



Bienvenidos a la primera edición de “Prácticas SKF para Celulosa y Papel”

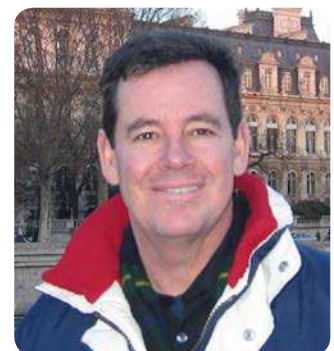
El desafío actual es que la industria papelera, a nivel mundial, se ha vuelto extremadamente competitiva. En todas partes, las empresas tratan de sacar el máximo provecho de sus máquinas. Ya sea que utilicen las máquinas más modernas o las más antiguas, que han estado en funcionamiento durante décadas, todas las plantas se enfrentan al desafío de formar personal nuevo o retener el conocimiento de los que se están jubilando. Como resultado, el conocimiento de las mejores prácticas relacionadas con la maximización de la vida útil de los rodamientos no está disponible en algunas regiones, mientras que en otras se está perdiendo.

Entonces, ¿qué puede hacer SKF para ayudar? Podemos ofrecer a los clientes nuestro conocimiento sobre cómo aumentar la vida útil mediante las técnicas y herramientas correctas. Nuestra intención con este boletín informativo habitual es exactamente esa.

Comencemos con algunas técnicas de los expertos. Técnicas desarrolladas a lo largo del tiempo para establecer las mejores prácti-

cas. En este número, trataremos el uso del método de la galga de espesores para obtener el juego adecuado en los rodamientos. En el próximo número, veremos los fundamentos de por qué se necesita juego en los rodamientos. Todo el mundo sabe los resultados que quiere, pero a veces es bueno refrescar la memoria sobre cómo lograrlos y por qué es tan importante.

Scott Morris
Director global del segmento
Celulosa y Papel de SKF
scott.morris@skf.com



Método de la galga de espesores para el montaje de rodamientos con agujeros cónicos

En este primer número de Prácticas SKF para Celulosa y Papel, quiero tratar el método de la galga de espesores para el montaje de rodamientos con agujeros cónicos. La razón es que, a pesar de ser el enfoque más conocido y más ampliamente utilizado, he visto que hay muchos malentendidos sobre este método y prácticas incorrectas a la hora de usarlo.

Antes de analizar detalladamente el método de la galga de espesores, hablemos sobre ajustes de interferencia y otros métodos de montaje.

Ajustes de interferencia

Los rodamientos con agujeros cónicos siempre se montan con un ajuste de interferencia (es decir, un ajuste apretado) en su asiento. El ajuste de interferencia correcto se obtiene al calar el rodamiento axialmente sobre su asiento cónico.

La primera pregunta es: ¿cuál es el ajuste de interferencia correcto? Bien, un ajuste de interferencia insuficiente dará lugar a la corrosión por contacto (→ **fig. 1**) como consecuencia del microdesplazamiento entre dos superficies y/o al deslizamiento como consecuencia de la deformación del aro bajo cargas elevadas. Con el tiempo, el aro interior funciona suelto y puede girar en su asiento, lo que produce un fuerte desgaste y adherencias. En general, podemos decir que, cuanto más elevada sea la carga en el rodamiento, más apretado será el ajuste necesario.

Fig. 1. Aro interior de un rodamiento de rodillos a rótula que presenta corrosión por contacto en el agujero debido a un ajuste insuficientemente apretado.



Philippe Gachet es un ingeniero de aplicaciones de SKF que ha estado trabajando para la industria pesada, específicamente para la de celulosa y papel, desde 1990. Se lo puede contactar escribiendo a la dirección philippe.gachet@skf.com



Sin embargo, un ajuste de interferencia demasiado alto creará tensiones elevadas en el aro interior que, cuando se combinan con la tensión debido a la carga, pueden reducir la vida a fatiga. También puede provocar la fractura del aro con algunas calidades de acero y determinados métodos de tratamiento térmico, especialmente si existen daños en la superficie del camino de rodadura.

Entonces, ¿cuál es el ajuste de interferencia correcto? Bueno, eso depende. Sé que algunas personas odian este tipo de respuesta, pero es cierto. Depende de la aplicación y de las condiciones de funcionamiento. El material del eje, la carga, la velocidad, el régimen de lubricación y la temperatura son importantes. Como también lo son muchas otras cosas.

En el Catálogo General, SKF ofrece recomendaciones genéricas para obtener un ajuste de interferencia correcto en ejes de acero macizo. Esto puede parecer impreciso, pero las recomendaciones se basan en años de experiencia en el terreno, incluso aunque no

Fig. 2. El primer rodamiento CARB montado en Francia. Esto se realizó mediante el método de calado de rodamientos SKF Drive-up en International Paper Saillat. El autor aparece a la izquierda.



siempre indiquen el ajuste óptimo.

Algunas aplicaciones en las fábricas de celulosa y papel necesitan recomendaciones más precisas. A manera de ejemplo, los modernos rodamientos de rodillos de prensa y rodillos de fieltro, en los que se ha aumentado la tensión debido a la mayor velocidad o la conversión a un sistema impulsado por correas. Estas excepciones explican por qué puede haber diferencias entre las recomendaciones generales de SKF y las que ofrece uno de nuestros ingenieros para una aplicación particular.

Para quienes quieran más información sobre cómo elegir el ajuste de interferencia correcto para una aplicación, voy a explicar más en el próximo número de este boletín.

Diferentes métodos de montaje

Una vez que se conoce el ajuste de interferencia correcto, existen varias maneras de lograrlo:

- 1 Medición del calado axial. La dificultad reside en encontrar la posición inicial cuando el aro interior, después de alisar las asperezas y entrar en contacto íntimo con su aro interior, comienza a expandirse radialmente. Esta es la razón por la cual la medición del calado axial es bastante imprecisa, a menos que se utilice el método de calado de rodamientos SKF Drive-up rápido y preciso (→ fig. 2).
- 2 Medición del ángulo de apriete de la tuerca de seguridad (→ fig. 3). Si se conoce la rosca de la tuerca y el ángulo de apriete, se conoce el desplazamiento axial. Aquí, una vez más, la falta de precisión se debe a la dificultad para encontrar la posición inicial. Es uno de los métodos más populares a la hora de montar rodamientos de bolas a rótula. La mayor parte de las veces, los rodamientos se montan con un ajuste de interferencia mayor que el necesario.

Fig. 5. Calibre SKF 9205.

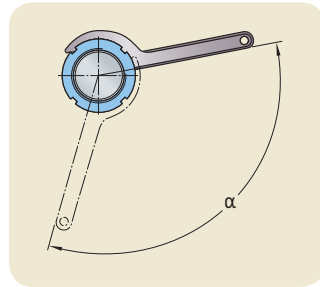
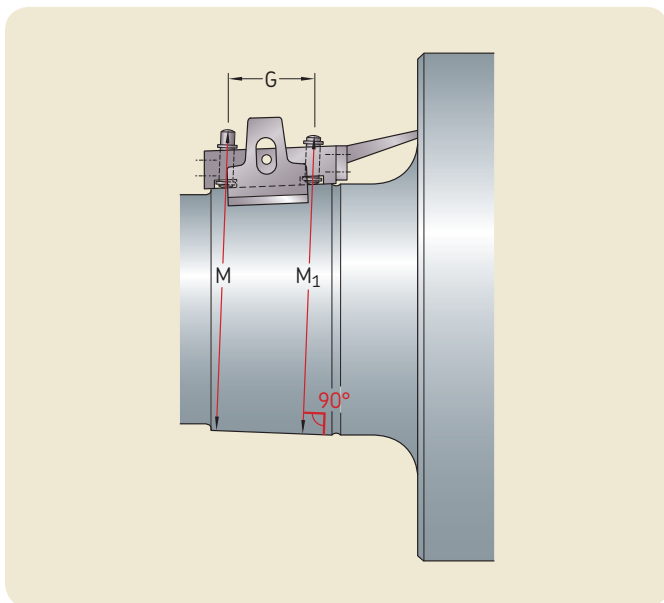


Fig. 3. Método del ángulo de apriete de la tuerca de seguridad.

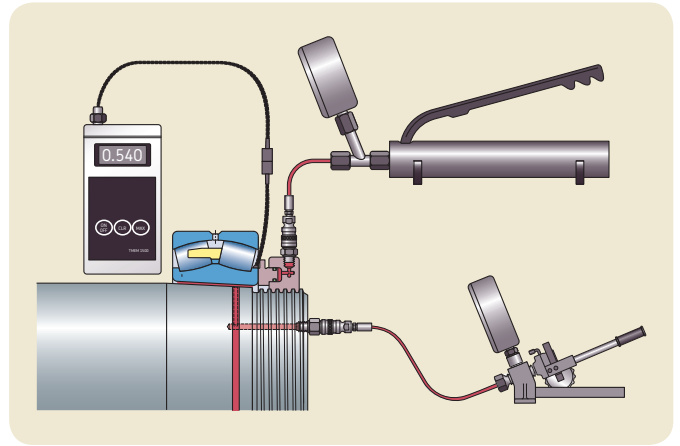


Fig. 4. Método SKF SensorMount.

3 Medición de la dilatación del aro interior (→ fig. 4). Se trata de un método bastante común para rodamientos de rodillos cilíndricos en husillos de máquinas herramienta, pero nunca he visto que se utilice en la industria papelera hasta que SKF lanzó el método SKF SensorMount para rodamientos de gran tamaño, p. ej. rodamientos de rodillos de prensa. Este método utiliza un sensor integrado en el aro interior. Es muy rápido y preciso.

Fig. 6.



- 4 Medir las dimensiones exactas y la posición del asiento cónico del rodamiento y crear un distanciador contra el cual se empuja el rodamiento en su posición (→ fig. 5). Esto es válido únicamente para rodamientos de rodillos a rótula de las series 240 y 241, y para algunos rodamientos de rodillos a rótula de maquinaria de impresión de alta precisión que suelen utilizarse en equipos para transformación del tisú. Este método requiere una formación especial, en particular cuando se utiliza el calibre SKF 9205. Sin embargo, una vez creado el distanciador, y si el asiento del rodamiento se encuentra en buenas condiciones, el rodamiento de reemplazo simplemente se empuja contra el distanciador y se logra el ajuste de interferencia correcto.
- 5 Medición de la reducción del juego con la ayuda de las galgas de espesores. Este método se explica más adelante y podrá ver que no es rápido ni preciso.

En una futura edición de Prácticas SKF para Celulosa y Papel, se volverá a tratar el método de calado de rodamientos SKF Drive-up, el SKF SensorMount y el método con el calibre 9205.

Antes de montar el rodamiento, se debe verificar la geometría del eje. Sin entrar en detalles sobre este tema, recomiendo utilizar el método del azul de Prusia. Es rápido y, en la mayoría de los casos, es suficiente cuando no cuenta con la información y las herramientas correctas. La superficie de contacto debe ser, al menos, del 80% (90% para un asiento de rodamiento nuevo). Para los rodamientos pesados, que necesitan una grúa puente, se debe añadir un muelle entre el rodamiento y el gancho (→ fig. 6).

El método de la galga de espesores

Al calar un rodamiento en su asiento cónico, el aro interior se expande radialmente. A medida que se expande el aro interior, disminuye el juego en el rodamiento. Existe una relación directa entre el calado y la reducción del juego.

El método de la galga de espesores mide la reducción del juego interno. Ello se logra pasando la galga entre los rodillos y el camino de rodadura. Con este método, no se ajusta el juego interno como algunos creen. Solo se ajusta la dilatación correcta del aro para lograr el ajuste de apriete correcto.

Utilizar una galga de espesores no es un método preciso. Depende de la experiencia y la sensación. Cada persona es diferente. Algunos consideran que tienen el juego correcto cuando la galga está ligeramente floja, otros cuando está un poco apretada, pero todavía se mueve, y algunos cuando se siente como si estuvieran tratando de mover el espesor en grasa. Esto explica cómo dos instaladores experimentados pueden obtener valores diferentes para la misma medición.

Todos medimos con un cierto grado de error... Tratar de obtener el valor exacto de un juego con una galga de espesores es una pérdida de tiempo. Sin embargo, como un instalador específico tiene la misma sensación y, por lo tanto, el mismo error, el valor de reducción del juego (es decir, la diferencia entre dos juegos con el mismo error), estará muy cerca de la realidad.

Regla número 1: El juego interno del rodamiento y la reducción del juego durante el montaje deben estar a cargo de la misma persona.



Fig. 7. Girando el aro exterior con un destornillador limpio.

Además de la baja precisión basada en la “sensación”, tengo que añadir que el juego entre un rodillo y el camino de rodadura puede cambiar en función de la posición del rodillo en el rodamiento y de la posición del aro en relación con estos. Por ejemplo, si alguien pasa al lado del rodamiento durante el procedimiento de montaje y accidentalmente mueve el aro exterior, el juego medido antes y después de este “accidente” puede cambiar y hacer que la reducción del juego resulte incorrecta.

La introducción de una galga de espesores en el rodamiento puede hacer que se mueva un rodillo. Movimientos muy pequeños tienen efectos pequeños. Lo mejor es sostener el rodillo con los dedos, o con una ligera presión con un dedo contra la cara del extremo del rodillo, y evitar el uso de una galga gruesa al principio.

Regla número 2: Durante la medición de la reducción del juego, los elementos del rodamiento (rodillos y aros) no se deben mover uno respecto del otro.

Los aros de los rodamientos pueden deformarse fácilmente, en especial los aros de la serie de rodamientos de sección grande delgada, como las series 238 y 239 (utilizados en algunos rodillos de prensa de desviación controlada y algunos rodamientos de rodillos aspirantes) o de las series 248 y 249 (menos comunes en la industria papelera). Para un 239/500 (rodamiento con agujero de 500 mm), se ha demostrado que es posible forzar una galga que es aproximadamente 0,1 mm más gruesa entre el rodillo y el aro exterior.

Regla número 3: Empezar a realizar la medición del juego con una galga de espesores más delgadas que el juego que espera encontrar.

La mejor posición del aro y el rodillo durante las mediciones, en especial si se busca el juego verdadero, es su posición normal de equilibrio. Para obtener esta posición, se debe girar el rodamiento unas cuantas veces.

Para evitar la modificación de la desalineación, es más fácil girar el aro exterior que el aro interior. Como el camino de rodadura del aro exterior es una esfera, los aros exteriores desalineados de un rodamiento de rodillos a rótula no representan un problema. Sin embargo, diferentes desalineaciones durante el giro hacen que el rodillo se mueva axialmente a lo largo del camino de rodadura a

medida que gira, por lo que su posición en la zona con juego puede no ser la posición de equilibrio.

Era más fácil encontrar la posición correcta del rodillo con los viejos y obsoletos rodamientos de rodillos a rótula, que tenían rodillos asimétricos y/o pestaña media integrada en el aro interior. Simplemente, se podía empujar los rodillos contra la pestaña. Con los rodamientos de rodillos a rótula modernos, de alto rendimiento, con rodillos simétricos y anillo guía flotante, primero debe girar el rodamiento. Entonces, si un rodillo se mueve durante la medición, simplemente debe empujarlo suavemente hacia atrás contra el anillo guía flotante, ¡pero nunca forzarlo! El anillo guía no se debe mover.

Regla número 4: Encontrar la posición de equilibrio haciendo girar el aro exterior (si es posible).

Recomendación: montar el rodamiento en el eje y girar el aro exterior. Para los rodamientos pesados y de gran tamaño, colocar una varilla limpia en los orificios de lubricación del aro exterior. Le ayudará a girar el aro. La **fig. 7** muestra a uno de mis colegas, ya jubilado, utilizando un destornillador limpio para hacer esto.

El rodamiento de rodillos toroidales CARB es un rodamiento complicado porque su juego cambia en cuanto un aro se mueve en relación con el otro, debido a la desalineación y al desplazamiento axial, y/o en cuanto los rodillos se mueven axialmente. Por lo tanto, recomendamos evitar el método de la galga de espesores para montar los rodamientos de rodillos toroidales CARB, a menos que los instaladores estén bien entrenados y tengan mucha experiencia.

Los ingenieros e instaladores bien entrenados, que saben cómo funcionan los rodamientos de rodillos a rótula y los rodamientos de rodillos toroidales CARB, son capaces de volver a poner los elementos de un rodamiento en posición para continuar con la reducción del juego después de un movimiento inesperado.

No siempre es necesario medir el juego radial interno verdadero. Es necesario cuando existe el riesgo de que, después del montaje, el juego radial residual pudiera estar por debajo de los valores admisibles indicados en el Catálogo General SKF.

¿Valor de juego mínimo admisible?

Durante el funcionamiento, debido a las diferencias de temperatura entre los aros del rodamiento, el juego interno disminuirá. Los rodamientos pueden funcionar sin juego o con una pequeña precarga que aumenta su vida útil, pero en este caso el juego debe ajustarse con mucha precisión y deben conocerse muy bien las condiciones de funcionamiento. En general, es preferible recomendar un juego mínimo residual para evitar el riesgo de una precarga excesiva, en especial cuando el método de montaje no es suficientemente preciso.

Recuerde que la elección del ajuste de interferencia correcto depende de la aplicación y de las condiciones de funcionamiento. Normalmente, la reducción del juego no depende del juego inicial ni del valor de juego residual admisible. Por el contrario, debe basarse en las condiciones de funcionamiento y el ajuste de interferencia necesario. La clase de juego radial del rodamiento debe elegirse para obtener el juego radial de funcionamiento correcto (o precarga).

Cuando no está disponible la información acerca de las condiciones de funcionamiento y/o no hay alguien capaz de confirmar que el juego radial residual después del montaje es suficiente, es preferible mantener un juego radial superior al mínimo recomendado por SKF.

Lamentablemente, algunas personas se centran demasiado en el valor de juego mínimo admisible. ¿Tal vez debería ser ignorado?

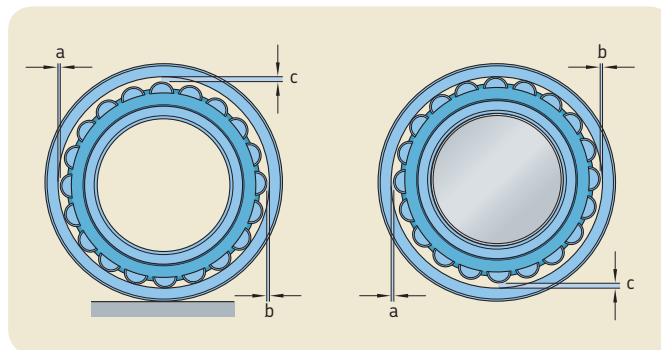


Fig. 8.

Cabe destacar que el valor de juego mínimo admisible no es el juego que se tiene que alcanzar. Si quiere alcanzar ese juego, probablemente se verá obligado a calar el rodamiento mucho más de lo que se recomienda. Por ejemplo, puede ser más del doble del calado máximo recomendado para los rodamientos con clase de juego C5. Esto crearía tensiones elevadas en el aro interior.

Regla número 5: El valor de juego mínimo admisible no es el juego que se tiene que alcanzar. Es un valor mínimo que se indica como una recomendación general.

Al montar un rodamiento de rodillos a rótula en un cilindro secador con el método de la galga de espesores, no pierdo mi tiempo tratando de encontrar el juego radial verdadero. Sé que debo aspirar a obtener una reducción del juego en la mitad inferior del rango recomendado ya que, debido a la carga "ligera", no es necesario un ajuste muy apretado. Además, puesto que se trata de una clase de juego C4, nunca conseguiré un juego radial residual después del montaje inferior al mínimo admisible. Lo importante es lograr la reducción del juego correcta.

De todos modos, si observamos con cuidado las recomendaciones de SKF, veremos que el juego mínimo para un rodamiento C4 menos la reducción máxima de juego recomendada siempre da el juego mínimo admisible. Eso significa que, con un rodamiento de rodillos a rótula de clase C4 o C5, siempre que la reducción del juego esté dentro del rango recomendado, el juego residual después del montaje será siempre superior al mínimo admisible. Por lo tanto, no pierda su tiempo tratando de encontrar el juego verdadero en estos casos.

Regla número 6: Para los rodamientos de rodillos a rótula con clase de juego C4 y C5, solo necesita tener la reducción del juego precisa. No tiene que preocuparse del juego verdadero.

Si no se siente cómodo decidiendo que el juego residual después del montaje pueda ser inferior al mínimo admisible, mejor tómese el tiempo para encontrar el juego verdadero del rodamiento antes de montar.

Encontrar el juego verdadero:

Para poder medir el juego verdadero, el rodamiento tiene que tener sus rodillos en su posición normal de equilibrio. Dicho esto, los aros interiores y exteriores no tienen que estar perfectamente concéntricos si el rodamiento es un rodamiento de rodillos a rótula.

Un problema importante es que el rodamiento es flexible. Se deforma con su propio peso. Esto significa que el juego medido en la

posición de las 12 en punto en un rodamiento en posición vertical en el suelo del taller es inferior al juego medido en la posición de las 6 en punto en el mismo rodamiento colgando de una correa o fijado flojo en un eje. Cuanto más grande sea el rodamiento y más delgada su sección, mayor será la flexión y la variación entre el juego verdadero y el medido.

Para aproximarse al juego verdadero, compruebe el juego en la posición de las 12 en punto (c) de un rodamiento en posición vertical en el suelo, o en la posición de las 6 en punto para un rodamiento colgando de un eje. Luego, mida simultáneamente el juego en la posición de las 3 en punto (b) y de las 9 en punto (a) (→ fig. 8).

La mejor estimación del juego verdadero está dada por la ecuación: $(a+b+c)/2$.

Si los aros fueran perfectamente redondos, $a=b=c/2$. Esta es la razón por la que la fórmula es $(a+b+c)/2$ y no es $(a+b+c)/3$.

Regla número 7: Juego: $(a+b+c)/2$

Algunas personas intentan pasar galgas de espesores largos sobre dos rodillos, uno en cada fila del rodamiento de rodillos a rótula. No me gusta este método y solo lo hago si no tengo acceso a una de las filas. Recomendaría comprobar una fila y luego la otra. Si no encuentro más o menos el mismo juego en las dos filas, giro el aro exterior nuevamente y tomo nuevas mediciones.

Valor de reducción del juego

En el Catálogo General de SKF, SKF no da un solo valor de reducción del juego, sino un rango.

Ejemplo: Rodamiento 23040 CCK/W33. Este rodamiento tiene un diámetro de agujero de 200 mm.

Según la **tabla 1, página 7**, la reducción del juego recomendada se encuentra entre 0,090 y 0,130 mm para tener un ajuste de interferencia suficiente, pero no demasiado, en aplicaciones generales.

Por lo tanto, ¿la reducción debe encontrarse cerca del valor mínimo (0,090) o cerca del máximo (0,130) del rango? Depende de las condiciones de funcionamiento. Veamos nuevamente lo que se explicó sobre el ajuste de interferencia. Dicho esto, si no se conocen las condiciones de funcionamiento, mi consejo es centrarse en la mitad del rango y un poco más arriba (de 0,110 a 0,120 mm) y ser cuidadosos con el juego mínimo admisible.

Regla número 8: La tabla 1 debe considerarse una pauta general que se puede seguir (o no) basándose en las condiciones de funcionamiento conocidas y la experiencia del instalador.

El rango de reducción del juego es válido cualquiera que sea la clase de juego del rodamiento (normal, C3, C4 etc.). La clase de juego del rodamiento se elige basándose en las condiciones de funcionamiento y para un ajuste de interferencia adecuado. El ajuste de interferencia no se elige basándose en la clase de juego.

Algunos creen que el juego debe reducirse a la mitad del juego verdadero. Esto es erróneo y puede dar lugar a fuerzas de calado demasiado elevadas. Esto creará posteriormente tensiones elevadas en el aro interior.

Regla número 9: El rango de reducción del juego es válido cualquiera que sea la clase de juego del rodamiento. Se puede modificar para asegurarse de que el juego residual después del montaje no sea inferior al juego admisible.

Esto significa que, en nuestro ejemplo del 23040 CCK/W33, el 23040 CCK/C3W33 y/o el 23040 CCK/C4W33, el montaje se hará con el mismo rango de reducción del juego (de 0,090 a 0,130 mm), excepto que las condiciones de funcionamiento (o la falta de conocimiento de las condiciones de funcionamiento) nos obliguen a seleccionar un juego superior al mínimo admisible.

Juego mínimo admisible, de la **tabla 1**, para:

23040 CCK/W33	(clase de juego normal)	0,070 mm
23040 CCK/C3W33	(clase C3)	0,100 mm
23040 CCK/C4W33	(clase C4)	0,160 mm

Tenga en cuenta que, en realidad, no nos preocupa el valor mínimo para la clase C4 o C5.

Continuemos con el ejemplo 23040 CCK/W33 para mostrar cómo el juego mínimo admisible puede influir en la reducción del juego.

Si el rodamiento tiene un juego verdadero de 0,210 mm, el juego radial residual después del calado estará entre:

$$0,210 - 0,130 = 0,080 \text{ mm}$$

y

$$0,210 - 0,090 = 0,120 \text{ mm}$$

El valor mínimo del juego residual calculado es 0,080 mm, que es superior a 0,070 mm (el mínimo admisible). Por lo tanto, en este caso, el rango de reducción del juego se mantiene entre 0,090 y 0,130 mm.

Pero si el rodamiento tiene un juego verdadero de 0,170 mm, el juego radial residual después del calado estará entre:

$$0,170 - 0,130 = 0,040 \text{ mm}$$

y

$$0,170 - 0,090 = 0,080 \text{ mm}$$

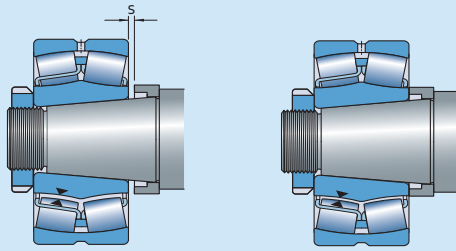
Lamentablemente, el valor mínimo del juego residual calculado es 0,040 mm, que es inferior a 0,070 mm (el mínimo admisible). Por lo tanto, en este caso, el rango de reducción del juego debe cambiarse y reducirse para que esté entre 0,090 y 0,100 mm ($170 - 70 = 100$). El juego residual después del calado estará entonces en un rango calculado inferior, de 0,070 a 0,080 mm.

Ahora que ya se conoce o se ha calculado el rango de reducción del juego, es tiempo de realizar el calado del rodamiento.

No tiene que preocuparse nunca más del valor del juego verdadero. Lo importante es obtener la reducción del juego correcta.

Para el rodamiento 23040 CCK/W33, el juego verdadero es 0,170 mm y la reducción del juego se encuentra entre 0,090 y 0,100 mm. El hecho es que, una vez que el rodamiento está en el eje, si el instalador mide 0,160 mm o 0,180 mm sobre un rodillo después de girar (si es posible) el rodamiento para poner los rodillos en su posición de equilibrio, esto no es un problema.

Si un instalador mide 0,160 mm, el juego residual estará entre:



Diámetro del agujero d		Reducción del juego radial interno		Calado axial ¹⁾ s		Conicidad		Juego radial residual ²⁾ tras el montaje de los rodamientos con el juego inicial			Ángulo de apriete de la tuerca de fijación α
más de	incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	Normal	C3	C4	Conicidad de 1:12
mm		mm		mm				mm			grados
24	30	0,015	0,020	0,3	0,35	–	–	0,015	0,020	0,035	110
30	40	0,020	0,025	0,35	0,4	–	–	0,015	0,025	0,040	120
40	50	0,025	0,030	0,4	0,45	–	–	0,020	0,030	0,050	130
50	65	0,030	0,040	0,45	0,6	3	4	0,025	0,035	0,055	110
65	80	0,040	0,050	0,6	0,7	3,2	4,2	0,025	0,040	0,070	130
80	100	0,045	0,060	0,7	0,9	1,7	2,2	0,035	0,050	0,080	150
100	120	0,050	0,070	0,75	1,1	1,9	2,7	0,050	0,065	0,100	–
120	140	0,065	0,090	1,1	1,4	2,7	3,5	0,055	0,080	0,110	–
140	160	0,075	0,100	1,2	1,6	3	4	0,055	0,090	0,130	–
160	180	0,080	0,110	1,3	1,7	3,2	4,2	0,060	0,100	0,150	–
180	200	0,090	0,130	1,4	2	3,5	5	0,070	0,100	0,160	–
200	225	0,100	0,140	1,6	2,2	4	5,5	0,080	0,120	0,180	–
225	250	0,110	0,150	1,7	2,4	4,2	6	0,090	0,130	0,200	–
250	280	0,120	0,170	1,9	2,7	4,7	6,7	0,100	0,140	0,220	–
280	315	0,130	0,190	2	3	5	7,5	0,110	0,150	0,240	–
315	355	0,150	0,210	2,4	3,3	6	8,2	0,120	0,170	0,260	–
355	400	0,170	0,230	2,6	3,6	6,5	9	0,130	0,190	0,290	–
400	450	0,200	0,260	3,1	4	7,7	10	0,130	0,200	0,310	–
450	500	0,210	0,280	3,3	4,4	8,2	11	0,160	0,230	0,350	–
500	560	0,240	0,320	3,7	5	9,2	12,5	0,170	0,250	0,360	–
560	630	0,260	0,350	4	5,4	10	13,5	0,200	0,290	0,410	–
630	710	0,300	0,400	4,6	6,2	11,5	15,5	0,210	0,310	0,450	–
710	800	0,340	0,450	5,3	7	13,3	17,5	0,230	0,350	0,510	–
800	900	0,370	0,500	5,7	7,8	14,3	19,5	0,270	0,390	0,570	–
900	1 000	0,410	0,550	6,3	8,5	15,8	21	0,300	0,430	0,640	–
1 000	1 120	0,450	0,600	6,8	9	17	23	0,320	0,480	0,700	–
1 120	1 250	0,490	0,650	7,4	9,8	18,5	25	0,340	0,540	0,770	–
1 250	1 400	0,550	0,720	8,3	10,8	21	27	0,360	0,590	0,840	–
1 400	1 600	0,600	0,800	9,1	11,9	22,7	29,8	0,400	0,650	0,920	–
1 600	1 800	0,670	0,900	10,2	13,4	25,4	33,6	0,440	0,720	1,020	–

¹⁾ Válido únicamente para ejes de acero macizo y aplicaciones generales. No válido para el método de calado de rodamientos SKF Drive-up.

²⁾ El juego residual deberá comprobarse en los casos en los que el juego radial interno se encuentre en la mitad inferior del rango de tolerancia y si pueden surgir grandes diferencias de temperatura entre los aros del rodamiento durante su funcionamiento.

Tabla 1. Valores recomendados para la reducción del juego radial interno, el calado axial y el ángulo de apriete de la tuerca de fijación.
Tabla 6, página 711, Catálogo General SKF 6000/1.

$0,160 - 0,100 = 0,060$ mm

y

$0,160 - 0,090 = 0,070$ mm

Si otro instalador mide 0,180 mm, el juego residual estará entre:

$0,180 - 0,100 = 0,080$ mm

y

$0,180 - 0,090 = 0,090$ mm

Estos dos instaladores han realizado la misma reducción del juego y, por lo tanto, el mismo calado con el mismo ajuste de interferencia para el mismo rodamiento.

Regla número 10: Las reglas número 1 y 2 son verdaderamente importantes.

Regla número 11: Durante el calado, el juego verdadero del rodamiento no es importante, sí lo es la reducción del juego elegida y/o calculada.

Algunos puntos importantes

Cuanto más estrecho sea el rango de reducción del juego, con más lentitud deberá calarse el rodamiento sobre su asiento cónico para evitar exceder el valor máximo del rango de reducción del juego. Para evitar fuerzas de calado demasiado elevadas y mover el rodamiento repentinamente durante el calado y superar el valor máximo de reducción del juego, aceitar las superficies deslizantes. La superficie deslizante es la superficie de contacto entre el rodamiento y su asiento. Si el rodamiento se monta sobre un manguito de fijación o un manguito de desmontaje, puede haber una segunda superficie deslizante entre el manguito y el eje, si el manguito se mueve a lo largo del eje durante el calado.

Regla número 12: Aceitar las superficies deslizantes.

Para rodamientos pequeños montados con una arandela de fijación, no calar el rodamiento apretando la tuerca de fijación con la arandela de fijación en su posición. La fricción entre la tuerca y la arandela de fijación puede forzar el giro de la arandela, lo que puede dañarla. La lengua del agujero puede rasgarse, y dejar la tuerca sin bloquear al girar.

Regla número 13: No calar el rodamiento con la arandela de fijación entre el rodamiento y la tuerca de fijación.

Una vez finalizado el calado, no desenroscar la tuerca de fijación ni liberar rápidamente la presión hidráulica. Puede escapar el exceso de aceite en la superficie de contacto. De lo contrario, el rodamiento puede moverse axialmente fuera del cono. Según el tamaño del rodamiento, dejar que el rodamiento se asiente durante 10 o 20 minutos.

Regla número 14: Una vez finalizada la reducción del juego, tómese un descanso.

Si se utiliza una galga de espesores muy gruesos, será difícil conseguir que siga la curvatura de los caminos de rodadura, lo que disminuirá la precisión de la medición del rodillo y el juego. Es mejor utili-

zar dos galgas de espesores más delgadas para tomar las mediciones. Por lo tanto, utilice una galga de 0,300 mm y otra de 0,200 mm en lugar de una de 0,500 mm.

Comprobar el desgaste del rodamiento con una galga de espesores.

No se recomienda comprobar el desgaste de un rodamiento con una galga de espesores.

- 1 Es preciso medir el juego con la misma carga (sentido, intensidad) en el rodamiento. Sometido a carga, el rodamiento se deforma y el juego aumenta. Por lo tanto, es inútil comparar el juego residual del rodamiento después del calado (sin carga) y el juego de un rodamiento con carga en la máquina.
- 2 Debido a la dilatación térmica y/o la carga axial, el aro exterior podría no estar en la misma posición en el soporte y/o el aro interior podría no estar en la misma posición relativa en comparación con el aro exterior entre dos mediciones. Si no se miden los juegos en ambas hileras de rodillos, pueden encontrarse grandes diferencias.
- 3 Las roturas y/o mellas podrían no ser lo suficientemente grandes como para hacer aumentar el juego, pero el rodamiento está dañado.
- 4 No se puede comparar con precisión mediciones realizadas con galgas de espesores si las mediciones las realizan dos personas diferentes.

Conclusiones

El método de la galga de espesores para el montaje de rodamientos con agujeros cónicos es un método antiguo que ha demostrado ser suficientemente preciso para muchas aplicaciones, pero no para todas. Este método se basa principalmente en la experiencia y sensación del instalador. Además, con mucha frecuencia, este método ha sido transmitido oralmente de una persona a otra, lo que aumenta el riesgo de aparición de prácticas incorrectas.

Tratar de encontrar el juego sin mover los rodillos con galgas de espesores es anticuado. Si prueba el método de calado de rodamientos SKF Drive-up o SKF SensorMount, lo comprenderá perfectamente.

El caso del fallo del rodamiento de la criba vibratoria

Sam, el encargado de mantenimiento, realizaba el primero de los varios recorridos diarios de rutina por la fábrica, una planta de producción de celulosa kraft con cinco máquinas. Primero, se dirigió a la zona de pasta cruda sabiendo que la noche anterior se había producido una llamada para reemplazar los rodamientos de la criba vibratoria de línea de rechazo de la separadora de nudos. Quería saber más acerca de las circunstancias antes de la reunión de las 9:00. La mejor manera de hacerlo era visitar el lugar y preguntarle a Marvin.

Marvin era el mecánico de cuidado básico (Basic Care Mechanic, BCM) de la zona. Cada zona de operación de la fábrica tenía un mecánico de tiempo completo que asumía la responsabilidad de monitorear la condición del equipo y afinar el funcionamiento en su caso, por ejemplo, ajustar o apretar los prensaestopas en el flujo de agua, cambiar los filtros de los sistemas de ventilación, etc. Marvin conocía cada pieza del equipo en su zona asignada mejor que nadie en la fábrica, y había más personas como él en todas las otras zonas.

“Buenos días, Marvin”. Saludó Sam a medida que se aproximaba a Marvin en el elevador de pasta cruda. “He oído que tuvo un problema anoche”.

“Es cierto”. Respondió Marvin, buscando establecer contacto visual con Sam. Sam siempre miraba a los ojos, con todos, siempre.

“Entonces, dígame, ¿qué ha pasado?”.

“Otra vez se han perdido los rodamientos de la criba vibratoria de la separadora de nudos”. Respondió Marvin.

Realmente el equipo era una cinta transportadora vibratoria con placas perforadas que transportaba los nudos, los haces de fibras que no pasan por las perforaciones, a un tanque para el refinado adicional o la eliminación. La corriente de pasta cruda que entra en la cabecera de la criba era la línea de rechazos de la separadora de nudos. Las pérdidas de fibra se registraban diariamente y, de ese modo, los administradores de operaciones de diversas zonas lo gestionaban. Este incidente se informaría en la reunión de la mañana.

“Entonces, Marv, ¿cuál supones que fue la causa de las fallas?”.

“No supongo nada. Sé lo que causó las fallas”. Marvin era el tipo de persona que para responder a una pregunta solo tenía dos respuestas, la verdad y el silencio.

“Lo escucho”. Sam había aprendido la manera de persuadir a Marvin para conversar sin provocar su furia. No había sido una tarea fácil, pero sí rápida.

“Fallaron las jaulas”.

“¿Fallaron las jaulas?”.

“Sí”.

“¿Por qué?”.

“Esa es la pregunta correcta”.

“Lo escucho”.

“Eran de latón”.

“¿Qué?”.

“No eran de acero”.

“Esto ya ha pasado antes”.

“Sí”.

“Pensé que ya no volvería a suceder”. Hace varios años, estos mismos rodamientos habían fallado y Marvin se había dado cuenta casi inmediatamente de que los rodamientos suministrados por el almacén tenían jaulas de latón. Los productos cáusticos y el latón no reaccionan bien. Es como chupar un caramelo duro, finalmente no queda nada.

En ese momento, la solución era especificar que este rodamiento nunca debía suministrarse con jaula de latón, únicamente de acero.

“Parece que no fue así”.

“¿Cómo fue que se utilizaron estas?”.

“Llamamos hace un par de semanas”.

“Entonces, ¿esto era lo que había en el almacén?”.

Silencio. “Está bien, Marv, voy a comprobarlo, gracias”.

Ya en su oficina, Sam inicia sesión en el sistema de administración de mantenimiento informatizado (Computerized maintenance management system, CMMS), encuentra la criba vibratoria en la jerarquía y la sube de nivel. En letras grandes y en negrita en la lista de materiales estaba la nota de utilizar solo rodamientos con jaula de acero (identificada realmente por el fabricante).

Sam se dirigió a la pantalla de inventario de almacén y buscó el rodamiento. Las transacciones recientes mostraban un envío recibido del proveedor para recuperar el inventario hasta los niveles de existencias correctos. Sam se dirigió al módulo de compras y encontró el orden de compra para los rodamientos y muchas otras cosas de uno de los proveedores locales de transmisión de potencia. No había ninguna identificación de un fabricante específico de rodamientos.

Durante la reunión de producción de la mañana, el gerente de la planta de producción de pulpa explicó que las pérdidas de fibra eran más altas que de costumbre porque habían fallado los rodamientos de la criba de nudos, otra vez, lo que dio por resultado la derivación del tanque de recirculación de rechazo de nudos. El gerente de la planta miró a Sam para que diera una explicación.

“Parece que la medida que tomamos hace aproximadamente un año no era la solución completa”, dijo Sam, recorriendo la mesa con su vista y haciendo contacto visual con aquellos que miraban hacia atrás. “Habíamos dejado una nota en el registro de activos de que solo se usarían rodamientos de la marca X porque suministran una jaula de acero y no una jaula de latón, que como sabemos, se disuelve en presencia de productos cáusticos. La suposición, obviamente no muy buena, era que cualquiera que trabajara en el reemplazo de los rodamientos por cualquier razón revisaría el registro de activos en el CMMS antes de realizar el trabajo y encontraría esta nota”.

“La otra suposición, otra vez errónea, era que la solicitud de reposición del almacén tendría especificado el fabricante para que el departamento de compras pidiera específicamente esa marca. Eso no sucedió”, continuó Sam. “Parece que tenemos algunos problemas de formación, tal vez una cuestión cultural, y seguiré este tema personalmente, pero también me aseguraré de que se incorpore en el LTA

(programa de análisis de pérdida de tiempo utilizado para el análisis de causa raíz en la fábrica):

Dirigiéndose al gerente de la planta de producción de pulpa, Sam explicó: "Lamento que las pérdidas de fibra hayan sido altas como consecuencia de este fallo y espero que esto no tenga más consecuencias. Me alegro de que no hayamos tenido ninguna parada no planificada, aunque resulta concebible que el mismo error podría haberse dado en un equipo crítico".

"Suficiente, Sam," interrumpió el gerente de la planta, "infórmenos sobre los progresos realizados".

Sam se dio cuenta de que, por lo general, ante las llamadas, eran pocos los mecánicos que se dirigían al CMMS para buscar información sobre el equipo en cuestión. Ellos simplemente iniciaban el trabajo, en este caso, desmontar la cesta de la criba para llegar a los rodamientos, utilizar los restos del rodamiento para identificar el número de pieza (número de rodamiento) e ir directamente al almacén para retirar uno de repuesto.

Sam se dio cuenta de que, aunque había una nota en el registro de activos, no había ninguna nota correspondiente en el registro de inventario de rodamientos que indicara una preferencia por el fabricante.

Sam determinó que la tecnología (CMMS) apoyaría todos estos requisitos y más; sin embargo, el proceso comercial definido simplemente había sido erróneo e incompleto, y la cultura no se había ajustado al nuevo proceso y tecnología correctos.

Como de costumbre, se hubiera necesitado un seguimiento, pero no se había realizado. Una lección aprendida, ahora era necesario aplicar el aprendizaje.

John Yolton está por cumplir 46 años en la industria. Experto veterano de la fabricación de celulosa y papel, que también ha viajado mucho, Yolton actualmente ayuda a clientes internacionales de la industria papelera con estrategias para la mejora de la confiabilidad de activos. Se lo puede contactar escribiendo a la dirección john.yolton@skf.com.



Segmento Global Celulosa y
Papel SKF

Contacto/Editor responsable
philippe.gachet@skf.com

© SKF, CARB y SensorMount son marcas registradas del Grupo SKF.

© Grupo SKF 2011

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 ES - Enero 2011

