



Como los rodamientos influyen la seguridad de los sistemas de hidrógeno

Los proyectos de hidrógeno se están expandiendo a través del transporte, la energía y los procesos industriales. De acuerdo con International Energy Agency (IEA) la demanda crecerá significativamente para 2030. Estos sistemas generan esfuerzos sobre las pequeñas partes rotativas, cualquier cambio en fricción, temperatura o comportamiento material puede resultar en desgaste. En este artículo, Chris Johnson, director general de la compañía especialista en rodamientos, SMB Bearings, explora como los rodamientos tienen un impacto directo en la seguridad y estabilidad de los sistemas de hidrógeno.

La demanda mundial de hidrógeno aumentó 100 millones de toneladas en 2024, 2% desde el 2023 y en línea con el crecimiento de la demanda energética. Mientras arrancan más proyectos, los equipos que soportan estos sistemas trabajan a mayor esfuerzo y durante más tiempo, lo que añade presión

sobre las partes mecánicas más pequeñas. Los rodamientos pequeños, situados en el centro de muchas de estas aplicaciones, soportan componentes que controlan la presión, gestionan el flujo y mantienen la temperatura en ensambles críticos, el impacto puede ser visible antes de que un componente mayor genere una alarma.

Por ejemplo, un soplador en un sistema de celda de combustible puede perder flujo de aire y causar un sobrecalentamiento. Similarmente, otros componentes rotativos pueden experimentar problemas que escalarán rápidamente si no se detectan a tiempo. Un rodamiento en una bomba puede crear fricción que desencadene en un pico de temperatura. En ambientes más extremos, estos riesgos se magnifican. En una unidad criogénica, la rigidez causada por las bajas temperaturas puede generar deformaciones en ejes y sellos, aumentando la posibilidad de fugas.

La fragilidad por hidrógeno añade una capa de riesgo

Uno de los factores más significativos es la interacción del hidrógeno con los metales. Investigaciones de University of Cambridge determinaron que el hidrógeno puede ingresar a la superficie del acero del rodamiento y alterar su microestructura, haciéndolos más propensos a la fractura por carga. Mientras este proceso se desarrolla, se pueden formar pequeñas grietas durante la operación normal. Este comportamiento, conocido como fragilidad por hidrógeno, eleva el riesgo de falla repentina en los rodamientos utilizados en compresores, expansores y bombas.

Combinando con las bajas temperaturas necesarias para la licuefacción del hidrógeno, o con altas velocidades en los equipos rotativos, la fragilidad añade esfuerzos adicionales a las partes que ya se encuentran bajo tolerancias apretadas. Un reporte de 2023 de Process Safety and Environmental Protection, resalta

que mientras el hidrógeno ofrece una alternativa de carbono neutro, sus riesgos como la fragilidad demandan una atención especial en la seguridad.

Un ejemplo puede ser visto en expansores de alta velocidad utilizados en plantas de licuefacción. Estas máquinas dependen de pequeños rodamientos que deben rotar a altas velocidades mientras soportan cambios repentinos de temperatura.

Si los rodamientos se empiezan a romper debido a la fragilidad o pierden su lubricación a bajas temperaturas, el expansor puede resultar desbalanceado. Mientras la vibración crece, la máquina se puede apagar para prevenir daños posteriores. Lo que parece ser un problema mecánico grande puede ser rastreado a solo unos pocos milímetros de diámetro en un rodamiento.

Los sistemas de células de combustible tienen otro panorama. Estos sistemas dependen de flujos constantes de aire para mantener la temperatura. Un ventilador pequeño usa un rodamiento diminuto para mantener el rotor en movimiento con fricción mínima. Si el lubricante del rodamiento se endurece bajo condiciones frías, el ventilador puede perder velocidad. Esto resultaría en un aumento en las temperaturas del ensamble, reduciendo el desempeño y generando una parada más temprana. De nuevo el problema inicia en un componente pequeño y no en un gran ensamble.

Las bombas criogénicas sirven para ilustrar este principio en otra escala. El hidrógeno se enfría a menos de 150°C cuando se convierte en líquido. A estas temperaturas los metales se contraen y los lubricantes se comportan de maneras diferentes. Un rodamiento miniatura que trabaja bien bajo condiciones de temperatura ambiente puede experimentar problemas si estas cambian. Si la fricción aumenta, el desgaste puede acelerarse y la bomba podría perder su estabilidad. En los sistemas en los que fugas menores pueden generar riesgos, la elección correcta se convierte en parte central de una operación segura.

Selección cuidadosa de rodamientos

Los rodamientos miniatura son comunes en la tecnología con hidrógeno. En compresores de



Image: SMB Bearings

alta velocidad, los rodamientos soportan conductores adicionales y etapas de control. En sistemas de celdas de combustible, mantienen los ventiladores y bombas operando fluidamente. La investigación de propulsión aeroespacial utiliza rodamientos miniaturas en sensores, unidades de actuación y bombas, donde el peso bajo y la precisión son claves. Las plantas de licuefacción dependen de expansores, válvulas y bombas criogénicas, todas operando en regímenes de enfriamiento que llevan al límite los rodamientos.

Seleccionar los rodamientos adecuados para estos ambientes requiere atención cuidadosa a los materiales, sellos y lubricación. Estas aplicaciones exponen componentes a la humedad, altas velocidades y temperaturas extremas, la selección del material es particularmente importante.

Los rodamientos de acero inoxidable, comúnmente fabricados en grados 440C o 316, ofrecen resistencia a la humedad y la corrosión. Entre más durabilidad, se requiere menor resistencia al desgaste, los rodamientos híbridos, que combinan bolas de cerámica con anillos de acero, reducen el desgaste y sufren menos afectación de fragilidad por bajas temperaturas. Rodamientos híbridos con anillos de nitrógeno y acero inoxidable ofrecen gran resistencia a la fragilidad. Para las condiciones más desafiantes, especialmente en sistemas criogénicos, los rodamientos de cerámicos proveen resistencia a la corrosión, estabilidad

respecto a la temperatura y baja fricción, lo que los convierte en una buena elección.

El diseño de los sellos también juega un rol importante. Los sellos de contacto ofrecen una buena protección contra la contaminación, aunque pueden introducir una ligera fuerza de arrastre. Los sellos sin contacto ofrecen un balance entre protección con baja fricción. En ambientes con hidrógeno, donde las posibles fugas deben mantenerse al mínimo, el sello correcto puede ayudar a mantener la lubricación y proteger el rodamiento de los restos.

La lubricación del rodamiento también debe ser considerada de manera cuidadosa. En bajas temperaturas algunos aceites y grasas se pueden endurecer, creando fuerzas de arrastre y aumentando la fricción. Lubricación sólida o películas de recubrimientos secos pueden reducir el desgaste en lugares donde el acceso al mantenimiento es limitado. Elegir un lubricante que permanece estable bajo condiciones ambientales y criogénicas puede ayudar a mantener un desempeño constante.

Consecuencias al sistema

Los sistemas de hidrógeno consisten en grandes compresores, recipientes de almacenamiento y tuberías, pero los primeros signos de inestabilidad comienzan en lugares más pequeños. Los rodamientos influyen como se mueven las válvulas, como las bombas circulan el hidrógeno y como los ventiladores

mantienen el flujo de aire en las celdas. Una falla en una de estas áreas puede causar apagones, aumento de temperatura o fluctuaciones en la presión que interrumpen la operación diaria. Al seleccionar los materiales correctos para los rodamientos, lubricación y sellos, los ingenieros pueden mejorar la confiabilidad y reducir la probabilidad de tiempos muertos no planeados en aplicaciones con hidrógeno.

Puede leer la noticia original haciendo [click aquí.](#)