CONJUNTOS DE RODAMIENTOS, APARATOS, DISPOSITIVOS, SISTEMAS Y MÉTODOS QUE INCLUYEN LOS RODAMIENTOS

REFERENCIA CRUZADA A APLICACIONES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 17/549,628, titulada "CONJUNTOS DE RODAMIENTOS, APARATOS, DISPOSITIVOS, SISTEMAS Y MÉTODOS QUE INCLUYEN RODAMIENTOS", presentada el 13 de diciembre de 2021, cuya divulgación se incorpora por la presente en su totalidad mediante esta referencia.

CAMPO TÉCNICO

[0002] La presente solicitud se refiere a conjuntos de rodamientos (*por ejemplo,* conjuntos de rodamientos de empuje) para su uso con dispositivos y conjuntos tales como por ejemplo, dispositivos y conjuntos de manipulación de fluidos. Por ejemplo, una o más materializaciones de la divulgación pueden incluir un conjunto de rodamientos de empuje que soporta una parte de un eje de otro componente de un sistema e incluye una vía de fluido para la regulación térmica (*por ejemplo,* refrigeración) de los rodamientos mientras recircula fluido para la lubricación y/o lavado de cualquier sólido alrededor del conjunto de rodamientos. En algunas materializaciones, los conjuntos de rodamientos pueden alojar un eje de una bomba, como por ejemplo, una bomba horizontal de superficie y conjuntos, aparatos, sistemas y métodos relacionados.

ANTECEDENTES

[0003] Los aparatos de empuje y rodamiento se utilizan habitualmente en diversas aplicaciones mecánicas. Por ejemplo, los sistemas de perforación subterránea, la turbo maquinaria (por *ejemplo, los* compresores), las centrales hidroeléctricas, los molinos de viento, las grúas, los generadores de turbina, las bombas y la maquinaria de centrales eléctricas pueden utilizar conjuntos de rodamientos.

[0004] Los sistemas y dispositivos (p. ej., sistemas de manipulación de fluidos) pueden incluir uno o más rodamientos de empuje- y/o aparatos de rodamiento acoplados de forma operativa al motor principal (p. ej., motor) para soportar las cargas generadas durante el funcionamiento (*por ejemplo,* rotación). Los aparatos de rodamiento utilizados en dichos sistemas pueden incluir cada uno de ellos un estator que no gira y un rotor que está rodeado por el estator y que está unido al eje de salida para girar con el eje de salida. El estator y el rotor pueden incluir cada uno una pluralidad de elementos de soporte o insertos muy duros en orientaciones axiales y/o radiales que actúan como superficies de desgaste durante la rotación del eje.

[0005] Como se ha indicado anteriormente, los conjuntos de rodamientos de empuje pueden utilizarse en bombas horizontales de superficie que incluyen un conjunto de rodamientos de empuje acoplado a una bomba (*por ejemplo,* una bomba sumergible). Estas bombas sumergibles pueden utilizarse normalmente para elevar artificialmente fluidos a la superficie en pozos de petróleo, agua o gas. Sin embargo, los fluidos también pueden presurizarse y moverse entre ubicaciones de superficie y/o transportarse a través de una línea de suministro a un depósito. En tales circunstancias, las bombas sumergibles pueden utilizarse como bombas de superficie en sistemas de bombeo horizontales. Las bombas horizontales de superficie también pueden utilizarse para elevación hidráulica (*por ejemplo,* bomba de chorro), eliminación de agua salada, inyección de agua y otras aplicaciones de transferencia de fluidos. Los conjuntos de bombeo horizontales suelen incluir una bomba centrífuga multietapa montada horizontalmente en un patín y accionada por un motor eléctrico a través de un eje. Tales ensamblajes de bombeo horizontales se divulgan en la Patente Norteamericana U.S. Pat. No. 10,036,398, cuya divulgación se incorpora aquí, en su totalidad, por esta referencia.

[0006] Para gestionar el empuje de la bomba, se suele colocar una cámara de empuje independiente entre el motor principal y la admisión del conjunto de bomba horizontal. Los rodamientos de empuje de la cámara de empuje están sumergidos en una cavidad de aceite y soportan el empuje de la bomba y mantienen la alineación del eje. Una bomba horizontal de superficie convencional suele incluir rodamientos hidrodinámicos y rodamientos de rodillos como rodamientos de empuje. Sin embargo, los rodamientos de rodillos se desgastan con relativa rapidez debido a las altas velocidades de rotación y a las cargas a las que están sometidas las bombas horizontales. Además, los rodamientos convencionales no suelen tener suficiente superficie para soportar las cargas que requieren las bombas horizontales de superficie. Además, los rodamientos hidrodinámicos convencionales suelen estar sujetos a la contaminación y el deterioro del aceite de la cámara de empuje. La contaminación suele provocar fallos en los rodamientos, que obligan a sustituir toda la cámara de empuje de un conjunto de bomba horizontal convencional, lo cual es costoso y requiere mucho tiempo. El deterioro suele controlarse mediante un mantenimiento preventivo planificado (*por ejemplo,* sustitución o control del aceite), que puede reducir el tiempo de funcionamiento del equipo y aumentar los gastos de mantenimiento.

RESUMEN

[0007] Las realizaciones de la presente divulgación pueden estar dirigidas a sistemas de conjuntos de rodamientos y aparatos de rodamiento y a métodos relacionados. Según algunas materializaciones, un aparato de rodamiento puede comprender un alojamiento de rodamiento que comprende una entrada de fluido para recibir un fluido de una fuente de fluido aguas arriba y una salida de fluido para salir el fluido a un componente aguas abajo acoplado al alojamiento de rodamiento. La carcasa del rodamiento puede definir una vía de fluido entre la entrada de fluido y la salida de fluido. El aparato de rodamiento puede incluir además uno o más elementos de rodamiento que comprenden un material súper duro y un eje que se extiende a través de al menos una parte de la carcasa del rodamiento, donde el eje está configurado para ser impulsado por un motor primario. Uno o más elementos de rodamiento pueden estar configurados para soportar el eje en una dirección axial y radial cuando el eje está siendo operado por el motor. El aparato de rodamiento puede incluir además una línea de recirculación que se extiende dentro de la carcasa del rodamiento. La línea de recirculación puede entregar otro fluido al interior de la carcasa del rodamiento en una ubicación separada de la entrada de fluido, donde la línea de recirculación está posicionada para pasar el fluido a través de uno o más elementos de rodamiento.

[0008] Según algunas materializaciones, un sistema de manipulación de fluidos puede comprender un componente aguas abajo y un conjunto de rodamientos acoplado al componente aguas abajo. El aparato de rodamiento que comprende un alojamiento de rodamiento que comprende una entrada de fluido para recibir un fluido de una fuente de fluido aguas arriba y una salida de fluido para salir el fluido al componente aguas abajo acoplado al alojamiento de rodamiento, donde el alojamiento de rodamiento define una vía de fluido entre la entrada de fluido y la salida de fluido. El aparato de rodamiento puede incluir además un eje que se extiende a través de al menos una parte del alojamiento del rodamiento. Uno o más elementos de rodamiento pueden comprender un material súper duro, donde el uno o más elementos de rodamiento están configurados para soportar el eje en una o más de una dirección axial o una dirección radial cuando el eje está siendo operado. El aparato de rodamiento puede incluir además una línea de recirculación que se extiende desde el componente aguas abajo hasta el alojamiento del rodamiento. El conducto de recirculación sirve para introducir otro fluido en el alojamiento del rodamiento a lo largo de una vía de fluido secundaria que está separada de la vía de fluido del alojamiento del rodamiento, donde el conducto de recirculación está situado para hacer pasar el fluido a través de uno o más elementos de rodamiento.

[0009] Según algunas materializaciones, los métodos de uso de un conjunto de rodamientos pueden incluir: girar un eje que se extiende a través de un alojamiento de rodamientos; soportar el eje con elementos del rodamiento que comprenden un material súper duro; hacer pasar fluido de origen a través

del alojamiento de rodamientos a lo largo de una primera vía de fluido que se extiende entre una entrada de fluido y una salida de fluido; suministrar un fluido de rodamientos a lo largo de una segunda vía de fluido en comunicación fluida con los elementos de rodamientos; en el que la primera vía de fluido sale del alojamiento de rodamientos sin encontrar los elementos de rodamientos; y combinar el fluido de rodamientos y el fluido de origen después de suministrar el fluido de rodamientos a lo largo de la segunda vía de fluido en comunicación fluida con los elementos de rodamientos.

[0010] Las características de cualquiera de las materializaciones contempladas en la presente divulgación pueden utilizarse en combinación unas con otras, sin limitación, de acuerdo con los principios generales descritos en el presente documento. Estas y otras materializaciones, características y ventajas se comprenderán mejor al leer la siguiente descripción detallada junto con los dibujos y reivindicaciones que se acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011] Los dibujos que se acompañan ilustran una serie de materializaciones ejemplares y forman parte de la especificación. Junto con la siguiente descripción, estos dibujos demuestran y explican varios principios de la presente divulgación.

[0012] FIG. 1 es un lado simplificado o vista en alzado de un sistema de manejo de fluidos incluye un aparato de rodamiento de acuerdo con una realización de la divulgación.

[0013] FIG. 2 es una vista en sección transversal de un aparato de rodamiento según una realización de la divulgación.

[0014] FIG. 3 es una vista en sección transversal de un aparato de rodamiento que ilustra las vías de fluido según una realización de la divulgación.

[0015] FIG. 4 es una vista en sección transversal de un aparato de rodamiento según una realización de la divulgación.

[0016] FIG. 5 es una vista en sección transversal de un aparato de rodamiento según una realización de la divulgación.

[0017] FIG. 6 es una vista en perspectiva en despiece de un conjunto de rodamiento según una realización de la divulgación.

[0018] FIG. 7 es una vista en perspectiva en despiece de un conjunto de rodamiento según una realización de la divulgación.

[0019] FIG. 8 es una vista en perspectiva de un conjunto de bomba de superficie horizontal según una realización de la divulgación

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0020] Los términos "super abrasivo" y "súper duro", tal como se utilizan en el presente documento, pueden referirse a cualquier material que tenga una dureza que sea al menos igual a la dureza del carburo de wolframio. Por ejemplo, un artículo súper duro puede representar un artículo de fabricación, al menos una parte del cual puede presentar una dureza igual o superior a la dureza del carburo de wolframio.

[0021] Tal como se utilizan en el presente documento, los términos relacionales, como "primero", "segundo", "arriba", "abajo", etc., se utilizan generalmente para mayor claridad y comodidad en la comprensión de la divulgación y los dibujos que la acompañan, y no connotan ni dependen de ninguna preferencia, orientación u orden específicos, excepto cuando el contexto indique claramente lo contrario.

[0022] Tal y como se utiliza aquí, el término "y/o" significa e incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

[0023] En el presente documento, los términos "vertical", "lateral" y "radial" se refieren a las orientaciones representadas en las figuras.

[0024] Tal como se utiliza en el presente documento, el término "sustancialmente" o "aproximadamente" en referencia a un parámetro dado significa e incluye un grado en el que un experto en la materia entendería que el parámetro, propiedad o condición dados se cumplen con un pequeño grado de variación, como dentro de tolerancias de fabricación aceptables. Por ejemplo, un parámetro que se cumple sustancialmente puede cumplirse al menos en un 90%, al menos en un 95%, al menos en un 99% o incluso en un 100%.

[0025] Las materializaciones de la presente divulgación están dirigidas a conjuntos de rodamientos y aparatos de rodamiento ejemplares que incluyen elementos del rodamiento súper duros. Estos aparatos de rodamiento pueden incluir rodamientos radiales, rodamientos de empuje y otros rodamientos, sin limitación, dispuestos en un alojamiento (*por ejemplo*, en un alojamiento o cámara combinada de admisión y empuje). Dichos conjuntos de rodamientos y aparatos de rodamiento pueden utilizarse en diversas aplicaciones, incluidas bombas (por ejemplo, bombas horizontales de superficie), sistemas de perforación, turbinas, molinos de viento, grúas, maquinaria, bombas y cualquier otra aplicación adecuada, sin limitación.

[0026] Como se discute más adelante en mayor detalle, los conjuntos de rodamientos y los aparatos de rodamiento pueden incluir una característica de recirculación (*por ejemplo,* una característica de lavado, una característica de lubricación, una característica de regulación térmica, una característica para suministrar productos químicos de tratamiento de fluidos de proceso en el conjunto de bomba a través de la línea de recirculación, y/o etc.). Por ejemplo, el alojamiento del conjunto de rodamientos puede

incluir una trayectoria de flujo de recirculación suministrada por una o más tuberías que proporcionan una corriente independiente de flujo de fluido (*por ejemplo,* a lo largo de una trayectoria de flujo separada de una trayectoria de fluido primaria a través del conjunto) que actúa para enfriar, lubricar y/o lavar los elementos del rodamiento del conjunto de rodamientos. En algunas materializaciones, el fluido puede ser cualquier fluido de trabajo adecuado, como por ejemplo, aceite, agua, hidrocarburos, bromo, combinaciones de los mismos, o cualquier otro fluido de trabajo que pueda bombearse a través del sistema y que actúe para enfriar, lubricar y/o lavar los rodamientos del sistema.

[0027] Como se ha indicado anteriormente, pueden utilizarse materiales súper duros resistentes al desgaste para los elementos del rodamiento utilizados en los conjuntos de rodamientos. En algunas materializaciones, dichos elementos del rodamiento que incluyen materiales súper duros pueden comprender uno o más compactos de diamante policristalino (PDC). Por ejemplo, los elementos del rodamiento pueden incluir anillos de rodamientos de rotor y estator (*por ejemplo,* que comprenden un material metálico como el acero) que están configurados para aceptar un número de elementos del rodamiento súper duro. Cada elemento de rodamiento súper duro puede incluir una capa de material súper duro (por ejemplo, diamante policristalino (PDC)) formado sobre un sustrato, como un sustrato de carburo de tungsteno cementado. Uno o más elementos del rodamiento súper duro pueden fijarse a un rotor o estator de rodamientos mediante ajuste a presión, soldadura fuerte o mediante otros métodos adecuados de fijación. En algunas materializaciones, en un rodamientos radial, los elementos del rodamiento fijados a un rotor de rodamientos tienen superficies de rodamientos súper duro configuradas y orientadas radialmente hacia fuera para soportar contra superficies de rodamientos súper duro opuestas de elementos del rodamiento fijados a un estator de rodamientos que rodea radialmente el rotor de rodamientos (o viceversa).

[0028] En general, la presente divulgación se refiere al uso de rodamientos de deslizamiento súper duro entre un mecanismo de accionamiento (*por ejemplo,* un motor eléctrico) y una bomba. Por ejemplo, algunas materializaciones de la divulgación se refieren a uno o más rodamientos de empuje súper duro y/o uno o más rodamientos radiales súper duro acoplados operablemente a un eje, el eje acoplando operablemente un mecanismo de accionamiento a una bomba (por ejemplo, una bomba centrífuga, una bomba centrífuga multietapa, o cualquier bomba adecuada, sin limitación). Algunas materializaciones de la divulgación pueden proporcionar un aparato de rodamiento que actúa como una cámara de absorción de empuje combinada con la admisión de una bomba sumergible montada horizontalmente (por ejemplo, una bomba sumergible eléctrica). Los rodamientos de diamante policristalino (PDC) pueden implementarse para manejar fluidos sucios que contienen sólidos y otros contaminantes que los rodamientos tradicionales no pueden. Tal aparato de rodamiento puede permitir que los rodamientos PDC sean enfriados por el fluido de proceso de tal manera que los rodamientos no necesitan ser aislados (*por*

ejemplo, en un baño de aceite sellado) para funcionar eficientemente. La refrigeración con el fluido de proceso permite combinar la cámara de empuje y la admisión. En algunas materializaciones, dicha configuración puede utilizar un bucle de recirculación para enfriar, lubricar y/o lavar los rodamientos. Este bucle de recirculación toma el fluido de la descarga de otro componente del sistema (por ejemplo, una bomba situada aguas abajo en el flujo del proceso) y lo dirige (*por ejemplo,* aguas arriba) de nuevo a través del compartimento de rodamientos para que haya un flujo positivo a través de los rodamientos. El flujo de recirculación se une entonces con el fluido de succión en la ruta de flujo primario para ser reintroducido a la entrada de la bomba. En algunas materializaciones, el flujo de recirculación puede dividirse para dar cabida a cualquier requisito de lavado para el sello mecánico que está unido al extremo de la cámara.

[0029] Algunas materializaciones de la divulgación pueden proporcionar rodamientos que son enfriados, lubricados y/o lavados por el fluido de proceso, de tal manera que la necesidad de comprobar regularmente los niveles de aceite de los rodamientos o cambiar el aceite se reduce o elimina. La combinación de componentes y la utilización del fluido de proceso para la refrigeración y/o lubricación puede reducir los costes iniciales de material y/o mano de obra. Utilizando un flujo de recirculación, puede controlarse la cantidad de fluido que pasa por las superficies de apoyo. Tal configuración puede proteger contra un flujo demasiado pequeño (*por ejemplo,* causando que los rodamientos se sobrecalienten y resulten en un fallo prematuro) y/o un flujo demasiado grande (*por ejemplo,* causando la erosión de las superficies de los rodamientos y resultando en un fallo prematuro). Además, opcionalmente, un flujo de recirculación puede ser presurizado de tal manera que el fluido de proceso que entra en la cámara no entre en contacto con uno o más rodamientos súper duros. En algunas materializaciones, el flujo del fluido recirculado puede ser controlado manual y/o eléctricamente a través de un variador de frecuencia (VFD). En otro aspecto opcional de la presente divulgación, el fluido recirculado puede filtrarse antes de pasar por los rodamientos súper duros. Esta configuración puede prolongar la vida útil de los rodamientos súper duros.

[0030] La FIG. 1 es una vista superior simplificada de un sistema de manejo de fluidos 100 que incluye un conjunto o aparato de rodamiento 102. Como se ilustra en la FIG. 1, el aparato de rodamiento 102 incluye una caja de rodamiento 104 con una o más entradas de fluido 106 y salidas de fluido 108, donde la caja de rodamiento 104 define una vía de fluido 105 (por ejemplo, una vía de fluido primaria que proporciona un fluido primario o fuente) entre la entrada de fluido 106 y la salida de fluido 108. En algunas materializaciones, el aparato de rodamiento 102 puede estar acoplado (por ejemplo, directa o indirectamente) a otro componente de manejo de fluido del sistema 100 (*por ejemplo,* una bomba 110). Como se representa, el sistema 100 puede comprender un sistema de bombeo horizontal que incluye la bomba 110 que es una bomba horizontal de superficie (*por ejemplo,* una bomba multietapa, una bomba

multietapa sumergible, etc.) orientada sustancialmente en dirección horizontal (por ejemplo, en relación con una superficie de la Tierra).

[0031] Cabe señalar que, si bien las materializaciones de la presente divulgación se refieren en general a sistemas de manipulación de fluidos que incluyen bombas horizontales de superficie, otros dispositivos de manipulación de fluidos (*por ejemplo,* otras bombas, turbinas, compresores, etc.) o dispositivos que incluyen componentes regulados térmicamente (*por ejemplo,* refrigeradores) por uno o más fluidos pueden implementarse en materializaciones adicionales.

[0032] Un motor 112 (*por ejemplo,* un motor de superficie, un motor eléctrico, un motor hidráulico, un motor de combustión interna, otro tipo de motor primario, etc.) puede funcionar con la bomba 110 en una configuración horizontal de superficie a través de un eje que está soportado por y se extiende a través del aparato de rodamiento 102 (*por ejemplo,* a diferencia de un motor sumergible que funciona con bombas sumergibles en el fondo del pozo en una configuración de bombeo vertical). Por ejemplo, el motor 112 puede hacer funcionar la bomba 110 mediante la rotación de uno o más ejes que se extienden a lo largo de la bomba 110 y que están acoplados a impulsores dispuestos en difusores respectivos de la bomba 110.

[0033] Como se ha señalado anteriormente, además de proporcionar un alojamiento de empuje, el alojamiento de rodamientos 104 del aparato de rodamiento 102 puede definir una cámara de admisión 114 situada entre el motor 112 y la bomba 110. La cámara de admisión 114 puede definir la vía de fluido 105 entre la entrada de fluido 106, que suministra fluido al sistema 100 desde una fuente de fluido aguas arriba 116 y la salida de fluido 108, que sale fluido del aparato de rodamiento 102 en un componente aguas abajo (*por ejemplo,* la bomba 110). El fluido puede entrar en el aparato de rodamiento 102 a través de la entrada de fluido 106. La entrada de fluido 106 puede estar conectada a mangueras, tuberías, un contenedor y/u otra fuente de fluido. Una vez que el fluido procede a través de la entrada de fluido 106 y entra en la cámara de admisión 114, puede entonces proceder a una entrada de la bomba 110.

[0034] El aparato de rodamiento 102 puede incluir una fuente de fluido secundaria (por ejemplo, suministrada a través de una línea de recirculación 118) que está al menos parcialmente separada de la corriente de fluido primaria (*por ejemplo,* a través de la vía de fluido 105) que se suministra al sistema 100 desde la fuente de fluido 116 a través de la entrada de fluido 106, a través del aparato de rodamiento 102, y a la bomba 110. Como se discute más adelante en mayor detalle, el fluido de trabajo suministrado por la línea de recirculación 118 puede utilizarse en el aparato de rodamiento 102 (por ejemplo, para regular térmicamente y/o lubricar uno o más componentes del sistema 100) y puede recircularse desde una ubicación aguas abajo del sistema 100 (*por ejemplo,* desde la bomba 110). Por ejemplo, el fluido que también ha pasado a través del aparato de rodamiento y viajado a través de al menos una porción de la

bomba 110 puede ser devuelto de nuevo al aparato de rodamiento 102 para ayudar en el funcionamiento del aparato de rodamiento 102.

[0035] Dicho fluido secundario puede suministrarse al aparato de rodamiento 102 a través de otra vía de fluido. Por ejemplo, una parte del fluido que se suministra a la bomba 110 (*por ejemplo,* para ser presurizado por la bomba 110) puede separarse de la vía de fluido primaria 105. En algunas materializaciones, la línea de recirculación 118 puede conectarse y desviar fluido de la ruta de fluido primaria 105 en una ubicación aguas abajo en el sistema 100 (*por ejemplo,* una ubicación próxima a una salida 120 de la bomba 110). En tal realización donde la bomba 110 actúa para presurizar el fluido, el fluido suministrado a través de la línea de recirculación 118 puede tener una presión relativamente más alta que el fluido restante en la cámara de admisión 114 (*por ejemplo,* el fluido que viaja a través de la cámara de admisión 114 fuera del cartucho 132 que se suministra desde la fuente de fluido 116). El fluido de presión relativamente más alta puede utilizarse para la regulación térmica en el aparato de rodamiento 102 y luego puede volver a unirse a la ruta de fluido primaria 105 para viajar a través de la bomba 110 una vez más.

[0036] La FIG. 2 es una vista transversal de un aparato de rodamiento (*por ejemplo,* el aparato de rodamiento 102 de la FIG. 1). Como se muestra en las FIGS. 1 y 2, un eje 122 se extiende a través de al menos una porción de la caja de rodamiento 104 del aparato de rodamiento 102. Como se argumentó anteriormente, el eje 122 puede estar acoplado a un dispositivo para mover el eje 122 (*por ejemplo,* el motor 112) en un extremo del eje 122. El eje 122 puede extenderse a través de la caja de rodamientos 104 y salir de la caja de rodamientos 104 (*por ejemplo,* en la salida de fluido 108) para acoplarse a otro componente del sistema 100 (*por ejemplo,* la bomba 110) que está acoplado a la caja de rodamientos 104 en la salida de fluido 108 de tal manera que el motor 112 puede accionar componentes de la bomba 110 a través del eje 122.

[0037] Como se representa en las FIGS. 1 y 2, los conjuntos o elementos del rodamiento pueden soportar el eje 122 dentro de la caja de rodamientos 104 durante la operación del eje 122 (*por ejemplo,* cuando se aplican fuerzas de rotación al eje 122 por el motor 112). Por ejemplo, en un primer conjunto de rodamientos 124 y un segundo conjunto de rodamientos 126 pueden soportar el eje 122 en el alojamiento de rodamientos 104. En algunas materializaciones, el primer conjunto de rodamientos 124 puede configurarse como rodamientos principalmente radiales situados relativamente más cerca del acoplamiento entre el aparato de rodamiento 102 y la bomba 110. El segundo conjunto de rodamientos 126 puede estar situado más cerca del acoplamiento entre el aparato de rodamiento 102 y la bomba 110. El segundo conjunto de rodamientos 126 puede estar configurado, al menos parcial o principalmente, como rodamientos de empuje situados relativamente más cerca del acoplamiento entre el aparato de rodamiento 102 y el motor 112.

[0038] Como se argumenta más adelante en mayor detalle, cada conjunto de rodamientos 124, 126 puede incluir estructuras de soporte complementarias (*por ejemplo,* anillos o cuerpos configurados para posicionar y retener materiales de rodamientos súper duro o superficies de desgaste súper duro) que están respectivamente acoplados al eje 122 y al aparato de rodamiento 102 para permitir el movimiento relativo entre el eje 122 y el aparato de rodamiento 102. Por ejemplo, los anillos de rodamientos del conjunto de rodamientos 124, 126 acoplados al eje 122 pueden girar mientras que los anillos de rodamientos adicionales del conjunto de rodamientos 124, 126 pueden mantenerse estacionarios en el alojamiento de rodamientos 104.

[0039] La combinación de rodamientos de empuje/radiales 126 puede actuar para soportar el eje 122 en una configuración donde los rodamientos de empuje/radiales 126 soportan y hacen contacto con una porción del eje 122 (*por ejemplo,* un collar de empuje 128) principalmente en una dirección axial (a lo largo del eje de rotación 123). Como se discute más adelante, en algunas materializaciones, los rodamientos de empuje/radiales 126 también pueden incluir un componente radial donde los rodamientos 126 soportan el eje 122 en una dirección radial (*por ejemplo,* con respecto al desplazamiento del eje central del eje 122 desde el eje de rotación 123). En tal materialización, los rodamientos 126 pueden soportar el eje 122 tanto en una configuración de empuje como radial.

[0040] En algunas materializaciones, el aparato de rodamiento 102 puede incluir un rodamientos o superficie de desgaste adicional (*por ejemplo,* el anillo de desgaste de empuje ascendente 130) para restringir y/o impedir al menos parcialmente el movimiento del eje 122 (*por ejemplo,* el movimiento en dirección axial hacia la bomba 110). Por ejemplo, el anillo de desgaste de empuje 130 puede restringir el movimiento del eje 122 en el caso de que el eje 122 sea forzado en una dirección hacia la bomba 110 (*por ejemplo,* durante un evento, tal como un arranque, donde es más probable que el eje 122 se mueva contra las fuerzas del flujo de fluido y/o el gradiente de presión formado a través de la bomba 110).

[0041] El eje 122 se puede colocar en la carcasa de rodamiento 104 donde una parte del eje 122 está parcialmente rodeada o rodeada por un cartucho 132 que sostiene uno o más de los rodamientos 124, 126. El eje 122 se puede asegurar en la cartucho 132 por el retenedor de rodamiento 134 (*por ejemplo,* retenedor de campana que está atornillado al alojamiento de rodamiento 104 y soporta las cargas de empuje aplicadas por el eje 122). Como se representa, la mayoría de los rodamientos 124, 126 pueden estar encerrados alrededor del eje 122 mediante el retenedor de rodamiento 134 y el cartucho 132. El cartucho 132 y el retenedor de rodamiento 134 pueden definir al menos parcialmente vías de fluido secundarias 136 que se extienden a lo largo y alrededor del eje 122 y los rodamientos 124, 126. Como se muestra, el cartucho 132 puede deslizarse dentro de la carcasa de rodamiento 104 donde una brida del cartucho 132

hace contacto con la carcasa de rodamiento 104 y el cartucho 132 se fija en su lugar mediante el retenedor de rodamiento 134.

[0042] Como se analizó anteriormente, se puede suministrar una vía de fluido secundaria 136, que es secundaria y separada en relación con la vía de fluido primaria 105, a los rodamientos 124, 126 desde una fuente de fluido secundaria (*por ejemplo*, la línea de recirculación 118). El fluido puede suministrarse a la carcasa de rodamiento 104 mediante la línea de recirculación 118 a lo largo de la vía de fluido secundaria 136 en una ubicación próxima al acoplamiento del motor 112 al aparato de rodamiento 102. Por ejemplo, la línea de recirculación 118 puede extenderse dentro del retenedor de rodamiento 134 en una cavidad 138 (*por ejemplo*, definida por el retenedor de rodamiento 134) que puede albergar un sello mecánico 142 entre el motor 112 y el aparato de rodamiento 102. Por ejemplo, el sello mecánico 142 puede extenderse alrededor del eje 122, donde el eje 122 se extiende a través de la cavidad 138. La cavidad 138 puede definir una porción de la vía de fluido secundaria 136 que se extiende alrededor del sello mecánico 142 cuando el sello mecánico 142 abarca el eje 122.

[0043] Como se ha indicado anteriormente, en algunas materializaciones, parte del fluido puede dirigirse a enfriar y/o lubricar el cierre mecánico 142.

[0044] Después de ser suministrado a la cavidad 138, el fluido recirculado puede viajar a lo largo del eje 122 hacia el cartucho 132 y hacia los rodamientos de empuje/radiales 126 (*por ejemplo*, para al menos parcialmente regular térmicamente (*por ejemplo*, enfriar y/o lubricar) y/o lubricar los rodamientos de empuje/radiales 126). El fluido recirculado puede entonces ser dirigido a los rodamientos radiales 124 (*por ejemplo*, viajando alrededor del collar de empuje 128 para al menos parcialmente regular térmicamente y/o lubricar los rodamientos radiales 124). El fluido recirculado puede salir del cartucho 132 por la abertura 140 y reunirse con el fluido en la vía de fluido primaria 105.

[0045] La FIG. 3 es una vista en sección transversal de un aparato de soporte (*por ejemplo*, el aparato de soporte 102 como se muestra en la Figura 1) que ilustra las vías de fluido. Haciendo referencia a las Figs. 1 y 3, un fluido bombeado (*por ejemplo*, fluido fuente) viaja a lo largo de la vía de fluido primaria 105. El fluido bombeado ingresa a través de la entrada de fluido 106, avanza hacia la cámara de admisión 114 y puede avanzar directamente hacia la bomba 110. En una ubicación aguas abajo (*por ejemplo*, cerca de una salida de la bomba 110), una porción del fluido bombeado (*por ejemplo*, fluido de rodamiento) que viaja en la vía de fluido primaria 105 puede recircularse de regreso al aparato de rodamiento 102 a lo largo de la vía de fluido secundaria 136 a través de la línea de recirculación 118. El fluido fluye a través del cartucho 132 alrededor, alrededor y/o a través de los rodamientos 124, 126, lubricando y enfriando el conjunto de rodamientos 124, 126. Después de pasar a través del conjunto de rodamientos 124, 126, el fluido de rodamiento recirculado puede salir del cartucho 132 por la abertura

140. y volver a unirse al fluido bombeado que viaja a lo largo de la vía de fluido primaria 105 cuando el fluido ingresa a la bomba 110.

[0046] FIG. 4 es una vista transversal de un aparato de rodamiento 200, que puede ser similar o sustancialmente el mismo que, e incluir uno o más de los componentes de, los otros aparatos de rodamiento divulgados aquí. Como se muestra en la FIG. 4, en lugar de ser recirculado, el fluido secundario (*por ejemplo*, fluido de rodamiento) puede ser suministrado desde la línea 202 de suministro de fluido secundario. Dicho fluido de rodamiento puede ser agua, aceite, y/o cualquier otro fluido adecuado que sea suministrado desde una fuente externa 204 (*por ejemplo*, un depósito, una bomba, etc.). Dicho fluido de apoyo puede seleccionarse para que sea compatible con el fluido fuente que fluye en la vía de fluido primaria 205 y/o puede ser capaz de separarse del fluido fuente. Por ejemplo, el fluido de rodamiento puede ser capaz de y/o adecuado para ser proporcionado a través de un componente aguas abajo (*por ejemplo*, la bomba 110 (FIG. 1)) con el fluido fuente en la vía de fluido primaria 205. A modo de ejemplo adicional, el fluido de rodamiento puede ser filtrado o separado de otra manera aguas abajo y eliminado o, después de ser separado, puede ser proporcionado de nuevo al aparato de rodamiento 200 a través de la línea de suministro de fluido secundario 202.

[0047] La FIG. 5 es una vista en sección transversal de un aparato de rodamiento 300, que puede ser similar o sustancialmente el mismo que, e incluir uno o más de los componentes de, los otros aparatos de rodamiento divulgados aquí. Como se muestra en la FIG. 5, el aparato de rodamiento 300 puede incluir un filtro 302 que puede usarse para filtrar el fluido recirculado (*por ejemplo*, suministrado por la línea de recirculación 318) antes de ser suministrado a los rodamientos 324, 326 (*por ejemplo*, suministrado al cartucho 332). Por ejemplo, el filtro 302 (*por ejemplo*, un separador ciclónico, un depurador, y/u otro tipo de filtración) puede recibir el fluido de la línea de recirculación 318 y separar el fluido recirculado en múltiples corrientes de fluido. Las corrientes de fluido separadas pueden incluir una línea de fluido sucio 305 (*por ejemplo*, que contiene contaminantes particulares u otros contaminantes) y una línea de fluido sustancialmente limpio 306. La línea de fluido limpio 306 puede suministrar fluido filtrado limpio, que ha sido procesado por el filtro 302, dentro de la caja de rodamientos 304 y el cartucho 332 para interactuar con los rodamientos 324, 326. La línea de fluido sucio 305 puede retornar el fluido sucio a otras porciones del sistema o puede remover el fluido sucio de la circulación. Por ejemplo, el conducto de fluido sucio 305 puede devolver el fluido sucio a una cámara de admisión 314 del aparato de rodamiento 300.

[0048] La FIG. 6 es una vista en perspectiva de un ensamble de rodamiento 400 que puede ser usado en los sistemas y/o componentes discutidos anteriormente (*por ejemplo*, comprendiendo los rodamientos 124, 126 (FIG. 2)). Como se muestra en la FIG. 6, el ensamble de rodamiento 400 puede

configurarse como un rodamiento radial donde el ensamble de rodamiento 400 está configurado para soportar principalmente cargas en una dirección radial o lateral.

[0049] El conjunto de rodamientos 400 puede incluir una primera estructura de soporte 402 y una segunda estructura de soporte 404. En algunas materializaciones, la primera estructura de soporte 402 y/o la segunda estructura de soporte 404 pueden comprender un material metálico (*por ejemplo,* acero al carbono, titanio o aleaciones de titanio, tungsteno o aleaciones de tungsteno, aluminio o aleaciones de aluminio, o acero inoxidable, etc.), un material de carburo (*por ejemplo,* carburo de tungsteno, carburo de silicio, etc.), o cualquier otro material adecuado. En algunas materializaciones, la primera estructura de soporte 402 y/o la segunda estructura de soporte 404 pueden comprender un material con una conductividad térmica relativamente alta (*por ejemplo,* una conductividad térmica igual o superior al carburo de tungsteno o al carburo de tungsteno cementado con cobalto) para mejorar la capacidad de las estructuras de soporte 402, 404 para disipar la energía térmica de los elementos de desgaste del conjunto de rodamientos 400.

[0050] Como se discutió anteriormente, la primera estructura de soporte 402 puede comprender una estructura interna que se acopla al eje 122 (FIG. 2) y gira en relación con la segunda estructura de soporte 404 que comprende una estructura externa que se acopla a una porción de la caja de rodamientos 104 (*por ejemplo,* el cartucho 132).

[0051] Los elementos de rodamiento 406, 408 (*por ejemplo,* superficies o elementos de desgaste) pueden estar acoplados a cada una de la primera estructura de soporte 402 y la segunda estructura de soporte 404. Como se discutió anteriormente, uno o más de los elementos del rodamiento 406, 408 pueden comprender superficies de desgaste de diamante policristalino (PDC). Por ejemplo, los elementos del rodamiento 406, 408 pueden comprender compactos de diamante policristalino (PDC) que incluyen una tabla súper dura sobre un sustrato que está acoplado a una de la primera estructura de soporte 402 y la segunda estructura de soporte 404. En al menos una realización, el sustrato puede comprender un material de carburo cementado, tal como un material de carburo de tungsteno cementado con cobalto y/o cualquier otro material adecuado. La mesa súper dura puede estar formada de cualquier material super abrasivo y/o súper duro adecuado o combinación de materiales, incluyendo, por ejemplo, PDC. Cualquiera de las mesas súper duras descritas en el presente documento puede comprender también materiales de diamante policristalino, como los descritos en U.S. Pat. No. 7,866,418, cuya divulgación se incorpora aquí, en su totalidad, por esta referencia. Según materializaciones adicionales, la tabla súper dura puede comprender nitruro de boro cúbico, carburo de silicio, diamante policristalino, y/o mezclas o compuestos que incluyan uno o más de los materiales anteriores, sin limitación.

[0052] La FIG. 7 es una vista en perspectiva en despiece de un conjunto de rodamiento 500 o ensamblaje que puede ser utilizado en los sistemas y/o aparatos discutidos anteriormente (por *ejemplo,*

que comprende los rodamientos 124, 126 (FIG. 2). Como se muestra en la FIG. 7, el conjunto de rodamiento 500 puede configurarse como un rodamiento radial y de empuje en el que el conjunto de rodamiento 500 soporta cargas tanto en una dirección radial o lateral como en una dirección axial. En materializaciones adicionales, la circunferencia exterior de los elementos de rodamiento 507 puede omitirse para proporcionar un conjunto de rodamiento para su uso principalmente en una configuración de empuje.

[0053] El conjunto de rodamiento 500 puede incluir una primera estructura de soporte 502 y una segunda estructura de soporte 504, que pueden ser similares a las estructuras de soporte discutidas anteriormente. Como se ha comentado anteriormente, la primera estructura de soporte 502 puede comprender una estructura interior que se acopla al eje 122 (FIG. 2) y gira con respecto a la segunda estructura de soporte 504 que comprende una estructura exterior que se acopla a una parte del alojamiento del rodamiento 104 (*por ejemplo,* la carcasa del rodamiento 134).

[0054] Los elementos del rodamiento 506, 507, 508, 510 pueden estar acoplados a cada una de la primera estructura de soporte 502 y la segunda estructura de soporte 504. Como se ha discutido anteriormente, uno o más de los elementos del rodamiento 506, 507, 508, 510 pueden comprender superficies de desgaste de diamante policristalino (PDC) y pueden ser similares a los discutidos anteriormente. Por ejemplo, los elementos del rodamiento 506, 507, 508, 510 pueden ser compactos de diamante policristalino que incluyen una tabla súper dura formada sobre un sustrato que está acoplado a una de la primera estructura de soporte 502 y la segunda estructura de soporte 504.

[0055] Como se representa, la primera estructura de soporte 502 puede incluir los elementos del rodamiento 507, 506 tanto en la circunferencia de la primera estructura de soporte 502 (*por ejemplo,* rodamientos radiales) como en un extremo axial de la primera estructura de soporte 502 (*por ejemplo,* rodamientos de empuje), respectivamente.

[0056] La segunda estructura de soporte 504 puede incluir elementos del rodamiento complementarios 508 que se alinean con las características de los rodamientos radiales y de empuje de la primera estructura de soporte 502. Como se representa, la segunda estructura de soporte 504 puede incluir dos porciones separadas 512, 514 donde una primera porción 512 soporta los elementos del rodamiento radiales 508 y la segunda porción 514 soporta los elementos del rodamiento de empuje 510. En algunas materializaciones, la segunda estructura de soporte 504 puede ser una estructura unitaria en la que tanto los elementos del rodamiento radial 508 como los elementos del rodamiento de empuje 510 están soportados por una única estructura de soporte 504 que es una combinación de las porciones 512, 514.

[0057] La FIG. 8 es una vista en perspectiva de un conjunto de bomba de superficie horizontal 600. Como se muestra en la FIG. 8, el conjunto de bomba de superficie horizontal 600 está orientado sustancialmente horizontalmente sobre la superficie 602, de tal manera que la longitud del conjunto 600

está descansando sobre (*por ejemplo*, sustancialmente paralela a) la superficie 602. El conjunto de bomba 600 puede montarse sobre uno o más patines 604, como un patín de bomba y/o un patín de motor, y fijarse dentro de los soportes 612. Un motor principal (*por ejemplo*, el motor 606) puede hacer girar los ejes que discurren por el centro de la longitud del conjunto de bomba 600.

[0058] El conjunto de bomba horizontal de superficie 600 puede incluir una bomba eléctrica sumergible 608 configurada como una bomba centrífuga multietapa utilizada convencionalmente en conjuntos de bomba eléctrica sumergible (BES) de fondo de pozo, pero implementada aquí en una aplicación de bomba horizontal de superficie.

[0059] La cámara de admisión 614 puede extenderse entre el motor 606 y la bomba 608, puede estar conectada al motor 606 mediante un acoplamiento flexible o de disco, y puede servir como admisión para la bomba 608. La cámara de admisión 614 puede ser similar o sustancialmente la misma que, e incluir uno o más de los componentes de, los aparatos de rodamiento divulgados en el presente documento (*por ejemplo*, los aparatos de rodamiento 102, 200, 300) incluyendo una línea de recirculación 610. Como se ha mencionado anteriormente, la cámara de admisión 614 también puede incluir rodamientos para transportar empuje y proporcionar soporte radial, sirviendo en una doble capacidad de admisión y empuje. La cubierta de acoplamiento del motor 620 puede asegurar el motor 606 y la cámara de admisión 614 juntos, mientras que el soporte de la cámara de admisión 622 puede soportar la cámara de admisión 614 y ayudar a mantener la cámara de admisión 614 en su lugar.

[0060] El fluido bombeado puede entrar en el conjunto 600 a través de la entrada de fluido 616 de la cámara de admisión 614. La entrada de fluido 616 puede estar conectada a mangueras, tuberías, un contenedor y/o una fuente de fluido. Una vez que el fluido pasa a través de la entrada de fluido 616 y entra en la cámara de admisión 614, puede dirigirse a la entrada de la bomba 626. En el proceso de pasar de la entrada de fluido 616 a la entrada de bomba 626, el fluido de trabajo puede fluir alrededor, sobre y/o a través de rodamientos de empuje de materializaciones ilustrativas. Desde la entrada de la bomba 626, el fluido puede continuar a través de la bomba 608 hasta la descarga de la bomba 624, después de lo cual el fluido es transportado a su destino. Una porción de fluido de la descarga 624 puede ser conducida de vuelta a la cámara de admisión 614 con la línea de recirculación 610. El fluido que sale de la línea de recirculación 610 hacia la cámara de admisión 614 puede emplearse para enfriar, lavar y/o lubricar rodamientos de soporte radiales, rodamientos de empuje y/o sellos mecánicos en, o en comunicación con, la cámara de admisión 614.

[0061] Los términos de grado (*por ejemplo*, "aproximadamente", "sustancialmente", "generalmente", etc.) indican variaciones estructural o funcionalmente insignificantes. En un ejemplo, cuando el término de grado se incluye con un término que indica cantidad, el término de grado se interpreta en el sentido de ±10%, ±5% o +2% del término que indica cantidad. En un ejemplo, cuando el término de

grado se utiliza para modificar una forma, el término de grado indica que la forma modificada por el término de grado tiene la apariencia de la forma divulgada. Por ejemplo, el término de grado puede utilizarse para indicar que la forma puede tener esquinas redondeadas en lugar de esquinas afiladas, bordes curvos en lugar de bordes rectos, una o más protuberancias que se extienden desde la misma, es oblonga, es igual que la forma divulgada, etcétera.

[0062] Aunque la presente divulgación se ha descrito en el presente documento con respecto a ciertas materializaciones ilustradas, los expertos en la materia reconocerán y apreciarán que no está tan limitada. Más bien, muchas adiciones, supresiones y modificaciones a las materializaciones ilustradas se pueden hacer sin apartarse del alcance de la divulgación como se reivindica más adelante, incluyendo equivalentes legales de la misma. Además, las palabras "incluyendo", "teniendo" y sus variantes (*por ejemplo*, "incluye" y "tiene"), tal como se utilizan en el presente documento, incluidas las reivindicaciones, serán abiertas y tendrán el mismo significado que la palabra "que comprende" y sus variantes (*por ejemplo*, "comprende" y "comprenden"). Además, las características de una realización pueden combinarse con las características de otra realización sin que por ello dejen de estar comprendidas en el ámbito de la divulgación, según lo contemplado por los inventores.