que el tapón 60 crea una cámara de vacío 70 alrededor del conector de carga 22 de modo que haya el mínimo contacto térmico entre los conectores de carga 22 y el entorno circundante. Generalmente, se requiere un tapón separado 60 para cada conector de carga 22.
- 35 [0058] Las figuras 5-10 muestran una forma de realización alternativa de la invención. En esta forma de realización, dos imanes (no mostrados) están dispuestos en cámaras de vacío respectivas 100, 200, montados en bastidores 102, 202, que están permanentemente conectados entre sí. Los imanes están conectados entre sí mediante brazos 104 que están soportados radialmente fuera de la circunferencia de los imanes. De esta manera, se puede crear un espacio libre directamente entre los imanes para usar para la realización de mediciones y/o tratamientos de radioterapia. Por ejemplo, esta disposición puede permitir colocar un sistema de radioterapia entre dos bobinas de obtención de imágenes por resonancia magnética.
- 40 [0059] La primera cámara de vacío 100 incluye una bobina 106 que forma parte del imán. La bobina 106 está conectada a un brazo 108 que está también contenido 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, por lo que se mantiene a aproximadamente 4K. El brazo 108 está rodeado por un protector contra la radiación 110, de modo que está protegido contra la radiación térmica emitida por las superficies internas de la cámara de vacío 100 que están a temperatura ambiente.
- 45 [0060] Un orificio 112 se proporciona al final del brazo 108, y una barra de acoplamiento 114 se extiende a través del orificio 112 para conectarse 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 está conectado a una bobina

magnética 206 y, por lo tanto, la barra de acoplamiento 114 conecta los dos imanes y mantiene unido el ensamblaje. La barra de acoplamiento 114 también asegura el alineamiento correcto de las bobinas 106, 206. Se proporcionan tuercas 115, 215 en los extremos de la barra de acoplamiento 114 de modo que ésta está sujeta de forma segura en su posición entre los brazos 108, 208.

5

[0061] Un mecanismo de sellado 116 se proporciona alrededor del brazo 108. El mecanismo de sellado 116 incluye una placa de sellado 118 que está conectada al brazo 108 y define un límite de la cámara de vacío 100. La placa de sellado 118 está conectada al protector contra la radiación 110 a través de unos fuelles metálicos 120. A su vez, el protector contra la radiación 110 está conectado a un reborde 124 a través de unos fuelles metálicos 122. Esta disposición permite mantener el brazo 108 y la barra de acoplamiento 114 a alrededor de 4K, mantener el protector contra la radiación 110 a alrededor de 70K y mantener las superficies externas de la cámara de vacío 100, tal como el reborde 124, a temperatura ambiente.

10

[0062] El brazo 108 está biselado en su extremo, un poco más allá de la placa de sellado 118. La barra de acoplamiento 114 emerge del orificio 112 en el extremo biselado del brazo 108. Un puntal de soporte de carga 117 es contiguo al 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 aloja la barra de acoplamiento 114. El puntal de soporte de carga 117 está dispuesto para resistir cualquier carga de compresión entre las dos bobinas 106, 206. Se puede aplicar un preesfuerzo en el puntal de soporte de carga 117 para que pueda resistir fuerzas de compresión sin desviarse.

15

20

[0063] El reborde 124 está conectado a los fuelles metálicos cilíndricos 150 que encierran la barra de acoplamiento 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 también está rodeado por el protector contra la radiación 110, que intercepta cualquier radiación térmica emitida por los fuelles metálicos cilíndricos 150, de modo que el puntal de soporte de carga 117 está protegido contra la radiación térmica.

25

[0064] Un espaciado 152 se crea entre los fuelles cilíndricos 150 y el protector contra la radiación 110 y otro espaciado 154 se crea entre el protector contra la radiación 110 y el puntal de soporte de carga 117. Estos dos espaciados 152, 154 están en comunicación de fluido y juntos definen una cámara 300. La cámara 300 está separada de las cámaras de vacío 100, 200, y se evacúa para 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 de compresión entre las bobinas 106, 206 sin ser una fuente de calentamiento que requiera condiciones de enfriamiento adicionales.

35

[0065] Se puede acceder a la tuerca 115 al final de la barra de acoplamiento 114 mediante un puerto de acceso 130. El puerto de acceso 130 normalmente está cerrado. Sin embargo, el puerto de acceso 130 se puede abrir para poder quitar la tuerca 115. El puerto de acceso 130 incluye fuelles cilíndricos 132, 134 que se extienden entre el brazo 108 y el protector contra la radiación 110 y entre el protector contra la radiación 110 y una superficie interna de la cámara de vacío 100. Se proporciona un tapón 136 desmontable en el puerto de acceso 130, y se proporciona un tapón de radiación desmontable 138 entre los fuelles cilíndricos 132, 134. Por lo tanto, se puede acceder a la barra de acoplamiento 114 en la cámara 300 sin afectar a la integridad de la cámara de vacío 100, que puede permanecer sellada.

40

[0066] La Figura 11 muestra una forma alternativa de los mecanismos de sellado 1124, 1128 que se puede usar de forma similar y en lugar de los mecanismos de sellado 24, 28 que se han descrito antes. Esta forma del mecanismo de sellado es particularmente útil en situaciones reajustables donde los conectores de carga 22 del tipo anteriormente descrito no se proporcionan en los imanes M en el ensamblaje inicial. En el caso de la disposición mostrada en la figura 11, la mayor parte, 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 se requiere que el conector de carga esté fijado al imán M cuando una carga de compresión debe ser soportada por el conector de carga.

50

[0067] En la disposición de la figura 11, el conector de carga comprende un pasador 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 pasador 1122. El pasador 1122 puede estar montado de manera fija en una o ambas placas 1147, 1148 o meramente dispuesto para entrar en contacto con ella(s) bajo carga. De forma similar, unas o ambas placas de sellado 1147, 1148 pueden ser montadas de manera fija al imán/ masa fría M proporcionado/a en la cámara de vacío respectiva 2, 4 o meramente dispuestas para entrar en contacto con este/esta bajo carga.

60

[0068] Como en la disposición mostrada en las Figuras 1 a 3, nuevamente un mecanismo de sellado 1124 se instala en la primera cámara de vacío 2 para sellarla y el otro mecanismo de sellado 1128 se instala en la segunda cámara de vacío 4 para sellarla. Una tercera cámara de vacío 1146 está formada entre los mecanismos de sellado 1124, 1128. Los mecanismos de sellado son simétricos, por lo que a continuación solo se describe con detalle el primer mecanismo de sellado 1124.

65

- 5 [0069] El pasador de conector de carga 1122 está en contacto con la placa de sellado 1147 que se extiende a través de una cara de extremo del pasador de conector de carga 1122. La placa de sellado 1147 define un límite de la primera cámara de vacío 2 y (al menos durante el uso - con los imanes activados) está en equilibrio térmico con el pasador de conector de carga 1122 y el primer imán, a aproximadamente 4K. La placa de sellado 1147 también forma el extremo de una toma 1150 que tiene una pared lateral anular 1151 que recibe y sujeta un extremo del pasador de conector de carga 1122. El otro extremo del pasador 1122 se recibe en una toma correspondiente 1150 en el otro mecanismo de sellado 1128. La placa de sellado 1147 está conectada a un protector contra la radiación 1130 por los fuelles metálicos 1132, que están soldados con borde en espiral y actúan como aislante térmico. Los fuelles metálicos 1132 se extienden desde un extremo de la pared lateral anular 1151 hacia la primera cámara de vacío 2 de modo que el pasador de conector de carga 1122 está alojado parcialmente en los fuelles 1132. El protector contra la radiación 1130 está conectado a un reborde 1129 que reposa contra el protector contra la radiación 3 en la primera cámara de vacío 2. El reborde 1129 podría estar fijado al protector contra la radiación 3 pero el contacto en deslizamiento permite un movimiento más relativo, ya que las partes se mueven debido a los cambios de temperatura, etc. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que, en alternativas, los mecanismos de sellado mostrados en la figura 3 también se pueden implementar con un contacto en deslizamiento entre estas partes en lugar de una unión fija. El reborde 1129 está conectado a otro reborde 1134 mediante los fuelles metálicos 1136. Este otro reborde 1134 está soldado a una parte externa de la primera cámara de vacío 2 y está a una temperatura de alrededor de 290K.
- 10
- 15
- 20 [0070] El protector contra la radiación 1130 se extiende desde el reborde 1129 hacia la segunda cámara de vacío 4 de manera que el pasador de conector de carga 1122 está alojado dentro de éste. El protector contra la radiación 1130 está dispuesto de modo que se extiende hacia un protector contra la radiación correspondiente 1130 en el otro mecanismo de sellado 1128 y que se extiende hacia la primera cámara de vacío 2.
- 25 [0071] El otro reborde 1134 conectado a la primera cámara de vacío 2 está conectado a un reborde de sellado 1138 mediante los fuelles metálicos 1140. El reborde de sellado 1138 está sellado a un reborde de sellado complementario 1141 en el segundo mecanismo de sellado 1128, y un sello 1142 se proporciona entre los rebordes de sellado 1138, 1141.
- 30 [0072] Un anillo de soporte 1152 se proporciona donde los protectores contra la radiación 1130 de los mecanismos de sellado 1124, 1128 se encuentran. Este es soportado mediante muelles (no mostrados) de un anillo de interfaz 1153 proporcionado entre los rebordes de sellado 1138, 1141 y mediante soportes de muelle 1154 en contacto con el pasador de conector de carga 1122. Esto ayuda a controlar la posición de los protectores contra la radiación 1130 respecto al pasador de conector de carga 1122 y la capa externa de la disposición de sellado. Se puede considerar que el pasador de conector de carga 1122 es flotante relativamente a los mecanismos de sellado 1124, 1128. Es más, se puede considerar que el pasador de conector de carga 1122 o, de hecho, el conector de carga entero, es flotante relativamente a los imanes/cámaras de vacío debido al montaje del pasador 1122 en la disposición de sellado y a la flexibilidad dada por los fuelles metálicos 1132, 1136, 1140 (acoplamientos de aislamiento).
- 35
- 40 [0073] De nuevo, cuando no hay un segundo imán con su cámara de vacío 4 correspondiente, se puede colocar un tapón (no mostrado) sobre el mecanismo de sellado 1124 de la primera cámara de vacío 2 similar al que se muestra en la figura 4 para asegurar el buen aislamiento térmico de la primera cámara de vacío 2. El pasador de conector de carga 1122 se puede conservar o retirar cuando el mecanismo de sellado está cubierto con el tapón.
- 45 [0074] El resto de la naturaleza, funcionamiento y operación de los mecanismos de sellado alternativos 1124, 1128 mostrados en la figura 11 son los mismos que para los mecanismos de sellado 24, 28 descritos en relación con la figura 3.
- 50 [0075] Obsérvese que un puerto 44 proporcionado en las disposiciones de sellado de todas las formas de realización como se ha descrito antes particularmente con respecto a la forma de realización de la figura 3 se puede utilizar para introducir gas, tal como helio para una purga de helio para reducir o evitar la formación de hielo, así como para evacuar aire hasta/desde la cámara de vacío formada por los mecanismos de sellado.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de imán que comprende:

5 una primera cámara de vacío (2);
 una segunda cámara de vacío (4);
 un primer imán (M) dispuesto en la primera cámara de vacío (2) de manera que el primer imán (M) puede
 ser aislado térmicamente del exterior de la primera cámara de vacío (2);
 al menos un conector de carga (22, 26, 1122) que se extiende desde la primera cámara de vacío (2) hasta
 10 el interior de la segunda cámara de vacío (4) de modo que una carga sobre el primer imán (M) se puede
 transferir a la segunda cámara de vacío (4), donde el conector de carga (22, 26, 1122) está en contacto
 térmico con el primer imán (M) y puede ser aislado térmicamente del exterior de la primera cámara de vacío
 (2) y del exterior de la segunda cámara de vacío (4),
 15 donde la primera cámara de vacío (2) comprende una primera disposición de sellado (24, 1124) a través de
 la cual se extiende el conector de carga (22, 26, 1122) y la segunda cámara de vacío (4) comprende una
 segunda disposición de sellado (24, 1124) a través de la cual se extiende el conector de carga (22,
 26, 1122), y donde una tercera cámara de vacío (46, 1146) a través de la cual se extiende el conector de
 carga y que está dispuesta entre la primera cámara de vacío (2) y la segunda cámara de vacío (4) está
 20 formada entre la primera y la segunda disposición de sellado (24, 1124, 28, 1128) y sellada respecto de la
 primera y la segunda cámara de vacío por la primera y la segunda disposición de sellado,
 donde la primera disposición de sellado (24, 1124) comprende un acoplamiento flexible aislante
 térmicamente (36, 1136) proporcionado entre el conector de carga (22, 26, 1122) y una pared interna de la
 primera cámara de vacío (2), y la segunda disposición de sellado (24, 1124) comprende un acoplamiento
 25 flexible aislante térmicamente proporcionado entre el conector de carga y una pared interna de la segunda
 cámara de vacío.

2. Aparato de la reivindicación 1, que comprende un segundo imán, donde un segundo imán (M) está dispuesto
 en la segunda cámara de vacío (4).

30 3. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la tercera cámara de vacío comprende un
 puerto para controlar la presión del aire.

4. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un protector contra la
 radiación (30, 1130) dispuesto entre el conector de carga y una pared interna de la tercera cámara de vacío (46,
 35 1146) para proteger el conector de carga (22, 26, 1122) de la radiación térmica emitida por la pared interna de la
 tercera cámara de vacío.

5. Aparato de la reivindicación 4, donde el conector de carga (22, 26, 1122) está alojado en el protector contra la
 radiación (30, 1130) y el protector contra la radiación (30, 1130) está alojado en la tercera cámara de vacío (46,
 40 1146).

6. Aparato según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, que comprende además otro protector contra la
 radiación (3) entre el primer imán (M) y una pared interna de la primera cámara de vacío (2).

45 7. Aparato según la reivindicación 6, donde el protector contra la radiación (30, 1130) en la tercera cámara de
 vacío está acoplado térmicamente al protector contra la radiación (3) en la primera cámara de vacío (4).

8. Aparato de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, donde se proporciona un primer acoplamiento aislante
 térmicamente (32, 1132) entre el conector de carga (22, 26, 1122) y el protector contra la radiación (30, 1130), y
 50 se proporciona un segundo acoplamiento aislante térmicamente (36, 1136) entre el protector contra la radiación
 (30, 1130) y una pared interna de la primera cámara de vacío (2).

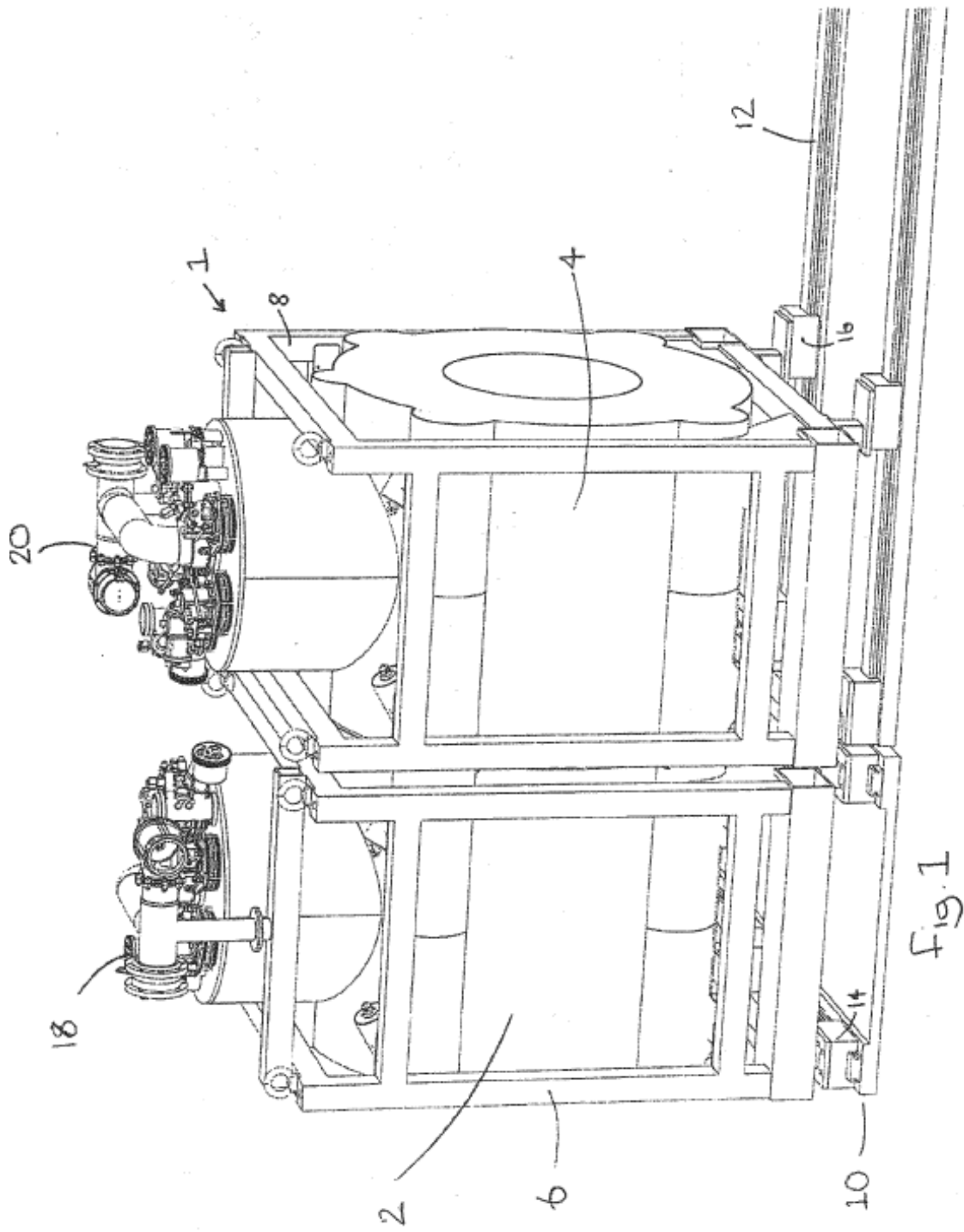
9. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una pluralidad de
 conectores de carga (22, 26, 1122), donde los conectores de carga están separados circunferencialmente entre
 55 sí con respecto al eje principal del primer imán (M).

10. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera cámara de vacío (2) comprende
 un ensamblaje (6) que está configurado para ensamblarse a una guía (10) sobre la que la primera cámara de
 vacío (2) se puede desplazar,
 60 donde la segunda cámara de vacío (4) comprende un ensamblaje (8) que está configurado para ensamblarse a
 una guía (12) sobre la que la segunda cámara de vacío (4) se puede desplazar, donde la segunda cámara de
 vacío (4) se puede desplazar en una dirección diferente a la primera cámara de vacío (2), y
 donde la primera y la segunda cámara de vacío (2, 4) se pueden desplazar en direcciones ortogonales.

65 11. Aparato de la reivindicación 2 o cualquiera de las reivindicaciones 3 a 10, cuando dependen de la
 reivindicación 2, donde el conector de carga (22, 26, 1122) comprende una primera parte (22) fijada al primer

imán y una segunda parte (26) fijada al segundo imán, y donde el conector de carga comprende además un componente de alineamiento (46, 48, 50) para asegurar que la primera y la segunda parte estén alineadas correctamente.

- 5 12. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende tres o más imanes dispuestos cada uno en una cámara de vacío respectiva, y donde un conector de carga se proporciona en una cámara de vacío entre cada par de imanes adyacentes.
- 10 13. Aparato de la reivindicación 1, que comprende además un segundo imán (M) dispuesto en la segunda cámara de vacío (4) de manera que el segundo imán (M) puede ser aislado térmicamente del exterior de la segunda cámara de vacío (4);
donde el conector de carga (22, 26, 1122) se extiende desde la primera cámara de vacío (2) hasta el interior de la segunda cámara de vacío (4) de manera que una carga en el primer imán se puede transferir al segundo imán, donde, durante el uso, el conector de carga (22, 26, 1122) está en contacto térmico con el primer y el segundo
15 imán y puede ser aislado térmicamente del exterior de la primera y la segunda cámara de vacío.
14. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el conector de carga (22, 26, 1122) está fijado al primer imán.
- 20 15. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el conector de carga (22, 26, 1122) se puede poner en contacto mecánicamente con el imán pero no está unido a este.



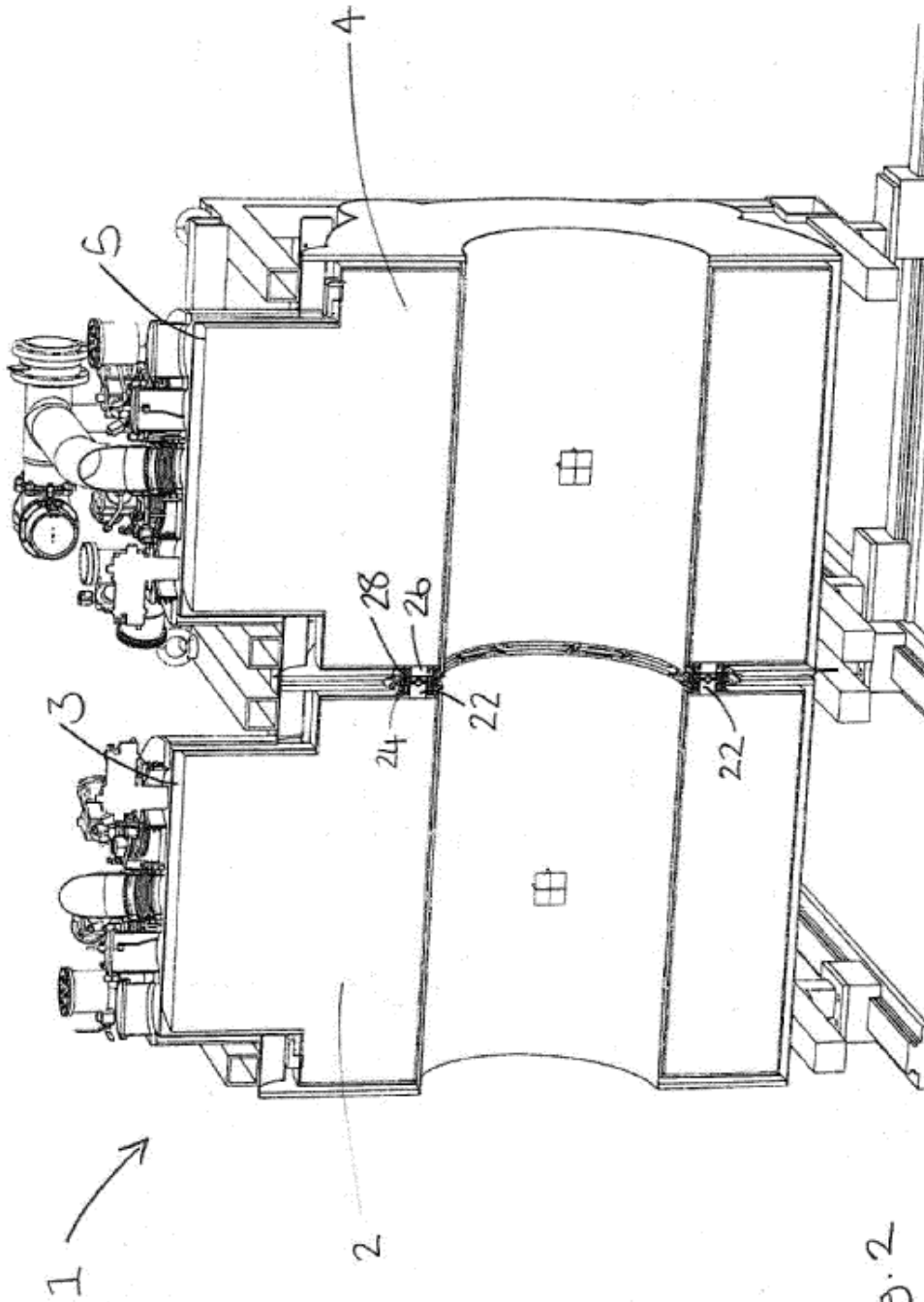


Fig. 2

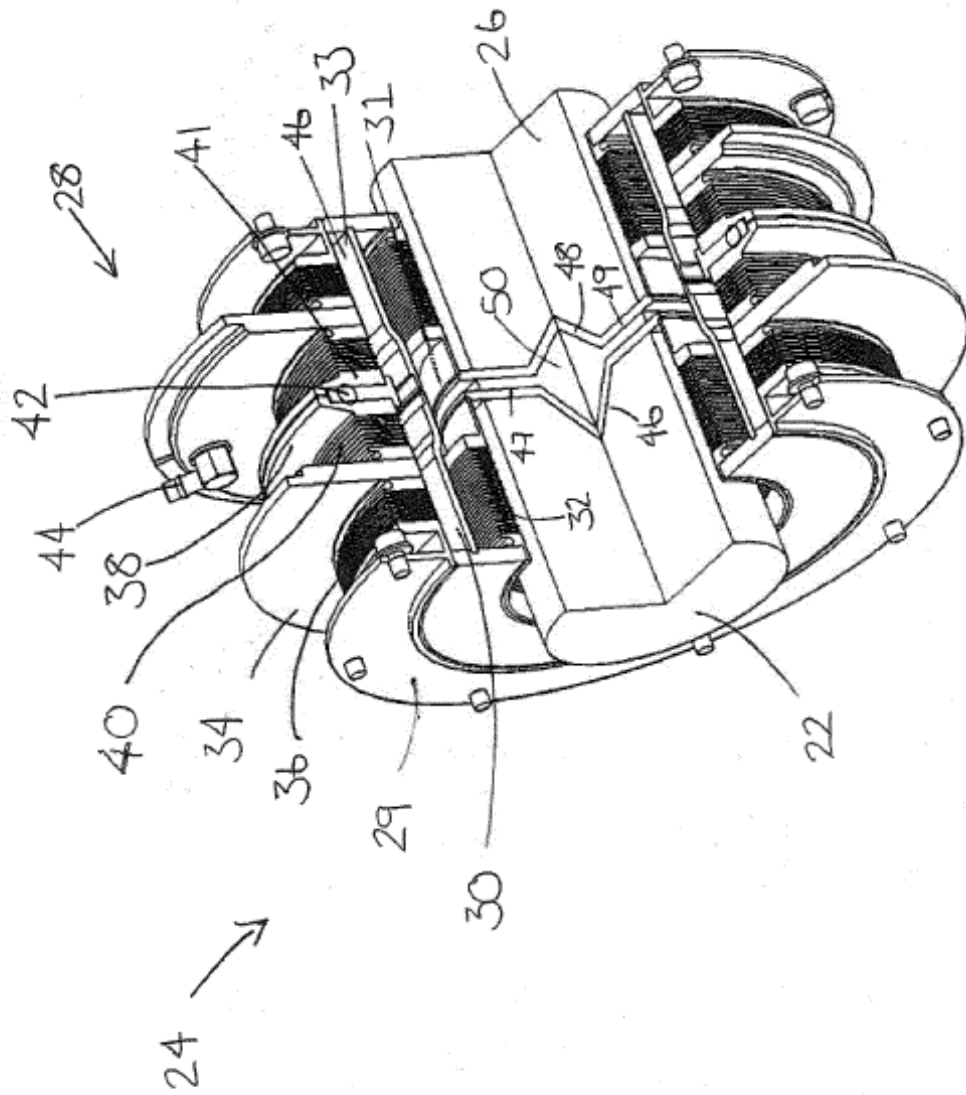


Fig.3

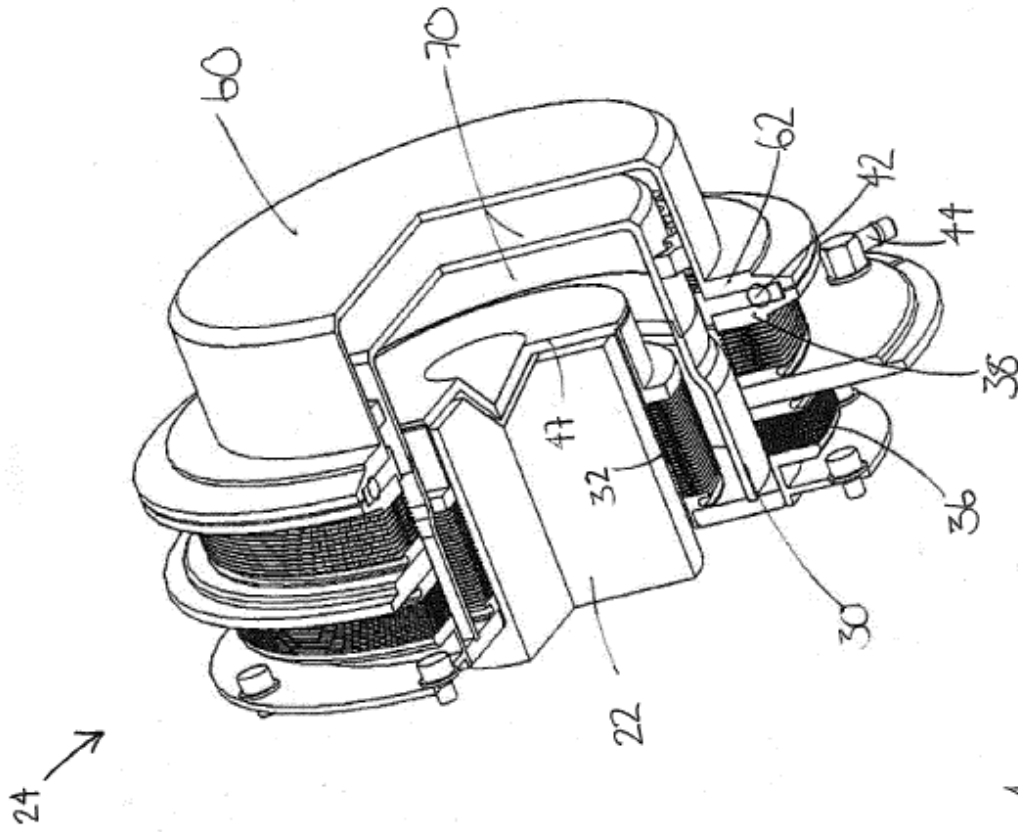


Fig.4

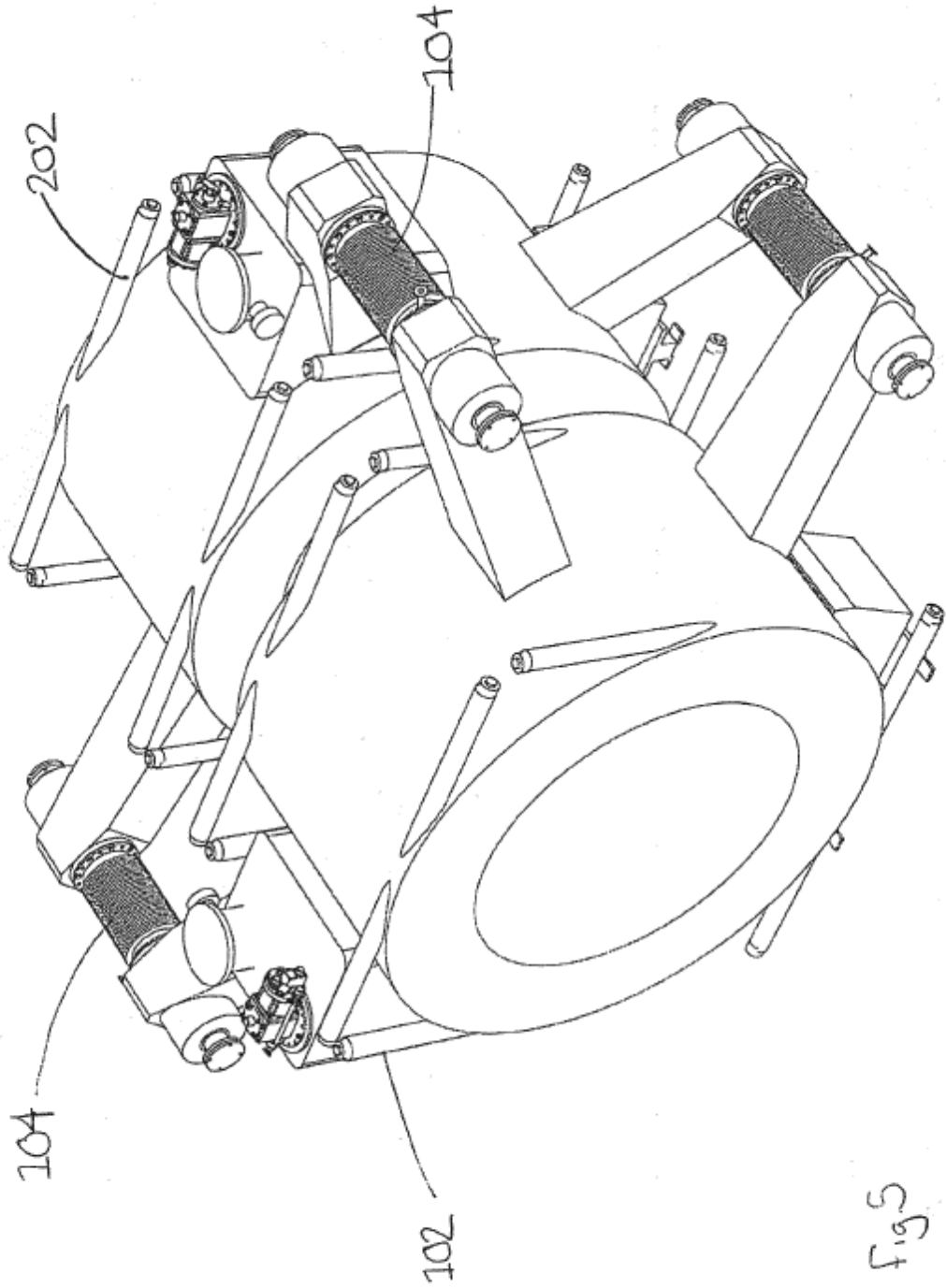


Fig. 5

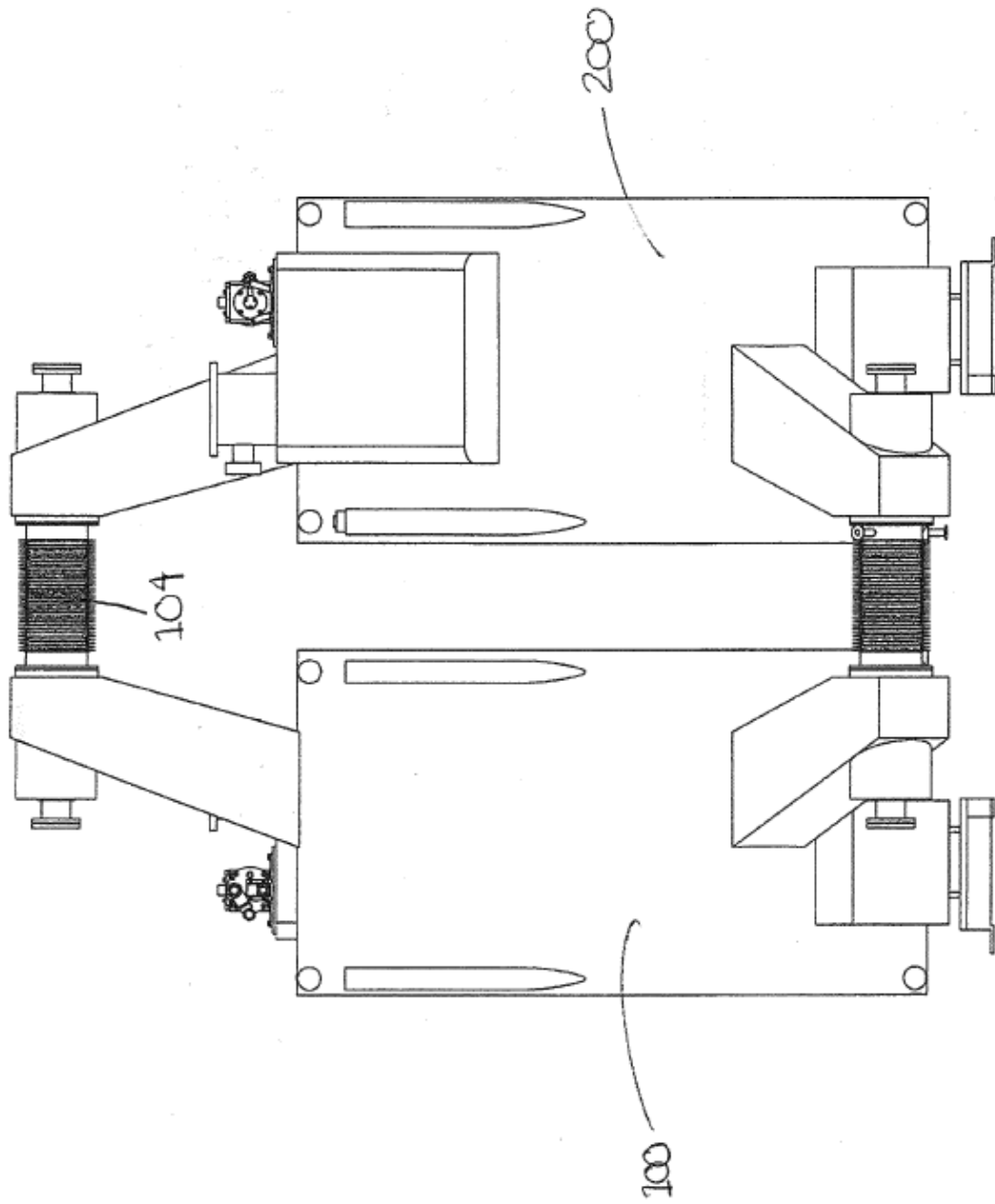


Fig. 6

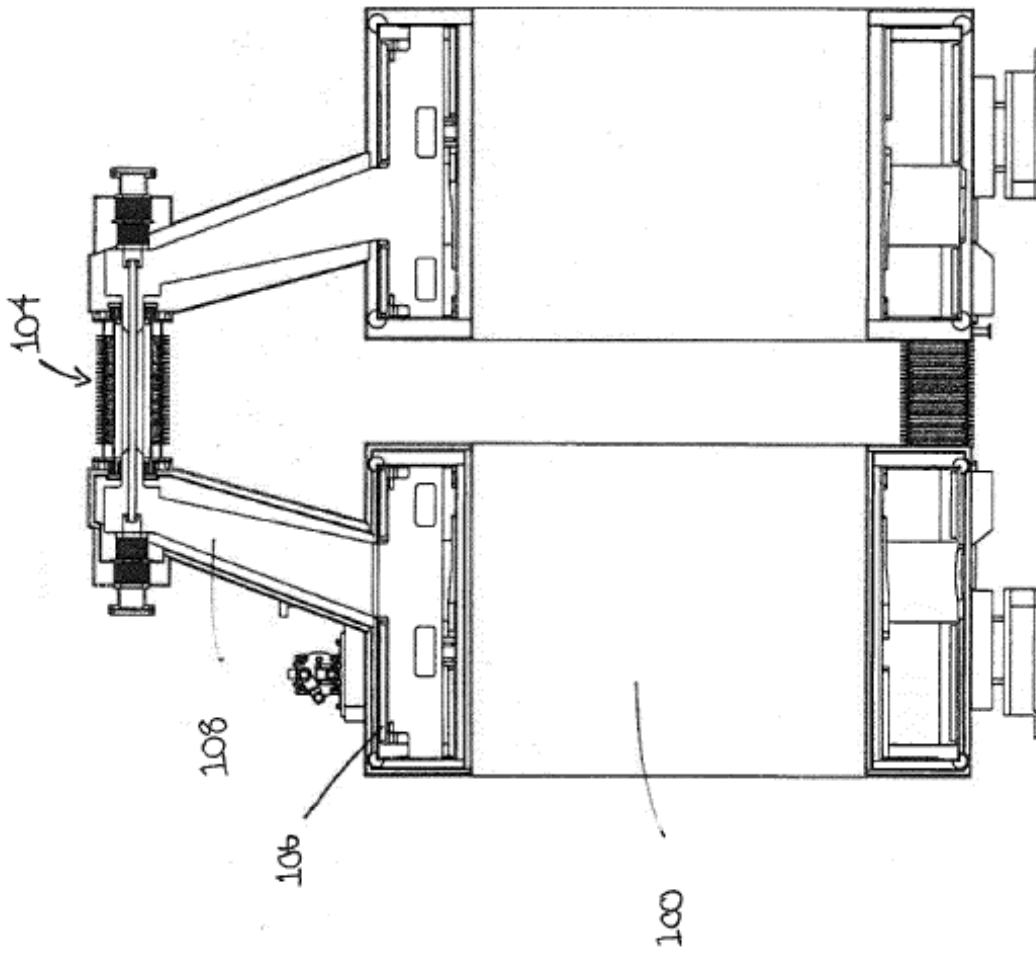


fig. 7

Fig. 8

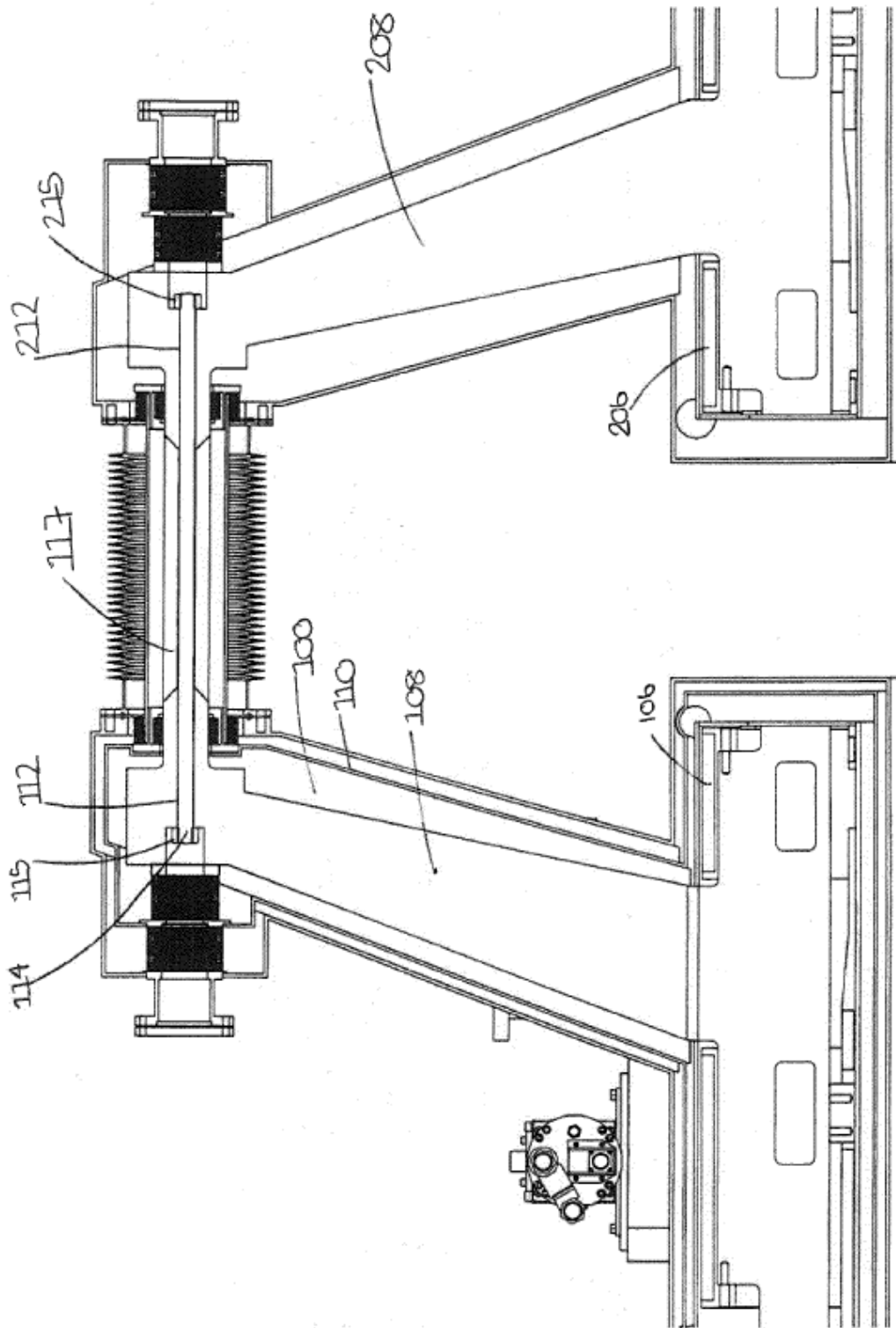
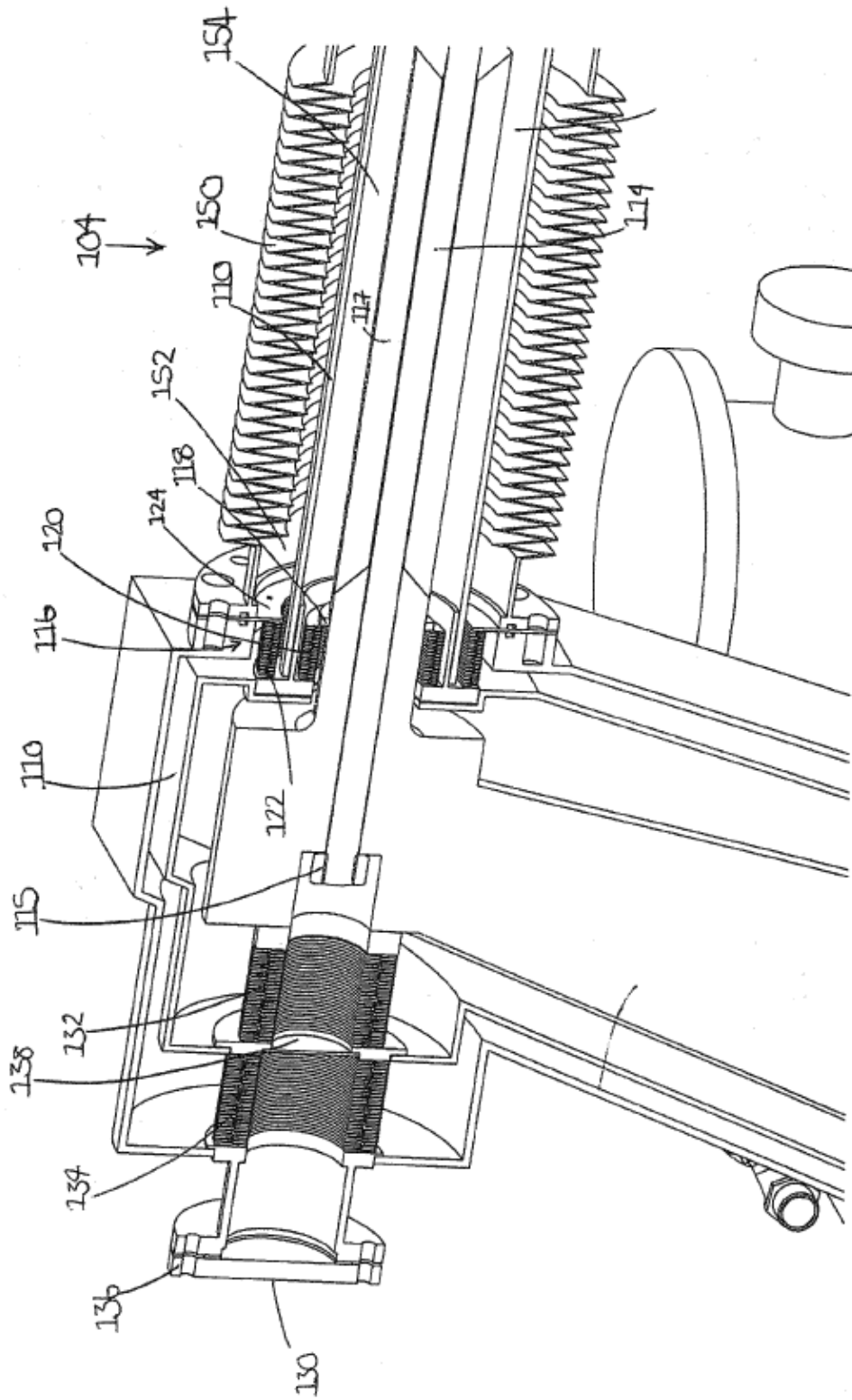


Fig. 9



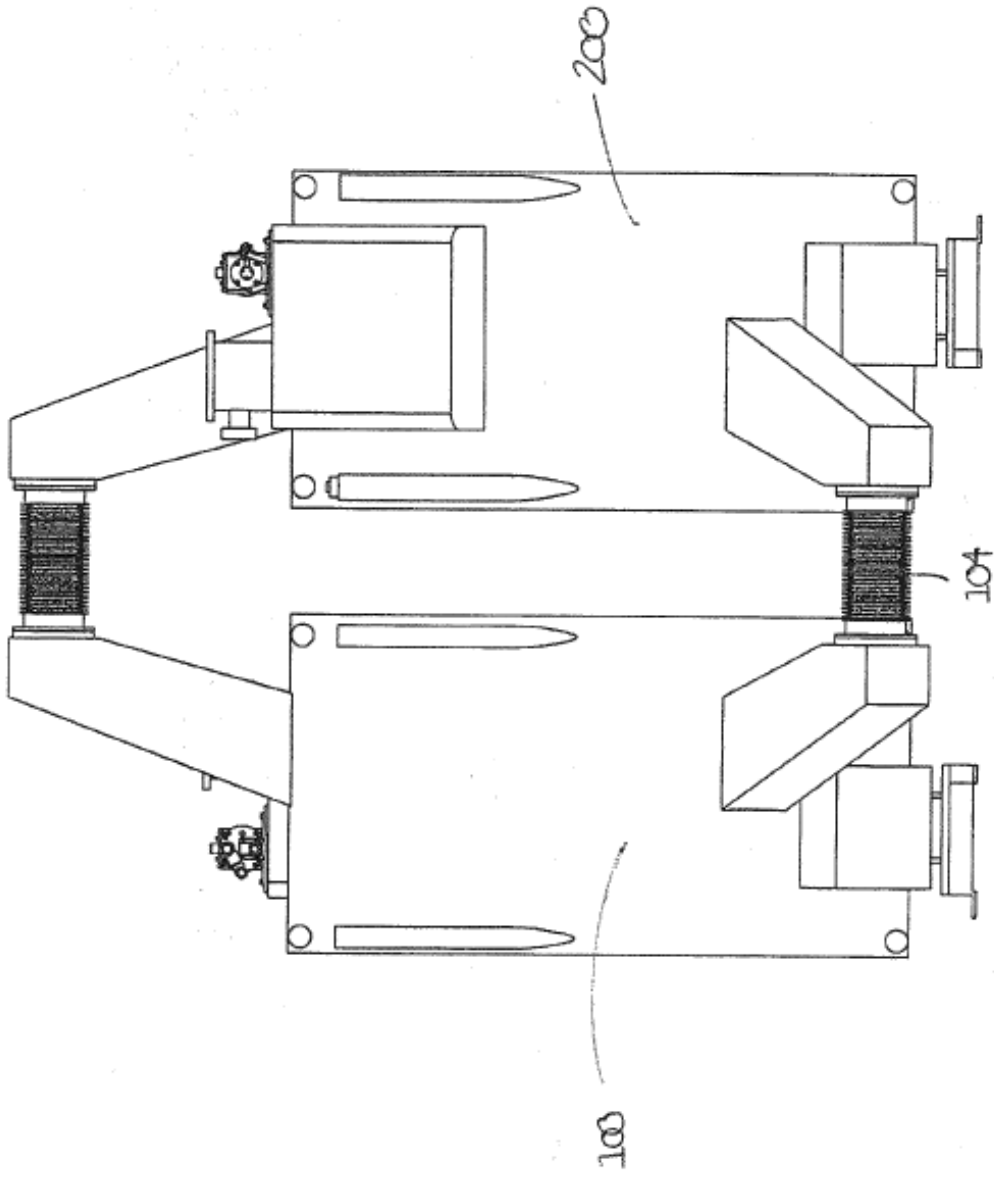


Fig. 10

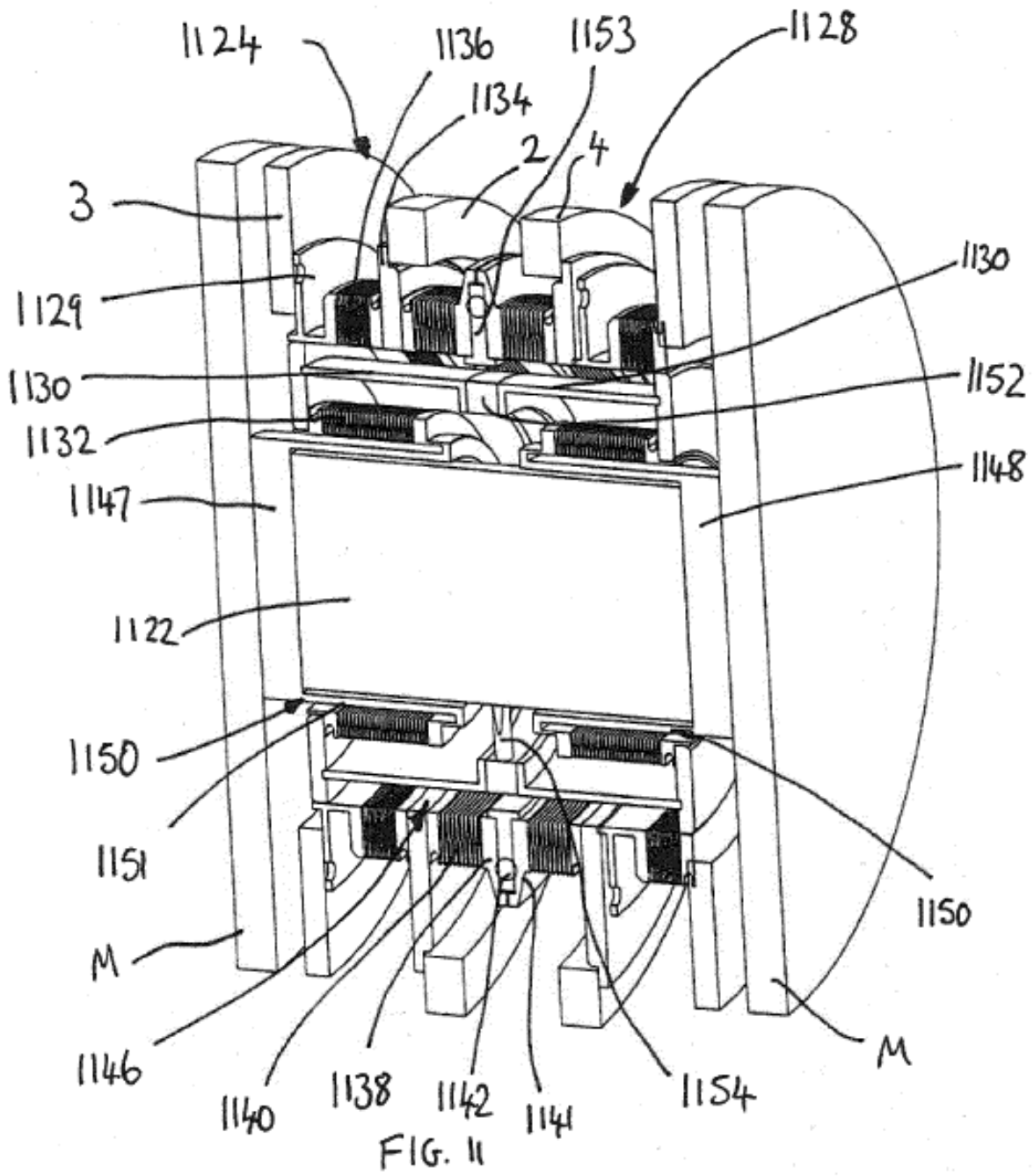


FIG. 11