Segmento Global Celulosa y Papel SKF | Volumen 3 | N.º 9 | Agosto 2013

¿Componentes sencillos?

Cuando se considera una máquina o un proceso industrial completos, un rodamiento puede parecer un componente sencillo. Por supuesto, SKF sabe que no lo son, por eso empleamos a tantos ingenieros en todo el mundo.

Con frecuencia, quienes los usan prestan muy poca atención a los componentes sencillos, no solo a los rodamientos. Con esto quiero decir que prestan poca atención a su selección, instalación y mantenimiento. Para ser justo, muchos de nuestros clientes saben que los rodamientos son el núcleo sensible de sus equipos giratorios. Tales clientes se preocupan de todos los aspectos de su uso, y les gusta consultar a SKF para contar con asesoramiento y soporte. Sin embargo, los que me preocupan más son los clientes que no piensan ni actúan de este modo.

Como dije al principio, el Grupo SKF emplea gran cantidad de ingenieros. Personalmente, tiendo a reclutar ingenieros de diseño porque las aplicaciones de nuestros componentes sencillos requieren una gama muy amplia de habilidades de diseño mecánico, y porque mis ingenieros se ocupan de mucho más que simples cálculos de vida útil.

Mis ingenieros están para trabajar con su personal técnico y la confiabilidad de su maquinaria, pero para hacerlo necesitan saber las condiciones en las que operan sus rodamientos. Espero que esta edición de Prácticas SKF para Celulosa y Papel contribuya a que entienda mejor lo que usted puede hacer para ayudarnos a darle apoyo.

Atentamente,

*Domenico Restaino**
Gerente, Ingeniería de Aplicaciones, SKF Francia
Domenico.restaino@skf.com

* *se lo ve en la fotografía superior, a la derecha*

Vida nominal calculada versus vida de servicio

Es muy común que existan malentendidos sobre asuntos técnicos entre fabricantes de rodamientos y clientes. Es comprensible que el cliente quiera un rodamiento confiable, de modo de poder evitar paradas no planificadas. Si el rodamiento va a fallar, quiere saber cuándo fallará. En otras palabras, quiere saber la vida de servicio del rodamiento. Lamentablemente, los fabricantes de rodamientos no pueden afirmar cuál será la vida de servicio. Solo pueden calcular la vida nominal, que es totalmente diferente. Para complicar el tema aún más, la vida nominal calculada del rodamiento no considera todos los parámetros que pueden afectar la vida de servicio, y hay varios métodos de cálculo de la vida nominal que pueden dar resultados muy diferentes.

Algunos clientes consideran que el rodamiento es solo una pieza de metal con dos aros y algunos elementos rodantes. Cuando falla, el problema debe estar en la calidad o en la capacidad de carga. Tales clientes no tienen en cuenta que el rodamiento no es un componente sencillo.

Es incontable la cantidad de clientes que me han pedido asesoramiento sobre vida de servicio y lubricación sin darme información suficiente para comprobar la selección de rodamientos y si el entorno, el conjunto de rodamientos y el diseño de la máquina tendrá un efecto negativo en esa vida (véase el ejemplo en la **figura 1**). También perdí la cuenta de la cantidad de veces que recibí un rodamiento fallado o su fotografía, a veces muy dañado para analizarlo (véase la **figura 2**), sin la información necesaria sobre las condiciones de funcionamiento y los antecedentes para deducir la causa más probable de falla.

Esta edición de Prácticas SKF para Celulosa y Papel examinará por qué no es posible, ni ahora ni en el futuro inmediato, afirmar la vida remanente o la vida de servicio de un rodamiento específico. También incluirá la información necesaria para un adecuado estudio de rodamientos y un Análisis de Causa Raíz de Falla (Root Cause Failure Analysis, RCFA).

Fig. 2 Rodamiento demasiado dañado para diagnosticar la probable causa de falla. La parte que se ve en el medio es lo que queda del eje que soportaba el rodamiento.

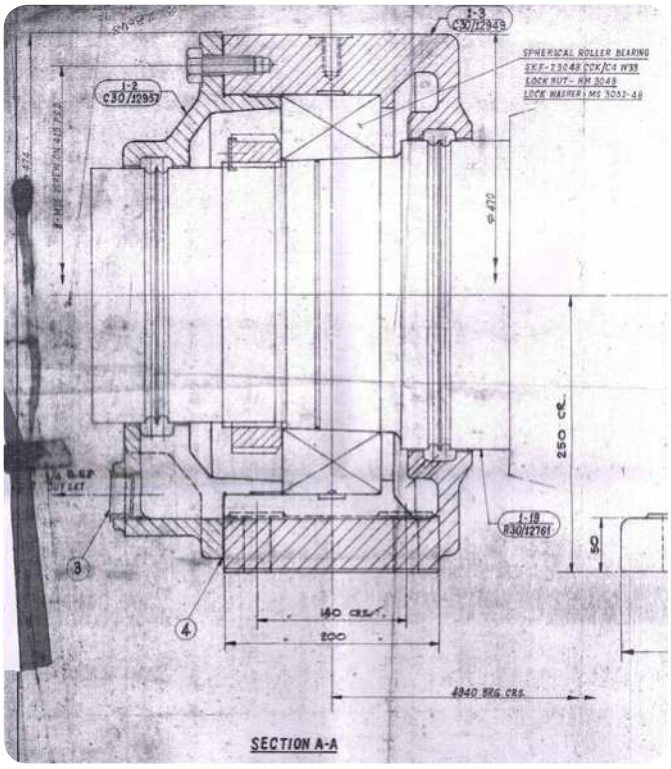


Fig. 1 Conjunto de rodamientos de cilindro secador.
Los rodamientos tenían una corta vida de servicio pese a que la carga determinada, el flujo de aceite y su viscosidad parecían ser correctos. No me di cuenta de inmediato de que, debido al diseño del soporte, solo una pequeña proporción del flujo de aceite pasaría a través del rodamiento. Un colega señaló que la ranura de aceite del asiento del soporte estaba cruzada por una gran ranura debajo del rodamiento, diseñada para drenar el aceite. La mayor parte del aceite, que debería haber refrigerado y lubricado el rodamiento, drenaba directo fuera del soporte.

1. Por qué no es posible calcular la vida de servicio

Después de leer esta sección del boletín, algunos de ustedes pensarán que no le di a este asunto el espacio que se merece. En tanto es cierto que omito muchas cosas, sé que, si no lo hago, será monótono para muchos lectores. Especialmente los que no son ingenieros mecánicos o los que, como yo, cierran los libros en cuanto ven que, cada dos hojas, está lleno de fórmulas matemáticas.

Lo que llamamos "vida de servicio" es la cantidad real de revoluciones o el tiempo que un rodamiento funciona en una máquina. Si se desmonta y se descarta un rodamiento Yankee como parte del mantenimiento preventivo después de diez años, entonces la vida de servicio es de diez años, aunque el rodamiento todavía estuviera en buenas condiciones. En el caso de un rodamiento de rodillo de prensa liso, dañado durante el transporte, si se monta en la máquina y se retira después de tres horas debido a exceso de vibración, la vida de servicio es de tres horas. Si se desmonta el rodamiento de un cilindro secador después de la vibración causada por descascarillado en el camino de rodadura después de 40 años, la vida de servicio es de 40 años.

Si fuéramos a tomar la cantidad de rodamientos de la misma designación, fabricados al mismo tiempo, operados con la misma carga y lubricante, obtendríamos los mismos resultados que en la prueba de resistencia de las lamparillas. Es decir, no todos tendrían la misma vida útil.

En nuestra prueba, el fin de la vida útil es cuando se detecta un pequeño descascarillado (véase la **figura 3**).

Tal descascarillado se crea por las fuerzas alternativas en la estructura del acero debido al pasaje de los elementos rodantes. En condiciones normales, sin contaminación y con un espesor adecuado de película lubricante, la fuerza máxima está justo debajo de la superficie. Debido a las fuerzas alternativas, la estructura del acero cambia y las microgrietas se crean cerca de los puntos débiles. La **figura 4**, que también se mostró en la edición 5 de Prácticas SKF para Celulosa y Papel, muestra el cambio estructural entre 30 y 400 micrones debajo de la superficie del camino de rodadura. Nótese la microgrieta a 130 micrones de profundidad.

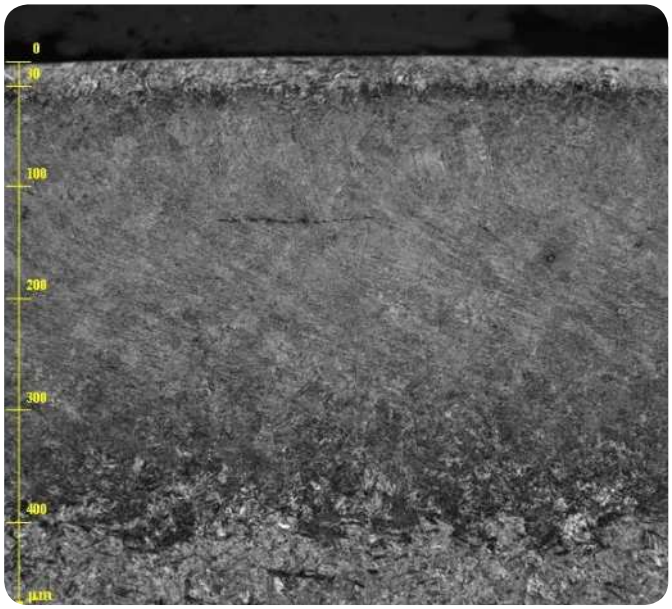


Fig. 4 Cambio estructural y microgrieta debajo de la superficie del camino de rodadura, debido a fuerzas alternativas creadas por exceso de rodamiento.

La **figura 5** muestra un ejemplo de una prueba de resistencia con diez rodamientos. Nótese que el primer rodamiento que experimentó escamado llegó a ocho millones de revoluciones (es decir, 133 horas si la velocidad fuera de 1 000 r. p. m.), el noveno rodamiento llegó a 157,2 millones de revoluciones (2 626 horas a 1 000 r. p. m.) y el décimo no había llegado al fin de su vida útil en el momento en que se suspendió la prueba.

De aquí podemos concluir que:

1. Los rodamientos que funcionan en las mismas condiciones no alcanzarán la misma vida útil.
2. No es posible predecir la vida útil de un rodamiento específico antes de la prueba.

Fig. 3 Pequeño descascarillado (escamado) que indica el fin de la vida del rodamiento.

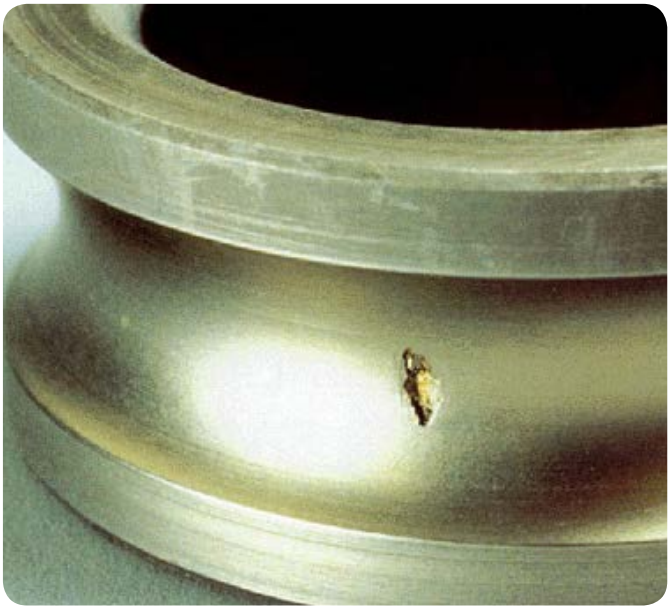
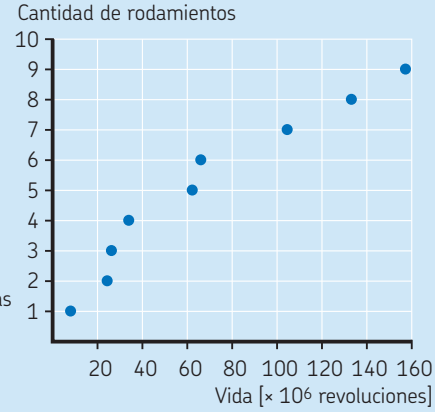


Fig. 5 Ejemplo de una prueba de resistencia.

Vida del rodamiento

Cantidad	10^6 rev.
1	8,0
2	24,3
3	26,2
4	33,9
5	62,2
6	66,0
7	104,5
8	133,1
9	157,2
10	Suspendidas



Todas las pruebas de resistencia muestran que, si se representan las vidas de los rodamientos en un gráfico con revoluciones (u horas) en un eje y la vida útil alcanzada en el otro, se puede dibujar una curva (véase la **figura 6**). Esta curva, que muestra la probabilidad de supervivencia, se puede graficar en un modelo utilizando fórmulas matemáticas.

Esto significa que, para una población de los mismos rodamientos que funcionan en exactamente las mismas condiciones, es posible predecir la probabilidad de supervivencia. Esto ayudará a los ingenieros a elegir el rodamiento correcto para una aplicación.

Hace 70 años se decidió utilizar una probabilidad de supervivencia de 0,9. En otras palabras, al calcular la vida útil, el 90% de los rodamientos debe alcanzar o exceder la vida útil deseada. Por lo tanto, cuando un fabricante de máquinas papeleras me pide seleccionar un rodamiento para un rodillo de prensa liso con una vida útil igual o superior a las 100 000 horas, no significa que propondré un rodamiento que exceda esta cifra. Significa que propondré un rodamiento, en función de las condiciones de funcionamiento teóricas que el cliente me proporcione, que, en teoría, debería funcionar durante 100 000 horas o más en el 90% de los casos. El corolario obvio es que, en el 10% de los casos, los rodamientos no alcanzarán la vida útil solicitada.

Imagínese una máquina de cartón con 100 rodamientos frontales de cilindro secador que funcionan exactamente en las mismas condiciones. En realidad, sé que las condiciones de funcionamiento no son exactamente las mismas, dado que la velocidad varía entre los grupos secadores, la temperatura del vapor cambia, etc., pero imaginemos que sí lo son en este ejemplo. Si la vida útil calculada para 90% de confiabilidad es 200 000 horas, entonces, en teoría:

- el 99% de los rodamientos alcanzará o excederá las 50 000 horas
- el 95% de ellos alcanzará o excederá las 128 000 horas
- el 50% alcanzará o excederá 1 000 000 de horas (cinco veces 200 000 horas)

Esa vida calculada, en horas, es la vida nominal básica L_{10h} (L significa vida [life], 10 significa 10% de probabilidad de falla con 90% de confiabilidad). Esto considera solo la carga y la velocidad del rodamiento. Hay una vida nominal modificada, L_{10mh}, que considera también la contaminación sólida, la relación de viscosidad del aceite y el límite de carga de fatiga. Nótese que el límite de carga de fatiga es la carga bajo la cual la vida del rodamiento es ilimitada, asumiendo unos niveles de limpieza y regímenes de lubricación adecuados.

Lamentablemente, L_{10h} y L_{10mh} son métodos del "Catálogo General" que asumen distribución de carga simple. Existen otros métodos de vida nominal que pueden considerar eje, rodamiento y deformación del soporte, juego interno y distribución de carga real en el rodamiento. Sin embargo, para exactamente las mismas condiciones de funcionamiento, los resultados de las vidas calculadas pueden variar mucho. Más adelante, daré un ejemplo en la sección "Información necesaria para un estudio de rodamientos".

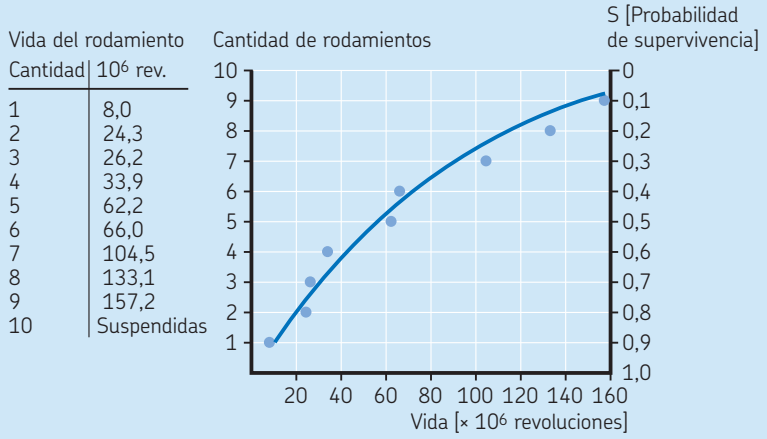
Por lo tanto, cuando un cliente me pide que calcule la vida útil de un rodamiento, está pensando en la vida de servicio. Sin embargo, solo puedo calcular y compartir con él la vida nominal. Aquí comienzan los malentendidos. Especialmente cuando no puedo garantizar que un rodamiento, por más bien montado y mantenido que esté, alcance o exceda la vida nominal calculada.

La curva de probabilidad de supervivencia se puede mostrar de otro modo que es mucho más interesante para el cliente, es decir, como la cantidad de rodamientos que alcanzan el fin de su vida útil por intervalo de tiempo (véase en la **figura 7** un ejemplo de cómo se ve la curva). Muestra que la vida nominal calcula el tiempo anterior a que la mayoría de los rodamientos se tengan que reemplazar.

Recuerden que la vida nominal calculada es la manera de seleccionar el rodamiento de un determinado tamaño para una aplicación, más que predecir la vida de servicio de un rodamiento individual. La vida nominal se calcula también según las condiciones de funcionamiento, que en realidad pueden no ser las reales. De hecho, la vida de servicio depende de muchos factores que están más allá del control del fabricante de rodamientos. Por ejemplo, el montaje de rodamientos en un entorno polvoriento con un martillo grande.

Un error típico es elegir el rodamiento con la vida nominal más prolongada, esperando obtener la mejor confiabilidad. Un cliente que conozco hizo justamente esto. Deseaba incrementar la confiabilidad de un ventilador estratégico, por lo que lo modificó para poder montar un rodamiento de rodillos a rótula con una muy alta capacidad de carga. Un consultor calculó la vida L_{10h} como mayor que varios cientos de millones de horas. La vida de servicio resultante fue realmente menor que una semana. En realidad, el rodamiento

Fig. 6 Curva de probabilidad de supervivencia.



funcionaba con una carga demasiado baja para su capacidad, y sus rodillos se deslizaban más que rodaban en la zona cargada. Para lograr una reparación rápida sin otras modificaciones, decidí montar el mismo rodamiento, pero retirando dos tercios de los rodillos. Entonces, el ventilador funcionó durante ocho años sin que se cambiara el rodamiento.

2. Información necesaria para un estudio de rodamientos

Un estudio de rodamientos es el trabajo necesario para seleccionar el tipo y tamaño de rodamientos en función de la vida nominal requerida, los ajustes y la lubricación. También puede incluir recomendaciones para montar y desmontar.

Tales estudios pueden ser sencillos, basados en el Catálogo General SKF, que los ingenieros de aplicaciones experimentados completan en menos de diez minutos. También pueden ser mucho más complicados, e incluir programas avanzados de computación y, a veces, pruebas. De cualquier manera, la información que se necesita para completar un estudio es la misma.

En las secciones siguientes, enumero la información y formulo comentarios. En algunas aplicaciones, no se necesita toda la información, pero pienso que suministrarla es buena práctica.

2.1 Cantidad de rodamientos

La información sobre la cantidad de rodamientos que se necesitan, o el consumo de rodamientos por año, es importante para los casos en los que los rodamientos estándares de alto volumen podrían no ser adecuados para la aplicación. Ello impactará en forma directa en el costo.

2.2 Planos

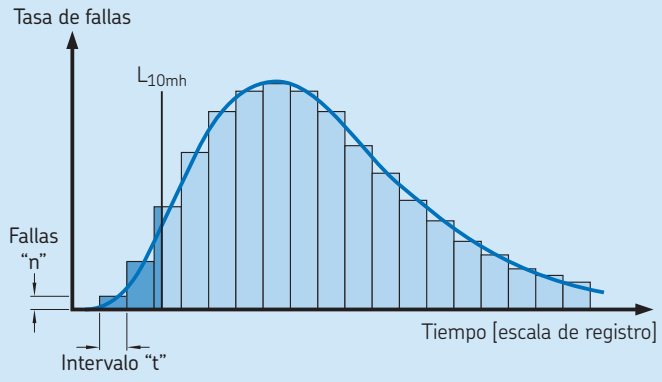
Un dibujo técnico con las dimensiones y tolerancias del conjunto de rodamientos, o de su posición, es altamente recomendable. Si no es posible, puede ayudar un croquis sencillo hecho a mano. No olvide incluir la transmisión, porque puede influir. Con un dibujo técnico o croquis, el ingeniero de aplicaciones puede ver algo que el cliente no considera importante. ¡Recuerde la **figura 1**!

Con frecuencia recibo planos de conjuntos de rodamientos recortados. A veces, esto significa que no están visibles para el ingeniero de aplicaciones cosas importantes que afectan la vida de servicio del rodamiento, lo que puede resultar en fallas. Por ello es mejor enviar planos completos.

Los planos nos ayudan a comprender cómo se disipa el calor que causa la fricción en el rodamiento, o que proviene de otras fuentes. También nos permiten calcular las temperaturas de funcionamiento del rodamiento.

Los materiales se deben indicar en el plano puesto que las diferencias de dilatación térmica pueden ser importantes. Finalmente, recomiendo que el plano tenga vectores ortonormales.

Fig. 7 La cantidad de rodamientos que alcanzan el fin de sus vidas en comparación con el tiempo.



2.3 Intensidad, posición y dirección de la carga

Las cargas, incluso las de momento, se deben indicar en los planos. Si solo se proporciona la carga axial y radial del rodamiento, esto puede dar lugar a una corta vida de servicio. Por ejemplo, observemos un cálculo de vida nominal ISO (véase la **figura 8**). Es sencillo calcular la carga radial sobre este rodamiento de rodillos cilíndricos y proporcionar solo la carga radial calculada:

$F_r = (A+B).F/A$

F es la carga que actúa sobre el eje, es decir, la flecha roja

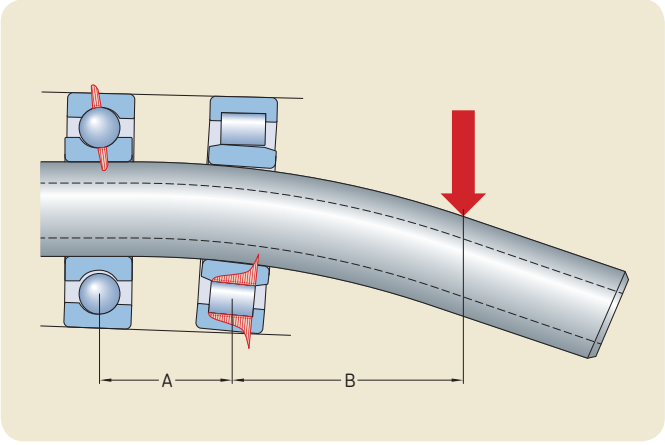
Si solo se conoce Fr y no se ha proporcionado ningún plano que muestre la posición de carga real, un ingeniero de aplicaciones no verá que el rodamiento tiene que tolerar desalineación. La vida nominal calculada resultante –L_{10h} o L_{10mh} – podría ser muy alta. Por el contrario, con un plano y conociendo la carga y la geometría del eje, el ingeniero comprenderá que el eje se curvará bajo la carga, lo que llevará a una gran desalineación en el rodamiento. Puede entonces utilizar software avanzado para descubrir que la vida nominal, basada en la distribución de la carga real en el rodamiento, es realmente muy corta. Además, comprenderá que hay un alto riesgo de corrosión por contacto entre el eje y el agujero del rodamiento.

La información que se proporcione debe ser suficiente, de modo que se puedan entender bien las variaciones de la dirección de la carga.

Un error común es dar solo la carga máxima, y pensar que, si un rodamiento la tolera, puede tolerar también cargas menores. Este no es necesariamente el caso, porque en determinadas condiciones los elementos rodantes podrían deslizarse más que rodar. Como tal, se requiere que la carga de contacto sea lo suficientemente alta como para forzarlos a rodar. Por consiguiente, las cargas máximas y mínimas siempre se deben informar.

Si solo se informa la carga máxima, puede llevar a utilizar rodamientos sobredimensionados, o a una situación en que no se pueda encontrar ningún rodamiento que se adapte a las dimensiones requeridas. Por ejemplo, tome los rodamientos para carretes y bobinas. Con máxima carga y velocidad, la mayoría de los rodamientos para carretes y bobinas utilizados tendrá una vida corta de unos pocos miles de horas o menos. La mayor parte de los rodamientos de cajas de engranaje automotriz también tendría rodamientos con vidas calculadas de apenas unas decenas de horas. Para evitarlo, es mejor suministrar un histograma de carga que muestre la variación y duración estimada de la carga.

Fig. 8 Plano donde se marca la posición de carga.



2.4 Choques

Una carga de choque es una carga, con frecuencia muy elevada, de muy corta duración. Necesita compararse con la capacidad estática del rodamiento y se debe expresar en *newton*. Esto no es tan sencillo, puesto que la carga de choque depende de la desaceleración de la masa en movimiento (F = m γ) y, por lo tanto, causa deformaciones en el mecanismo.

Algunos diseñadores eligen utilizar rodamientos sobredimensionados o agregar más rodamientos. Un ejemplo de esto es la despulpadora vertical, que experimenta cargas de choque que son difíciles de calcular cuando el papel reciclado golpea sus rotores. Algunos fabricantes prefieren utilizar rodamientos axiales de rodillos a rótula para admitir las cargas axiales, si no utilizan rodamientos de rodillos a rótula sobredimensionados basados en cargas conocidas.

Los choques también pueden causar que los elementos rodantes golpeen la jaula de rodamientos. En consecuencia, la presencia de reiteradas cargas de choque impacta en la selección de la jaula.

2.5 Vibraciones

La vibración tendrá impacto sobre los rodamientos. Es especialmente cierto durante las paradas, cuando hay riesgo de vibrocorrosión, es decir, elementos rodantes que vibran en la misma posición, por lo que crean corrosión por contacto y desgaste. La vibración también puede afectar al lubricante. La grasa puede perder su consistencia y separarse del rodamiento que se supone debe lubricar, por ejemplo. Como tal, es importante proporcionar la información sobre aceleración, amplitud y frecuencia (datos que están vinculados entre sí).

2.6 Aceleraciones

No se trata solo de considerar la aceleración en términos de velocidad rotacional que puede hacer que los elementos rodantes se deslicen, y no rueden. También puede ser importante la aceleración centrífuga, en la que el centro del rodamiento gira alrededor del eje de otro componente, como en las cribas vibratorias o las cajas de engranajes planetarios, puesto que impacta en la selección de la jaula del rodamiento.

2.7 Velocidades

Las velocidades y las cargas son parámetros clave; por lo tanto, el histograma de velocidades es una información muy útil. Conocer solo la velocidad máxima puede llevar a problemas de lubricación. Esto se debe a que, si se selecciona un lubricante solo en función de la velocidad máxima, puede que no se conforme una película de aceite adecuada a velocidades menores, o que funcione a temperaturas demasiado bajas a velocidad mínima, de modo que la grasa no drene suficiente aceite para lubricar correctamente el rodamiento.

También se deberían indicar los períodos de parada prolongados, porque los rodamientos pueden sufrir daños por vibrocorrosión, como consecuencia de la vibración de otras máquinas o marcas de corrosión por inactividad, por ejemplo.

2.8 Vida nominal solicitada

Requerir una vida nominal muy elevada puede llevar a que se seleccionen costosos conjuntos de rodamientos, diseños de sellos y sistemas de lubricación. Además, vale la pena recordar que es más difícil lubricar rodamientos sobredimensionados, que tienen mayor fricción y serán más sensibles a las bajas cargas.

Las aplicaciones de la industria de celulosa y papel, por lo general, tienen una vida nominal requerida de entre 30 000 y 200 000 horas. Sin embargo, según mi experiencia, una vez que L_{10h} supera las 100 000 horas, los rodamientos se comienzan a sobredimensionar, y fallan por razones que no son la fatiga normal.

2.9 Dimensiones disponibles

Proporcionar las dimensiones disponibles al comienzo de un estudio permitirá seleccionar un rodamiento adecuado. Es decir, el rodamiento que encaje en el espacio disponible y se pueda montar en el eje existente.

2.10 Precisión de funcionamiento requerida

Nótese que los rodamientos con precisión de funcionamiento estándar se adecuan a la mayoría de las aplicaciones. Pocos requieren mayor precisión de funcionamiento debido a la velocidad o porque un rodillo/cilindro o eje necesita funcionar con mucha precisión.

Sobreestimar la necesidad de mayor precisión de funcionamiento puede ser costoso. Recuerdo un molino de tisú en la década del noventa, que requirió una precisión de funcionamiento de tres micrones para una calandria de gofrado en su planta convertidora. Para satisfacer este requerimiento, propuse rodamientos de rodillos a rótula precargados, originalmente diseñados para máquinas impresoras, con un sistema de circulación de aceite. El rodamiento contaba con un asiento cónico directo sobre el eje, con tolerancias muy ajustadas, y había un procedimiento especial para ajustar la precarga del rodamiento. Pocos años después, se montó un rodamiento de rodillos a rótula SKF estándar, luego de una falla no programada, y resultó tener precisión de funcionamiento aceptable. Como el rodamiento estándar no estaba precargado, la fricción era menor, y se pudo utilizar lubricación con grasa. En la actualidad, la calandria de gofrado funciona con rodamientos de rodillos a rótula SKF estándares montados sobre manguitos de desmontaje SKF y está lubricada con grasa multipropósito.

2.11 Rigidez o deformación máxima requeridas

Las distintas partes de una máquina se deforman bajo carga, por lo que se podrá requerir una deformación máxima. Por ejemplo, el eje de un piñón en un engranaje cónico se curvará bajo alto par deformando el rodamiento de soporte y los componentes adyacentes, y cambiando la posición de contacto entre los dientes del engranaje. En tales circunstancias, el desplazamiento del piñón se debería minimizar para mantener el engrane en el rango óptimo, de modo que se reduzcan la fricción y la temperatura, y se incremente la vida del engranaje.

Precargar los rodamientos es una manera de incrementar la rigidez. Si hiciéramos esto en el ejemplo del engranaje cónico, se seleccionaría una precarga que equilibrara la necesidad de precisión de funcionamiento del engrane y la temperatura de funcionamiento, debido a la mayor fricción en el rodamiento, por la precarga.

Nótese que una precarga pequeña del rodamiento teóricamente incrementará la vida del rodamiento en la mayoría de los casos, pero sepa que la mayor fricción intrínseca se puede descontrolar. Antes de aplicar precarga a rodamientos, es mejor hablar con un ingeniero de aplicaciones de SKF.

2.12 Momento de fricción máximo requerido

Algunas aplicaciones pueden tener necesidades especiales relacionadas con el momento de fricción rotacional. Los rodillos desplegadores, por ejemplo. Esto tiene un impacto en la selección de rodamientos, y también en la selección de lubricantes y de diseño de sellos. En la industria de celulosa y papel, es una preocupación especialmente para rodillos accionados por banda de papel o fieltro.

2.13 Método de lubricación y lubricante preferidos

A veces, puede ser recomendable cierto método de lubricación, o incluso un lubricante específico. Por ejemplo, el aceite ISO VG 150 para un rodillo de prensa de la sección húmeda con un sistema existente de circulación de aceite que utilice ese lubricante. O grasa para un ventilador, debido a razones de costos.

Con información acerca del método de lubricación y/o lubricante preferidos, un ingeniero de aplicaciones de SKF puede evaluar si las condiciones de funcionamiento y los rodamientos son compatibles.

2.14 Temperaturas

Por temperaturas, quiero decir temperatura ambiente y las temperaturas de funcionamiento que pueden afectar a los rodamientos, por ejemplo, la del aire en los ventiladores con campana Yankee, temperaturas del vapor en cilindros secadores, etc.

Es muy importante proporcionar temperaturas máximas y mínimas realistas. Por ello, no informe solo las temperaturas máximas de las aplicaciones de la sección de secado, porque puede originar problemas. Por ejemplo, los rodamientos de los rodillos de fieltro que se lubrican con grasa para alta temperatura adecuada para la temperatura máxima especificada, pero que puede no serlo para los rodillos inferiores donde el entorno es más fresco.

También es importante no sobreestimar la temperatura del vapor para los cilindros secadores, especialmente los que no tienen muñones aislados, porque puede llevar a recomendar velocidades de flujo de aceite mayores que las necesarias, y riesgo de fuga en algunos equipos. También está el riesgo de que se propongan rodamientos más costosos con aros internos cementados, y no los estándares.

2.15 Posible contaminación

Se debe proporcionar información acerca de la posible contaminación del entorno o de la máquina, porque puede afectar la selección del rodamiento, el sello y la lubricación.

Recuerde que se puede producir contaminación durante el montaje (ver edición 8 de Prácticas SKF para Celulosa y Papel para obtener más información).

2.16 Requisitos de montaje y desmontaje

En algunos casos, el espacio disponible para montar y desmontar rodamientos puede ser limitado. Como tal, es bueno conocer las restricciones que podrían afectar el diseño del conjunto de rodamientos y los procedimientos de montaje/desmontaje.

El rodamiento lateral interno de un engranaje intermedio puede ser difícil de desmontar, por ejemplo. Imagine una situación en la que solo hay 150 mm (5.9 pulg.) entre la caja de engranajes y el cilindro secador. El diseño del conjunto de rodamientos y el procedimiento de montaje/desmontaje debe tener esto en cuenta. Otro ejemplo es reemplazar el rodamiento y el manguito de fijación en el eje de un ventilador que no puede levantarse mucho. Si se utiliza un soporte de pie partido, tiene que montarse con el rodamiento, el manguito de fijación y la tuerca de fijación, y empujarse a su posición a lo largo del eje. Entonces no es posible utilizar el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, porque no puede utilizar una tuerca hidráulica para calar el rodamiento.

3. Información necesaria para un análisis de causa raíz de falla

Con frecuencia recibo llamados como este: "¡El rodamiento del ventilador está sobrecalentado! Estamos rociando el soporte con agua para enfriarlo, ¡pero tenemos que reemplazar los rodamientos tres veces por mes! ¿Qué nos recomienda?".

Mi respuesta es "depende", seguida por diez preguntas, como mínimo, sobre las condiciones de funcionamiento, el tipo y el tamaño del rodamiento, cómo se montó, qué lubricante se utiliza, etc. Muchas veces, el que llama no puede responder mis preguntas. No montó los rodamientos ni instaló el ventilador. La grasa se ha utilizado con éxito en otras aplicaciones, durante años, y no tiene idea de las cargas sobre los rodamientos. Llamó a SKF porque el manual del usuario del ventilador enumera los repuestos de rodamientos con designaciones SKF, por lo que pensó que nosotros conoceríamos las condiciones de funcionamiento y cómo resolver el problema.

Fig. 9 Foto fuera de foco, con reflejos del flash.

Con mayor frecuencia, este no es el caso, porque los fabricantes tienen buenos ingenieros de diseño que conocen sus productos y no llaman a SKF para validar las elecciones de rodamientos, salvo en casos complicados.

En tales circunstancias, recomiendo no rociar los soportes con agua, porque los rodamientos sobrecalentados, con frecuencia, tienen menor juego interno debido a que el aro interior está a mucha mayor temperatura. Si el soporte y, por lo tanto, el aro exterior se

Fig. 10 Fotografía tomada con cámara compacta fija en 80 ISO.

Fig. 11 Fotografía tomada con la misma cámara compacta fija en 1600 ISO. Tenga cuidado, porque en modo totalmente automático, la cámara utilizará un ISO alto para evitar una baja velocidad de obturación, y hay riesgo de que las imágenes salgan borroneadas si la luz es insuficiente.

enfrían, puede llevar a que el rodamiento funcione sin juego y, con precarga, se puede descontrolar rápidamente el sobrecalentamiento. También puedo dar otras recomendaciones, como comprobar que el exceso de grasa puede fugar y recomendar que SKF supervise el próximo montaje de rodamientos. Sin embargo, quien llamó, por lo general, termina desilusionado porque no le pude dar una solución inmediata al problema.

Realizar un análisis de causa raíz es muy parecido a investigar un asesinato. Ayuda si hay un cuerpo para realizar una autopsia, y es más sencillo si no está demasiado dañado. La información del cuerpo nos puede dar pistas, pero a veces el asesino permanece desconocido y el asunto pasa a los archivos de casos irresueltos.

Para un análisis de causa raíz de falla significativo, se debe proporcionar tanta información sobre las condiciones de funcionamiento como sea posible (véase la **sección 2**). Otra información útil incluye: designación y marcas exactas de los rodamientos, temperaturas de funcionamiento de los rodamientos (que no es igual a la temperatura que se mide fuera del soporte del rodamiento), vida de servicio del rodamiento anterior, informes de montaje, marca y designación de lubricante, suministro de lubricante, tiempo de almacenamiento de rodamiento y lubricante, y modificaciones de la máquina.

Cuando se desmonta un rodamiento para realizar un RCFA, se debe tener mucho cuidado para evitar dañarlo más, porque puede hacer más difícil determinar la verdadera causa del problema. Se debe tomar una muestra del lubricante del interior del rodamiento desmontado, que luego se debe limpiar. Protegerlo con alguna cubierta ayudará a evitar la corrosión o la corrosión adicional.

Sé muy bien que la mayoría de los clientes no tendrán toda la información enumerada precedentemente, y que a veces no es siquiera posible suministrar la designación del rodamiento. Dicho esto, cuanta más información se pueda proporcionar, es más probable obtener un análisis de fallas satisfactorio.

Tener a disposición el rodamiento dañado para examinarlo, con frecuencia, es fundamental para el análisis. Si no es posible enviar el rodamiento a SKF, pueden servir las fotografías de buena calidad

Fig. 12 Una cámara compacta sobre un trípode es, por lo general, lo suficientemente buena para tomar fotos razonables de rodamientos dañados.

Fig. 13 Si no hay suficiente contraste para que su cámara enfoque bien, utilice una regla y enfoque sobre su borde.

para determinar la causa del problema. Si se envían fotos, deben incluir las que muestren todos los elementos del rodamiento, de todos los lados, no solo las partes dañadas.

Lamentablemente, con frecuencia recibimos fotografías que no son muy útiles porque están fuera de foco y/o muestran reflejos del flash (véase la **figura 9**). Es una lástima porque no se requiere una cámara costosa para obtener buenas fotos. Hay muchas cámaras digitales compactas pequeñas, e incluso algunas de los teléfonos inteligentes son buenas.

A continuación, se incluyen algunos consejos para obtener buenas fotos de rodamientos dañados:

1 No fije su cámara en modo totalmente automático y no use flash. Utilice el modo manual para controlar la exposición y la sensibilidad del sensor (valores ISO).
2 Use modo macro si su cámara lo tiene.
3 Fije su cámara en su ISO original. Con frecuencia, es el número ISO más pequeño. Un ISO alto creará ruido que oculta detalles (véanse las **figuras 10** y **11**).
4 Utilice un trípode y el temporizador automático de la cámara (véase la **figura 12**) en una zona donde haya varias fuentes de luz, de modo de evitar las sombras.
5 Como puede ser que las cámaras no enfoquen correctamente sobre una superficie de acero debido a la falta de contraste, coloque una regla al lado del daño y enfoque sobre ella (véase la **figura 13**).
6 Después de tomar una fotografía, siempre mírela y haga zoom para comprobar que esté en foco.

Hay otras cosas que puede hacer, como tomar fotos RAW en vez de jpeg, y recortar imágenes en vez de utilizar compresión para reducir el tamaño del archivo, pero aquí estoy en peligro de convertirme en un tutorial de fotografías. Simplemente seguir los seis consejos precedentes debería ser suficientemente bueno para comenzar.

Como siempre, me restringe el espacio disponible. Podría escribir mucho más y exponerlo en otras dos ediciones de Prácticas SKF para Celulosa y Papel, pero creo que sería mucho. Sí espero que después de leer esta edición, comprenda qué es la vida nominal calculada, por qué SKF no puede predecir la vida de servicio de un rodamiento individual, y que información debe tratar de recopilar y proporcionar la próxima vez que quiera que nosotros hagamos un estudio de rodamientos o análisis de causa raíz.

Atentamente,
Philippe Gachet
Consultor técnico sénior
philippe.gachet@skf.com

Segmento Global Celulosa y Papel SKF

Contacto/Editor responsable
philippe.gachet@skf.com

® SKF es una marca comercial registrada del Grupo SKF.

© Grupo SKF 2013
El contenido de esta publicación es propiedad de los editores y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización previa por escrito. Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicha información.

PUB 72/S9 11147/8 ES · Agosto 2013