

Encontrar la mejor tecnología de rodamientos para soplantes en el tratamiento de aguas

Los turbocompresores se han convertido en un pilar de la tecnología moderna para el tratamiento del agua residual, ya que ofrecen un diseño mecánicamente simple, fiabilidad y una buena eficiencia energética. Inicialmente diseñados para la producción de grandes volúmenes de aire comprimido a una presión relativamente baja, estos equipos dependen de rodamientos que sean capaces de girar a altas velocidades (rpm) con una mínima fricción y durante mucho tiempo. Actualmente, el mercado está dominado por dos tecnologías rivales: los rodamientos de lámina de aire y los rodamientos magnéticos activos (AMB).

Edward Paro, Global Product Manager de Compresores y Sistemas de Aireación de Sulzer, compara sus fortalezas y debilidades.



El rotor de un turbocompresor moderno funciona con un motor eléctrico de alta velocidad, normalmente sin engranaje intermedio. En funcionamiento, el eje del motor y el conjunto del rotor giran a velocidades de hasta 50.000 rpm y han de funcionar ininterrumpidamente durante largos periodos de tiempo entre revisiones. Estas condiciones de funcionamiento requieren un tipo especial de rodamiento, y en los turbocompresores modernos se utilizan habitualmente dos tecnologías.

Rodamientos de aire

Los rodamientos (de lámina) de aire son un tipo de rodamiento de gas con un diseño que utiliza la presión sobre una película de aire para mantener las superficies móviles y fijas (típicamente ejes) separadas, lo que permite un funcionamiento con, relativamente, baja fricción y alta velocidad. La presión necesaria para el funcionamiento de un rodamiento de gas puede ser suministrada externamente o generada internamente por la rotación del propio rodamiento. Los rodamientos de aire para soplantes utilizan este último enfoque y, por tanto, podemos decir que son un tipo de rodamiento de gas dinámico.

Desarrollados por la NASA en las décadas de 1960 y 1970 específicamente para aplicaciones de turbomaquinaria, en el diseño del rodamiento de aire, el espacio entre el eje (elemento rotativo) y la carcasa (elemento estacionario) contiene dos láminas delgadas hechas de metal y recubiertas con un material de baja fricción, típicamente



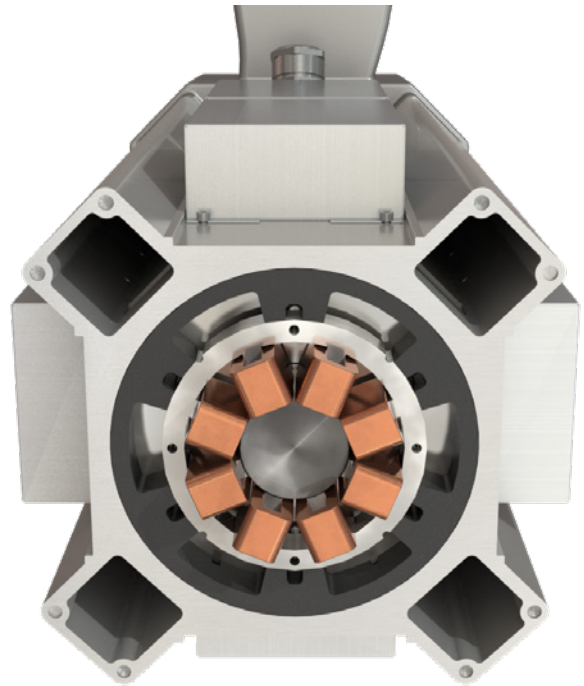
Los rodamientos de aire son una solución rentable, pero que requiere de aire bien filtrado

PTFE (politetrafluoroetileno). La lámina exterior, conocida como lámina de resorte (bump foil), es corrugada y puede flexionarse para acomodar movimientos o desalineados del rodamiento. La lámina interior, conocida como lámina superior (top foil), es cilíndrica y está diseñada para “envolver” el eje. A medida que el eje comienza a girar, se aspira aire entre él y la lámina superior (top foil), creando una holgura entre ambas que permite la rotación con mínima fricción, solo cuando esta en operación.

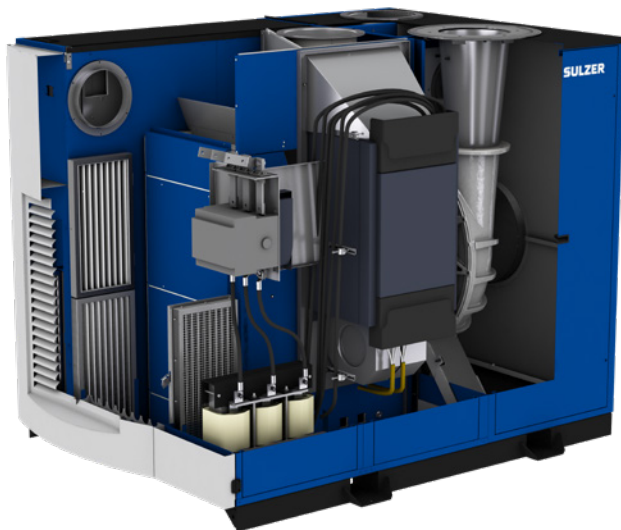
Rodamientos magnéticos

Los rodamientos magnéticos soportan el eje (elemento rotativo) empleando el principio de levitación magnética. La mayoría de los diseños de rodamientos magnéticos utilizan imanes (típicamente bobinas) dispuestos en una carcasa alrededor del eje que, generalmente, contiene material ferromagnético. Los imanes atraen el eje y, cuando las fuerzas que actúan sobre el mismo en todas direcciones están equilibradas, se crea la holgura entre este y las bobinas, lo que lo mantiene alejado de ellas, permitiendo una rotación de baja fricción.

Este diseño utiliza electroimanes alimentados por un sistema de control electrónico que puede ajustar las fuerzas que generan. Los sensores montados en la carcasa de los rodamientos monitorizan continuamente la posición del eje y un sistema de control modifica convenientemente la corriente entregada a los imanes (bobinas) para mantener el eje en la posición óptima.



Gran capacidad de manejo para mayores fuerzas axiales y radiales con una fiabilidad excelente



El turbocompresor HST utiliza rodamientos magnéticos desde hace más de 25 años y muchos de los equipos que aún están en funcionamiento lo hacen con sus rodamientos originales

Simplicidad vs. flexibilidad

Los rodamientos de aire y los rodamientos magnéticos son ambos soluciones viables para aplicaciones de turbos de alta velocidad. Ambos ofrecen baja fricción y operan sin necesidad de lubricación, lo que los hace esencialmente libres de mantenimiento. Ambas tecnologías se benefician de años de continuos rediseños y refinamiento, así como de la experiencia en todo tipo de aplicaciones con mucha exigencia.

Sin embargo, los dos diseños tienen diferentes fortalezas y debilidades, y esas diferencias pueden tener implicaciones significativas para la selección de la tecnología de rodamiento más adecuada para una aplicación determinada.

Los rodamientos de aire funcionan sin la necesidad de una fuente de alimentación externa o un sistema de control. Esto ayuda a reducir su coste, una fortaleza importante del diseño, especialmente cuando se usa en máquinas más pequeñas. Sin embargo, cuando una máquina neumática (con rodamientos de aire) arranca, sus partes integrantes (eje, casquillos, y láminas de resorte / superiores) están en contacto entre sí rozando y chocando hasta que el eje gira lo suficientemente rápido como para establecer la lámina de aire (película de aire presurizado). Normalmente, un rodamiento de aire no “despega” hasta que se alcanza una velocidad de 5.000 rpm en el eje. Con el tiempo y/o con los múltiples ciclos de arranques y paradas típicos en los reactores biológicos de las plantas de tratamiento, siempre se genera el desgaste de la superficie del casquillo y de las láminas, que finalmente necesitarán ser reemplazadas debido al mencionado desgaste o por el fallo del rodamiento.

Para minimizar el número de ciclos de arranque-parada, a veces se recomienda dejar funcionando en vacío a las soplantes neumáticas (el llamado “modo reposo” o idle mode): una práctica que aumenta significativamente el consumo de energía durante la vida útil de la misma, ya que es necesario mantener funcionando el motor y el variador de frecuencia, lo que típicamente reduce drásticamente el posible ahorro energético. Para aplicaciones que requieren un suministro discontinuo de aire, esta característica de los rodamientos de aire es una limitación significativa.

Los rodamientos de aire también son sensibles a daños si se permite la entrada de partículas que quedan atrapadas entre el eje y la lámina. Para reducir este riesgo, los diseños de soplantes neumáticas requieren una filtración estricta del aire entrante. Los rodamientos magnéticos activos superan muchas de estas limitaciones. El sistema de levitación magnética funciona incluso cuando el eje está parado, por lo que los ciclos de arranque-parada no afectan a la vida útil del equipo y no es necesario el “modo reposo” o idle mode.

Limitaciones de tamaño

Otras limitaciones de los rodamientos de aire surgen en máquinas más grandes. El diseño de lámina de aire tiene una capacidad de carga total relativamente baja. Esto es especialmente notable en la dirección axial, por lo que los turbocompresores grandes con rodamientos de aire a menudo adoptan un diseño de doble impulsor (aumentando su complejidad y propensión a fallos), con lo que se reduce la eficiencia total de la máquina. Los rodamientos de aire grandes también pueden ser propensos

al sobrecalentamiento, ya que la compresión de la película de gas aumenta su temperatura. Como resultado, las máquinas a partir de 150 kW o más suelen requerir un sistema de enfriamiento por líquido (típicamente agua) separado -lo que hace aumentar aún más la complejidad de las mismas y aumentar la propensión a fallos.

Innovaciones en el control

La mayor debilidad percibida de los sistemas de rodamientos magnéticos proviene de su complejidad electrónica. Los rodamientos magnéticos activos (AMB) requieren de una electrónica de control sofisticada y una fuente de energía. Lo primero significa que los rodamientos magnéticos tienden a tener un coste de adquisición inicial más alto que los rodamientos de aire, y lo segundo tiene implicaciones en el diseño del equipo.

Los turbocompresores que utilizan sistemas de rodamientos magnéticos incorporan una fuente de alimentación ininterrumpida (ya sea por capacitores o por baterías) que proporcionan suficiente energía como para detener el equipo de manera segura en caso de una pérdida de energía externa de la red. Para proteger aún más el equipo en caso de un problema mayor, los diseños de rodamientos magnéticos -como son los utilizados en la gama de turbocompresores HST de Sulzer- incorporan unos discos de seguridad mecánicos de apoyo que se sitúan a unas pocas décimas de milímetro del eje. En el muy poco probable caso de que falle el sistema de rodamientos magnéticos, estas unidades de respaldo "atrapan" el eje, permitiendo que el equipo se detenga de manera segura.

Si bien los sistemas de control requeridos para los rodamientos magnéticos son sofisticados, los desarrollos en la electrónica han mejorado significativamente su fiabilidad, además de haber reducido su coste en los últimos años. Los sensores inductivos utilizados para detectar la posición del eje son componentes simples y robustos con una alta fiabilidad. En la gama de turbocompresores HST de Sulzer, el Controlador de Rodamientos Magnéticos (MBC o Magnetic Bearings Controller) es el mismo para todos los modelos y potencias: desde la nueva HST10 hasta nuestros equipos más grandes HST40.



Un futuro conectado

Como beneficio adicional en el mundo de la Industria 4.0, los sistemas de rodamientos magnéticos proporcionan capacidades de monitorización "integradas" para conocer el estado del compresor en tiempo real. El sistema de control recopila continuamente datos sobre la posición precisa del eje, lo que permite detectar y analizar vibraciones, desalineaciones y otros signos de advertencia temprana de posibles problemas.

Sulzer lleva utilizando rodamientos magnéticos en su gama de turbocompresores HST desde hace más de 25 años. Los primeros equipos de la gama HST se instalaron en 1996 y todavía están en funcionamiento con los rodamientos originales. Los rodamientos y sistemas de control utilizados en esas -y en todas las más de 5.000 unidades de HST funcionando en el mundo- fueron desarrollados internamente (I+D propio), y la compañía continúa desarrollando el diseño de sus propios rodamientos y sistemas de control hasta el día de hoy. Esta experiencia interna nos ha proporcionado una gran confianza en la tecnología de rodamientos magnéticos, y nos ha ayudado a conseguir que continúen mejorando el rendimiento y la fiabilidad de nuestros productos .

[sulzer.com](https://www.sulzer.com)

A10322 es 10.2024, Copyright © Sulzer Ltd 2024

Este artículo es una presentación general de producto y no proporciona ningún tipo de garantía. Pónganse en contacto con nosotros si desean una descripción de las garantías ofrecidas con nuestros productos. Las instrucciones de seguridad y uso se facilitan por separado. Toda la información aquí mencionada está sujeta a cambios sin previo aviso en beneficio del desarrollo tecnológico.