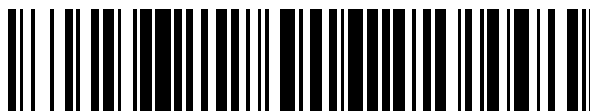


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 175**

51 Int. Cl.:

F16D 9/08 (2006.01)

F16D 1/06 (2006.01)

F01D 5/02 (2006.01)

F04D 29/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2014** **PCT/US2014/038927**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015** **WO15009351**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2014** **E 14734309 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 3022455**

54 Título: **Acoplamiento para compresor directamente accionado**

30 Prioridad:

19.07.2013 US 201313946371

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

13.11.2020

73 Titular/es:

PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
10 Riverview Drive
Danbury, CT 06810, US

72 Inventor/es:

STANKO, MICHAEL J.;
SCHWARZ, CARL L. y
OWENS, WILLIAM J.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 793 175 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

Acoplamiento para compresor directamente accionado

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un acoplamiento para un compresor directamente accionado en el que un impulsor de un compresor centrífugo se conecta a un eje de un motor eléctrico mediante el acoplamiento. Más particularmente, la invención se refiere a tal acoplamiento que está diseñado para deformarse tras el fallo del impulsor, para evitar daños al motor eléctrico.

Antecedentes de la invención

Los compresores centrífugos tienen una amplia aplicación en muchas industrias. En las plantas de separación criogénica se usan compresores para separar el aire en sus partes constituyentes, el aire se comprime por un compresor centrífugo de múltiples etapas y luego se enfría a una temperatura adecuada para la destilación del aire. Después de enfriarse, el aire se rectifica en una columna de destilación para producir productos de nitrógeno, oxígeno y argón. En tales plantas, los compresores centrífugos se emplean, además, como compresores de producto para comprimir gas nitrógeno de producto y gas oxígeno de producto.

Aunque en cualquier aplicación de compresión es posible comprimir el gas en una única etapa, en muchas industrias, incluyendo la industria de separación criogénica de aire, es más común comprimir el gas en etapas de compresión secuenciales, especialmente cuando la presión de descarga es superior a una vez y media la presión de entrada. La razón para esto es que a medida que el gas se comprime, su temperatura aumenta y la temperatura elevada de gas precisa de un aumento de potencia para comprimir el gas. Donde el gas se comprime en etapas y se enfría entre etapas, la potencia de compresión se reduce debido a una compresión más cerca de la isotérmica en comparación con una compresión sin refrigeración entre etapas. En una instalación de compresor típica, cada etapa utiliza un compresor centrífugo en el cual los gases que entran en una entrada al compresor, se distribuyen a una rueda del compresor de paletas, conocida como un impulsor que gira para acelerar el gas y así impartir la energía de rotación al gas. Este aumento de energía se acompaña de un aumento en la velocidad y un aumento de presión. La presión se recupera en un difusor estático de paletas, o sin paletas, que rodea al impulsor y funciona para disminuir la velocidad del gas y, de ese modo, aumentar la presión del gas.

Los compresores individuales de las etapas de compresión de un compresor de múltiples etapas se pueden impulsar mediante un impulsor común, tal como un motor eléctrico que impulse una caja de engranajes integral. Sin embargo, en un tipo de conjunto de compresor, una etapa del compresor se conecta directamente al motor eléctrico, tal como un motor eléctrico de imán permanente sin engranajes. El acoplamiento directo del compresor y el motor eléctrico supera las deficiencias inherentes en una disposición de caja de engranajes, en la que se producen pérdidas térmicas dentro del engranaje entre el motor eléctrico y el compresor. Tal acoplamiento directo se conoce como un conjunto de compresor de accionamiento directo, donde tanto el eje del motor eléctrico como el impulsor giran a la misma velocidad. De forma típica, tales motores eléctricos son capaces de funcionar a velocidad variable. Por lo tanto, un compresor directamente accionado puede funcionar para suministrar un intervalo de velocidades de flujo a través del compresor y un intervalo de relaciones de presión a través del compresor, al variar la velocidad del impulsor.

Los conjuntos de compresor de accionamiento directo pueden configurarse, por ejemplo, al instalar un impulsor de compresor en un extremo de un eje de un motor eléctrico. El impulsor del compresor y el rotor del motor giran a la misma velocidad. También es posible que un conjunto de compresor de accionamiento directo contenga dos o más impulsores de compresor accionados por un motor común, e instalados en extremos opuestos del mismo eje del motor eléctrico. También es posible que un solo motor accione dos compresores conectados en un extremo del eje del motor eléctrico. Varias permutaciones y combinaciones son posibles para configurar un conjunto de compresor de accionamiento directo en función del número de impulsores del compresor, el motor y cualquier otro dispositivo accionado o accionador rotativo instalado en el eje común.

Un modo de fallo predominante en un conjunto de compresor de accionamiento directo es el impulsor que puede experimentar una grieta y, después, perder una parte del alabeado. Por lo general, la pérdida del alabeado crea fuerzas de desequilibrio muy importantes que deben hacerse reaccionar con el rotor y su sistema de cojinetes. Se producirá el desequilibrio en la carga del eje motor porque la masa del impulsor rotatorio no se distribuye equitativamente en una dirección radial del impulsor. En otras palabras, se producirá una fuerza debido a la distribución desigual de masa y a la rotación del impulsor que actuará en ángulos rectos al eje. Como resultado de dicha carga desequilibrada, el eje motor experimentará fuerzas y momentos adicionales con los cojinetes de soporte teniendo que reaccionar a estas cargas desequilibradas adicionales, que pueden desembocar en un fallo de los cojinetes radiales utilizados en el motor eléctrico. Estos cojinetes pueden ser cojinetes lubricados con aceite o cojinetes laminares o electromagnéticos que soportan el eje motor tanto en rotación como en una dirección axial, o cojinetes de respaldo que soportan el eje motor en caso de fallo de los cojinetes laminares o electromagnéticos. En cualquier caso, el fallo de estos cojinetes desembocará en la completa destrucción del motor eléctrico.

Aparte del agrietamiento de los álabes del impulsor, otras condiciones de funcionamiento anormales, que pueden crear fuerzas desequilibradas muy importantes, incluyen agrietamiento del impulsor en áreas sin álabes, erosión de material del impulsor, deposición de productos incrustantes o residuos extraños en el impulsor, y el aflojamiento no intencionado de piezas en el extremo del impulsor del eje rotatorio común. Esta lista no pretende ser una lista completa, y los expertos en la técnica reconocerían otras condiciones de funcionamiento anormales que puedan crear fuerzas y momentos desequilibrados muy grandes, que si permanecen sin ser controlados podrían resultar en la deformación permanente del eje motor.

En el estado de la técnica, se han utilizado conjuntos de ruptura en diversos dispositivos que utilizan compresores para contener los fallos estructurales de un impulsor y para evitar daños al equipo asociado. Por ejemplo, en el documento US-7.001.155, se proporciona un supercargador en el que un compresor, conectado a una turbina accionada por gas de escape, se proporciona con un impulsor que tiene un orificio roscado que se extiende a través del buje del impulsor para encajarse con un extremo roscado de un eje de accionamiento. El orificio del impulsor está provisto de una parte agrandada que produce una sección de pared fina del buje del impulsor, que se fracturará antes de que las roscas en el orificio se despeguen. Esto asegura que cualquier fallo del impulsor deja el buje intacto y conectado al eje para contener el fallo y, de este modo, evitar dañar el motor. En el documento US-5.443.372, un compresor de aire acondicionado de automóvil tiene elementos de placa de acoplamiento que incluyen partes que se pueden romper o fracturar fácilmente con una cantidad predeterminada de par de fuerza u otra fuerza mecánica aplicada, para evitar también daños al motor.

En un conjunto de compresor, tal como en una planta de separación de aire, el motor eléctrico que acciona el compresor es, de forma típica, un dispositivo muy potente que consume quizá de 0,1 a 50 megavatios de energía. En consecuencia, el par de fuerza que transmite el motor eléctrico al impulsor del compresor requiere un acoplamiento entre el eje motor y el impulsor que sea lo suficientemente robusto para permitir la transmisión de dicho par de fuerza. En consecuencia, las soluciones de ruptura en el estado de la técnica, tales como las que se describieron anteriormente, no son aplicables a aplicaciones de compresor industriales que impliquen altos niveles de transmisión de potencia entre el eje motor y el impulsor.

Como se analizará, a diferencia de las soluciones de ruptura del estado de la técnica, la presente invención proporciona un acoplamiento que permitirá que el impulsor falle antes de que el eje del motor eléctrico se dañe como resultado de un fallo del impulsor y las resultantes cargas desequilibradas muy grandes.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona una disposición de acoplamiento que se configura para unir un impulsor de un compresor a un eje de un motor eléctrico que está provisto de un cuerpo de acoplamiento que tiene un primer y un segundo extremos opuestos. Se proporciona un medio para unir el cuerpo de acoplamiento en el primero de los extremos al impulsor, y se proporciona un medio para unir el cuerpo de acoplamiento en el segundo de los extremos al eje. El cuerpo de acoplamiento tiene un orificio axial que se extiende desde el primer extremo hasta el segundo extremo del cuerpo de acoplamiento. El orificio axial tiene una parte más ancha y una parte más estrecha, de manera que el cuerpo de acoplamiento tiene un grosor reducido de pared en un lugar a lo largo de la longitud del cuerpo de acoplamiento, en comparación con el grosor de pared de un resto del cuerpo de acoplamiento, para formar una sección deformable entre el primer y segundo extremos que se configura de tal manera que la sección deformable se deformará permanentemente ante una carga desequilibrada ejercida contra el cuerpo de acoplamiento tras un fallo del impulsor, es decir, sin exceder la resistencia final de un material que forme el cuerpo de acoplamiento, y antes de la deformación permanente del eje, así como potencialmente antes de un fallo de los cojinetes radiales que soportan el eje dentro del motor eléctrico. Como se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones, el término “carga desequilibrada” significa una carga que además de una carga de cizallamiento, se ejerce una fuerza en ángulos rectos al eje del cuerpo de acoplamiento que induciría que se doble el eje motor. Esta carga desequilibrada hace que al menos una sección del cuerpo de acoplamiento se deforme cuando la carga sea mayor que el límite elástico, pero menor que el punto de fluencia final del material que forma el cuerpo de acoplamiento. Como se describió anteriormente, dicha carga desequilibrada podría producirse como resultado de un fallo del impulsor que cause que la masa del impulsor no esté distribuida equitativamente en una dirección radial del mismo, tal como la creada por el desequilibrio en el impulsor debido a las partes agrietadas o faltantes de las paletas fallidas.

Como se puede apreciar, dado que la sección deformable del cuerpo de acoplamiento se deformará permanentemente sin que falle en sí el acoplamiento o los cojinetes del motor, el fallo del impulsor no causará deformación permanente del eje motor y, potencialmente, de los cojinetes, con la fuerza y momentos de la carga desequilibrada que se limitan a lo que el cuerpo de acoplamiento pueda transmitir. Al respecto, una deformación permanente es aquella en la que se exceda el límite elástico del material. De forma práctica, el impulsor fallará dentro del compresor antes de que se produzca tal daño. Al mismo tiempo, dado que dicha deformación se produce antes del fallo del cuerpo de acoplamiento en sí, el cuerpo de acoplamiento será suficientemente resistente para transmitir fuerza de par al impulsor.

En una realización, el medio para unir el cuerpo de acoplamiento al eje puede ser una sección anular, tipo reborde, del cuerpo de acoplamiento que rodea la parte más ancha del orificio axial y un conjunto de tornillos precargados que conectan la sección anular tipo reborde con el eje en un extremo del mismo. En dicha realización, el medio para unir el cuerpo de acoplamiento al impulsor, es un pasador precargado retenido en la parte más estrecha del orificio axial por medio de una conexión de tipo roscada y un encaje tipo diente entre el primero de los extremos del cuerpo de acoplamiento y el impulsor.

Preferiblemente, el extremo del eje puede tener un hueco cilíndrico que se extiende hacia el interior, y el cuerpo de acoplamiento puede tener un saliente anular, que se extiende desde la parte anular tipo reborde, dimensionado para que se coloque dentro del hueco cilíndrico que se extiende hacia el interior, ubicado en el extremo del eje para centrar el cuerpo de acoplamiento con respecto al eje. Además, el cuerpo de acoplamiento puede estar provisto de un par de elementos de sellos de laberinto separados, de forma típica, necesarios en un compresor centrífugo para controlar las fugas de gas del proceso, ubicados en las partes exteriores de la sección anular tipo reborde y en el primero de los extremos del cuerpo de acoplamiento, y que se configuran para encajar los elementos complementarios de sellos de laberinto ubicados sobre el retén del eje dentro de una carcasa del motor eléctrico adyacente al impulsor.

Breve descripción de los dibujos

Aunque la memoria descriptiva concluya con reivindicaciones que puntualizan particularmente el objeto que los solicitantes consideran como su invención, se cree que la invención se comprenderá mejor cuando se revise en relación con los dibujos que la acompañan, en los que:

La Fig. 1 es una vista en sección esquemática de un sistema de compresión, según la presente invención, que incorpora dos etapas de compresión; y

La Fig. 2 es una vista esquemática parcial de la Fig. 1 que ilustra el acoplamiento y las características y detalles asociados.

Descripción detallada

Con referencia a la Figura 1, se ilustra un sistema 1 de compresión que tiene dos etapas de compresión sucesivas provistas de dos compresores 2 y 3, respectivamente, que son accionados por un motor eléctrico 4. Los compresores 2 y 3 son compresores centrífugos. El compresor 2 comprime un gas, por ejemplo, aire, desde una presión baja hasta una presión intermedia, y el compresor 3 comprime adicionalmente el gas desde la presión intermedia hasta una presión aún más alta. Por consiguiente, el compresor 3 tiene una mayor presión de salida que el compresor 2. Aunque no se ilustra, el compresor 2 se conectaría al compresor 3 mediante un conducto adecuado y, dependiendo de la aplicación del sistema 1 de compresión, podría incorporar refrigeración entre etapas. Como se describirá, los compresores 2 y 3 tienen impulsores 14 y 32 conectados a extremos opuestos de un eje motor 16 del motor eléctrico 4 por medio de los acoplamientos 5 y 6, según la presente invención.

Aunque la invención se describirá en relación con el sistema 1 de compresión, se entiende que esto es solamente con fines ilustrativos, y la presente invención tiene la misma aplicación en un sistema de compresión que tenga un único compresor. Además, esta invención tiene la misma aplicabilidad con una etapa de turbina o etapas que accionen un generador, o con una turbina y una etapa de compresor que accione un generador, o una etapa de compresor accionada por un motor.

El compresor 2 incluye una cubierta 10 que tiene una entrada 12 y el impulsor 14 que se acciona por el eje motor 16 del motor eléctrico 4. Como se mencionó anteriormente, el eje motor 16 y el impulsor 14 están conectados por medio del acoplamiento 5. El gas se acciona por un impulsor 14 a una voluta 18, desde la cual se expulsa el gas a una presión más alta que la del gas que entra al compresor 2 desde la entrada 12. Aunque no se ilustra, se proporciona una salida convencional en la voluta 18 para descargar el gas a dicha presión más alta. Se forma una cavidad 24 detrás del impulsor 14 y del eje motor 16. Un retén 26 de eje proporciona un selle alrededor del eje motor 16, sellando así, además, la cavidad 24. El retén de eje 26 se mantiene sujeto mediante el soporte 22 de retén.

El compresor 3 está provisto de una cubierta 28 que tiene una entrada 30 que está en comunicación de flujo con una salida (no se muestra) de la voluta 18 del compresor 2, desde el cual se descarga el gas a una presión intermedia. Como se indicó anteriormente, podría proporcionarse un refrigerador de etapas intermedias entre la salida de la voluta 18 y la entrada 30. El impulsor 32 se acciona por el eje motor 16 del motor eléctrico 4 en el extremo opuesto del mismo hasta el extremo en el que se acciona el impulsor 14. Como también se mencionó anteriormente, el eje motor 16 y el impulsor 32 se conectan únicamente entre ellos por medio de un acoplamiento 6. El gas se acciona por un impulsor 32 a la voluta 34 y se expulsa a una presión más alta que la del gas que entra al compresor 3 desde la entrada 30. Aunque no se ilustra, se proporciona una salida convencional en la voluta 34 para descargar el gas a dicha presión más alta. Se forma una cavidad 42 detrás del impulsor 32 y del eje motor 16. Un retén 43 de eje proporciona un selle alrededor del eje motor 16 y, por lo tanto, también sella la cavidad 42. El retén 43 de eje se mantiene sujeto mediante un soporte 38 de retén.

La cubierta 10 se conecta a la voluta 18, que a su vez se conecta a un extremo de una carcasa cilíndrica 44 del motor. La cubierta 28 se conecta a la voluta 34, que a su vez se conectada a una tapa 45 del motor. La tapa 45 del motor se conecta al extremo opuesto de la carcasa cilíndrica 44. El motor eléctrico 4 tiene un rotor 46 unido al eje motor 16 y un estátor 48 unido al interior de la carcasa cilíndrica 44 del motor. El eje motor 16 se soporta en extremos opuestos mediante cojinetes 50 y 52 de deslizamiento. Si los cojinetes 50 y 52 de deslizamiento son cojinetes magnéticos activos, entonces los conductores 54 y 56 se unen al eje motor 16, y los electroimanes 58 y 60 se conectan a la carcasa cilíndrica 44 del motor y a la tapa 45 del motor, respectivamente. Los cojinetes 50 y 52 de deslizamiento suspenden y soportan electromagnéticamente el eje motor 16 radialmente, permitiendo el movimiento giratorio. También se proporciona un cojinete axial electromagnético 62. El

cojinete axial 62 tiene una guía axial 64 tipo disco que se conecta al, o es parte del, eje 16. Si el cojinete axial 62 es un cojinete magnético activo, la guía axial 64 es un conductor que gira entre los componentes electromagnéticos interiores y exteriores 66 y 68 que suspenden la guía axial 64 tipo disco entre los componentes interiores y exteriores. El cojinete axial 62 soporta el eje motor 16 axialmente, permitiendo el movimiento giratorio. Si se utilizan cojinetes magnéticos activos (no se muestran), pero como sería muy conocido en la técnica, se suministran sensores de espacio con la electrónica asociada para diferencialmente alimentar los electroimanes para mantener los espacios entre los conductores 54 y 56 y los electroimanes 58 y 60, y la guía axial 64 tipo disco entre sus electroimanes asociados de los componentes exteriores e interiores 66 y 68. La capacidad de mantener los espacios mediante cojinetes magnéticos activos no existe sin límite de fuerza. Este límite de fuerza puede excederse durante un evento de sobretensión. Por consiguiente, como respaldo, se proporcionan dos conjuntos de cojinetes o bujes antifricción 70 y 72 que se conectan a la carcasa cilíndrica 44 del motor y a la tapa 45 del motor mediante las placas 74 y 76. Durante una pérdida de energía o al inicio o después del apagado, los bujes 70 y 72 soportarán radialmente el eje motor 16. Los elementos extremos 78 y 80 conectados al eje motor 16 que son de configuración tipo anillo entran en contacto con los bujes 70 y 72 si la fuerza axial en el eje motor 16 excede la capacidad del cojinete axial 62. Esto puede ocurrir durante un evento de sobretensión, y dichas fuerzas axiales impartidas al eje motor 16 a través de los bujes 70 y 72 pueden ser particularmente graves. Como tal, el número de eventos de sobretensión a los que los bujes 70 y 72 de motor pueden estar sujetos, estará limitado a una cantidad reducida de eventos.

Durante el funcionamiento del sistema 1 de compresión, el estátor 48 produce un campo magnético que gira el rotor 46 y, por lo tanto, el eje 16 a una velocidad deseada y con un par de fuerza deseado. El par de fuerza generado se transmite, principalmente, a los impulsores 14 y 32 a través de los acoplamientos 5 y 6, respectivamente.

Con referencia a la Figura 2, se ilustra el acoplamiento 6, según la presente invención. Se entiende que el acoplamiento 5 contendría los mismos elementos que los que se describen a continuación en relación con el acoplamiento 6. El acoplamiento 6 está diseñado para proteger el motor eléctrico 4 de los fallos del impulsor 32, lo que resultaría en la destrucción final del motor 4. Específicamente, un fallo típico del impulsor podría deberse a la separación de un álabe 32a del impulsor 32. El resultado de esto sería una carga desequilibrada o, en otras palabras, una fuerza que muestre que actúa en la dirección indicada por la flecha "A". Esta fuerza actuaría de forma opuesta al álabe separado 32a, debido al centro de masa descentrado resultante del impulsor 32 y a la rotación del impulsor 32, que producen una aceleración de dicha masa hacia afuera y en ángulos rectos a la rotación del impulsor 32 y girando con el impulsor 32. Si un fallo tal como el anterior no se controlara, un momento creado por la fuerza "A" ocasionaría un fallo de los cojinetes 50 y 52 de deslizamiento, con el efecto del eje motor tanto doblándose como produciendo contacto con los dos conjuntos de cojinetes o bujes antifricción 70 y 72 y con el eje 16 en estos lugares. Dado que estos bujes 70 y 72 tienen un ciclo de vida muy limitado, y se diseñan para usarse en conexión con el inicio y apagado del motor 4, cuando los cojinetes magnéticos 50 y 52 no están operativos debido a un fallo, estos bujes y elementos fallarán rápidamente, ocasionando que el rotor 46 entre en contacto con el estátor 48 y ocurra la inevitable completa destrucción del motor 4. Se entiende que otros tipos de fallos de impulsor 32, tales como agrietamiento del impulsor en áreas sin álaves, erosión de material impulsor, deposición de productos incrustantes o residuos extraños en el impulsor, y el aflojamiento no intencionado de piezas de lado del impulsor del eje giratorio común, podrían producir una carga desequilibrada que podría producir la deformación permanente del eje 16.

El acoplamiento 6 protege el motor 4 en un caso como el descrito anteriormente, al experimentar un fallo parcial a través de una deformación permanente planificada de la sección deformable 106, permitiendo que el impulsor 32 haga contacto con la cubierta 28, en donde el impulsor 32 se retiene y, de ese modo, limita la fuerza y momento de carga desequilibrada, lo que deformaría permanentemente el eje motor 16 o, posiblemente, ocasionaría fallos en los cojinetes magnéticos y en los de respaldo 50, 52, 70 y 72. Como se ilustra, el acoplamiento 6 se proporciona con un cuerpo 100 de acoplamiento que incluye un primer y un segundo extremos opuestos 102 y 104. El acoplamiento 6 se conecta en el primero de los extremos 102 al impulsor 32, y en el segundo de los extremos 104 al eje motor 16. El cuerpo 100 de acoplamiento tiene una sección deformable 106 resaltada en el círculo discontinuo, que se deformará bajo una carga desequilibrada deseada ejercida contra el cuerpo de acoplamiento tras el fallo del impulsor 32, permitiendo que se deforme permanentemente, y hacerlo sin que la sección deformable 106 exceda la resistencia final de un material que forma el cuerpo 100 de acoplamiento, y para limitar la fuerza y momento de carga desequilibrada para evitar deformar permanentemente el eje motor 16 y que puede producir un fallo de los cojinetes 50 y 52 de deslizamiento. En este sentido, dicho material podría ser un metal de alta ductilidad, con una resistencia de fluencia lo suficientemente grande como para manejar cargas de diseño normales, pero lo suficientemente baja como para limitar que las fuerzas y momentos de carga desequilibrada deformen de manera permanente el eje motor, mientras que la combinación de resistencia elástica y final permiten al impulsor 32 tocar la cubierta 28 sin que se produzcan grietas en el acoplamiento 6. Un material de este tipo podría ser acero inoxidable 15-5PH (H1150).

Como se ilustra, la sección 106 tiene un área de forma anular lo suficientemente grande, como se observa en una dirección radial hacia afuera de ésta (la misma dirección que la flecha "A"), como para que con un material dado sea suficiente transmitir el par de fuerza desde el eje motor 16 hasta el impulsor 32, durante el funcionamiento normal esperado. También es una sección corta, tal como se observa en una dirección axial paralela al eje motor 16, de manera que sea suficientemente rígida como para no permitir vibraciones de eje motor no deseadas durante dicho funcionamiento normal. Sin embargo, en caso de un fallo del impulsor 16, la sección 106 está diseñada para experimentar un esfuerzo que superará el límite elástico del material que constituye el acoplamiento 6 y, de ese modo, deformarse sin exceder la resistencia final o el límite final de dicho material. Como resultado de dicha deformación, el primero de los extremos 102 del acoplamiento 6 comenzará a girar en sentido de las agujas del reloj debido a la fuerza "A", con el resultado final del impulsor 32 golpeando la cubierta 28 del compresor 3. Dicho de otra manera, el acoplamiento 6 se sacrifica mediante la deformación en la sección

106, por el bien del motor 4. Después de un fallo del acoplamiento 6, el motor 4 no tendrá un eje 16 permanentemente deformado, y puede, potencialmente, tener cojinetes reutilizables 50, 52, 70 y 72. El motor todavía será capaz de utilizarse y la disposición puede renovarse mediante el reacondicionamiento del compresor.

La sección 106 se produce al proporcionar al cuerpo 100 de acoplamiento con un orificio axial 108 que tiene una parte 110 más ancha que se extiende hacia el interior desde el segundo de los extremos 104 hacia el primero de los extremos 102, y una parte estrecha 112 que se extiende desde la parte 110 más ancha hacia el segundo de los extremos 102. Esto da como resultado que el cuerpo de acoplamiento tenga un grosor reducido de pared "t" en una ubicación a lo largo del orificio axial 108, que actuará como un punto débil en el que se deformará el cuerpo 100 de acoplamiento. Por lo tanto, la sección deformable 106 forma una unión entre las partes 110 y 112 más anchas y las más estrechas del orificio axial 108. Para diseñar una sección de este tipo, como primer paso, se debe prever que un modo de fallo del impulsor 32 producirá daños al motor 4, ya sea en el eje 16 o en los cojinetes 50, 52, 70 y 72. De forma típica, como se describió anteriormente, este fallo se deberá a la pérdida, o pérdida parcial, de un álabe 32a del impulsor. La sección deformable se diseña, por consiguiente, para fallar o, en otras palabras, deformarse como resultado de un cierto desequilibrio y bajo una carga producida a una velocidad operativa del motor. Al mismo tiempo, se debe proporcionar un área en sección transversal suficiente para permitir la transmisión y vibración del par de fuerza durante el normal funcionamiento, como se describió anteriormente. Como se puede apreciar, podrían utilizarse otros diseños para producir una sección deformable. Por ejemplo, si el orificio axial 108 fuera de un diámetro constante, una parte circunferencial exterior, tipo ranura, dentro del cuerpo 100 de acoplamiento podría producir dicha sección deformable.

La conexión entre el impulsor 32 y el acoplamiento 6 es un acoplamiento dentado 114 tipo embrague, proporcionado por una disposición entrelazada de los dientes. Los dientes se proporcionan tanto en el primero de los extremos 102 del cuerpo 100 de acoplamiento como en un buje 116 del impulsor 32. Este acoplamiento dentado tipo embrague tiene muchas variaciones y nombres pero, por lo general, se denomina como acoplamiento de tipo "HIRTH". Para mantener el contacto y proporcionar transmisión de par de fuerza, se puede conectar un pasador precargado 118 al acoplamiento 6 mediante una conexión 119 de tipo roscado dentro de la sección 112 más estrecha del orificio axial 108 del cuerpo 100 de acoplamiento. Una tuerca 120 roscada sobre el pasador 118 mantiene el buje 116 del impulsor 32 contra el primero de los extremos 102 del cuerpo 100 de acoplamiento y, por lo tanto, al acoplamiento dentado 114 tipo embrague en encaje. Como pueden apreciar los expertos en la técnica, se pueden proporcionar otros variados medios para conectar el impulsor 32 al acoplamiento 6, por ejemplo, un ajuste por fricción, chaveta, polígono o interferencia.

La conexión entre el eje motor 16 y el segundo de los extremos 104 del acoplamiento 6, se proporciona mediante una sección anular 122, tipo reborde, del cuerpo 100 de acoplamiento que rodea la parte 110 más ancha del orificio axial 108. Un conjunto de tornillos precargados 124 pasan a través de la sección 122 tipo reborde y se encajan por enroscamiento dentro de los orificios (no mostrados) que se proporcionan en el extremo del eje motor 16. Otros medios para lograr dicha conexión incluyen un acoplamiento de tipo HIRTH, o un ajuste por fricción, polígono o interferencia. Preferiblemente, el cuerpo 100 de acoplamiento tiene una saliente anular 128 que se coloca dentro de un hueco cilíndrico 130 que se extiende hacia el interior y que se sitúa en el extremo del eje motor 16 para centrar el cuerpo 100 de acoplamiento con respecto al eje motor 16. Esto proporciona un mejor centrado del impulsor 32 con el eje 16, y ayuda a ensamblar el mismo.

Preferiblemente, los elementos 132 y 134 de sello de laberinto giratorios forman parte del acoplamiento 6 y, como se ilustra, se proporcionan en partes exteriores de la sección anular 122 tipo reborde y el primero de los extremos 102 del cuerpo 100 de acoplamiento. Estos elementos encajan elementos de sello de laberinto complementarios situados en el retén 43 de eje dentro de una carcasa del motor eléctrico 4 adyacente al impulsor 32. Al colocar en el acoplamiento tanto el retén de eje de gas de proceso necesario como el retén de eje de la corriente de refrigeración del espacio de aire del rotor, se minimiza el saliente del impulsor y se permiten las posibilidades de crear un rotor rígido y, preferiblemente, la dinámica del rotor. Los sellos, aunque, normalmente, de tipo laberintos rotatorios, podrían ser un sello de anillo de escobilla o carbono. Un beneficio secundario de minimizar el saliente del impulsor es que si se dañan los sellos, lo que puede ocurrir ocasionalmente, sólo necesita reemplazarse el acoplamiento. Esto contrasta con los sellos ubicados, generalmente, en el rotor, lo que necesitaría la rehabilitación o el reemplazo.

El retén 43 de eje forma las superficies de sellado fijas entre los sellos 132 y 134 de laberinto rotatorios que controlan el flujo de fuga de gas de refrigeración del motor y el flujo de fuga de gas del proceso de compresor, como se representa por medio de las flechas "B" y "C", respectivamente. Los flujos de fuga "B" y "C" se combinan para formar un flujo de fuga total, que se muestra por medio de la flecha "D" que sale de un pasaje 140 en la voluta 34.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a las realizaciones preferidas, como ocurriría a un experto en la técnica, se pueden hacer varios cambios, adiciones y omisiones, sin alejarse del alcance de la presente invención, como se establece en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición de acoplamiento configurada para unir un impulsor de un compresor (2) a un eje (16) de un motor eléctrico (4), comprendiendo dicha disposición de acoplamiento:

un cuerpo (100) de acoplamiento que tiene un primer y un segundo extremos (102, 104) opuestos; medios para unir el cuerpo (100) de acoplamiento en el primero de los extremos (102) al impulsor (32); y
medios para unir el cuerpo (100) de acoplamiento en el segundo de los extremos (104) al eje (16); en donde el cuerpo (100) de acoplamiento tiene un orificio axial (108) que se extiende desde el primer extremo (102) hasta el segundo extremo (104) del cuerpo de acoplamiento, teniendo el orificio axial una parte (110) más ancha y una parte (112) más estrecha, de forma que el cuerpo de acoplamiento tenga un grosor de pared reducido en una ubicación a lo largo de la longitud del cuerpo de acoplamiento, en comparación con el grosor de pared de un resto del cuerpo de acoplamiento, para formar una sección deformable entre el primer y segundo extremos (102, 104); en donde la sección deformable (106) se configura para deformarse permanentemente bajo una carga desequilibrada ejercida contra el cuerpo (100) de acoplamiento tras un fallo del impulsor (32).
2. La disposición de acoplamiento de la reivindicación 1, en donde:

el medio para unir el cuerpo de acoplamiento al eje (16) es una sección anular (122) tipo reborde del cuerpo (100) de acoplamiento que rodea la parte (110) más ancha del orificio axial (108) y un conjunto de tornillos precargados (124) que conectan la sección anular (122) tipo reborde al eje (16) en un extremo de la misma; y
el medio para unir el cuerpo (100) de acoplamiento al impulsor (32) es un pasador precargado (118) retenido en la parte (112) más estrecha del orificio axial (108) mediante una conexión de tipo roscado y un encaje tipo diente entre el primero de los extremos (102) del cuerpo de acoplamiento y el impulsor (32).
3. La disposición de acoplamiento de la reivindicación 2, en donde:

el extremo del eje tiene una cavidad cilíndrica (130) que se extiende hacia el interior; y
el cuerpo (100) de acoplamiento tiene un saliente anular (128) que se extiende desde la sección anular (122) tipo reborde dimensionada para asentarse dentro de la cavidad cilíndrica (130) que se extiende hacia el interior, situada en el extremo del eje (16) para centrar el cuerpo (100) de acoplamiento con respecto al eje (16).
4. La disposición de acoplamiento de la reivindicación 2, en donde el cuerpo (100) de acoplamiento tiene un par de elementos (132, 134) de sello de laberinto separados, situados en las partes exteriores de la sección anular (122) tipo reborde y el primero de los extremos (102) del cuerpo de acoplamiento, que se configuran para encajar los elementos de sello de laberinto complementarios situados en un retén (43) de eje dentro de una carcasa del motor eléctrico (4) adyacente al impulsor (32).
5. La disposición de acoplamiento de la reivindicación 4, en donde el cuerpo (100) de acoplamiento tiene un par de elementos de sello de laberinto separados, situados en las partes exteriores de la sección anular (122) tipo reborde, y el primero de los extremos (102) del cuerpo (100) de acoplamiento, que se configuran para encajar los elementos de sello de laberinto complementarios situados en un retén (43) de eje dentro de una carcasa del motor eléctrico (4) adyacente al impulsor.
6. Un sistema de compresión que comprende:

al menos un compresor que tiene un impulsor;
un motor eléctrico (4) que tiene un eje motor acoplado al impulsor y que se configura para accionar el impulsor del compresor, y
una disposición de acoplamiento, como se define en la reivindicación 1.
7. El sistema de compresión de la reivindicación 6, en donde el al menos un compresor, además, comprende un primer compresor (2) que tiene un primer impulsor (14) acoplado a un extremo del eje motor (16), y un segundo compresor (3) que tiene un segundo impulsor (32) acoplado al otro extremo del eje motor.
8. El sistema de compresión de la reivindicación 6, en donde el cuerpo (100) de acoplamiento, además, comprende:

una sección anular (122) tipo reborde que rodea la parte (110) más ancha del orificio axial (106);

un conjunto de tornillos precargados (124) que conectan la sección anular (122) tipo reborde al eje motor (16) en un extremo de la misma; y
un pasador precargado (118) retenido en el orificio axial (108) mediante una conexión de tipo roscado y un encaje de tipo diente entre el primer extremo (102) del cuerpo (100) de acoplamiento y el impulsor (32).

9. El sistema de compresión de la reivindicación 8, en donde:

el orificio axial (108) del cuerpo (100) de acoplamiento se extiende desde el primer extremo (102) del cuerpo de acoplamiento hasta el segundo extremo (104) del cuerpo de acoplamiento;
la parte del orificio axial comprende además una parte (110) más ancha que se extiende hacia el interior desde el segundo extremo (104) hacia el primer extremo (102), y una parte (112) más estrecha que se extiende desde la parte (110) más ancha hasta el primer extremo (102) del cuerpo (100) de acoplamiento;
en donde la sección anular (122) tipo reborde del cuerpo (100) de acoplamiento rodea la parte (110) más ancha del orificio axial (108), y el pasador precargado (118) se retiene en la parte (112) más estrecha del orificio axial (108).

10. El sistema de compresión de la reivindicación 9, en donde:

el extremo del eje motor (16) tiene una cavidad cilíndrica (130) que se extiende hacia el interior; y
el cuerpo (100) de acoplamiento tiene un saliente anular (128) que se extiende desde la sección anular (122) tipo reborde dimensionada para asentarse dentro de la cavidad cilíndrica (130) que se extiende hacia el interior, situada en el extremo del eje motor (16) para centrar el cuerpo (100) de acoplamiento con respecto al eje motor (16).

11. El sistema de compresión de la reivindicación 9, en donde el cuerpo (100) de acoplamiento tiene un par de elementos (132, 134) de sello de laberinto separados, situados en las partes exteriores de la sección anular (122) tipo reborde y el primero de los extremos (102) del cuerpo (100) de acoplamiento, que se configuran para encajar los elementos de sello de laberinto complementarios situados en el retén (43) de eje dentro de una carcasa del motor eléctrico (4) adyacente al impulsor (32).

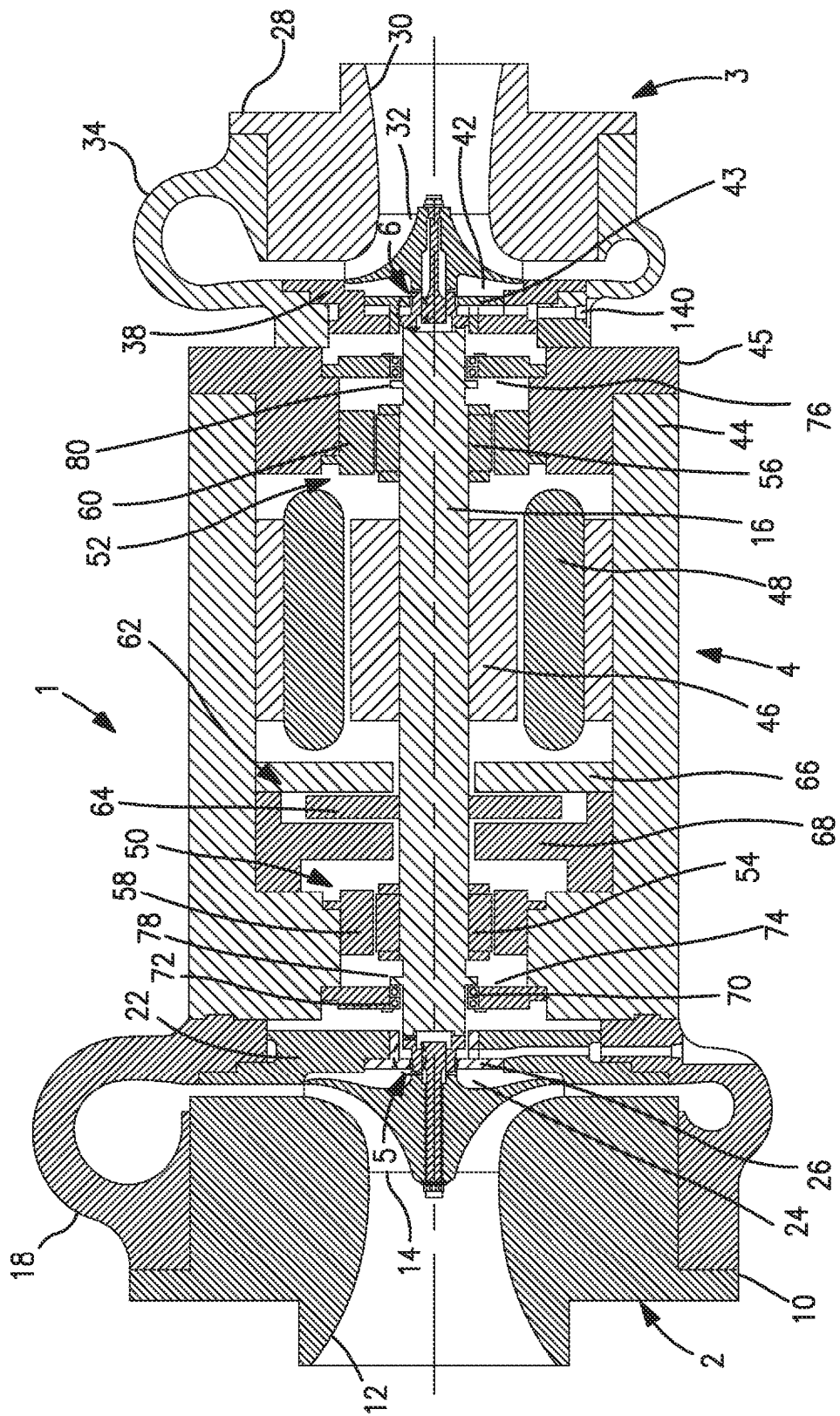


FIG. 1

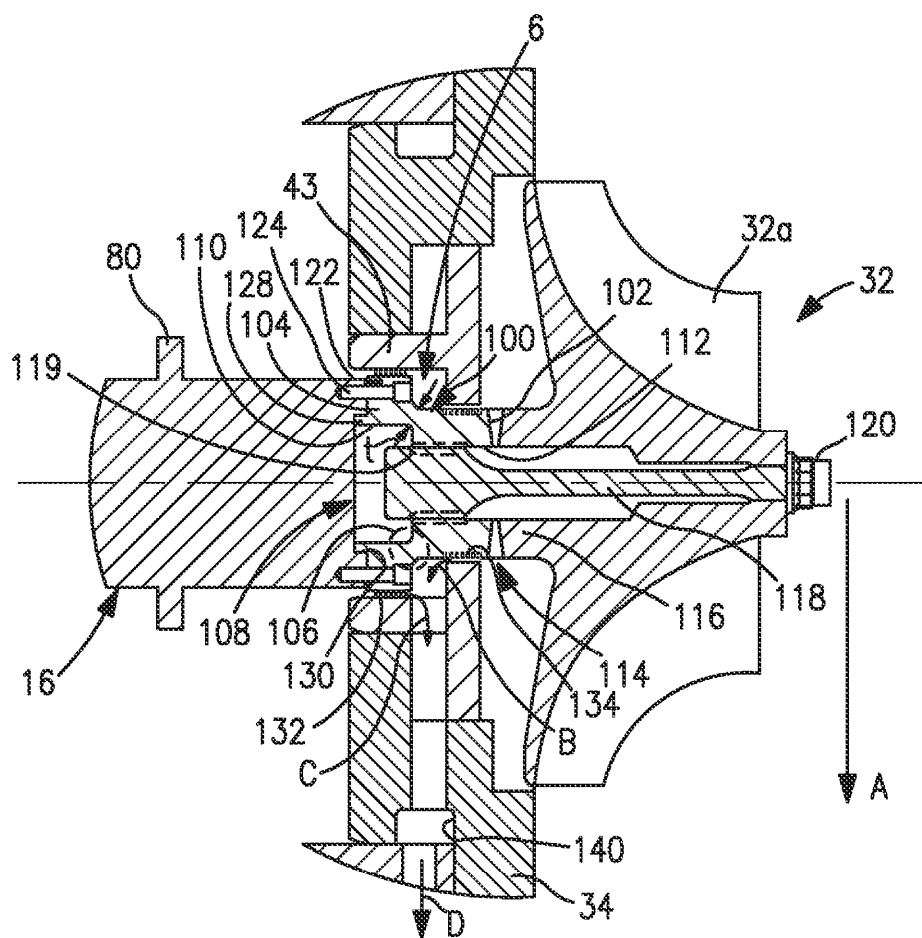


FIG. 2