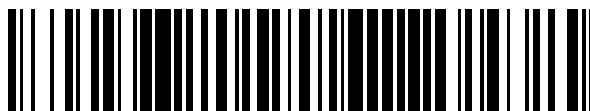


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 267**

51 Int. Cl.:

F04B 15/08 (2006.01)

F04B 53/08 (2006.01)

F04B 53/02 (2006.01)

F04B 19/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2012** **E 12192120 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014** **EP 2592269**

54 Título: **Pieza de separación intermedia para bomba alternativa criogénica**

30 Prioridad:

11.11.2011 US 201113294717

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

22.01.2015

73 Titular/es:

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US

72 Inventor/es:

STREET, JOHN CHARLES

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 527 267 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

Pieza de separación intermedia para bomba alternativa criogénica

5 ANTECEDENTES

Las bombas alternativas de desplazamiento positivo diseñadas para líquidos criogénicos, o bombas alternativas criogénicas, se usan comúnmente en equipos portátiles para servicios petrolíferos de campo y aplicaciones industriales en las que se suministra nitrógeno como líquido criogénico, bombeado a una presión más alta, vaporizado y a continuación es inyectado en un pozo, tubería, cisterna o se suministra de otra manera para su uso final. Muchos de los diseños de fabricación comerciales comprenden un extremo caliente, múltiples extremos fríos en paralelo, y piezas de separación intermedias que conectan cada uno de los extremos fríos al extremo caliente.

El extremo caliente comprende además un alojamiento, un cigüeñal, bielas y cabezas de bielas que convierten el movimiento rotatorio en movimiento lineal para los extremos fríos. El extremo frío es el cuerpo de bomba que comprende un émbolo o pistón, un cilindro, una cabeza de cilindro, una válvula de succión y una válvula de descarga. Las piezas de separación intermedias aíslan térmicamente el extremo caliente de los extremos fríos a la vez que alinean el pistón del extremo frío con las cabezas de biela de extremo caliente.

Los diseños de extremo frío comerciales comunes tienen segmentos de estanqueidad de pistón que están dispuestos más allá de la longitud de la carrera o recorrido del pistón desde el cilindro de extremo frío. Los segmentos de estanqueidad de pistón impiden que el nitrógeno criogénico a baja presión escape a la atmósfera y potencialmente pulverice nitrógeno criogénico sobre los segmentos para aceite del extremo caliente y de la cabeza de biela que no pueden tolerar temperaturas criogénicas.

El pistón del extremo frío opera por debajo del punto de congelación del agua, por tanto, se puede formar hielo en la porción del pistón del extremo frío que está expuesta al aire ambiente dentro de la pieza de separación intermedia. Un rascador metálico, también llamado limpiador, puede estar dispuesto adyacente a los segmentos de estanqueidad de pistón en oposición al cilindro de extremo frío para limpiar contaminantes, principalmente hielo, del pistón. El limpiador está destinado a proteger los segmentos de estanqueidad de pistón contra el daño físico producido por la acumulación de hielo y otros contaminantes. El limpiador ha sido probado y ha demostrado ser efectivo cuando la bomba alternativa criogénica es operada a una velocidad situada en la porción superior de su entorno de desarrollo, pero el limpiador ha demostrado no ser efectivo cuando la bomba alternativa criogénica opera a bajas velocidades.

Los segmentos de estanqueidad de pistón están hechos frecuentemente de materiales plásticos, mezclas comunes de politetrafluoroetileno (PTFE) y modificadores estructurales tales como fibra de vidrio o de carbono. Estos materiales son adecuados para el servicio a temperaturas criogénicas, pero tienen una velocidad de contracción térmica mucho mayor que la del pistón del extremo frío que está rodeado por los segmentos de estanqueidad de pistón. La diferencia de la contracción térmica aumenta el esfuerzo en los segmentos de estanqueidad de pistón a bajas temperaturas lo que da lugar a un aumento de la deformación del flujo frío.

El diseño de muchas bombas alternativas criogénicas comerciales conlleva un compromiso adecuado para muchas aplicaciones, particularmente cuando la bomba es operada durante períodos sustancialmente inferiores a diez horas antes de que se la deje descongelar, o cuando la bomba gira dentro de la mitad superior de su intervalo de velocidad de diseño. Su diseño, no obstante, da lugar a problemas comunes cuando la bomba es operada a velocidades inferiores durante un período de tiempo extendido. En operación continua, la formación de hielo en los extremos fríos y en las piezas de separación intermedias continúa aumentando a lo largo de un período de tiempo. La acumulación de hielo aísla las porciones del extremo frío y la pieza de separación intermedia que rodea los segmentos de estanqueidad de pistón, y la temperatura de los segmentos de estanqueidad de pistón continúa disminuyendo a lo largo de horas después del comienzo de la operación continua. Una duración extendida a temperaturas frías contribuye a la deformación de los segmentos de estanqueidad de pistón que impide que sean estancos cuando vuelven a ser calentados de nuevo. Además, los limpiadores comunes han demostrado ser una medida efectiva para limpiar toda la condensación y el hielo que resulta de la exposición al vapor de agua ambiente del pistón cuando éste opera a velocidad suficiente, pero los limpiadores, incluso en buenas condiciones o estado, son con frecuencia incapaces de desprender la escarcha dura que se forma en el pistón con la bomba operando a baja velocidad.

Diseños anteriores de extremos fríos han incluido medios para mantener los segmentos de estanqueidad de pistón sustancialmente más calientes que el fluido bombeado. Dichas características de varios diseños incluyen dimensiones alargadas para reducir el calor conducido por la empaquetadura del pistón, aletas que rodean la empaquetadura del pistón para aumentar la transferencia de calor desde el aire ambiente a la empaquetadura del pistón, secciones aislantes para aislar térmicamente la empaquetadura del pistón de la temperatura fría dentro de la cámara de bombeo, y una camisa de fluido para calentar segmentos de estanqueidad de pistón enteriza con el alojamiento que rodea los segmentos de estanqueidad de pistón. El inconveniente de estas medidas es que aumentan en general las dimensiones de la bomba alternativa criogénica, lo que no es deseable a la hora de

montarla en un camión o remolque, y da lugar a que la sustitución de los extremos fríos sea más difícil.

Por ejemplo, la patente de los EE.UU. US 4.396.354 describe una bomba criogénica del tipo alternativo según el preámbulo de la reivindicación 1 que comprende tres subsecciones principales, siendo éstas un cuerpo de bomba tubular, un conjunto de empaquetadura y el cuerpo de bomba que sella el extremo caliente de la bomba, y una sección intermedia que interconecta el conjunto de empaquetadura y el cuerpo de bomba. El cuerpo de bomba tiene en general una construcción tubular que comprende una cámara de bombeo en la que está dispuesto un pistón que realiza movimiento alternativo bajo el control de una biela de pistón. La biela de pistón se extiende hacia fuera de la cámara de bombeo, sobresaliendo axialmente a través de la sección intermedia y del conjunto de empaquetadura donde está adaptada para estar conectada a cualquier mecanismo convencional tal como un cigüeñal para producir el movimiento alternativo de los elementos de bombeo. La cámara de bombeo es estanca en el extremo trasero del cuerpo de la bomba tubular mediante sellado de la biela del pistón con un anillo de estanqueidad, de preferencia de teflón relleno de carbono. El anillo de estanqueidad es mantenido en su lugar mediante un anillo de retención, en el que está ajustado un elemento separador de teflón. La sección intermedia comprende la combinación del elemento separador y un manguito tubular de acero inoxidable y pared delgada que rodea al elemento separador. El manguito tubular está soldado a un extremo del cuerpo de bomba tubular y su otro extremo a una pestaña, a la que está fijado también el conjunto de estanqueidad. El conjunto de estanqueidad, que sella el extremo caliente de la bomba criogénica, comprende un conjunto de anillos de sellado que con frecuencia están hechos de teflón relleno de carbono, y está rodeado de aletas de transferencia de calor. El cuerpo de bomba y la sección intermedia están rodeados por medios de aislamiento anulares, que pueden, por ejemplo, comprender un espacio de aislamiento relleno de materiales de baja conductividad tal como perlita.

Algunas características de los diseños tradicionales de la bomba alternativa criogénica hacen hincapié en reducir el calor transferido al fluido criogénico cuando éste es bombeado para reducir el vapor que debe retornar a un depósito de almacenamiento criogénico. El vapor retornado al depósito aumenta la temperatura del fluido criogénico almacenado, reduciendo la cabeza de succión positiva neta disponible para la bomba alternativa criogénica. El vapor de retorno puede también ser ventilado directamente a la atmósfera debido a la presión de operación del depósito de almacenamiento criogénico. Estas características restringen el calor transferido desde el extremo caliente al extremo frío, y algunas veces reducen la transferencia de calor directamente desde el aire ambiente a través del alojamiento del extremo frío a la cámara de bombeo con una sección aislada por vacío.

Muchas de las bombas alternativas criogénicas comerciales diseñadas por fabricantes para aplicaciones petrolíferas de campo (por ejemplo, ACD, NOV HydraRig, CS&P Technologies) no usan características de diseño similares para limitar la transferencia de calor al extremo frío porque el equipo que incorpora la bomba alternativa criogénica incorpora típicamente también una bomba centrífuga criogénica para aumentar la cabeza de succión positiva neta disponible para la bomba alternativa criogénica. Además, cuando se ventila el vapor generado dentro de la bomba alternativa criogénica a la atmósfera, esta cantidad es insignificante en comparación con la de las velocidades de diseño relativamente altas de muchas bombas alternativas criogénicas que se comercializan en el mercado para aplicaciones petrolíferas de campo.

Los extremos fríos de las bombas alternativas criogénicas que se comercializan en el mercado para aplicaciones petrolíferas de campo permiten comúnmente que el nitrógeno líquido dentro del alojamiento del extremo frío esté en contacto directo con los segmentos de estanqueidad de pistón. Estas bombas están diseñadas para que impidan la transferencia excesiva de calor desde el extremo caliente a través de la pieza de separación intermedia al extremo frío para impedir la congelación del aceite lubricante dentro del extremo caliente, pero estos diseños no incorporan ningún mecanismo o configuración para mantener la temperatura de los segmentos de estanqueidad de pistón bastante por encima de la temperatura del fluido criogénico. Estos diseños de los extremos fríos que se comercializan en el mercado para el servicio petrolífero de campo no permiten tampoco una extensa área superficial de transferencia de calor o una camisa de calentamiento dispuesta en el extremo frío para los segmentos de estanqueidad de pistón porque los segmentos de estanqueidad de pistón están instalados en la sección del alojamiento del extremo frío que está inmediatamente rodeada por la pieza de separación intermedia. De esta manera, los segmentos de estanqueidad de pistón de las bombas alternativas criogénicas para aplicaciones petrolíferas de campo experimentan repetidas expansiones y contracciones térmicas aunque están restringidas por partes adyacentes dentro de los extremos fríos, y los segmentos de estanqueidad de pistón se deforman. La deformación de los segmentos de estanqueidad de pistón compromete la capacidad de sellar el fluido dentro del alojamiento de extremo frío.

Por esta razón, en la técnica se necesitan unos medios para calentar los segmentos de estanqueidad de pistón de los extremos fríos de la bomba alternativa criogénica en la que los segmentos de estanqueidad de pistón están muy cerca del fluido criogénico, y en la que no hay medios para mejorar el extremo frío para que caliente los segmentos de estanqueidad de pistón. Los medios para calentar los segmentos de estanqueidad de pistón son necesarios para aumentar la vida de los segmentos de estanqueidad de pistón cuando están operando continuamente y a velocidades de operación bajas.

COMPENDIO

Aspectos de la invención presente comprenden los siguientes aspectos numerados desde el Aspecto 1 hasta el Aspecto 18.

- 5 Aspecto 1. Un conjunto de bomba alternativa para bombear un fluido criogénico, comprendiendo el conjunto un extremo caliente que tiene un cigüeñal y una cabeza de biela; al menos un extremo frío, teniendo cada extremo frío un pistón, una cámara de bombeo, una lumbrera de succión, una lumbrera de ventilación y una lumbrera de descarga; al menos un acoplamiento, conectando cada acoplamiento el extremo caliente a uno de los al menos un extremo frío; y al menos una pieza de separación intermedia, estando conectada cada una de las al menos una
- 10 pieza de separación intermedia al extremo caliente y a uno de los al menos un extremo frío, superponiéndose a una porción de los al menos un extremo frío, y teniendo al menos un elemento de calentamiento al menos parcialmente contenido en ella, estando operativamente dispuesto el al menos un elemento de calentamiento para permitir la circulación de un fluido a través del al menos un elemento de calentamiento.
- 15 Aspecto 2. El conjunto de bomba alternativa según el Aspecto 1, en donde cada uno de los al menos un extremo frío comprende además al menos un segmento de estanqueidad de pistón, y en donde cada uno de los al menos un elemento de calentamiento está dispuesto en una primera posición longitudinal que se superpone al menos parcialmente a una segunda posición longitudinal de los al menos un segmento de estanqueidad de pistón, estando dispuestas la primera y la segunda posiciones longitudinales a lo largo de un eje longitudinal de los al menos un extremo frío.
- 20 Aspecto 3. La bomba alternativa según el Aspecto 2, en donde al menos un elemento de calentamiento comprende un primer elemento de calentamiento y un segundo elemento de calentamiento y en donde al menos una porción de los al menos un segmento de estanqueidad de pistón está dispuesta entre el primer elemento de calentamiento y el
- 25 segundo elemento de calentamiento.
- Aspecto 4. El conjunto de bomba alternativa según cualquiera los Aspectos 1 - 3, en donde cada una de las al menos una pieza de separación intermedia comprende además al menos una ventana formada en ella para permitir el acceso a uno de los al menos un acoplamiento desde el exterior de las al menos una pieza de separación intermedia y una cubierta para cada una de las al menos una ventana.
- 30 Aspecto 5. El conjunto de bomba alternativa según los Aspectos 1 - 4, comprendiendo además un motor de combustión interna que tiene un sistema de refrigeración, en donde el fluido es un refrigerante que es circulado a través del sistema de refrigeración del motor de combustión interna.
- 35 Aspecto 6. El conjunto de bomba alternativa según el Aspecto 5, en donde el motor de combustión interna está operativamente dispuesto para activar el cigüeñal.
- Aspecto 7. El conjunto de bomba alternativa según cualquiera de los Aspectos 1 - 6, comprendiendo además una lumbrera de purga dispuesta en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia, estando conectada la lumbrera de purga a un suministro de fluido criogénico, en donde cada una de las al menos una pieza de separación intermedia define un volumen interior y la lumbrera de purga está operativamente dispuesta para inyectar el fluido criogénico en el volumen interior.
- 40 Aspecto 8. El conjunto de bomba alternativa según cualquiera de los Aspectos 1 - 7, comprendiendo además: una lumbrera de purga dispuesta en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia, estando conectada la lumbrera de purga en comunicación fluida a un suministro de fluido criogénico; y un intercambiador de calor operativamente dispuesto para calentar el fluido criogénico contra el refrigerante; en donde cada una de las al menos una pieza de separación intermedia define un volumen interior y la lumbrera de purga está operativamente dispuesta para inyectar el fluido criogénico en el volumen interior.
- 45 Aspecto 9. Un método que comprende: (a) bombear un primer fluido criogénico usando un conjunto de bomba alternativa que comprende un extremo caliente que tiene un cigüeñal y una cabeza de biela, al menos un extremo frío, teniendo cada extremo frío un pistón, una cámara de bombeo, una lumbrera de succión, una lumbrera de ventilación y una lumbrera de descarga, al menos un acoplamiento que conecta el extremo caliente a uno de los al menos un extremo frío, al menos una pieza de separación intermedia, estando conectada al extremo caliente cada una de las al menos una pieza de separación intermedia, a uno de los al menos un extremo frío, y estando superpuesta a una porción del extremo caliente y a una porción del extremo frío; y (b) durante al menos una porción de la ejecución del paso (a), circulando un fluido a través de los al menos un elemento de calentamiento dispuesto en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia.
- 50 Aspecto 10. El método según el Aspecto 9, en donde el paso (b) comprende circular un fluido, que tiene una temperatura por encima de la temperatura ambiente, a través de al menos un elemento de calentamiento dispuesto en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia.
- 55 Aspecto 11. El método según el Aspecto 10, en donde el fluido es un fluido de enfriamiento.
- 60 Aspecto 12. El método según el Aspecto 10, en donde el fluido es un fluido de calentamiento.
- 65 Aspecto 13. El método según el Aspecto 10, en donde el fluido es un fluido de calentamiento.

Aspecto 11. El método según cualquiera de los Aspectos 9 ó 10, comprendiendo además: (c) cubrir cualquier ventana dispuesta en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia mientras se realiza el paso (a).

5 Aspecto 12. El método según cualquiera de los aspectos 9 – 11, comprendiendo además: (d) circular el fluido a través de un sistema de refrigeración de un motor de combustión interna.

Aspecto 13. El método según el Aspecto 12, comprendiendo además: (e) accionar el cigüeñal mediante el motor de combustión interna.

10 Aspecto 14. El método según cualquiera de los aspectos 9 – 13, comprendiendo además: (f) purgar un volumen interno definido por cada una de las al menos una pieza de separación intermedia usando un segundo fluido criogénico.

15 Aspecto 15. El método según el Aspecto 12 ó el 13, comprendiendo además: (f) purgar un volumen interno definido por cada una de las al menos una pieza de separación intermedia usando un segundo fluido criogénico; y (g) calentar el segundo fluido criogénico contra el refrigerante antes de usar el segundo fluido criogénico en el paso (f).

Aspecto 16. Un sistema que comprende:

20 un conjunto de bomba alternativa para bombear un fluido criogénico, comprendiendo el conjunto:
un extremo caliente que tiene un cigüeñal y una cabeza de biela;
al menos un extremo frío, teniendo cada extremo frío un pistón, al menos un segmento de estanqueidad de
25 pistón, una cámara de bombeo, una lumbrera de succión, una lumbrera de ventilación, una lumbrera de
descarga y un eje longitudinal;
al menos un acoplamiento; conectando cada acoplamiento el extremo caliente a uno de los al menos un
extremo frío; y
al menos una pieza de separación intermedia teniendo al menos una ventana formada en ella para permitir el
acceso a uno de los al menos un acoplamiento desde las al menos una pieza de separación intermedia y una
30 cubierta para cada una de las al menos una ventana, estando conectada cada una de las al menos una pieza
de separación intermedia al extremo caliente y a uno de los al menos un extremo frío, superponiéndose a una
porción de uno de los al menos un extremo frío, y teniendo un primer y un segundo elementos de
calentamiento al menos parcialmente contenidos en ella en una posición longitudinal que se superpone al
menos parcialmente a una posición longitudinal de al menos un segmento de estanqueidad de pistón; y
35 un motor de combustión interna que tiene un sistema de refrigeración en comunicación fluida con cada uno de
los al menos un elemento de calentamiento para permitir la circulación de un fluido refrigerante a través del
sistema de refrigeración del motor de combustión interna y de cada uno de los al menos un elemento de
calentamiento, estando operativamente dispuesto el sistema de combustión interna para activar el cigüeñal.

40 Aspecto 17. El sistema según la reivindicación 16, comprendiendo además una lumbrera de purga dispuesta en
cada una de las al menos una pieza de separación intermedia, estando conectada la lumbrera de purga a un
suministro de fluido criogénico, en donde cada una de las al menos una pieza de separación intermedia define un
volumen interior y la lumbrera de purga está operativamente dispuesta para inyectar el fluido criogénico en el
volumen interior.

45 Aspecto 18. El sistema según cualquiera de los Aspectos 16 ó 17, comprendiendo además un intercambiador de
calor operativamente dispuesto para calentar el fluido criogénico contra el fluido refrigerante.

50 Una realización descrita satisface la necesidad de la técnica proporcionando una pieza de separación intermedia
adaptada para calentar los segmentos de estanqueidad del pistón, y medios para impedir que se acumule hielo en el
extremo frío del pistón cuando un limpiador es inadecuado debido a la operación a baja velocidad de la bomba.

55 En una realización, se describe una pieza de separación intermedia que comprende: elementos de calentamiento
para transferir calor a través del alojamiento del extremo frío de la bomba alternativa criogénica para calentar los
segmentos de estanqueidad de pistón; sellar las cubiertas para las ventanas de acceso de la pieza de separación
intermedia que son por otra parte necesarias para acoplar mecánicamente la cabeza de biela del extremo caliente al
pistón de extremo frío; y una conexión de purga para eliminar vapor de agua ambiente desde dentro de la pieza de
separación intermedia purgando la pieza intermedia con vapor seco, caliente.

DESCRIPCIÓN BREVE DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

60 El compendio anterior, así como la siguiente descripción detallada de realizaciones ejemplares, se comprende mejor
cuando se estudia junto con los dibujos que se adjuntan. Con el objeto de ilustrar las realizaciones, se muestran en
los dibujos construcciones ejemplares; sin embargo, la invención no está limitada a los métodos e instrumentaciones
específicos descritos. En los dibujos:

65 la Figura 1 es un dibujo de un conjunto de bomba alternativa criogénica completa, ejemplar, que comprende

un extremo caliente, un extremo frío, y una pieza de separación intermedia;
la Figura 2 es una vista parcial en sección transversal de un extremo frío ejemplar de la Figura 1;
la Figura 3A es una vista de un perfil de una pieza de separación intermedia ejemplar descrita según la
invención presente, y la Figura 3B es una vista de un extremo de la misma pieza de separación intermedia
ilustrada en la Figura 3A;
La Figura 4 es un dibujo de un aparato ejemplar según la invención presente; y
La Figura 5 es un esquema de un sistema que comprende la pieza separadora intermedia descrita según la
invención presente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Una realización de la invención presente se refiere a una pieza de separación intermedia para una bomba alternativa
criogénica que comprende elementos de calentamiento dispuestos para conducir calor a través del alojamiento del
extremo frío dentro de los segmentos de estanqueidad de pistón junto con características de técnicas anteriores que
incluyen cubiertas para sellar el flujo de aire a través de las ventanas de acceso de la pieza de separación
intermedia y una lumbrera para introducir un suministro de un gas seco para impedir la intrusión de humedad en el
volumen interno de la pieza de separación intermedia.

El uso de una purga de segmento es común en algunas bombas criogénicas, particularmente en bombas centrífugas
criogénicas para standby o reserva, o para operación continua que deben impedir la formación de hielo en el
segmento encarado hacia la bomba mientras el alojamiento está frío. La purga de los segmentos mejora la vida
impidiendo la formación de hielo, que se convierte en un abrasivo para los segmentos. En contraste con las bombas
centrífugas, las bombas alternativas criogénicas usan comúnmente un único limpiador plástico o metálico dispuesto
inmediatamente en el lado atmosférico de los segmentos de estanqueidad con un borde afilado para eliminar
contaminantes tales como polvo y hielo para proteger los segmentos de estanqueidad de pistón.

El limpiador se hace menos efectivo a la hora de retirar escarcha dura a bajas velocidades de la bomba por varias
razones. El pistón del extremo frío está expuesto al aire ambiente al final de la carrera de succión durante períodos
de tiempo más largos a menores velocidades de la bomba. La mayor duración de la exposición al aire atmosférico
aumenta la concentración de humedad que se condensa en el pistón y da lugar a un período de tiempo más largo
para que se congele antes de que la parte expuesta del pistón pase por el limpiador. La menor velocidad del pistón
genera menos calor de fricción que a velocidades más altas, así, las temperaturas del pistón del extremo frío, del
cilindro, y de los segmentos de estanqueidad de pistón se aproximan todas a la temperatura del fluido criogénico
que pasa a través de la bomba. Además, a bajas velocidades de la bomba, el extremo caliente de la bomba
transmite menos energía que a altas velocidades a una presión de descarga similar. A una menor producción de
energía, el extremo caliente de la bomba no opera muy por encima de la temperatura ambiente y conduce menos
calor a través de la pieza de separación intermedia a los segmentos de estanqueidad de pistón.

Más allá de la operación a baja velocidad de la bomba, la operación de una bomba alternativa criogénica a baja
presión de descarga reduce la velocidad de conversión a vapor del fluido criogénico cuando éste pasa por los anillos
del pistón. Este vapor es llamado vapor blowby o de escape, y fluye entre el pistón y el extremo del cilindro de la
bomba en oposición a la cabeza del extremo frío. El vapor blowby debe salir de la zona adyacente a los segmentos
de estanqueidad de pistón a través de lumbreras dispuestas a la espalda del cilindro de extremo frío, a continuación
debe desplazarse a través de un surco longitudinal a lo largo de la parte alta de la manga del cilindro hasta la
lumbrera de ventilación. Una generación suficiente de vapor blowby aísla hasta cierto punto los segmentos de
estanqueidad de pistón del líquido criogénico más denso, impidiendo que el líquido criogénico que pasa a través de
las hendiduras alrededor de la manga del cilindro de extremo frío se alimente a través de las lumbreras a la espalda
de la manga del cilindro.

Las bombas alternativas criogénicas fabricadas en configuraciones triples y quintuples para el servicio petrolífero de
campo comparten una base similar del diseño de la pieza de separación intermedia sólo con unas pocas
excepciones. La orientación del diseño común requiere que el extremo frío esté conectado a la pieza de separación
intermedia por medio de roscados conjugados en el diámetro exterior de la mitad trasera del alojamiento de extremo
frío y en el orificio en la parte anterior de la pieza de separación intermedia. Una tuerca roscada dispuesta en el
diámetro exterior del alojamiento del extremo frío aprieta contra la parte anterior de la pieza de separación
intermedia cuando el extremo frío está dispuesto en la posición apropiada basada en la separación de la cabeza del
pistón del extremo frío y en la dirección de las lumbreras de fluido de extremo frío.

Cada pieza de separación intermedia tiene dos ventanas dispuestas a lo largo del eje de la pieza de separación
intermedia. Las ventanas proporcionan acceso para que el personal acople físicamente el pistón del extremo frío a la
cabeza de biela del extremo caliente. La mayoría de los diseños de la bomba no ofrecen una cubierta suministrada
por el fabricante para las ventanas de la pieza de separación intermedia; sin embargo, las ventanas pueden ser
selladas simplemente cubriendo las ventanas con una lámina de plástico pesado, o más permanentemente
fabricando placas de cubierta de ventanas con sellos de espuma de caucho de célula cerrada.

La mayoría de los diseños de la pieza de separación intermedia para bombas alternativas criogénicas para el

servicio petrolífero de campo tienen uno o más orificios de drenaje adyacentes al sello de aceite de la cabeza de biela. Los orificios de drenaje están situados al fondo de la pieza de separación intermedia cuando es instalada en el extremo caliente y sirven para drenar cualquier aceite y agua residuales. Alternativamente, las piezas de separación intermedias que han sido diseñadas con las ventanas dispuestas verticalmente a lo largo del extremo de la cabeza de biela pueden no tener orificios de drenaje ya que la ventana inferior drena el aceite y el agua residuales. Cuando las ventanas de las piezas de separación intermedias con orificios de drenaje están selladas, no se necesitan ajustes para ventilar gas de purga o pérdidas de estanqueidad. Si las ventanas de las piezas de separación intermedias sin orificios de drenaje están cubiertas, la cubierta de ventana inferior debe tener lumbreras para drenar aceite y agua, para ventilar gas de purga, y para impedir la sobrepresurización si ocurren fugas por el segmento de la envoltura.

Los segmentos de estanqueidad de pistón comprenden múltiples sellos de plástico destinados a impedir que la presión dentro del alojamiento del extremo frío escape por el pistón. Los sellos de plástico individuales están comúnmente separados entre sí por separadores de metal. Una o más arandelas circulares elásticas dispuestas alrededor de los separadores de metal impiden que la presión dentro del alojamiento del extremo frío escape entre los segmentos de estanqueidad y el alojamiento del extremo frío. Todos los componentes de los segmentos de estanqueidad de pistón están cargados por un resorte o resortes para mantener estancos los componentes cuando los materiales se contraen cuando están fríos.

No resulta obvio para los expertos en la materia que al aumentar la temperatura de operación de los segmentos de estanqueidad de pistón se mejora la longevidad, ya que los materiales de los sellos de plástico comúnmente usados están preparados para temperaturas criogénicas. Los sellos de plástico son comúnmente de PTFE mezclado con modificadores estructurales tales como fibra de vidrio o de carbono, pero los segmentos basados en el PTFE son todavía susceptibles a un fenómeno conocido como creep o flujo frío, cuando se produce una deformación lenta a lo largo de un período de tiempo debido a un esfuerzo continuo.

Además, no resulta obvio para los expertos en la materia que la aplicación de calor a la pieza de separación intermedia dé lugar a un aumento sustancial de la temperatura de operación de los segmentos de estanqueidad de pistón ya que éstos están en comunicación estrecha con el fluido criogénico circulante y el alojamiento de acero inoxidable del extremo frío no es un buen conductor del calor en comparación con aleaciones de aluminio o de cobre o acero de baja aleación.

Los materiales para sellos de plástico usados en los segmentos de estanqueidad de pistón tienen un coeficiente de expansión térmica sustancialmente mayor que el del pistón de acero inoxidable al que sella. Cuando la temperatura del pistón y de los segmentos de estanqueidad de pistón disminuye, las dimensiones de los sellos de plástico libre encogen más que el pistón. Esto da lugar a un aumento de los esfuerzos dentro de los segmentos de estanqueidad de pistón durante la operación. El aumento de los esfuerzos causa que la velocidad de deformación de los segmentos de estanqueidad de pistón aumente conforme al descenso de la temperatura. Después de que un conjunto de segmentos de estanqueidad de pistón exceda 100 horas de operación en frío, los segmentos de estanqueidad de pistón permanecen en contacto estanco con el pistón mientras éste está frío, pero cuando el extremo frío está parado y se deja que se caliente, el diámetro interior de los segmentos de estanqueidad de pistón puede no estar ya en contacto circunferencial continuo con el pistón, y puede potencialmente tener fugas hasta que se vuelve a enfriar. Resulta óptimo aumentar la temperatura del empaquetamiento durante la operación a baja temperatura de tal manera que los segmentos de estanqueidad de pistón permanezcan apretados contra el pistón cuando están calientes.

Sin embargo, los solicitantes han descubierto con sorpresa que la aplicación de calor a la pieza de separación intermedia mediante refrigerante de motor de diesel circulando a 82 °C por orificios perforados en la parte anterior de la pieza de separación intermedia calentaba la zona de estanqueidad del pistón hasta un punto en el que la temperatura de la empaquetadura del prensaestopas estaba bastante por encima de 0 °C, aparentemente por una falta de hielo y de condensación, durante la operación continua.

Los solicitantes descubrieron con sorpresa también que calentar la pieza de separación intermedia causaba un aumento de la acumulación de hielo en el pistón del extremo frío cuando se operaba la bomba durante períodos superiores a dos horas a baja velocidad. Se cree que el aumento de la acumulación de hielo en el pistón es el resultado de un medioambiente localizado en el interior de la pieza de separación intermedia con un mayor contenido de vapor de agua en el aire que cuando la pieza intermedia está cubierta de hielo, enfriando de esta manera continuamente el aire que está muy cerca del pistón y condensando la humedad en forma de niebla o de hielo sobre la superficie de la pieza de separación intermedia.

Ninguno de los diseños de la bomba en los que el alojamiento de extremo frío se atornilla a la pieza de separación intermedia ofrece ninguna disposición para aplicar calor al extremo frío de manera que transfiera calor eficientemente a los segmentos de estanqueidad de pistón. La adición de una camisa de calentamiento al alojamiento del extremo frío en frente de la tuerca del alojamiento de extremo frío da probablemente como resultado un aumento sustancial de la transferencia de calor al fluido criogénico en la cabeza de la bomba y dentro de la

cámara de bombeo aumentando así la probabilidad de la aparición del fenómeno de cavitación.

Las piezas de separación intermedias deben aceptar cargas cíclicas de tensión que varían desde aproximadamente 66.723 N hasta más allá de 266.893 N. Las piezas de separación intermedias tienen con frecuencia nervaduras para reforzar las secciones de los componentes sin las ventanas. Lo más frecuente es que las nervaduras sean de hierro fundido. La parte anterior de la pieza de separación intermedia en frente de la ventana tiene con frecuencia bastante más metal del mínimo necesario para aceptar la carga cíclica de la operación, y algo de este material puede ser retirado sin comprometer la integridad estructural del componente.

La realización de la invención descrita incluye orificios perforados en la parte anterior de la pieza de separación intermedia con objeto de insertar elementos de calentamiento. El calor conducido a través de la parte anterior de la pieza de separación intermedia es conducido a través de la conexión mecánica roscada al alojamiento de extremo frío en un lugar que está cerca del óptimo para calentar los segmentos de estanqueidad de pistón.

Los bombeadores de nitrógeno que utilizan bombas alternativas criogénicas están activados por uno o más motores diesel que deben disipar el exceso de calor del refrigerante del motor a la atmósfera por medio de un radiador. El refrigerante del motor es un medio de calentamiento adecuado para la pieza de separación intermedia ya que la temperatura permanece estable durante la operación normal, y la temperatura no excede la temperatura de trabajo de los plásticos y de los elastómeros que comprenden los segmentos de estanqueidad de pistón. De preferencia, se puede ensamblar un aparato simple para inyectar y hacer que circule refrigerante de motor caliente dentro de los orificios perforados. El refrigerante caliente de la descarga de la bomba de agua del motor puede ser dividido y se dirige una fracción menor a un colector para distribuir el refrigerante a los orificios de las piezas de separación intermedias, mientras la fracción mayor circula a través de las galerías de refrigeración del motor. El refrigerante circulado a través de los orificios de las piezas de separación intermedias puede ser retornado a una presión menor a una sección del circuito refrigerante del motor, tal como el alojamiento del termostato del refrigerante del motor.

Alternativamente, se pueden insertar elementos de calentamiento de resistencia eléctrica en los orificios perforados. Los orificios proporcionan una cantidad sustancial de superficie de transferencia de calor en relación con el volumen del metal dentro de la parte anterior de la pieza de separación intermedia. Además, los roscados mecánicos que conectan el extremo frío a la pieza de separación intermedia proporcionan un área superficial sustancial para transferir calor desde la pieza de separación intermedia a la parte trasera del alojamiento de extremo frío. El calor en la parte trasera del alojamiento de extremo frío es transferido por conducción a la empaquetadura del prensaestopas y mediante transferencia de calor radiante a los separadores de metal que separan los segmentos de estanqueidad de pistón.

Otros medios alternativos para calentar la pieza de separación intermedia sin perforar orificios en el elemento de calentamiento incluyen, pero no están limitados a: calentadores radiantes quemadores de combustible; calentadores radiantes catalíticos; calentadores radiantes eléctricos, incluyendo lámparas de calor; y calentamiento por inducción eléctrica.

La Figura 1 ilustra una bomba alternativa criogénica triple convencional 100 diseñada para el servicio petrolífero de campo. El extremo caliente 102 está conectado a tres extremos fríos 104 en paralelo por medio de tres secciones intermedias 106. Para mayor sencillez, en la Figura 1 sólo se muestra un extremo frío 104 y una sección intermedia 106, los componentes duplicados están ensamblados en línea con el primero. El extremo caliente 102 convierte la energía rotatoria del cigüeñal 108 en movimiento lineal alternativo en las cabezas de biela 110. El extremo caliente 102 está lubricado por aceite, y los sellos para aceite 112 impiden que el aceite lubricante escape por las cabezas de biela alternativas 110.

El líquido criogénico entra por la lumbrera de succión 114 del extremo frío 104. Una fracción mayor del líquido criogénico entra en la cámara de bombeo (no mostrada) a través de una válvula de succión (no mostrada). Dentro de la cámara de bombeo, el movimiento del pistón 116 cuando se aleja del extremo caliente 102 aumenta la temperatura del líquido criogénico dentro de la cámara de bombeo, y el líquido fluye a través de una válvula de descarga (no mostrada) y sale del extremo frío 104 a través de la lumbrera de descarga 118. Una fracción menor del líquido que entra por la lumbrera de succión 114 se combina con vapor blowby que escapa más allá de los anillos del pistón (no mostrados) dentro del extremo frío 104 y sale a través de la lumbrera de ventilación 120 para retornar al depósito de almacenamiento del líquido criogénico (no mostrado). La cabeza de biela 110 transmite el movimiento alternativo al pistón 116 por medio de una mordaza de acoplamiento mecánica 122.

La Figura 2 ilustra una vista de un corte parcial de la bomba alternativa criogénica 100 que incluye un extremo frío 104 y una pieza de separación intermedia 106. El extremo frío 104 tiene un eje longitudinal 105. El alojamiento 124 tiene un roscado mecánico macho 126 que fija la posición del extremo frío 104 en la pieza de separación intermedia 106. La tuerca del alojamiento 128 está roscada para apretar la aplicación del roscado mecánico 126 contra la pieza de separación intermedia 106.

El revestimiento del cilindro 130 contiene la cámara de bombeo 132. La lumbrera 133 dentro del interior del

alojamiento 124 y las hendiduras longitudinales 134 a lo largo del exterior del revestimiento del cilindro 130 dirigen una fracción menor del fluido criogénico que entra por la lumbrera de succión (no mostrada) del extremo frío 104 alrededor del revestimiento del cilindro 130 para enfriarlo.

El pistón 116 se desplaza dentro del revestimiento del cilindro 130. El pistón 116 es activado por la cabeza de biela del extremo caliente (no mostrada). La cabeza de biela (no mostrada) transfiere movimiento para desplazar el pistón 116 hasta la cabeza (no mostrada) directamente al pomo 136. La cabeza de biela (no mostrada) impulsa el pistón 116 separándolo de la cabeza (no mostrada) por medio de una mordaza de acoplamiento mecánica (no mostrada) que sujeta el borde biselado del adaptador del acoplamiento 138. Las tolerancias radiales y axiales entre el pomo 136 y el adaptador de acoplamiento 138 permiten una libertad de movimiento limitada tal que las cargas radiales no son transmitidas al pistón 116 desde la cabeza de biela (no mostrada).

El pistón 116 es guiado dentro del revestimiento del cilindro 130 por dos bandas de guía 140. La Figura 2 ilustra que ambas bandas de guía 140 están dispuestas en extremos en oposición de los anillos del pistón 142; sin embargo, en otras realizaciones, las bandas de guía 140 pueden estar dispuestas también en otros lugares a lo largo del pistón 116. Los anillos del pistón 142 sellan el pistón 116 contra el revestimiento del cilindro 130 para impedir que el líquido criogénico a mayor presión de la cámara de bombeo 132 fluya más allá del pistón 116.

Las fugas más allá de los anillos del pistón 142 forman comúnmente una mezcla de líquido criogénico y vapor que fluye dentro del espacio anular 144. La presión dentro del espacio anular 144 está sellada contra las fugas a la atmósfera por los segmentos de estanqueidad de pistón 146. Los segmentos de estanqueidad de pistón 146 sellan contra el revestimiento de cromo duro 148 del pistón 116. Los segmentos de estanqueidad de pistón 146 son apretados por la empaquetadura del prensaestopas 150 contra los resortes de estanqueidad 152. Los resortes de estanqueidad 152 mantienen la estanqueidad de los segmentos de estanqueidad de pistón 146 cuando se contraen más que el alojamiento 124 cuando se enfría desde la temperatura ambiente hasta alcanzar temperaturas criogénicas.

La humedad que se deposita en el revestimiento de cromo duro 148 debido a la condensación, congelación y sublimación así como a otros contaminantes de partículas del aire puede dañar los segmentos de estanqueidad de pistón 146. El limpiador 154, retenido dentro de la empaquetadura del prensaestopas 150, está destinado a limpiar la humedad y los contaminantes del revestimiento de cromo duro 148 cuando el pistón 116 es impulsado por la cabeza de biela (no mostrada).

La mezcla de líquido criogénico y vapor dentro del espacio anular 144 debe pasar a través de las aberturas de restricción 156 del extremo del revestimiento del cilindro 130 para pasar a las hendiduras longitudinales 134 alrededor del revestimiento del cilindro 130. Dentro de las hendiduras longitudinales 134, el fluido de refrigeración procedente de la lumbrera 133 se mezcla con el fluido procedente del espacio anular 144, y sale del alojamiento 124 a través de la lumbrera de ventilación 120 y retorna al depósito de almacenamiento de líquido criogénico (no mostrado).

Las Figuras 3A y la 3B ilustran una pieza de separación intermedia 106 según la invención presente. La Figura 3A es una vista de un perfil de una pieza de separación intermedia ejemplar descrita según la invención presente. La Figura 3B es una vista de un extremo de una pieza de separación intermedia ejemplar descrita según la invención presente. La pieza de separación intermedia 106 comprende una pestaña 158 con orificios de montaje 160 para montar la pieza de separación intermedia 106 al extremo caliente (no mostrado) por medio de pernos (no mostrados). Un extremo frío (no mostrado) está montado dentro de la pieza de separación intermedia 106 a través del orificio 162 y está asegurado con roscados mecánicos hembras 164. La pieza de separación intermedia 106 comprende además dos ventanas 166 y 168 en lados en oposición de la pieza de separación intermedia 106 que permiten el acceso para acoplar un pistón del extremo frío (no mostrado) a la cabeza de biela de extremo caliente (no mostrada). Las nervaduras 170 refuerzan la pieza de separación intermedia 106 para que opere bajo carga cíclica desde la cabeza de biela (no mostrada) hasta el pistón del extremo frío (no mostrado). La pieza de separación intermedia 106 ilustrada tiene los orificios de drenaje 172 y 174 por debajo del sello para aceite de la cabeza de biela (no mostrado). Los orificios de drenaje 172 y 174 impiden que la filtración de aceite por el sello para aceite de la cabeza de biela (no mostrado) y de la humedad condensada dentro de la pieza de separación intermedia 106 se acumulen en el fondo de la pieza de separación intermedia 106.

Las lumbreras de calentamiento 176 y 178 son una imagen especular una de otra, y comprenden orificios de rebajo 180, orificios 182 y roscados de tubo cónico 184. Los orificios de rebajo 180 están fresados para proporcionar superficies planas paralelas al plano que biseca las ventanas 166 y 168 para perforar los orificios 182. Los orificios 182 son perforados cerca de la parte más ancha de la parte anterior de la pieza de separación intermedia 106, y son normales al plano que biseca a las ventanas 166 y 168 de la pieza de separación intermedia 106. Los orificios 182 están dispuestos de tal manera que se extienden bastante más allá del plano que biseca las ventanas 166 y 168 sin perforar a través de la parte anterior de la pieza de separación intermedia 106, y sin cortar el orificio 162 para la instalación del extremo frío (no mostrado). Después de que los orificios 182 son perforados, se terrajan roscas de tubo cónicas 184 en la parte superior de los orificios 182 para permitir la instalación de un conjunto de ajuste (no

mostrado) para la circulación del refrigerante dentro de los orificios 182.

La Figura 4 ilustra un conjunto de ajuste 186 según la invención presente. El conjunto de ajuste 186 consiste en un codo de tubo roscado de metal que forma un ángulo de 90 grados 188. El codo 188 tiene un orificio 190 perforado concéntrico a un eje cuyo diámetro es ligeramente mayor que el tubo de metal 192. El tubo de metal 192 está insertado a través del orificio 190 perforado en el codo 188, y los dos componentes están unidos, por ejemplo, por cobresoldadura o soldadura, dependiendo de las aleaciones usadas. Una boquilla de tubo roscada 194 está atornillada a la lumbrera del codo 188 y el tubo 192 está fijado por medio de ella, y la conexión roscada está sellada mediante soldadura o cobresoldadura, por ejemplo. Un alambre grueso 196 está arrollado siguiendo una pauta helicoidal alrededor del extremo del tubo 192 que sobresale de la lumbrera del codo 188, y ambos extremos del alambre 196 están unidos al tubo 192 por cobresoldadura o soldadura, por ejemplo. Un conjunto de montaje 186 está conectado a cada lumbrera de calentamiento 176 de la Figura 3B de las piezas de separación intermedias de una bomba alternativa criogénica mediante, por ejemplo, la aplicación de un sello de tubo roscado a los roscados expuestos de la boquilla de tubo 194, y atornillando el montaje de ajuste 186 en la lumbrera de calentamiento 176.

La Figura 5 ilustra un sistema 200 que usa refrigerante de motor como fluido de calentamiento en las lumbreras de calentamiento de la pieza de separación intermedia según la invención presente. La unidad de potencia 202 comprende un motor diesel 204 con una bomba refrigerante 206, un alojamiento para termostato 220 y un radiador 222. Se muestra una vista en corte transversal de la pieza de separación intermedia 106 a través de los ejes de las lumbreras de calentamiento 176 y 178. El flujo del refrigerante de motor proveniente de la bomba de refrigeración 208 es dividido entre una fracción mayor que fluye a través de los pasos de refrigeración del motor (no mostrados), una fracción menor que es dirigida a través de una manguera de suministro de refrigerante 208, y una fracción menor que es dirigida a través de la manguera flexible 240. La fracción menor del refrigerante de motor procedente de la manguera de suministro de refrigerante 208 alimenta un colector de distribución 210 para dividir el flujo del refrigerante de motor entre las dos lumbreras de calentamiento 176 y 178 de la pieza de separación intermedia 106 y de todas las piezas de separación intermedias duplicadas en paralelo (no mostradas) de la bomba alternativa criogénica. El colector de distribución 210 está conectado al conjunto de montaje 186 mediante una manguera flexible 211 y al conjunto de montaje 186 mediante una manguera flexible 212. El flujo del refrigerante de motor es descargado del conjunto de montaje 186 al fondo de la lumbrera de calentamiento 176, donde el sentido del flujo de refrigerante es invertido para que fluya a lo largo de la pared de la lumbrera de calentamiento 176. Mientras está en contacto con las paredes de refrigeración de la lumbrera de calentamiento 176, el refrigerante transfiere calor a la parte anterior de la pieza de separación intermedia 106. El refrigerante fluye de vuelta a través del conjunto de montaje 186 a la manguera flexible 214. El refrigerante fluye a través del conjunto de montaje 187 y de la lumbrera de calentamiento 178 de la misma manera que a través de la lumbrera de calentamiento 176, y es descargado en la manguera flexible 224. El refrigerante procedente de las mangueras flexibles 214 y 224 fluye al colector de combinación 216. El colector de combinación 216 retorna todo el refrigerante por medio de una manguera de retorno de refrigerante 218 para que retorne al alojamiento del termostato 220 de la unidad de potencia 202. Dentro del alojamiento del termostato 220, el refrigerante de retorno se mezcla con el chorro de refrigerante que circula a través del motor diesel 204, y es dirigido al radiador 222 ó directamente a la bomba refrigerante 206.

El depósito de almacenamiento criogénico 226 contiene nitrógeno líquido criogénico con un espacio de vapor de nitrógeno gaseoso frío. En algunas realizaciones, el depósito de almacenamiento criogénico 226 puede ser la misma fuente de fluido criogénico que se usa para introducir fluido criogénico en el sistema 100, o se pueden usar depósitos de almacenamiento criogénico separados. En esta realización fluye vapor de nitrógeno frío desde el espacio de vapor del depósito de almacenamiento criogénico 226 a través del tubo 228 al intercambiador de calor 230. La fracción menor del refrigerante de motor que fluye a través de la manguera flexible 240 transfiere calor al vapor de nitrógeno frío en el intercambiador de calor 230, donde el vapor de nitrógeno frío es calentado por encima de la temperatura ambiente. El refrigerante de motor retorna desde el intercambiador de calor 230 al alojamiento del termostato 220 a través de la manguera flexible 242. El vapor de nitrógeno caliente que sale del intercambiador de calor 230 fluye a través de la manguera flexible 232 a una lumbrera de purga 234 de la cubierta de ventana 236 al espacio abierto dentro de la pieza de separación intermedia 106. La ventana en oposición de la pieza de separación intermedia 106 está sellada por la cubierta de la ventana 238. El vapor de agua ambiente dentro del espacio abierto de la pieza de separación intermedia 106 es sacado a la atmósfera con el vapor de nitrógeno caliente a través de orificios de drenaje (no mostrados) y a través de roscados mecánicos (no mostrados) de la pieza de separación intermedia 106. El vapor de agua ambiente y el vapor de nitrógeno caliente pueden escapar también a través de imperfecciones entre las cubiertas de ventana 236 y 238 y las superficies adyacentes de la pieza de separación intermedia 106. El vapor de nitrógeno caliente diluye la concentración de vapor de agua dentro del espacio abierto de la pieza de separación intermedia 106 para impedir que el vapor de agua se condense, sublime y congele sobre la superficie del pistón del extremo frío (no mostrado) que se mueve en vaivén dentro de la pieza de separación intermedia 106.

EJEMPLOS

Se modificó una de las tres piezas de separación intermedias de una bomba alternativa criogénica triple ACD 3-LMPD fresando dos orificios de rebajo con un diámetro de 22,2 mm en la pieza anterior de la pieza de separación intermedia. Se perforaron dos orificios de un diámetro de 18,3 mm desde cada uno de los orificios de rebajo hasta

una profundidad de 63,5 mm desde la base del orificio de rebajo. La parte superior de cada orificio fue terrajada con roscados NPS (15 mm DN) NPT.

Se construyeron dos conjuntos de montaje con tubos sin costura de acero inoxidable 304 con diámetro de 9,5 mm, codos de latón hembra de 90 grados NPS (15 mm DN) NPTF, y boquillas con rosca a ambos extremos del tubo de latón rojo NPS (15 mm DN) Schedule 80. Los montajes fueron unidos por cobresoldado de plata. El tubo de 9,5 mm se extendió aproximadamente 76,2 mm más allá de la boquilla cercana. Los montajes fueron ensamblados en las lumbreras de calentamiento de la pieza de separación intermedia y sellados con sellante roscado de PTFE. La pieza de separación intermedia fue instalada en un extremo caliente 3-LMPD en una unidad de bombeo de nitrógeno. Se instaló un extremo frío en la pieza de separación intermedia con las lumbreras de calentamiento y los conjuntos de montaje.

Durante ensayos anteriores, se determinó que el extremo frío había empezado a perder cíclicamente vapor de nitrógeno frío por los segmentos de estanqueidad de pistón al cabo de dos horas de operación a baja velocidad y baja presión de descarga. En este ensayo, el refrigerante del motor fue circulado a través de las lumbreras de calentamiento y los conjuntos de ajuste de la pieza de separación intermedia cuando se arrancó el motor diesel del bombeador de nitrógeno. El extremo frío fue enfriado y empezó a bombear a un ritmo lento de 50 rpm y a una baja presión de descarga inferior a 689 kPa. Al cabo de una hora, se observó que se escapaba cíclicamente vapor de nitrógeno frío por los segmentos de estanqueidad de pistón. La escarcha visible en el revestimiento de cromo duro del pistón se formó más rápidamente que durante la operación anterior sin calentar la pieza de separación intermedia; sin embargo no se observó ni hielo ni condensación en la superficie interna de la pieza de separación intermedia. Sin calentar la pieza de separación intermedia, el hielo cubrió comúnmente toda la superficie interior de la pieza de separación intermedia adyacente a la empaquetadura del prensaestopas de extremo frío.

Después de parar la bomba y permitir que se calentara a la temperatura ambiente, el ensayo fue adaptado adicionalmente mediante aplicación de cubiertas de tejido de poliéster revestidas de vinilo a las ventanas de la pieza de separación intermedia con lumbreras de calentamiento y conjuntos de ajuste. Las cubiertas fueron selladas alrededor de los bordes de las ventanas con cinta adhesiva. Se calentó vapor de nitrógeno del depósito de almacenamiento criogénico en la unidad de bombeo de nitrógeno por encima de la temperatura ambiente calentando refrigerante de motor a través de un intercambiador de calor de placa cobresoldada. El vapor de nitrógeno calentado fue llevado a través de tuberías a una de las cubiertas de ventana para purgar el interior de la pieza de separación intermedia. El caudal de la purga de nitrógeno fue controlado entre 1 a 5 SCFM (28,4 a 142,1 SLPM).

El extremo frío fue enfriado a continuación y fue operado de nuevo a la misma velocidad y presión durante cuatro horas. Durante este período de tiempo, la cubierta de ventana fue retirada periódicamente para inspeccionar la parte de atrás del extremo frío. No se formó escarcha en el revestimiento de cromo duro del pistón y no hubo fugas de nitrógeno visibles a través de los segmentos de estanqueidad de pistón.

La Tabla 1 siguiente presenta los resultados de los ensayos:

Tabla 1

	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Compendio	Sin refrigerante en las lumbreras de calentamiento, sin cubiertas de ventanas, y sin purgar	El refrigerante fluye a través de lumbreras de calentamiento, sin cubiertas de ventana y sin purgar	El refrigerante fluye a través de lumbreras de calentamiento, ventanas cubiertas y purga de nitrógeno en la pieza de separación intermedia
Duración	2 horas	1 hora	4 horas
Hielo en la pieza de separación intermedia	Hielo a aproximadamente 15,2 cm desde la parte anterior	Hielo no más allá de 3,8 cm desde la parte anterior	Hielo no más allá de 3,8 cm desde la parte anterior
Escarcha en el revestimiento de cromo del pistón	Escarcha evidente	La escarcha se formó más rápidamente que en el Ensayo N° 1	Escarcha no visible cuando se retiraron las cubiertas de las ventanas para inspección
Fuga por el segmento de la envuelta	Fuga de vapor líquido visible entre el pistón y los segmentos de estanqueidad de pistón	Fuga de vapor líquido visible entre el pistón y los segmentos de estanqueidad de pistón	Sin fuga aparente evidente en orificios de drenaje de la pieza de separación intermedia, ni visible cuando se retiraron las cubiertas de las ventanas para inspección

- 5 El examen después del desmontaje de los extremos fríos indicó también una reducción de la deformación de los segmentos de estanqueidad de pistón. Después de operar 200 horas, los segmentos de estanqueidad de pistón para extremos fríos con un orificio de 50,8 mm estaban comúnmente expandidos más allá del diámetro exterior del revestimiento de cromo duro del pistón a temperatura de la sala que cuando la pieza de separación intermedia no dispone de medios para calentar los segmentos de estanqueidad de pistón. Cuando el extremo frío del ensayo fue desmontado después de 250 horas de operación, los segmentos de estanqueidad de pistón eran todavía estancos sin separación entre los segmentos de estanqueidad de pistón y el revestimiento de cromo duro del pistón.
- 10 Los ensayos indicaron que la pieza de separación intermedia con elementos de calentamiento, solamente, redujo la deformación de los segmentos de estanqueidad de pistón, pero no mejoró la actuación debido al aumento de la formación de escarcha dura en el revestimiento de cromo duro del pistón. Cuando se usó junto con las cubiertas de estanqueidad y una purga de vapor caliente, seca, en el interior de la pieza de separación intermedia, la escarcha dura dejó de interferir con los segmentos de estanqueidad de pistón. Además, las partículas transportadas por el aire fueron también eliminadas del interior de la pieza de separación intermedia, lo que puede beneficiar además la
- 15 longevidad de los segmentos de estanqueidad de pistón y los sellos de aceite de la cabeza de biela de extremo caliente.
- 20 Así, según se ha descrito en los ejemplos, la pieza de separación intermedia con elementos de calentamiento, cubiertas de estanqueidad y una purga de vapor seco, caliente, en el interior satisface la necesidad de la técnica de medios para calentar piezas de separación de pistón de los extremos fríos de bombas alternativas criogénicas en las que los segmentos de estanqueidad de pistón están muy cerca del fluido criogénico, y en las que no se dispone de medios para mejorar el extremo frío para calentar los segmentos de estanqueidad de pistón. Los elementos de calefacción aumentan la temperatura de los segmentos de estanqueidad de pistón para limitar la deformación cuando están en operación. Las cubiertas de estanqueidad y la purga de vapor seco, caliente, en el interior de la
- 25 pieza de separación intermedia eliminan humedad que de otra manera se congelaría en el revestimiento de cromo duro del pistón y dañaría los segmentos de estanqueidad de pistón.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de bomba alternativa (100) para bombear un fluido criogénico, comprendiendo el conjunto:

un extremo caliente (102) teniendo un cigüeñal (108) y una cabeza de biela (110); al menos un extremo frío (104), teniendo cada extremo frío un pistón (116), una cámara de bombeo (132), una lumbrera de succión (114), una lumbrera de ventilación (120) y una lumbrera de descarga (118); y al menos un acoplamiento (122), conectando cada acoplamiento el extremo caliente a uno de los al menos un extremo frío; y al menos una pieza de separación intermedia (106), estando conectadas cada una de las al menos una pieza de separación intermedia al extremo caliente y a uno de los al menos un extremo frío, superponiéndose a una porción de uno de los al menos un extremo frío; **caracterizado por que** el conjunto de bomba alternativa comprende además al menos 1 elemento de calentamiento (186, 187) contenido al menos parcialmente en cada una de la al menos una pieza de separación intermedia, estando operativamente dispuesto el al menos un elemento de calentamiento para permitir la circulación de un fluido a través del al menos un elemento de calentamiento.

2. El conjunto de bomba alternativa de la reivindicación 1, en donde cada uno de los al menos un extremo frío (104) comprende además al menos un segmento de estanqueidad de pistón (146), y en donde cada uno de los al menos un elemento de calentamiento (186, 187) está dispuesto en una primera posición longitudinal que al menos parcialmente está superpuesto a una segunda posición longitudinal del al menos un segmento de estanqueidad de pistón, estando situadas la primera y la segunda posiciones longitudinales a lo largo de un eje longitudinal (105) del al menos un extremo frío.

3. El conjunto de bomba alternativa de la reivindicación 2, en donde el al menos un elemento de calentamiento comprende un primer elemento de calentamiento (186) y un segundo elemento de calentamiento (187) y en donde al menos una porción del al menos un segmento de estanqueidad de pistón (146) está dispuesta entre el primer elemento de calentamiento y el segundo elemento de calentamiento.

4. El conjunto de bomba alternativa de cualquier reivindicación precedente, en donde cada una de la al menos una pieza de separación intermedia (106) comprende además al menos una ventana (166) formada en ella para permitir el acceso a uno de los al menos un acoplamiento (122) desde el exterior de la al menos una pieza de separación intermedia y una cubierta (236, 238) para cada una de la al menos una ventana.

5. El conjunto de bomba alternativa de cualquier reivindicación precedente, comprendiendo además un motor de combustión interna (204) que tiene un sistema de refrigeración, en donde el fluido es un refrigerante que es hecho circular a través del sistema de refrigeración del motor de combustión interna.

6. El conjunto de bomba alternativa de la reivindicación 5, en donde el motor de combustión interna (204) está operativamente dispuesto para activar el cigüeñal (108).

7. El conjunto de bomba alternativa de cualquier reivindicación precedente, comprendiendo además una lumbrera de purga (234) dispuesta en cada una de la al menos una pieza de separación intermedia (106), estando conectada la lumbrera de purga a un suministro de un fluido criogénico (226), en donde cada una de la al menos una pieza de separación intermedia define un volumen interior y la lumbrera de purga está operativamente dispuesta para inyectar el fluido criogénico en el volumen interior.

8. El conjunto de bomba alternativa de la reivindicación 5 ó la 6, comprendiendo además:

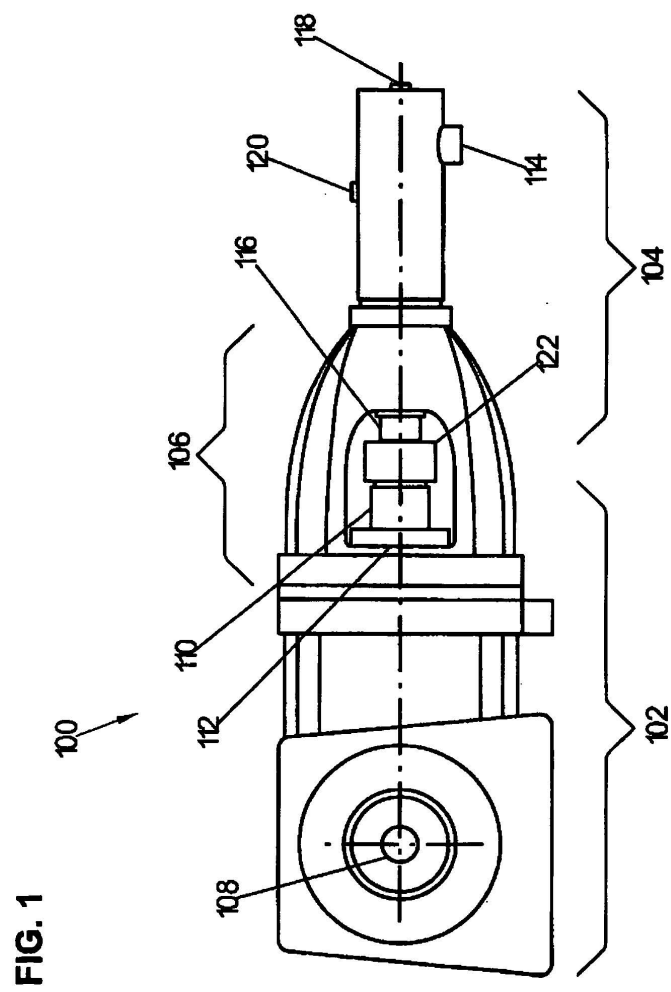
una lumbrera de purga (234) dispuesta en cada una de la al menos una pieza de separación intermedia (106), estando la lumbrera de purga en comunicación fluida con un suministro de un fluido criogénico (226); y un intercambiador de calor (230) operativamente dispuesto para calentar el fluido criogénico contra el refrigerante; en donde cada una de la al menos una pieza de separación intermedia define un volumen interior y la lumbrera de purga está operativamente dispuesta para inyectar el fluido criogénico en el volumen interior.

9. Un método comprendiendo:

(a) bombear un primer fluido criogénico usando un conjunto de bomba alternativa (100) comprendiendo: un extremo caliente (102) teniendo un cigüeñal (108) y una cabeza de biela (110); al menos un extremo frío (104), teniendo cada extremo frío un pistón (116), una cámara de bombeo (132), una lumbrera de succión (114), una lumbrera de ventilación (120) y una lumbrera de descarga (118); al menos un acoplamiento (122), conectando cada acoplamiento el extremo caliente a uno de los al menos un extremo frío; y al menos una pieza de separación intermedia (106), estando cada una de las al menos una pieza de separación intermedia conectada al extremo caliente y a uno de los al menos un extremo frío y superponiéndose a una porción de uno de los al menos un extremo frío; y

(b) durante al menos una porción de la realización del paso (a), hacer que circule un fluido a través del al menos un elemento de calentamiento (186, 187) dispuesto en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia (106).

- 5 10. El método de la reivindicación 9, en donde el paso (b) comprende hacer que circule un fluido, teniendo una temperatura por encima de la temperatura ambiente, a través del al menos un elemento de calentamiento (186, 187) dispuesto en cada una de las al menos una pieza de separación intermedia (106).
- 10 11. El método de la reivindicación 9 ó la 10, comprendiendo además:
 - (c) cubrir cualquier ventana (166) dispuesta en cada una de la al menos una pieza de separación intermedia (106) mientras se está realizando el paso (a).
- 15 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a la 11, comprendiendo además:
 - (d) hacer que circule el fluido a través de un sistema de refrigeración de un motor de combustión interna (204).
- 20 13. El método de la reivindicación 12, comprendiendo además:
 - (e) activar el cigüeñal (108) con el motor de combustión interna (204).
- 25 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a la 13, comprendiendo además:
 - (f) purgar un volumen interno definido por cada una de las al menos una pieza de separación intermedia (106) usando un segundo fluido criogénico.
- 30 15. El método de la reivindicación 12 ó la 13, comprendiendo además:
 - (f) purgar un volumen interno definido por cada una de las al menos una pieza de separación intermedia (106) usando un segundo fluido criogénico.
 - (g) calentar el segundo fluido criogénico contra el refrigerante antes de usar el segundo fluido criogénico del paso (f).



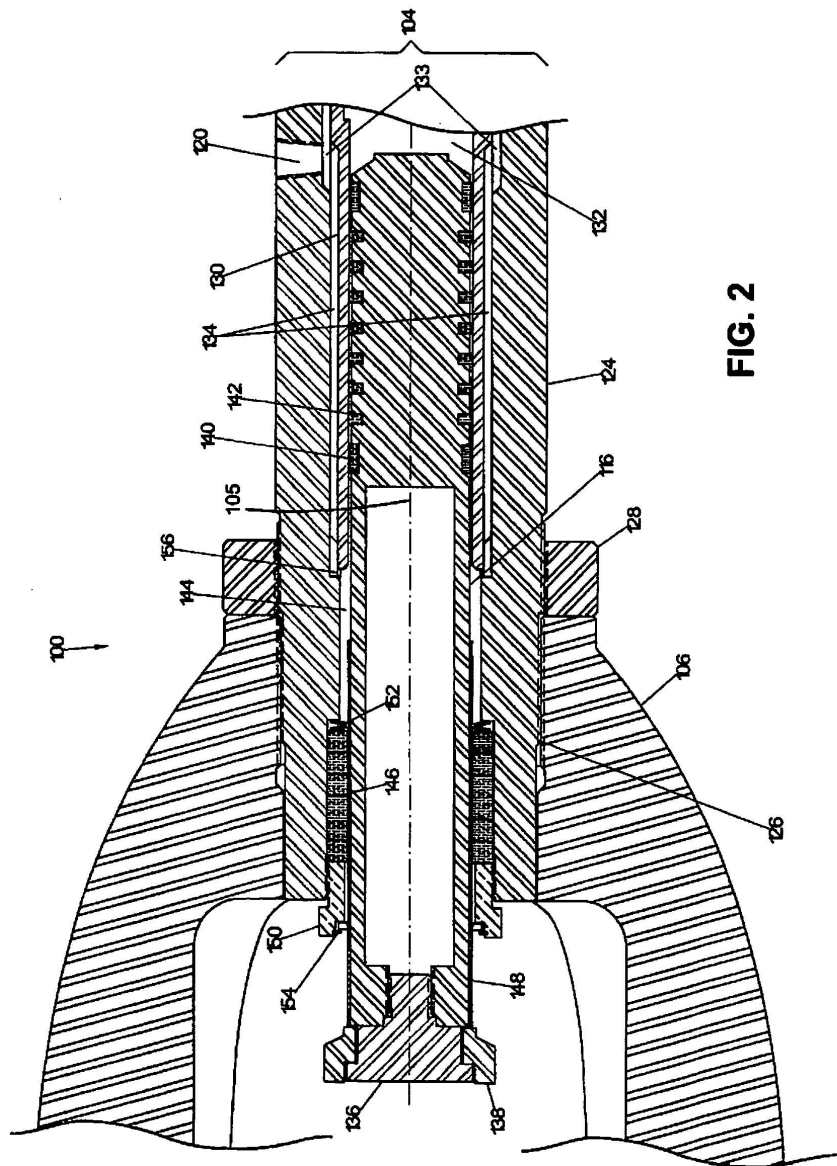


FIG. 2

FIG. 3A

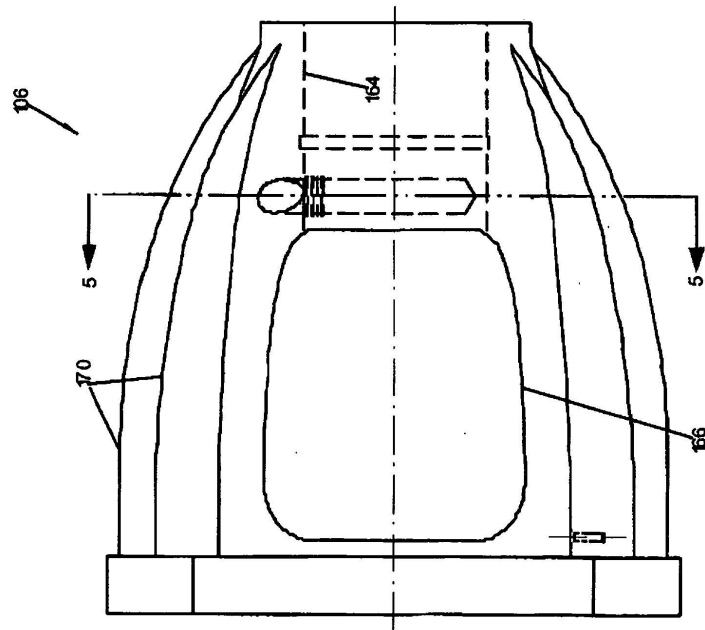
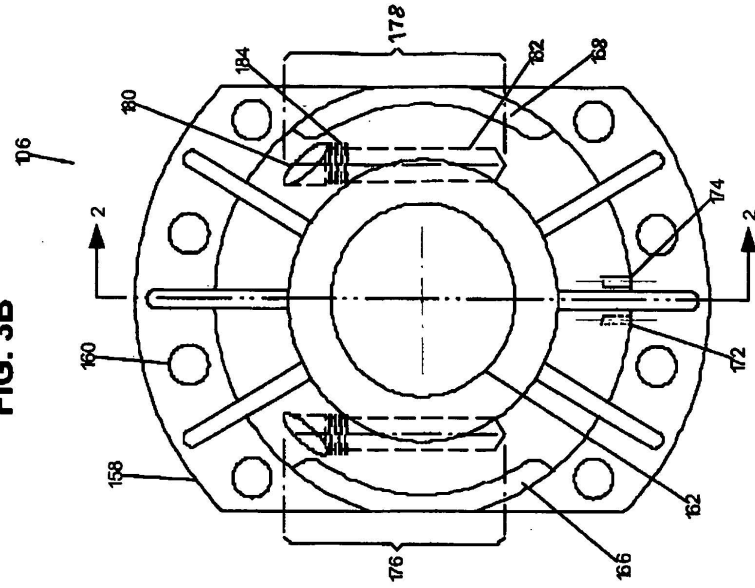


FIG. 3B



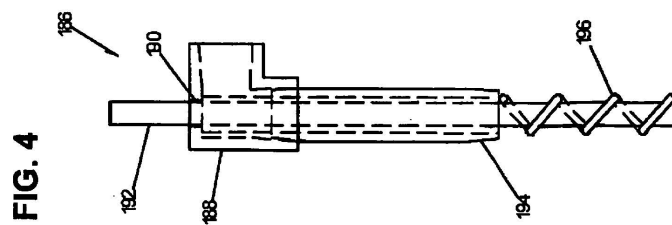


FIG. 4

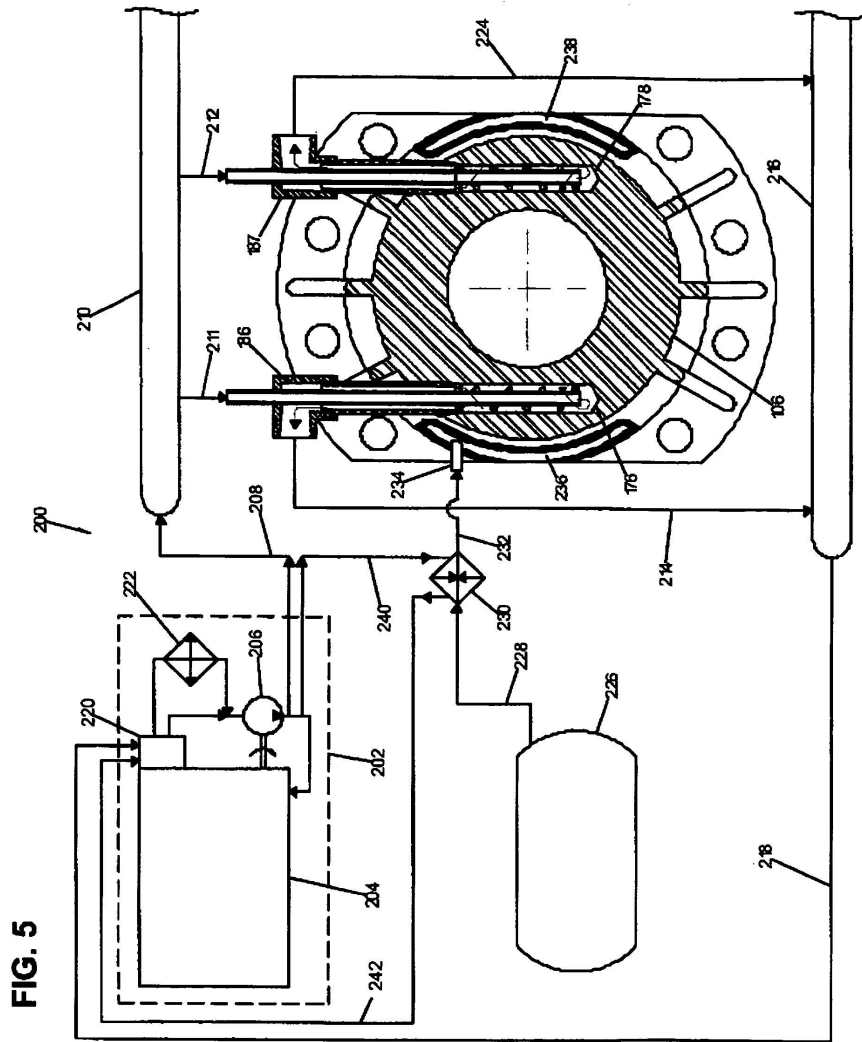


FIG. 5