



## Contaminación, corrosión y lubricación inadecuada

***“En mi rol de desarrollo del negocio de rodamientos autoalineables en SKF, trabajo con muchos clientes de muy distintos sectores industriales por todo el mundo. Las industrias desempeñan sus procesos de formas diferentes, los equipos y aplicaciones varían, pero un tema común en mis conversaciones con ellos es la necesidad de incrementar la producción y la eficiencia. Creo que, con frecuencia, los sistemas de rodamientos autoalineables pueden hacer un aporte significativo a estas inquietudes.”***

El manejo y montaje inicial tienen una influencia significativa sobre cómo se desempeñan los rodamientos en servicio, en todas las industrias. Esto también es cierto para aquellos rodamientos que son afectados por la contaminación, tanto antes del montaje como cuando están en servicio. En tanto a mis clientes de las industrias minera y metalúrgica les parecería gracioso escuchar que una fábrica

de papel se describa como un entorno severo, el nudo de la cuestión es que un gran porcentaje de rodamientos fallan en forma prematura, en la industria papelera, debido a la contaminación líquida.

Esta edición de Prácticas para Celulosa y Papel de SKF examina los pasos que se pueden dar en esta industria con respecto a la contaminación. Por supuesto, existen una cantidad de opciones, pero los rodamientos autoalineables obturados pueden ser una buena elección cuando la contaminación líquida es un problema. Tales rodamientos se fabrican en el mismo proceso de producción que los abiertos, con pasos adicionales para llenarlos con la grasa adecuada e insertar los sellos. Como están "sellados en fábrica", es extremadamente improbable que se produzca contaminación antes del montaje o durante esta operación. En servicio, ofrecen mayor seguridad contra la contaminación líquida y los problemas resultantes, por corrosión o lubricación inadecuada.

Saludos cordiales,  
Ian Bloxham  
Gerente Global de Desarrollo de Negocios; rodamientos autoalineables  
[ian.bloxham@skf.com](mailto:ian.bloxham@skf.com)  
(T) +44 (0)1582 496329



# Rodamientos de rodillos a rótula obturados

*Esta edición de Prácticas para Celulosa y Papel de SKF se refiere a por qué recomiendo montar rodamientos de rodillos a rótula obturados, cuando es adecuado hacerlo, y si es posible. Esencialmente, me refiero al tema de proteger los rodamientos frente a la contaminación. Por supuesto, hay una gran cantidad de soluciones de sellado posibles, pero se necesitaría un libro para tratarlas todas. Por lo tanto, tomen este artículo como una primera aproximación.*

*Antes de avanzar, debo decir que la gama de rodamientos de rodillos a rótula obturados de SKF crece año tras año. Ahora están disponibles los rodamientos de gran tamaño, tales como los de la serie 231, con agujero de hasta 400 mm (15,748 pulg) que se pueden encontrar en algunas prensas de doble rodillo, prensa de rodillos y prensas de tornillo. Como tal, es tiempo de recordarles que los rodamientos obturados pueden ser una buena manera de incrementar la vida de servicio.*

## Causas principales de fallas de rodamientos

En tanto la lubricación inadecuada es la causa principal de reducción de la vida de los rodamientos en general, no es el caso en las aplicaciones de máquinas de papel. Para las aplicaciones de todas las industrias, se estima que el 90% de los rodamientos supera la vida de los equipos en que están instalados, el 9,5% se reemplaza durante el mantenimiento planificado y el 0,5% falla. De los rodamientos que fallan, 36% falla debido a una lubricación inadecuada y 14% por contaminación líquida o sólida. La situación de los rodamientos en las aplicaciones de máquinas papeleras es totalmente diferente. Muy pocos rodamientos superan la vida de los equipos en que están instalados, alrededor de un 40 a 50% fallan debido a contaminación líquida. Con frecuencia se pueden ver marcas de corrosión en ellos. Aunque estas marcas no se vean, el problema es la lubricación inadecuada debido al contenido demasiado alto de agua en el lubricante.

No siempre es clara la diferencia entre la lubricación inadecuada y la contaminación líquida. Por ejemplo, puede haber suficiente agua en el lubricante como para alterar la película de aceite entre las superficies de los rodamientos, sin crear marcas de corrosión (ver figura 1).

Las propiedades de protección anticorrosión de los lubricantes han mejorado a lo largo de los años y la mayoría de los rodamientos enviados a SKF para analizar llegan sin una muestra de lubricante. Como tal, con frecuencia la lubricación inadecuada solo se puede diagnosticar a partir del daño que se observa. Consecuentemente, mi opinión es que se subestiman las fallas debido a contaminación líquida, especialmente en la industria papeleras.

Después de la contaminación líquida, se considera que la causa más común de las fallas de rodamientos en esta industria es la contaminación sólida por partículas. Habiendo dicho esto, esta conclusión está abierta a la discusión. Permítanme explicar utilizando un ejemplo para mostrar por qué.

Una cantidad de rodamientos dañados se enviaron a SKF o se examinaron durante las visitas a la fábrica en cuestión. La mayoría de ellos fallaron originando paradas no planificadas. Otra parte eran rodamientos de gran tamaño con un alto coste. Como se habían montado en la máquina papeleras, en las prensas de celulosa y en las lavadoras de pulpa, la mayoría de las causas de falla fueron la contaminación líquida y/o la lubricación inadecuada. Firmamos un contrato de mantenimiento con la fábrica, y uno de los indicadores clave de desempeño (KPI) era reducir el consumo de rodamientos.

Para alcanzar el KPI, propuse examinar todos los rodamientos reemplazados con el personal de mantenimiento de la fábrica. Como hubo tantos rodamientos para inspeccionar, decidimos hacer inspecciones rápidas en la mayoría, e informes sobre Causa Raíz de Fallas (RCFA) de unos pocos. Acordamos que la fábrica guardaría, en buenas condiciones, todos los rodamientos reemplazados, con detalles del rodamiento, aplicación y la causa del reemplazo.

*Fig. 1 El camino de rodadura de este rodamiento de la prensa de rodillos de la sección húmeda muestra tensión superficial y descascarillado. La causa es la lubricación inadecuada. La grasa remanente en la jaula parece haberse contaminado con agua, lo que lleva a la conclusión de que la lubricación inadecuada es la consecuencia de la contaminación líquida. Si no hubiera presencia de grasa, es probable que el análisis hubiera sido, de manera incorrecta, la lubricación inadecuada.*

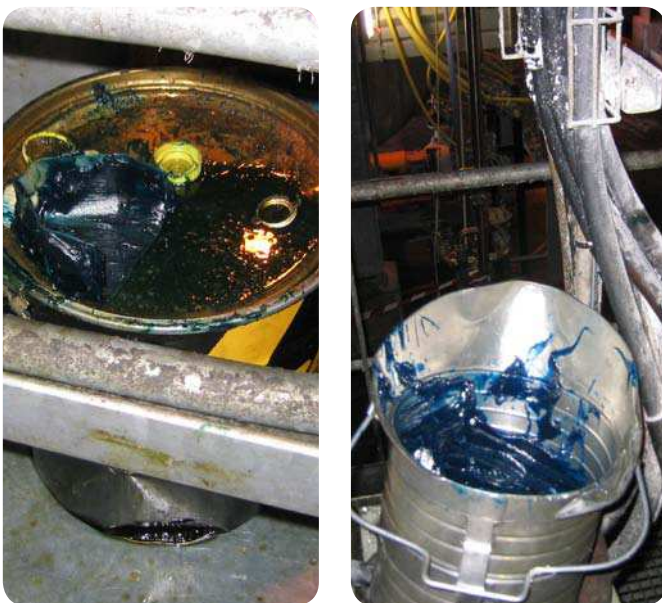


Antes de suscribir el contrato, la mayoría de los rodamientos que examiné hubieran sido sencillamente reemplazados y descartados sin ningún análisis de daños. Se estableció muy rápidamente que la mayoría de los rodamientos presentaban daño en sus caminos de rodadura debido a la contaminación sólida. Al profundizar la investigación, se mostró que una gran proporción se había contaminado con partículas sólidas, ya sea durante el montaje o cuando se lubricaron. Algunos se habían contaminado mientras estaban almacenados (ver **figura 5**).

**Fig. 2** Es difícil limpiar bien los bancos de trabajo de madera.



**Fig. 3 y 4** Un frasco de plástico cortado utilizado para transferir grasa de su tambor original a un balde que se usa para lubricar rodamientos abiertos.



Tomamos varias medidas para tratar de mejorar la situación:

- 1 Se colocó acero inoxidable sobre el banco de trabajo de madera en el que se montaban las bombas, las cajas de engranajes y otros equipos, para facilitar la limpieza (ver **figura 2**).
- 2 Las puertas del taller se modificaron para evitar que las corrientes de aire llevaran polvo.
- 3 Se reemplazaron las herramientas sucias e inadecuadas (ver **figuras 3 y 4**).
- 4 Se capacitó de manera específica sobre limpieza del taller al equipo de mantenimiento.

El consumo de rodamientos disminuyó como resultado de estas acciones, pero aún había algunos rodamientos reemplazados debido a contaminación sólida o líquida durante la operación. Esto se debió a la falta de eficiencia de sellado.

Por lo tanto, ¿qué más podemos hacer para reducir el daño de rodamientos debido a la contaminación? Existe una variedad de opciones, cada una con sus pro y sus contra, según mi experiencia.

## Condiciones de almacenamiento

La cuarta edición de Prácticas para Celulosa y Papel de SKF incluía alguna información al respecto. Específicamente, que el área de almacenamiento debe estar limpia, seca y sin corrientes de aire. Agregaría también que los rodamientos se deben guardar en forma plana, en un entorno libre de vibraciones.

¿Qué significa 'seco'? Significa que la humedad relativa recomendada debe ser inferior al 60%, con un pico aceptado de 65%. Esta pauta se basa en saber que el acero del rodamiento, sin protección, comenzará a corroerse a una humedad relativa de 50%, que la corrosión se acelera cuando se incrementa la humedad, y será más rápida cuando la humedad supera el 75%.

También es importante la fluctuación de la temperatura. Cuando se trasladan rodamientos embalados entre locaciones diferentes, es

**Fig. 5** Rodamiento guardado sin protección contra el polvo.



probable que la temperatura varíe. El aire confinado en el embalaje del rodamiento difiere al del exterior, en el sentido que su contenido de agua cambia mucho más lentamente, en tanto los cambios de la temperatura exterior tienen efecto inmediato. Si desciende la temperatura del embalaje, la humedad relativa interior se incrementará. Por ejemplo, si un rodamiento embalado se guardó durante mucho tiempo a 30 °C (86 °F) y a 50% de humedad relativa y se traslada a un lugar en que la temperatura es de solo 20 °C (68 °F), la humedad relativa alcanzará el 100% y el agua se puede condensar dentro del embalaje. Por el contrario, si se traslada un rodamiento embalado de un entorno fresco a uno cálido, puede ocurrir condensación sobre la superficie de acero relativamente fría. Por eso, la recomendación de SKF es conservadora, es decir, una fluctuación máxima de temperatura en la sala de almacenamiento de 3 °C (5,4 °F) cada 48 horas.

Seguir estas recomendaciones sobre fluctuación de temperatura y humedad relativa ayudará a evitar las marcas de corrosión.

En teoría, evitar la contaminación sólida es sencillo. Simplemente, ¡no abrir el embalaje del rodamiento hasta que sea el momento de montarlo! Digo que en teoría es sencillo porque, en realidad, el personal de la fábrica de papel con frecuencia abre el embalaje para controlar que el rodamiento sea el mismo que necesita reemplazarse, o que la designación impresa en la caja es la correcta. En la práctica, muchos rodamientos se abren y luego se regresan al almacenamiento para usarlos más tarde. Otro problema son los rodamientos en buenas condiciones que se desmontan y se almacenan otra vez. Es necesario limpiarlos y protegerlos frente a la corrosión y a la contaminación sólida. Escribiré más sobre el tema en una futura edición de las Prácticas para Celulosa y Papel de SKF.

Lo que se puede afirmar con certeza es que los rodamientos con sellos integrados cuentan con protección contra el polvo. Por lo menos, en lo que respecta a sus superficies internas.

## Condiciones de montaje

¿Puedo agregar algo con respecto a que los rodamientos se deben montar en un entorno limpio y libre de corrientes de aire, en la medida de lo posible? Sí, pero la vida real muestra que a veces hay que hacer lo mejor posible para evitar que los rodamientos se contaminen en entornos y marcos temporales que, si hubiera posibilidad, no se hubiesen elegido. Las personas no siempre ayudan, porque tienen poca idea de que una partícula de bronce de 0,1 mm (0,004 pulg) puede reducir la vida de un rodamiento de 500 kg (1 100 lb) por un factor de 10.

A veces, montar rodamientos en condiciones inferiores a las ideales es malo para la moral del ingeniero que calculó la vida nominal del rodamiento teniendo en cuenta el factor de contaminación. No es necesario estar en medio de una tormenta de arena para que sea un entorno severo para los rodamientos. Podría estar montando un rodamiento en la sección húmeda mientras alguien está trabajando cerca, o cambiándolo en el piso de un taller sucio y las puertas se abren para que refresque.

El peor caso que tuve que enfrentar fue durante mis días en la industria minera, montar un rodamiento sobre una criba vibratoria en una cantera. Dos hombres de la cantera sostenían una sábana de plástico para tratar de protegerme, a mí y al rodamiento. Recuerdo que en ese momento deseé que el rodamiento tuviera sellos integrados.

## Durante la operación

Los rodamientos en funcionamiento se deben proteger frente a la contaminación que podría atravesar el conjunto de sellado del soporte. Esta contaminación podría ser:

- 1 Sólida y líquida, tal como fibras en el proceso de fabricación de pasta (ver figura 6)

*Fig. 6 Fibra que se fuga del sello de prensaestopas de una lavadora de pasta. Nótese la protección adicional frente al soporte, para proteger al sello del soporte.*



*Fig. 7 Entorno de alta humedad de un rodillo tensor de la sección de conformación de una máquina papelera. La grasa en el sello laberíntico detiene el ingreso del agua del proceso al soporte del rodamiento.*



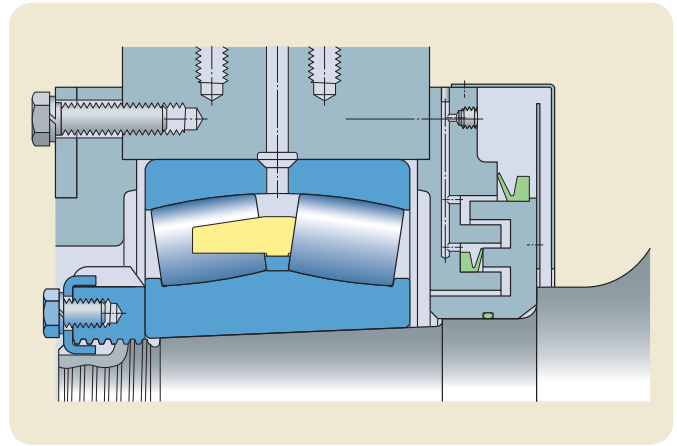
- 2 Líquida, como el agua del proceso en la sección de conformación (ver **figura 7**)
- 3 Solo sólida

El primer paso es excluir la contaminación del soporte. No voy a escribir sobre las distintas disposiciones de sellos que ofrece SKF, sino que me referiré a algunas consideraciones basadas en mi experiencia personal.

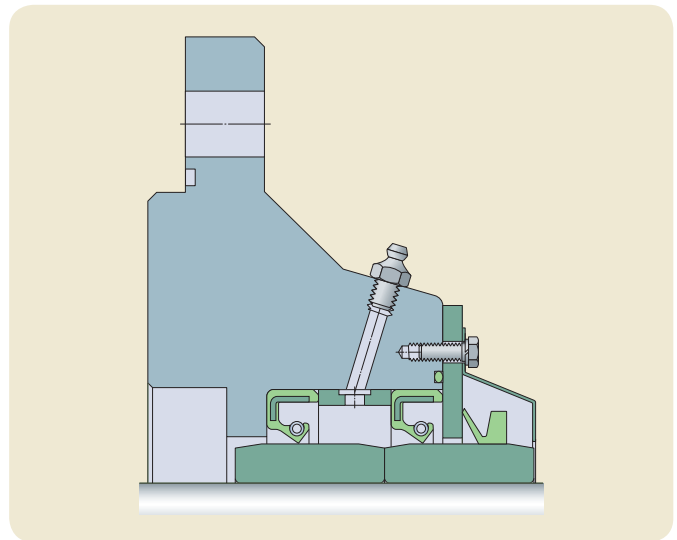
Es necesario que los conjuntos de sellos sean eficientes y confiables. Ello depende de la posible contaminación y de la vida que se requiere de la disposición de sellos. 'Vida' significa cuánto tiempo esa disposición evita que la contaminación alcance al rodamiento. Una pequeña contaminación puede atravesar el sello y aun considerarse aceptable si no se reduce dramáticamente la vida de servicio del rodamiento. Por ejemplo, puede entrar un poco de agua del proceso al soporte del rodamiento de un rodillo de succión, siempre que después se elimine rápidamente mediante el aceite lubricante y separadores de agua eficientes. De manera similar, si la grasa nueva insertada durante la lubricación purga la grasa usada y contaminada del rodamiento y sello.

Cada diseño de sello tiene ventajas y desventajas. No es fácil tener sellos de alto rendimiento sin crear fricción y/o una disposición de sellos complicada. Los factores tales como fricción y costo tienden a limitar la eficiencia de sellado. Sin embargo, tengo mis propias reglas basadas en mi experiencia:

- 1 Trate de evitar los sellos de fricción siempre que sea posible. Nótese que uso anillos en V (V-Rings) como deflectores, o como una clase de válvulas unidireccionales (ver **figura 8**).
- 2 Es mejor agregar varias barreras pequeñas para proporcionar protección en cascada, y no una solo barrera de alto rendimiento (ver **figura 9**). La idea subyacente es que una barrera siempre puede fallar, especialmente si hay fricción y, por lo tanto, desgaste.
- 3 El lubricante, como una grasa, se puede considerar una barrera.



**Fig. 8** Adición de una tapa, un disco rotativo y un anillo en V en un rodillo de succión.



**Fig. 9** Ejemplo de disposición de sellos para entornos severos.

**Fig. 10** SEAL JET de SKF puede mecanizar sellos poliméricos en formas y dimensiones a medida para adecuarse a la aplicación del cliente. Con frecuencia se utiliza como alternativa en los casos en que agregar un sello estándar para incrementar la eficiencia de sellado requiere modificaciones costosas.



- 4 Recuerde que es necesario que el labio o los labios en los sellos de labio para ejes rotativos deben estar lubricados y que tienen un efecto de bombeo.
- 5 El exceso de grasa de un rodamiento siempre debe poder salir para evitar el sobrecalentamiento. Hay excepciones para rodamientos de rotación muy lenta.
- 6 Las disposiciones de sellos deben utilizar sellos estándar, componentes sencillos tipo “hágalo usted mismo”, como lo son tapas o discos rotativos, o sellos mecanizados de fabricación rápida como los que provee SKF Economos (ver **figura 10**).
- 7 Con los sellos de labio de ejes rotativos, el asiento del labio debe ser sencillo de reparar (por ejemplo, con un manguito de desgaste delgado como el SPEEDI-SLEEVE de SKF), o de cambiar. Si el asiento del labio es un manguito, tiene que tener un ajuste lo suficientemente apretado como para que no gire con el labio y para evitar que el líquido ingrese por debajo del agujero del manguito. Para evitar que el líquido pase debajo del manguito, se puede utilizar una junta tórica (O-Ring) o pasta de sellos. La fricción del labio sobre el manguito puede incrementar la temperatura del manguito y hacer que se expanda en forma radial.

Por lo tanto, cuando se pueden evitar los sellos de fricción, hágalo. La **figura 11** muestra un ejemplo con cuatro barreras: una tapa que protege al sello laberíntico, un sello laberíntico rotativo que actúa como un disco y deflecta la contaminación líquida, un sello laberíntico lleno de grasa, y grasa entre el rodamiento y el sello laberíntico.

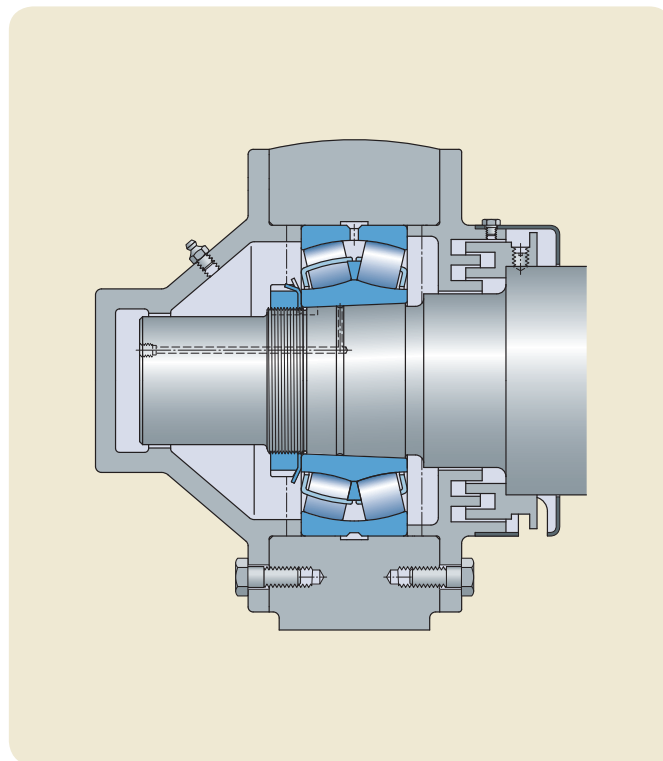
Si esto no es suficiente, sería posible agregar anillos en V. La **figura 8** muestra un viejo rodillo de succión cuya disposición original de sellado era solo una obturación laberíntica llena de grasa. Después de algunas fallas de rodamientos debido a contaminación líquida, se hicieron las siguientes modificaciones:

- 1 Se agregó una tapa hecha por la fábrica de papel y un disco fabricado en chapa de acero inoxidable.
- 2 Se agregaron anillos en V que permitieron la salida del exceso de grasa del rodamiento, y evitaron que ingresara la contaminación y/o la grasa contaminada del sello laberíntico, al soporte del rodamiento.

Nótese que hay una junta tórica entre el eje y el sello laberíntico rotativo, dado que el agua puede pasar entre estos dos debido a errores de conformación.

En algunos casos se requieren sellos de fricción. Por ejemplo, en las aplicaciones de la prensa de pasta. Mi disposición de sellos favorita para entornos severos es similar a la que aparece en la **figura 9**. Están colocados en tándem dos sellos de labio rotativos, con los labios orientados hacia afuera, para permitir que salga el exceso de grasa. A medida que sale la grasa, lubrica el labio del sello y expulsa la contaminación. Se introduce grasa nueva entre los dos sellos de labio rotativos.

Tales disposiciones se utilizan con frecuencia para aplicaciones de baja velocidad. Con ellas, los rodamientos no necesariamente se tienen que lubricar con la misma frecuencia que los sellos. Así, pueden ayudar a reducir el consumo de grasa. También permite utilizar diferentes grasas para los rodamientos y las disposiciones de sellos. Por ejemplo, se podría utilizar una grasa de alta viscosidad con aditivos sólidos tal como la LGEV 2 de SKF para los rodamientos, en tanto se podría utilizar la LGHB 2 de SKF, que tiene buena estabilidad mecá-



**Fig. 11** Soporte de rodamiento de rodillo tensor sin sello de fricción.

nica cuando se mezcla con agua y muy buenas propiedades anticorrosión, para la disposición de sellos.

En esta disposición, el anillo en V y la tapa actúan como deflectores para minimizar la contaminación que alcance al sello de labio de eje rotativo derecho, que podría incrementar el desgaste del sello. Es un buen ejemplo del principio de barrera en cascada. La tapa protege al anillo en V, que protege a los sellos de labio de la derecha, que protegen a la grasa, que protege al sello de labio izquierdo. Los manguitos de desgaste se montan con un ajuste apretado suave y pasta de sellos.

**Fig. 12** Rodamiento Solid Oil de SKF.





**Fig. 13** Rodamiento Solid Oil después de 8 meses de funcionamiento en un rodillo de fieltro con agua en el soporte. En la fotografía superior se puede observar el nivel de agua en el soporte, debido a la corrosión en la cara lateral del aro exterior.

Sin embargo, ¿qué sucede si la contaminación pasa a través del soporte del conjunto de sellos?

Bien, si es un rodamiento abierto, tendrá que confiar en el lubricante que lo rodea para que excluya la contaminación. Una solución es el aceite recirculante con buenos filtros y separadores de líquidos, pero usted puede hacer algo más que solo confiar en el lubricante.

En casos de contaminación sólida, SKF puede ofrecer un rodamiento totalmente relleno con una matriz polimérica saturada con aceite, llamada Solid Oil de SKF (ver **figura 12**). Como todo el espacio libre del rodamiento se llena con el polímero, la contaminación sólida no puede ingresar. Dado que el polímero llena por completo el espacio libre del rodamiento, la velocidad se limita y la fricción de arranque es mayor que con grasa o aceite. Para los rodamientos de rodillos a rótula tipo E, el límite ndm es 42500 y para los del tipo CC es 85000.



**Fig. 14** Rodamiento de rodillos a rótula HNCR para la sección húmeda de una máquina de papel. Fotografía tomada para Prácticas para Celulosa y Papel de SKF antes de embalar y enviar al cliente, a principios de este año.

Nótese que  $ndm = \text{velocidad} \times \text{diámetro medio del rodamiento}$  (ver **edición 7** de *Prácticas para Celulosa y Papel de SKF*). La temperatura se limita también a 85 °C (185 °F) en condiciones de funcionamiento continuo. Por lo tanto, la solución Solid Oil es perfecta en las aplicaciones de rotación lenta con presencia de polvo, tales como manejo de materiales, o en la planta de conversión.

Aunque no están recomendados para los entornos húmedos, hemos probado los rodamientos Solid Oil en aplicaciones de rodillo de fieltro. Se montaron tres rodamientos de rodillos a rótula en un rodillo de fieltro en Francia en diciembre de 1992. El cliente entendía que no había necesidad de llenar el soporte con grasa. Es posible que yo no fuera lo suficientemente preciso con respecto a que la grasa en el soporte protegería al rodamiento frente al ingreso de agua y la posible corrosión de las superficies exteriores de los aros y el agujero del soporte. Los rodamientos se desmontaron en agosto de 1993 después de que funcionaran en un baño de agua del proceso. Puede verse el nivel de agua según la corrosión de la cara lateral del aro exterior en la **figura 13**. Fue un éxito, aunque propongo Solid Oil con precaución después de que un cliente se quejó de que el rodillo no giraba en el arranque y que el fieltro se deslizaba sobre el rodillo. El ángulo de abrace del fieltro sobre el rodillo era demasiado pequeño, y provocaba baja carga de contacto entre fieltro y rodillo. Los rodillos de fieltro se pueden colocar en varias posiciones, de modo que existe riesgo de que un rodillo de fieltro provisto con Solid Oil se coloque en una posición donde la carga de contacto entre fieltro y rodillo es demasiado baja. Recomiendo que los rodamientos de rodillos a rótula Solid Oil tengan una carga mínima igual a 0,02 Co (Co = carga básica estática nominal).

Además de la fricción, la temperatura y las restricciones de velocidad, Solid Oil tiene otra desventaja. No se puede relubricar. Es un rodamiento lubricado de por vida y no es un rodamiento estándar. Entonces, ¿hay otras opciones? Sí las hay.



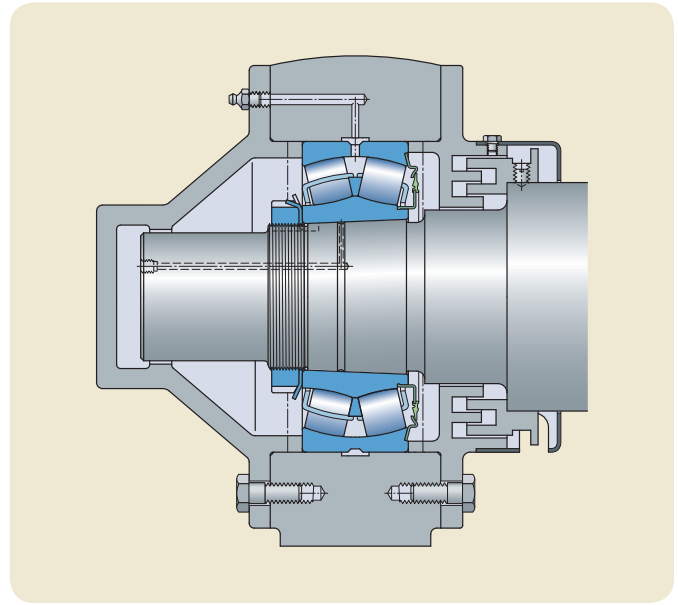
**Fig. 15** Rodamientos de rodillos a rótula obturados SKF.

Con contaminación líquida que causa corrosión, una idea es montar un rodamiento de acero inoxidable. SKF tiene una gama de nueve rodamientos de rodillos a rótula que cubren los tamaños más usuales de rodamientos para rodillos de fieltro y tensores. Estos rodamientos no se fabrican con acero inoxidable 440C, sino con un acero inoxidable limpio y altamente resistente a la corrosión, debido al agregado de nitrógeno. Este acero inoxidable se llama HNCR, como se indica en la designación del rodamiento, y el rodamiento lo produce MRC que es parte del Grupo SKF (ver **figura 14**).

Se decidió crear una gama de rodamientos para rodillos de fieltro y tensores después del éxito en una fábrica de papel en los Estados Unidos de Norteamérica. Los rodamientos anteriores tenían una vida de servicio promedio de 36 meses debido al ingreso de agua del proceso. Se reemplazaron por rodamientos de rodillos a rótula HNCR y se modificó levemente el diseño del sello exterior. Estos rodamientos alcanzan ahora una vida de servicio de siete años

Como la corrosión por inactividad -que sucede cuando se detiene una máquina de papel para su mantenimiento- es una de las causas principales de falla de rodamientos, estos rodamientos HNCR pueden considerarse una buena solución. Habiendo dicho esto, debemos recordar que si ingresa al rodamiento contaminación líquida, hay riesgo de lubricación inadecuada y corta vida de servicio. Este rodamiento es también menos sensible cuando su embalaje se somete a condensación. Sin embargo, el costo y la gama pequeña limitan el uso de estos rodamientos de acero inoxidable de alta calidad en las fábricas de papel.

Otra alternativa, que considero la mejor, es utilizar rodamientos obturados (ver **figura 15**). Todos conocen los rodamientos rígidos de bolas obturados, pero la mayoría desconoce que SKF posee la



**Fig. 16** Rodamiento de rodillos a rótula obturado tipo Celia en un rodillo de fieltro. En este caso específico hay solo un sello. El sello está diseñado para permitir purgar el exceso de grasa. La grasa purgada empuja fuera la contaminación de los sellos laberínticos y actúa como una barrera frente a más contaminación. Aun si la contaminación ingresa al soporte del rodamiento, tendrá dificultades para entrar al rodamiento en sí.

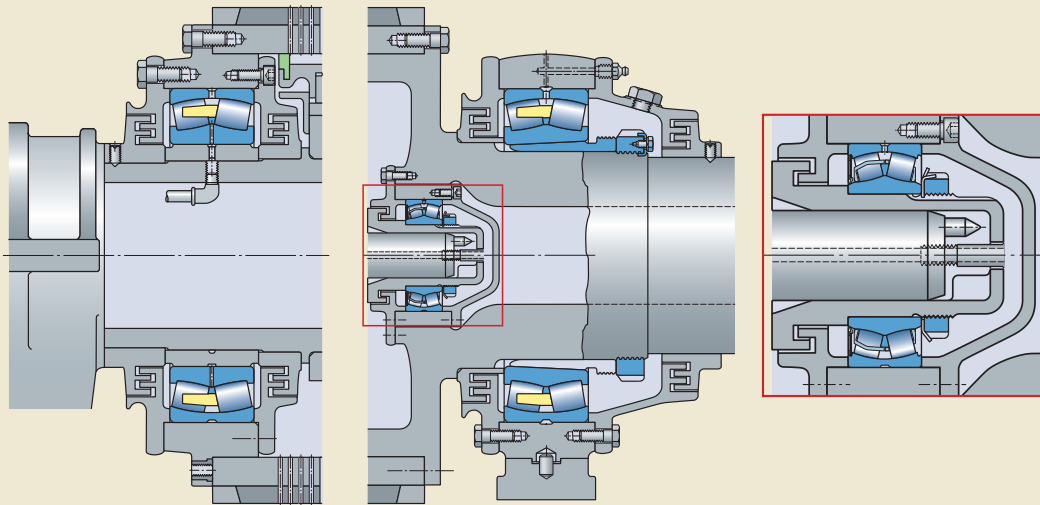
mayor gama de estos rodamientos con agujeros que van desde los 25 mm (0,984 pulg) hasta 400 mm (15,748 pulg). Como el rodamiento Solid Oil, el rodamiento de rodillos a rótula obturado está protegido contra la contaminación mientras está almacenado, cuando se desembala y durante el montaje. Sin embargo, es un rodamiento estándar que puede funcionar más rápido con menor fricción, y se puede relubricar. Puede encontrar información técnica sobre estos rodamientos en el Catálogo General de SKF, o en el sitio web ([www.skf.com](http://www.skf.com)).

El hecho de que no es posible medir el juego radial interno con una galga de espesores para los efectos del montaje no debe constituir una preocupación. Por lo general, SKF recomienda el Método Drive-up de SKF (ver la **edición 3**) de las Prácticas para Celulosa y Papel de SKF), que es muy superior al método de galga de espesores.

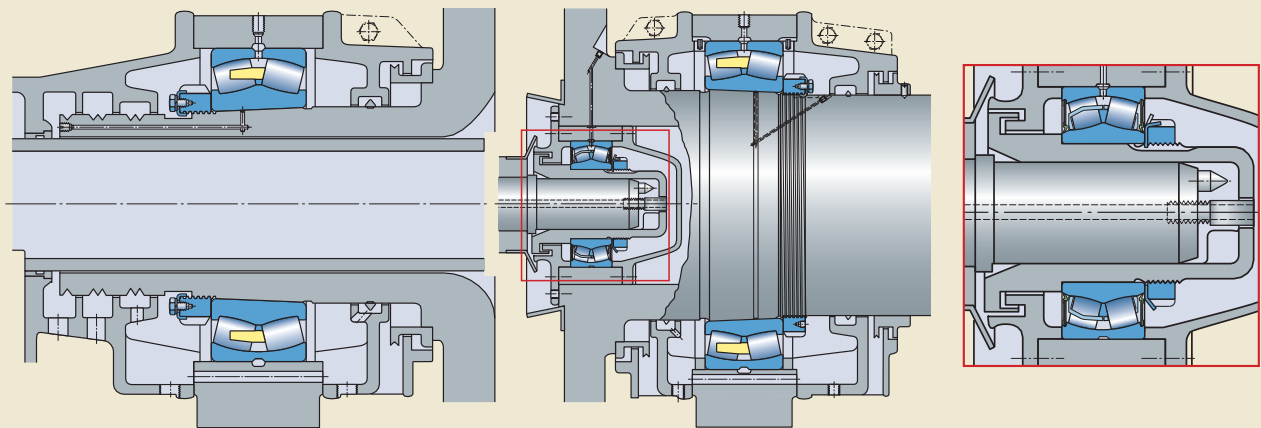
La primera vez que vi un rodamiento de rodillos a rótula obturado era un SKF, cuyo código era Celia. Fue cuando comencé a trabajar en SKF hace alrededor de 23 años. Ese rodamiento de rodillos a rótula obturado tenía dimensiones ISO, y como había poco espacio para el sello dado que en algunos casos, podía tocar la jaula o los rodillos, era necesario que el sello sobresaliera. Los rodamientos se podían entregar con un sello a cada lado, o solo un sello en un lado. Una de sus primeras aplicaciones fue para los rodillos de fieltro (ver **figura 16**).

Los clientes de la industria papelera estaban satisfechos, porque la vida de servicio de estos rodamientos obturados era mayor. Sin embargo, los principales clientes eran las acerías, que se quejaron por los sellos que sobresalían porque se podían dañar durante el manipuleo. La segunda generación de rodamientos de rodillos a rótula obturados no tenía sellos que sobresalieran. Algunos roda-





**Fig. 17** Rodamiento de rodillos a rótula interno en rodillo de succión, con un sello en un lado (el otro se retiró durante el montaje). La grasa puede atravesar el rodamiento.



**Fig. 18** Rodamiento de rodillos a rótula interno en rodillo de succión, con un sello en cada lado. Este rodamiento se lubrica a través de los orificios de lubricación y la ranura de lubricación de su aro exterior.

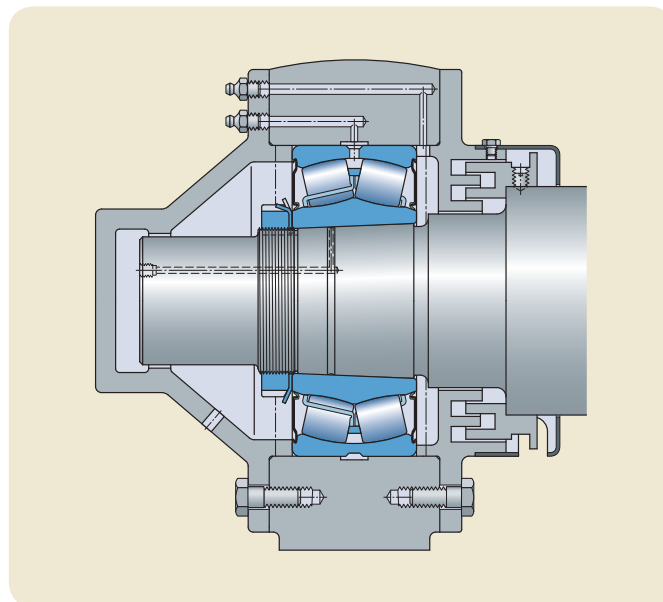
mientos, principalmente del tipo CC, podían integrar los sellos sin incrementar su ancho. Se trata de rodamientos de gran tamaño y de tamaño mediano, que se pueden encontrar en muchas aplicaciones y que por sus dimensiones, son intercambiables con los rodamientos abiertos. Se pueden encontrar en soportes estándar en los parques de madera, las prensas de pasta, en algunas aplicaciones de máquinas de papel (por ejemplo, rodamientos internos del rodillo de succión – ver **figuras 17 y 18**), en devanadoras y en la planta de conversión.

Los rodamientos más pequeños con mayor capacidad de transporte de carga (SKF tipo E) no tienen mucho espacio para los sellos y deben tener aros más anchos. Esto significa que si un cliente reemplaza un rodamiento abierto podrían necesitarse algunas modificaciones. Por ejemplo, la **figura 19** muestra un rodamiento obturado más grande montado en lugar de los rodamientos que se muestran en las **figuras 11 y 16**. En este caso, hubo que modificar las tapas del soporte y el eje.

En la mayor parte de las aplicaciones, los sellos de los rodamientos de rodillos a rótula obturados se utilizan para ofrecer una última barrera frente a la contaminación. La literatura de SKF con frecuencia habla del “Concepto de Triple Barrera”. La primera barrera es la disposición de sellos del soporte. La segunda barrera es la grasa colocada entre el rodamiento y la disposición de sellos del soporte, y la última barrera son los sellos integrados al rodamiento. Por supuesto, esto sigue mi regla número dos relativa a agregar barreras pequeñas con protección en cascada.

Como los rodamientos rígidos de bolas obturados montados en cajas de engranaje automotriz, los rodamientos de rodillos a rótula obturados se pueden montar en cajas de engranaje industriales lubricadas con aceite. El aceite de las cajas de engranaje puede contener contaminación sólida pesada. Los sellos integrados eventualmente dejarán pasar algo de aceite, pero la contaminación sólida se excluye del rodamiento.

Para cerrar, espero haberles dado algunas ideas sobre cómo reducir el consumo de rodamientos debido a la contaminación, y sobre los rodamientos de rodillos a rótula obturados, un producto estándar ampliamente disponible y que puede ser una manera económica de incrementar la vida de servicio de los rodamientos. Prácticas para Celulosa y Papel de SKF tiene una cantidad limitada de páginas y no puedo profundizar tanto como me hubiera gustado. Así que, para mayor información técnica sobre sellos, Solid Oil y rodamientos de rodillos a rótula obturados consulte el Catálogo General de SKF o el Catálogo de Sellos Industriales de SKF. Para más información sobre los rodamientos HNCR, contacte a SKF y pida la publicación M890-600, “Rodamientos de rodillos a rótula resistentes a la corrosión”.

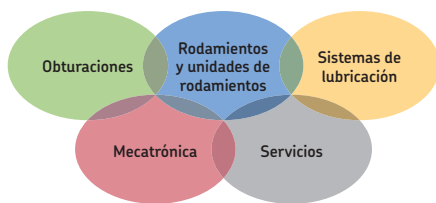


**Fig. 19 Rodamiento de rodillos a rótula obturado en una aplicación de rodillo de fieltro. Es más ancho que el rodamiento ISO estándar. Se retienen los sellos a ambos lados para evitar la contaminación durante el montaje. El exceso de grasa en el rodamiento se puede purgar de cualquiera de los dos lados. En esas aplicaciones, más que relubricar el rodamiento, se utilizan intervalos cortos de relubricación para empujar la contaminación fuera del soporte. Con tal disposición, es posible seleccionar la grasa más adecuada para el rodamiento, y una grasa distinta para que actúe como barrera frente al agua del proceso. Nótese el agregado de una junta tórica debajo de la parte rotativa del sello laberíntico.**



Atentamente,  
Philippe Gachet  
Consultor técnico senior  
[philippe.gachet@skf.com](mailto:philippe.gachet@skf.com)





### El poder del conocimiento industrial

Gracias a una combinación de productos, personal y conocimientos específicos sobre aplicaciones, SKF proporciona soluciones innovadoras a los fabricantes de equipos y centros de producción de las principales industrias del mundo. La experiencia de SKF en múltiples sectores nos permite ofrecer el programa de Gestión del ciclo de vida, un método de eficacia probada para mejorar la fiabilidad del equipo, optimizar la eficiencia energética y operativa y reducir el coste total de propiedad.

Somos especialistas en rodamientos y unidades de rodamientos, obturaciones, sistemas de lubri-

cación y mecatrónica, además de ofrecer una amplia gama de servicios que van desde el diseño informático en 3D hasta la monitorización de estado avanzada y sistemas de fiabilidad y gestión de activos.

La presencia global de SKF garantiza a nuestros clientes unos niveles de calidad uniformes y la disponibilidad universal de los productos. Nuestra presencia local proporciona acceso directo a la experiencia, conocimientos e inventiva del personal de SKF.

Segmento Celulosa y Papel  
Global de SKF

Contacto/Editor responsable  
philippe.gachet@skf.com

© SKF es una marca 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 11147/7 ES · Septiembre 2013

