

Requisitos de lubricación y mantenimiento de acoplamientos

Noria Corporation. Traducido por Roberto Trujillo Corona, Noria Latin America

En un mundo ideal, los componentes elaborados con diversas componentes podrían fabricarse en una sola pieza, o acoplarse e instalarse en perfecta alineación. Sin embargo, en el mundo real, los componentes separados deben juntarse y conectarse en sitio. Los acoplamientos deben transmitir las fuerzas de rotación (torque) entre dos ejes y, a pesar de todos los esfuerzos, la alineación nunca es perfecta.

Para maximizar la vida útil de los componentes, como son los rodamientos y los ejes, se debe incorporar flexibilidad para absorber el desalineamiento residual que resulta después de efectuar todos los ajustes posibles. La lubricación adecuada de los acoplamientos es fundamental para su desempeño.

Desalineamiento

El desalineamiento puede ocurrir ya sea como una inclinación o como un desplazamiento angular en dos de los tres posibles ejes (Figura 1). El tercer eje, en dirección longitudinal, comúnmente no se mide, aunque los errores en esta dirección pueden dar como resultado cargas axiales (de empuje) excesivas y constantes en un sistema.



Figura 1. Tipos de desalineamiento

Para máquinas importantes, como compresores grandes, se utilizan métodos de alineación por cable. En aplicaciones más

pequeñas se han usado tradicionalmente las lecturas en la carátula del indicador de borde y cara para cuantificar y corregir el desalineamiento, aunque los alineadores láser ópticos están ganando popularidad rápidamente debido a su facilidad de uso y precisión.

En los departamentos de mantenimiento que marcan la pauta, también se efectúan esfuerzos para compensar la dilatación térmica que se produce en los componentes durante su operación. Todos los materiales (excepto el agua) se expanden una pequeña cantidad cuando se calientan y la cantidad en la que lo hacen depende del coeficiente de expansión térmica del material y del aumento de la temperatura. Una máquina que se alinea a temperatura ambiente pasará lentamente a una posición de desalineamiento a medida que la temperatura de los materiales de los componentes suba o baje durante su operación.

Se puede intentar precalentar o enfriar la máquina a las condiciones normales de funcionamiento antes de efectuar las comprobaciones de alineación. Alternativamente, pueden emplearse los cálculos del incremento térmico anticipado para desalinear intencionalmente el tren de transmisión a temperatura ambiente para que pueda alinearse al entrar en funcionamiento.

Independientemente de las precauciones que se tomen para que las alineaciones sean lo más precisas posible, quedará inevitablemente cierta cantidad de desalineamiento residual. El desalineamiento hace que los componentes rígidos de la máquina, como los ejes, se desvíen para alinearse de manera efectiva.

Esta desviación estresa los componentes, provoca vibraciones y distribuye cargas más altas y desiguales en las estructuras que soportan estos elementos, como los rodamientos. Estos esfuerzos desperdician energía y pueden reducir drásticamente la vida útil y la confiabilidad de la máquina.

Si se diseñan correctamente, los acoplamientos pueden absorber fuerzas de desalineamiento para que puedan salvarse los componentes más caros, críticos y sensibles. Si bien los ejes giratorios parecen ser muy robustos, los rodamientos que los soportan están entre los componentes de precisión más sensibles de un tren de transmisión de potencia.

Tipos de acoplamientos

Los acoplamientos pueden dividirse en cuatro categorías principales dependiendo de su diseño, cada una con varios diseños específicos. Los acoplamientos sólidos y magnéticos no requieren lubricación, pero se incluyen aquí como complemento. Los acoplamientos sólidos son estructuras fundamentalmente rígidas que no compensan el desalineamiento, pero sí permiten unir dos ejes con el fin de transmitir el torque.

Un ejemplo común de acoplamientos magnéticos. son los bloques atornillados con llave en los ejes de una máquina. Los acoplamientos magnéticos permiten que los ejes que no están en contacto directo se accionen juntos utilizando potentes imanes permanentes o eléctricos. Un ejemplo común es una bomba de accionamiento magnético sin sello.

Existen algunas aplicaciones convencionales que podrían equiparse con un acoplamiento magnético independiente utilizando este mismo principio e imanes permanentes ultra-poderosos (y costosos).

Otro tipo de acoplamientos son los flexibles y los fluidos. Muchos acoplamientos flexibles utilizan elementos metálicos, de goma o de plástico de posición fija, como discos o casquillos, que giran con los ejes y absorben el desalineamiento. Diseños de este tipo no requieren lubricación.

Otros acoplamientos flexibles, como los de engranajes, cadenas, rejillas y juntas universales, requieren lubricación

para un desempeño adecuado y una larga vida útil. Los acoplamientos fluidos incluyen convertidores de torque y multiplicadores de torque, así como acoplamientos fluidos comparativamente simples, que son acoplamientos llenos de fluidos lubricantes que dependen del fluido mismo para transmitir el torque.

Acoplamientos flexibles

Los acoplamientos de engranajes (Figura 2) compensan el desalineamiento por medio del espacio entre los dientes de los engranajes.



Figura 2. Acoplamientos de engranajes

Los dientes de los engranajes externos montados en ambos ejes se acoplan con los dientes de los engranajes internos dentro de una carcasa que contiene un lubricante. Otros diseños tienen dientes externos en un solo eje, acoplando con los dientes internos montados en el otro eje.

La aceleración o desaceleración puede provocar impactos entre los dientes de los engranajes debido a la reducción del espacio libre en los lados opuestos de los dientes de los engranajes. El desalineamiento resultará en un movimiento deslizante relativo entre de la superficie de los dientes en contacto en cada revolución.

Los acoplamientos de cadena (Figura 3) funcionan de manera similar a los acoplamientos de engranajes. Las ruedas dentadas en el extremo de cada eje están conectadas por una cadena de rodillos.



Figura 3. Acoplamientos de cadena

La separación entre sus componentes, así como la separación entre el ensamble de la cadena a las ruedas dentadas,

compensan el desalineamiento. La carga es similar a la de los acoplamientos de engranajes.

Los acoplamientos de rejilla (Figura 4) utilizan una rejilla de acero corrugado que se dobla para compensar la carga inducida por el desalineamiento.



Figura 4. Acoplamiento de rejilla

Los discos ranurados unidos a los extremos de cada eje alojan la rejilla, que transmite el torque entre ellos. Se desarrolla un movimiento de deslizamiento de baja amplitud entre la rejilla y las ranuras a medida que la rejilla se deforma bajo carga, ampliándose en algunas ubicaciones y estrechándose en otras con cada revolución.

Las juntas universales se utilizan para un desalineamiento máximo permitido que va desde 20 hasta 30 grados, según su diseño específico. Se utilizan ampliamente para los ejes de transmisión de los vehículos para permitir que las ruedas se muevan con el sistema de suspensión. Las juntas universales utilizan un componente de cuatro husillos llamado araña para conectar dos ejes que terminan en yugos o bisagras en ángulos rectos (Figura 5).



Figura 5. Junta universal.

Cada uno de los cuatro componentes de la araña está soportado por un cojinete o casquillo que se aloja en cada uno de los yugos, lo que permite la articulación. En algunos casos, una mayor articulación puede disminuir las tasas de desgaste permitiendo el desarrollo de una película lubricante más completa.

Lubricantes para acoplamientos flexibles

Pueden seleccionarse tanto aceites como grasas para lubricar los acoplamientos flexibles. A menos que el diseñador del acoplamiento lo indique específicamente, la mayoría de los acoplamientos para componentes industriales están lubricados con grasa. Los componentes del acoplamiento están protegidos principalmente por una película de aceite que sangra del espesante de grasa y se filtra hacia la zona de carga.

Los acoplamientos flexibles lubricados requieren protección contra el movimiento relativo de baja amplitud que se desarrolla entre sus componentes. Entre otras preocupaciones está la fuerza centrífuga en el lubricante (especialmente la grasa), que causa, entre otros efectos, la separación prematura del aceite del espesante, una distribución deficiente del aceite dentro de la carcasa y la fuga de aceite de la carcasa.

La baja amplitud de movimiento, la velocidad de articulación y la tendencia hacia un movimiento deslizante más que rodante, inhiben el desarrollo de una lubricación hidrodinámica (película completa). Se recomienda el uso de grasas elaboradas con bases lubricantes de alta viscosidad, espesantes a base de jabón de litio complejo o sulfonato de calcio, con aditivos antirrayado (EP) y agentes de lubricidad para superar las condiciones de falta de lubricación (película mixta) que a menudo existen en los acoplamientos flexibles. La alta viscosidad del aceite también disminuye las tasas de fuga.

Las fuerzas centrífugas en los acoplamientos flexibles pueden ser extremas, incrementando a medida que aumenta la distancia del eje de rotación. Incluso los acoplamientos de tamaño moderado pueden generar fuerzas miles de veces mayores que la fuerza de gravedad (conocidas como G's). Los fabricantes de grasas dan una alta prioridad a las formulaciones que resisten la separación prematura de aceite y espesante debido a las altas fuerzas G's.

Acoplamientos fluidos

Los acoplamientos fluidos transfieren el impulso desde el eje de entrada a un fluido y luego al eje de salida cuando se transmite el torque. El desalineamiento se resuelve únicamente mediante los espacios entre las partes móviles. Los pequeños claros no proporcionan mucho margen para errores en la alineación. Sin embargo, es posible compensar efectivamente las cargas de choque y las cargas de arranque de alto torque, ya que no hay una conexión sólida entre los ejes de entrada y salida.

En los acoplamientos fluidos, un impulsor unido al eje de entrada acelera el fluido dentro del acoplamiento a medida que gira, como en una bomba centrífuga. Este fluido luego golpea las paletas del impulsado en el eje de salida, transfiriendo su impulso a medida que el impulsado acelera. Acelerará hasta que se acerque a la velocidad del eje de entrada, pero nunca lo alcanzará. La diferencia de velocidad entre los ejes de entrada y salida se conoce como deslizamiento. Por supuesto, deben superarse la fricción y el arrastre viscoso antes de que el eje de salida pueda girar. La mínima velocidad de entrada requerida para esta condición se conoce como la velocidad de pérdida. Máquinas con grandes cargas estáticas, como una turbina de vapor o de gas, incorporarían un acoplamiento fluido para minimizar la tensión inicial en el eje motriz.

Las cargas de choque en el lado de entrada, como el torque de arranque, nunca se crean. La velocidad del eje de entrada nunca se restringe. Cuando se excede la velocidad de pérdida, el eje de salida comienza a acelerar, pero lo hace a una velocidad limitada debido a su momento de inercia (resistencia a la aceleración angular).

El deslizamiento se crea a medida que el impulsado se acerca a la velocidad de la entrada, disipando el exceso de energía a través de la generación de calor por la viscosidad del fluido. Las cargas de choque del lado de salida se disiparán de manera similar, incluso si el eje de salida se atasca completamente.

Los convertidores de torque y los multiplicadores son aplicaciones especiales de acoplamientos fluidos que permiten modificar el torque de entrada antes de la transmisión. Estos diseños operan fundamentalmente bajo los mismos principios, pero son mecánicamente mucho más complejos. La discusión detallada de estos dispositivos está fuera del alcance de este artículo.

Lubricantes para acoplamientos fluidos

La disipación de energía que hace que los acoplamientos fluidos sean tan tolerantes a las cargas de choque crea la posibilidad de aumentos rápidos y extremos de la temperatura del fluido. La energía disipada durante el bloqueo y el deslizamiento se convierte en calor a través del corte viscoso del fluido (fricción interna del fluido).

En aplicaciones extremas, como el convertidor de torque en un automóvil que sube una cuesta empinada o arrastra una carga pesada, la temperatura del fluido puede elevarse sustancialmente por encima de la temperatura de operación normal de 93 °C (200 °F) en menos de un minuto.

La resistencia a la oxidación y degradación térmica son cualidades importantes del aceite utilizado para los acoplamientos fluidos debido al potencial de aumentos drásticos de la temperatura. De manera similar, un alto índice de viscosidad (IV) también es útil para prevenir disminuciones severas en la viscosidad de operación en los picos de temperatura y una viscosidad de operación excesivamente alta en condiciones de baja temperatura.

Normalmente se utilizan fluidos de baja viscosidad en estas aplicaciones para reducir la energía perdida por el calor debido a la fricción del fluido. Las viscosidades del acoplamiento fluido pueden caer entre 2.5 y 72 cSt a 40 °C. Para los acoplamientos de fluidos diseñados para funcionar a altas temperaturas, como los fluidos para transmisiones

automáticas (ATF's, por sus siglas en inglés) automotrices, los límites de viscosidad se dan a 100 °C. Los requisitos típicos de viscosidad de los ATF para automóviles serían de 3 a 7 cSt a 100 °C.

Estos fluidos también deben resistir la formación de espuma debido a la agitación severa causada por el movimiento del impulsor y su impacto en las paletas del impulsado. Las propiedades de protección contra la oxidación ayudan a preservar los componentes metálicos del acoplamiento. Los fluidos con base lubricante sintética son superiores en este aspecto a otros fluidos y su desempeño puede mejorarse aún más con el uso de aditivos antioxidantes. La compatibilidad con sellos también es importante para una larga vida útil.

Recomendaciones de mantenimiento

Solo se puede esperar una vida aceptable de cualquiera de estos dispositivos si se efectúa el mantenimiento adecuado. Deben verificarse periódicamente los niveles y la calidad del lubricante. Es posible que deba agregarse lubricante adicional para compensar las fugas. Periódicamente se debe extraer y cambiar el lubricante para eliminar los subproductos dañinos de la descomposición del lubricante, para reemplazar la grasa reseca (sin aceite) o para reponer los aditivos consumidos.

Los acoplamientos de engranajes requieren quizás el mayor mantenimiento. Los intervalos típicos de relubricación son de seis meses a un año, dependiendo de la severidad de la aplicación.

Todas las tareas de mantenimiento deben efectuarse poniendo atención al control de la contaminación. El contacto deslizante sufrido por muchos acoplamientos indica que el desgaste abrasivo de tres cuerpos causado por la contaminación con partículas podría ser particularmente dañino. La inadecuada eliminación de los solventes utilizados en la

limpieza de los acoplamientos durante las inspecciones y operaciones de purga y relleno puede provocar un adelgazamiento significativo de la viscosidad del lubricante en servicio, o reacciones perjudiciales con el espesante de la grasa.

Todos los acoplamientos resistirán significativamente mejor cuando se reduzca la severidad de servicio impuestas. La primera línea de defensa es considerar minimizar las cargas de choque, incluyendo los arranques bruscos y los cambios repentinos de dirección de rotación. A veces las exigencias operativas hacen esto imposible. Sin embargo, la principal fuente de carga en los acoplamiento se puede controlar en gran medida. La alineación correcta se considera una alta prioridad entre las funciones del mantenimiento de precisión.

Use el análisis de vibraciones o la termografía para identificar los acoplamientos que no están alineados durante la operación, ya que incluso los cimientos más resistentes cambian con el tiempo. Ciertamente, verifique la alineación correcta cada vez que se realicen reparaciones o mantenimiento intrusivo en los componentes acoplados.

Referencias

Boletín técnico: "Application Section Couplings", agosto de 1990. Chevron USA Inc.

Publicación técnica: "Flexible coupling lubrication", 2/12/2106. Mobil Industrial.