

Comportamiento irregular en servicio como indicio de averías

Reconocimiento subjetivo de daños · Control de los rodamientos con ayuda de medios técnicos

1 Comportamiento irregular en servicio como indicio de averías

Generalmente, las averías de los rodamientos se ponen de manifiesto por un empeoramiento paulatino del comportamiento en servicio. Son poco frecuentes los daños causados, por ejemplo, por defectos de montaje o por la falta de lubricante, que den lugar a una detención inmediata de la máquina. Según las condiciones de servicio, desde el inicio del deterioro hasta el fallo efectivo transcurren desde algunos minutos hasta, según las circunstancias, incluso meses. El tipo de control de los rodamientos depende del empleo y de las repercusiones de una avería del rodamiento sobre el funcionamiento de la máquina.

1.1 Reconocimiento subjetivo de daños

En la mayoría de aplicaciones de rodamientos, para evitar daños mayores es suficiente con que el personal de servicio preste atención a los rodamientos por si se produjese una marcha irregular o ruidos inusuales; véase tabla de la figura 1.

1.2 Monitorización de rodamientos con ayuda de medios técnicos

Los rodamientos cuyos daños representan un riesgo para la seguridad o que pueden dar lugar a una pérdida de producción relativamente importante requieren, a diferencia del caso anterior, una vigilancia minuciosa y continuada. Constituyen ejemplos a este respecto las turbinas de los aviones o las máquinas papeleras. En estos casos, para que el tipo de control sea fiable deberá estar orientado al tipo de daño que se puede esperar.

1.2.1 Daños de gran superficie

El requisito fundamental para un funcionamiento sin problemas consiste en proporcionar el suficiente lubricante limpio. Las condiciones desfavorables se pueden detectar del modo siguiente:

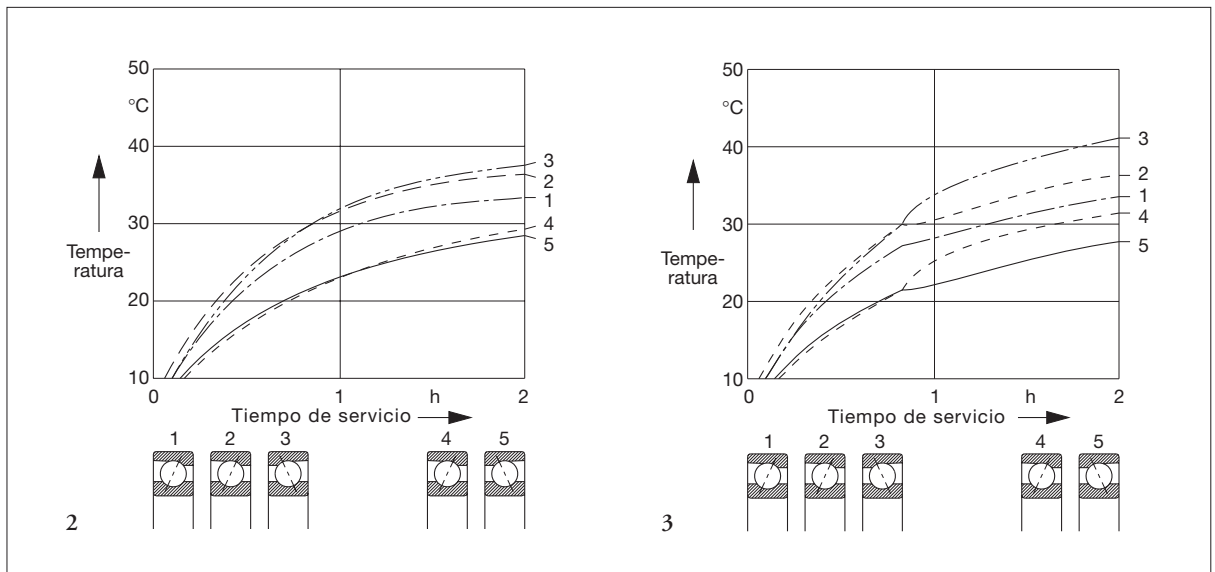
1: Reconocimiento de daños por el personal de servicio

Comportamiento en servicio	Posibles causas	Ejemplos
Funcionamiento irregular	Deterioro de los aros y elementos rodantes Contaminación Juego excesivo del rodamiento	Automóviles: Oscilación creciente de las ruedas Aumento del ladoo Sacudidas de los elementos de dirección Ventiladores: Vibración de intensidad creciente Sierras: Choques y golpes de intensidad creciente en los tirantes
Disminución de la precisión de trabajo	Desgaste a consecuencia de contaminación o de lubricación insuficiente Deterioro de los aros y elementos rodantes Variación del ajuste (juego o precarga)	Torno: Aparición progresiva de marcas de vibraciones en la pieza mecanizada Rectificadoras: Aspecto ondulado de la superficie rectificada Tren de laminación en frío: Aparición de defectos superficiales, generalmente periódicos, en el material laminado, como sombreados, huellas onduladas, y otros fenómenos similares
Ruido de servicio inusual: Ruido ululante o silbante Ruido en forma de ronquido o irregular Variación paulatina del ruido de servicio	Insuficiente juego interno de servicio Excesivo juego interno de servicio Daños en las superficies de los rodillos Contaminación Lubricante inadecuado Variación del juego interno de servicio por influencia de la temperatura Caminos de rodadura dañados (p.ej. por contaminación o fatiga)	Motores eléctricos Engranajes (en los engranajes, los ruidos de los rodamientos son difícilmente reconocibles, porque predomina por lo general el ruido de las ruedas dentadas)

Comportamiento irregular en servicio como indicio de averías

Control de los rodamientos con ayuda de medios técnicos

- 2: Evolución de la temperatura en el caso de una máquina herramienta con apoyo de husillo principal en perfecto estado
Condición del ensayo: $n \cdot d_m = 750\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$.
- 3: Evolución de la temperatura con función de rodamiento libre alterada. Condición del ensayo: $n \cdot d_m = 750\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$.



- Control del suministro de lubricante
 - Mirilla del nivel de aceite
 - Medición de la presión de aceite
 - Medición del caudal de aceite
- Medición de partículas procedentes del desgaste en el lubricante
 - de forma discontinua
 - Tapón magnético
 - Análisis espectral de muestras de lubricante
 - Investigación de muestras de aceite en el laboratorio
 - de forma continua
 - Emisor de señales magnético
 - Determinación de la cantidad de partículas en circulación con un contador de partículas en línea
- Medición de la temperatura
 - en general, con elementos termoelectrónicos

Un procedimiento muy fiable y de aplicación relativamente sencilla para el reconocimiento de daños debidos al lubricante es, sobre todo, la medición de la temperatura.

Comportamiento normal de la temperatura:

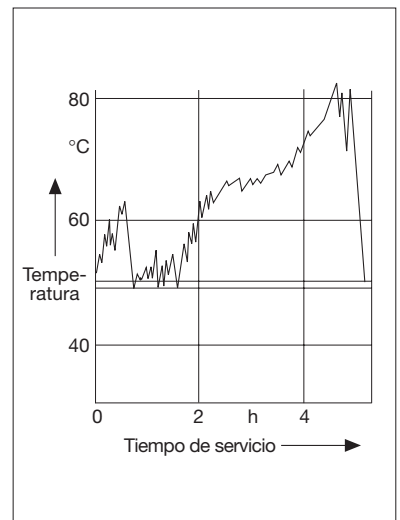
- cuando se alcanza una temperatura de régimen en el funcionamiento estacionario, figura 2.

Comportamiento anómalo:

- aumento repentino de la temperatura, causado por la falta de lubricante o por una excesiva precarga, radial o axial, del rodamiento, figura 3.
- evolución irregular de la temperatura, con valores máximos de tendencia ascendente, debido a un empeoramiento general del estado de la lubricación, p. ej., al alcanzarse la duración de servicio del lubricante, figura 4.

Sin embargo, las mediciones de la temperatura no son apropiadas para registrar con antelación daños locales, como p. ej. fatigas.

- 4: Evolución de la temperatura en función del tiempo en caso de una lubricación con grasa deficiente. Condición del ensayo: $n \cdot d_m = 200\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$.



Comportamiento irregular en servicio como indicio de averías

Control de los rodamientos con ayuda de medios técnicos

1.2.2 Daños puntuales

Si en un rodamiento se producen daños estrictamente delimitados, como p. ej., impresiones en cuerpos rodantes, corrosión durante las paradas de servicio o roturas, la forma más rápida de reconocerlos es por medio de mediciones de vibraciones. En la rodadura sobre las impresiones locales se producen ondas de choque, que pueden ser registradas por captadores de desplazamiento, de velocidad o de aceleración. Dependiendo de las condiciones de servicio y de la exactitud de la información, estas señales se pueden procesar ulteriormente de forma más o menos costosa. Los procedimientos más difundidos son:

- medición del valor efectivo
- medición del impulso de choque
- análisis de señal por detección de envolvente

Sobre todo en el caso del último procedimiento mencionado se dispone de buenas experiencias en lo referente a fiabilidad operacional y empleo práctico. Debido al tipo especial de preparación de la señal es posible incluso llegar a conclusiones sobre los componentes del rodamiento dañados; véanse figuras 5 y 6. Se pueden obtener informaciones más detalladas al respecto en nuestra publicación WL 80 136 "Diagnóstico de rodamientos en máquinas e instalaciones > FAG Rolling Bearing Analyser<".

6: Daños en el aro interior detectados por medio del procedimiento de envolvente en un rodamiento oscilante de rodillos de una máquina papelera

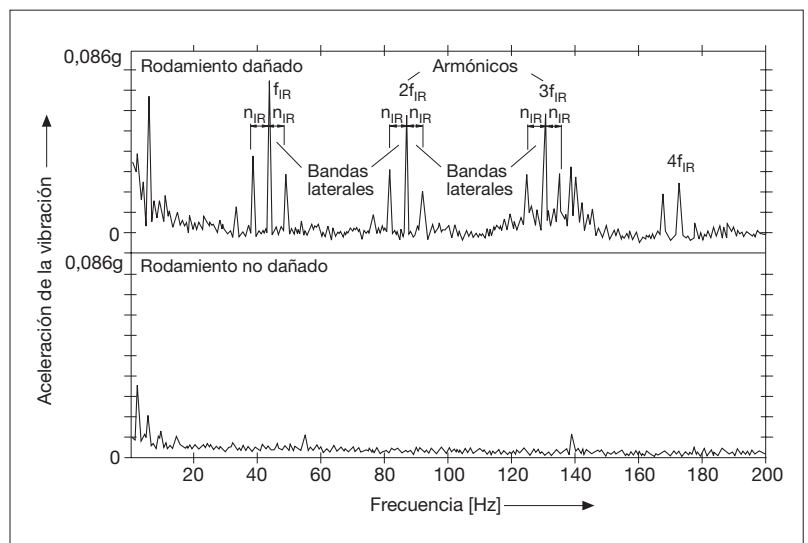


5: Espectro de frecuencia de la señal de la envolvente entre 0 y 200 Hz.

Abajo: rodamiento sin daños; arriba: rodamiento dañado

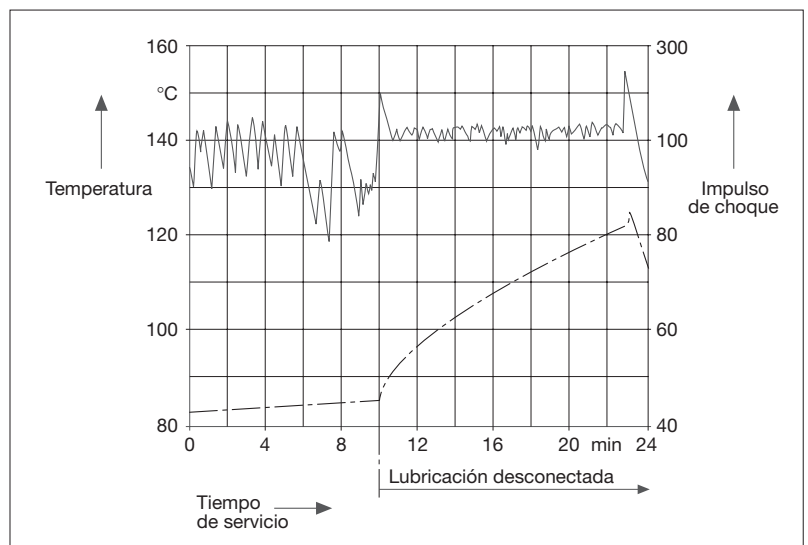
n_{IR} Velocidad de rotación del aro interior [min^{-1}]

f_{IR} Frecuencia de la señal del aro interior (frecuencia de paso de los cuerpos rodantes) [Hz]



7: Evolución de la temperatura e impulso de choque en función del tiempo después de la desconexión de la lubricación.

Rodamientos para husillos B7216E.TPA; P/C = 0,1; n = 9000 min^{-1} ; aceite lubricante ISO VG100.



Comportamiento irregular en servicio como indicio de averías

Control de los rodamientos con ayuda de medios técnicos

Los procedimientos de medición de la vibración son muy adecuados para determinar los daños por fatiga. El caso más fácil de aplicación de estos procedimientos lo constituyen los rodamientos con contacto puntual (rodamientos de bolas), pero con procedimientos de valoración más perfeccionados, como por ejemplo la detección de envoltentes, se reconocen daños en rodamientos de rodillos con la misma seguridad. Sin embargo, estos procedimientos son menos empleados para la observación del estado de lubricación. Un fallo del suministro de lubricante se reconoce de forma fiable, como se describe arriba, mediante una medición de la temperatura. En la figura 7 se encuentra perfectamente detallado. En este caso, la medición del impulso de choque reacciona de forma notablemente menos sensible que el sensor de la temperatura. Así pues, sobre todo la medición de la temperatura y la medición de la vibración se complementan mutuamente con gran eficacia en las instalaciones técnicamente costosas.

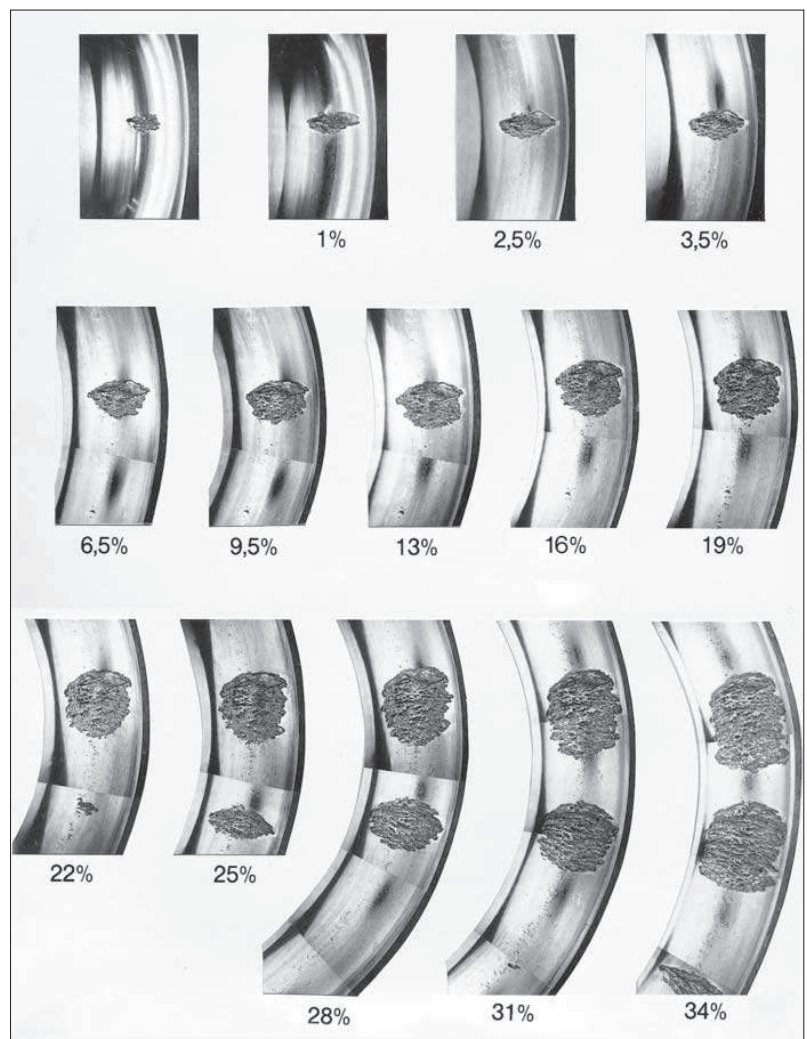
1.3 Urgencia en la sustitución de un rodamiento - Vida remanente

Una vez se ha reconocido un deterioro en el rodamiento, se plantea la cuestión de si es precisa una sustitución inmediata o si el rodamiento puede continuar en uso hasta la siguiente parada programada de la máquina. La respuesta a esta pregunta depende de una serie de condiciones. Así, por ejemplo, si la disminución de la precisión de trabajo de una máquina herramienta es motivo para la sospecha de una avería en los rodamientos, la urgencia en la sustitución del rodamiento depende en primer término de durante cuánto tiempo se pueden seguir fabricando piezas de calidad aceptable. En el caso de rodamientos que se han gripado repentinamente por sobrecalentamiento a consecuencia de una interrupción no detectada del suministro de lubricante a velocidad de rotación elevada, es necesaria evidentemente una sustitución inmediata.

Sin embargo, en un gran número de casos, todavía es posible en principio que la máquina siga funcionando sin merma de la calidad del producto aunque exista un daño. El tiempo durante el cual esto es posible depende en este caso de la sollicitación de carga del rodamiento, la velocidad

de rotación, la lubricación y la limpieza del lubricante. Se han realizado extensas investigaciones sobre la evolución de los daños con diversas condiciones de carga en rodamientos de bolas. Los principales resultados obtenidos al respecto son:

- 8: Evolución de daños por fatiga en el camino de rodadura del aro interior de un rodamiento de bolas de contacto angular. El intervalo de tiempo entre las revisiones desde el inicio del daño está indicado en % del tiempo de duración nominal L_{10}



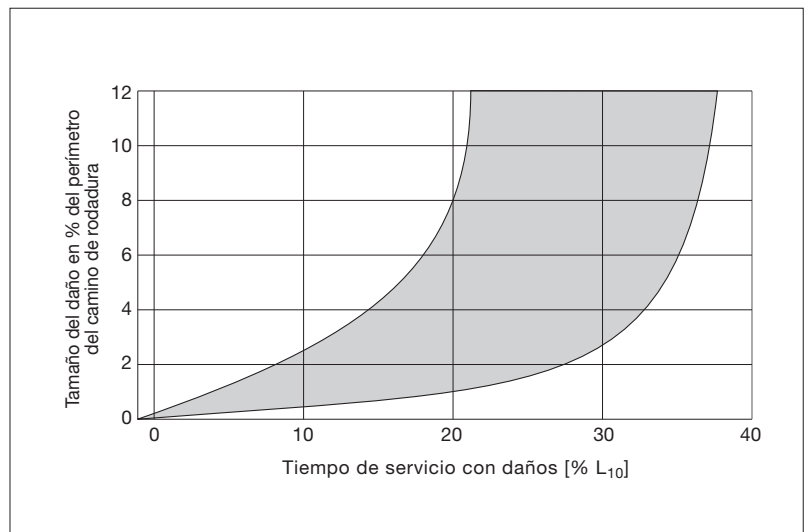
Comportamiento irregular en servicio como indicio de averías

Urgencia en la sustitución de un rodamiento

- En caso de carga moderada, un deterioro progresa lentamente, de forma que se puede esperar a la siguiente parada programada para sustituir el rodamiento.
- Al aumentar la carga, el deterioro se extiende con mucha mayor rapidez.
- Al principio, el daño crece lentamente. Al aumentar el grado del daño aumenta también de modo considerable la velocidad de propagación.

Estos hallazgos se ilustran en la figuras 8 (página 7), 9 y 10.

9: Tamaño del daño en función del tiempo de servicio desde el reconocimiento del daño (si está exfoliado aproximadamente el 0,1 % del perímetro del camino de rodadura)



10: Tiempo promedio de servicio remanente de los rodamientos de bolas de contacto angular tras el reconocimiento de un daño por fatiga, en función de la sollicitación, hasta que está dañado 1/10 del perímetro del camino de rodadura. Condición de servicio antes del inicio del primer daño por fatiga: limpieza máxima en el intersticio de lubricación EHD.

