



KNOWLEDGEPOOL

DAÑOS EN COJINETES DE FRICCIÓN



GRUPO MOTORSERVICE

CALIDAD Y SERVICIO EN UN SOLO PROVEEDOR

El Grupo Motorservice es la organización de ventas y distribución para las actividades del servicio posventa de Rheinmetall en todo el mundo. Se trata de uno de los principales proveedores de componentes del motor en el mercado libre de piezas de repuesto. Gracias a sus marcas de primera calidad Kolbenschmidt, Pierburg y TRW Engine Components, así como a la marca BF, Motorservice ofrece a sus clientes comerciales y de talleres un amplio y completo surtido de máxima calidad.

RHEINMETALL

TECNOLOGÍAS PARA LA MOVILIDAD DEL FUTURO

Como proveedor automotriz internacional, Rheinmetall está a la cabeza en los mercados correspondientes gracias a su gran competencia en los sectores de alimentación de aire, reducción de contaminantes y bombas, así como en el desarrollo, producción y suministro de piezas de repuesto para pistones, bloques de motor y cojinetes de fricción.

El desarrollo de productos se efectúa en estrecha colaboración con fabricantes de automóviles de renombre.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



Redacción:

Motorservice, Technical Market Support

Diseño y producción:

Motorservice, Marketing

La copia, reproducción, traducción, íntegras o parciales, requieren nuestro previo consentimiento por escrito con indicación de las fuentes.

Reservado el derecho de introducir modificaciones y divergencias en las figuras.
Queda excluida toda responsabilidad.

Editor:

© MS Motorservice International GmbH

Responsabilidad

Todas las informaciones de este folleto se han investigado y recopilado meticulosamente. No obstante pueden presentarse errores, se pueden producir traducciones incorrectas, pueden omitirse informaciones o las informaciones ofrecidas pueden dejar de ser actuales. Por tanto, no podemos ofrecer ninguna garantía ni asumir la responsabilidad legal por las informaciones puestas a disposición. Queda excluida cualquier responsabilidad de nuestra parte por cualquier tipo de daños, sobre todo daños directos o indirectos, así como daños materiales e inmateriales resultantes del uso o el mal uso de las informaciones ofrecidas en este folleto, o causados por informaciones incompletas o incorrectas contenidas en él, siempre que dichas informaciones no se deban a mala fe o negligencia grave de nuestra parte. Por tanto, no asumimos ninguna responsabilidad por los daños ocasionados en caso de que los reparadores de motores o mecánicos no dispongan de los conocimientos o experiencia necesarios para realizar la reparación. No es posible predecir la medida en que los procedimientos técnicos e indicaciones para la reparación descritos aquí podrán aplicarse a las futuras generaciones de motores. Esto debe ser comprobado, en cada caso, por los rectificadores de motores o por el taller.

CONTENIDO	PÁGINA
1. FUNDAMENTOS	5
1.1 Posiciones de cojinetes en el motor	5
1.2 Cojinetes de bancada y de la biela en el mecanismo de la biela	6
1.3 Funciones de los cojinetes de fricción	7
1.4 Estructura de los cojinetes de fricción	8
1.5 Desmontaje de los cojinetes de fricción en caso de daños	10
2. DESGASTE DEBIDO A FRICCIÓN MIXTA	12
2.1 Introducción	12
2.2 Desgaste de rodaje durante la adaptación	13
2.3 Rayas	14
2.4 Gripado	16
2.5 Casos especiales	18
2.5.1 Sobrecarga del canto de un lado	20
2.5.2 Sobrecarga del canto de un lado y otro de forma alterna	22
2.5.3 Sobrecarga del canto en ambos lados	24
2.5.4 Huella de desgaste ancha en el centro del cojinete en dirección periférica	26
2.5.5 Desgaste en forma de franja en el centro del cojinete	28
2.5.6 Desgaste en zonas opuestas de las superficies de separación	30
2.5.7 Desgaste en ambas zonas de las superficies de separación	32
2.5.8 Zona estrecha de desgaste en el vértice del semicojinete	34
2.5.9 Franjas estrechas exentas de desgaste en los bordes del cojinete	36
3. DAÑOS DEBIDOS A LA ACCIÓN DE PARTÍCULAS	38
3.1 Introducción	38
3.2 Formación de estrías	40
3.3 Incrustación	42
3.4 Huella de desplazamiento de suciedad	44
3.5 Acumulación en el dorso del cojinete	46
4. EROSIÓN Y CAVITACIÓN	48
4.1 Erosión	48
4.2 Cavitación	49
5. DAÑOS POR FATIGA	52
5.1 Introducción	52
5.2 Fisuras y grietas de la capa de deslizamiento	54
5.3 Fisuras y grietas del metal antifricción	55
6. DAÑOS POR SOBRECALENTAMIENTO	56
6.1 Introducción	56
6.2 Fisuras por calor	57
6.3 Fusiones del revestimiento de rodadura	58
6.4 Decoloraciones del revestimiento de rodadura y del dorso del cojinete	59
7. CORROSIÓN	60
7.1 Corrosión por fricción / herrumbe de contacto	61
7.2 Corrosión química	62
8. DAÑOS EN LAS ARANDELAS DE TOPE	64
9. GLOSARIO	66

ACERCA DEL FOLLETO

Este folleto ofrece una vista de conjunto acerca de los diferentes tipos de daños en semicojinetes y arandelas de tope. Además, sirve como ayuda para los expertos a la hora de diagnosticar y determinar las causas de la avería.

Para identificar las causas de la avería, no siempre claras, durante la evaluación de las averías en el motor será necesario tener un punto de vista global en todo momento. No es raro que vuelvan a producirse fallos de funcionamiento tras una reparación del motor. Esto se debe a que se sustituyeron los componentes dañados, pero no se subsanó la causa de la avería.

Debido a la gran complejidad de la interacción de los diferentes componentes de los cojinetes dentro del motor (véase la fig.), en la mayoría de los casos, no es fácil identificar la causa de la avería. Esta no siempre se encuentra en el cojinete mismo, sino

en el entorno de los cojinetes. Aunque casi siempre es el cojinete el que sufre los mayores daños, sustituir el cojinete dañado no permite siempre subsanar la causa de la avería.

Por este motivo, al realizar un reacondicionamiento de motores profesional, primero debe determinarse la causa de la avería para derivar de ella las medidas de reparación correctas.

Para cada caso de avería presente se muestra la manifestación de la avería característica por medio del semicojinete adecuado. Debe tenerse en cuenta que pueden aparecer diferentes manifestaciones de la avería con cada material diferente. Debido a las diversas apariencias de una manifestación de la avería, pueden producirse divergencias con respecto a las imágenes mostradas en este folleto.

01 Orificio del cuerpo (ejemplo: biela):

- Rigidez (elasticidad y resistencia)
- Deformación térmica
- Tolerancia de fabricación
- Acabado superficial
- Pares de apriete de tornillos

02 Muñón del árbol:

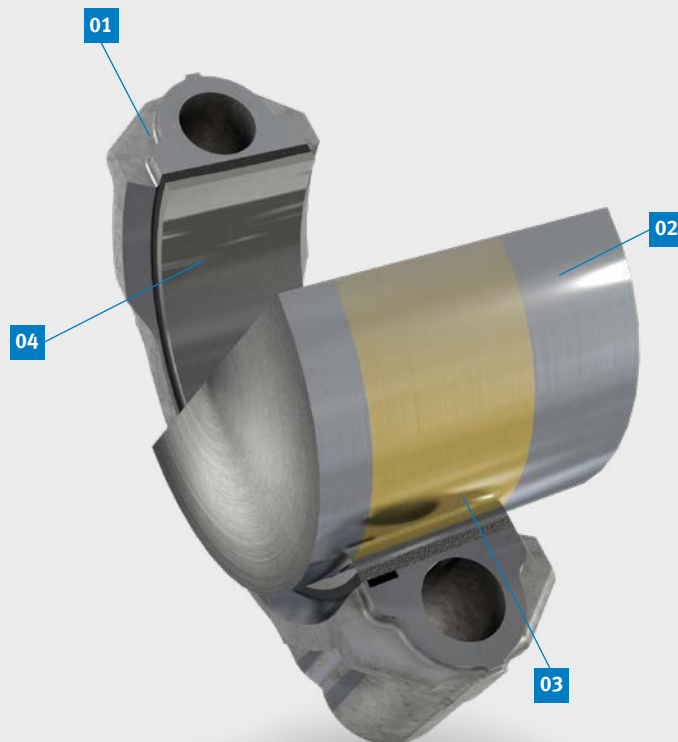
- Material (p. ej, árbol de fundición o de acero)
- Rigidez (elasticidad y resistencia)
- Deformación térmica
- Tolerancia de fabricación
- Acabado superficial

03 Lubricación:

- Lubricante (viscosidad, aditivo)
- Alimentación de aceite (nivel, presión, bomba, tuberías y filtro de aceite)
- Grado de suciedad

04 Semicojinete:

- Material (capacidad de carga, resistencia al desgaste, comportamiento de marcha de emergencia, capacidad de incrustación)
- Tolerancia de fabricación
- Acabado superficial



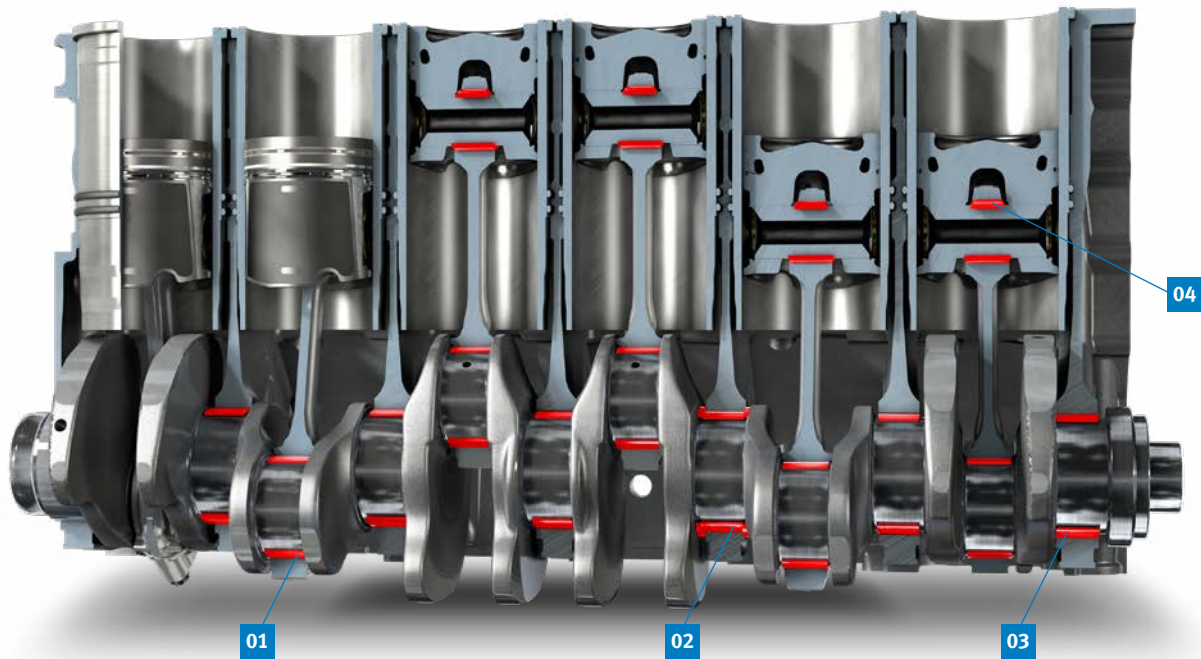
1. FUNDAMENTOS

1.1 POSICIONES DE COJINETES EN EL MOTOR

La representación del motor de seis cilindros muestra las posiciones de cojinetes en el motor. Hay montados siete cojinetes de bancada, de los cuales uno está diseñado como cojinete axial. Entre cada uno de los cojinetes de bancada se encuentran los cojinetes de la biela, por cada cilindro un cojinete de la biela.

Por regla general, el resto de las posiciones de cojinetes como el cojinete del eje de levas, los casquillos de biela y los cojinetes para los árboles compensadores no se ejecutan con semicojinetes, sino con casquillos de cojinete.

El tema principal de este folleto son los semicojinetes que se utilizan en el mecanismo de la biela para el alojamiento de la biela y el cigüeñal.



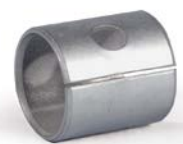
01 Cojinete de la biela



02 Arandelas de tope / cojinete de bancada o de ajuste



03 Cojinete de bancada



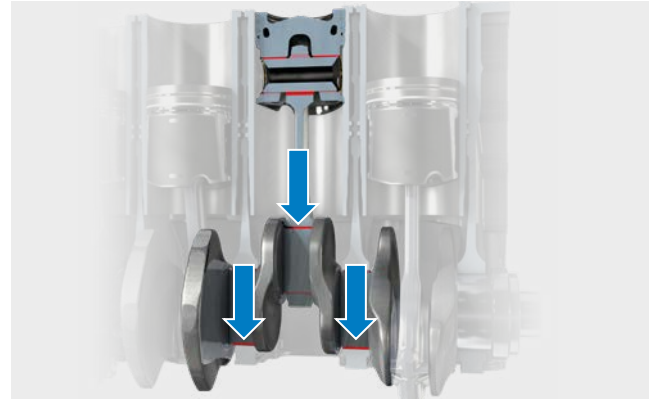
04 Casquillos de biela

1.2 COJINETES DE BANCADA Y DE LA BIELA EN EL MECANISMO DE LA BIELA

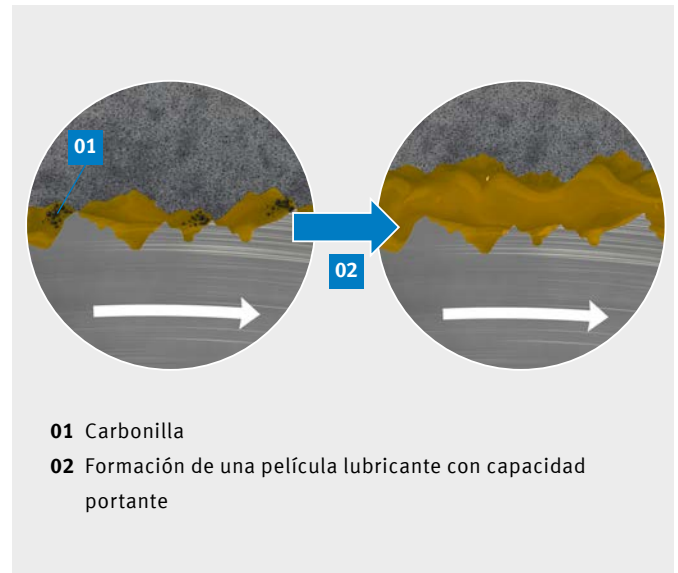
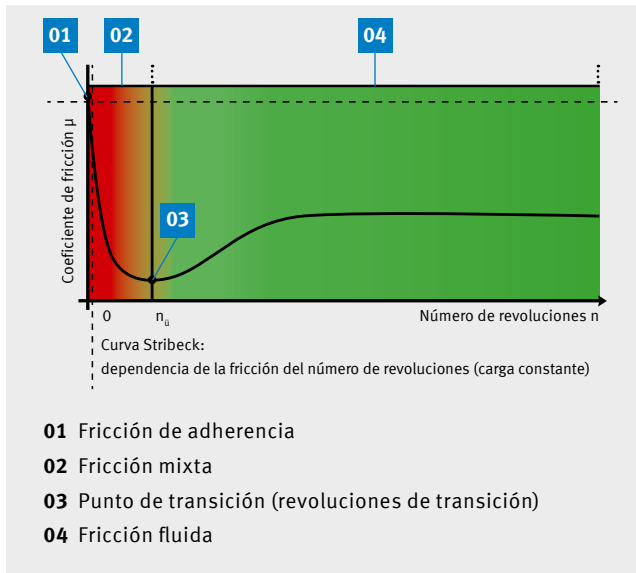
Los cojinetes de la biela unen la bielas con el cigüeñal. Los semicojinetes pueden distinguirse en el lado de la barra y en el lado de la tapa, donde los semicojinetes del lado de la barra se someten a un esfuerzo considerablemente mayor que los del lado de la tapa. Mediante estos se conduce al cigüeñal la fuerza de ignición generada durante la combustión. En los motores de gasolina, los semicojinetes del lado de la tapa también se someten a un gran esfuerzo, ya que, al ser el número de revoluciones superior al de los motores diésel, actúan fuerzas de inercia más elevadas. Los cojinetes de la biela se alimentan con aceite con la ayuda de orificios que comienzan en los cojinetes de bancada y pasan por el cigüeñal.

El cigüeñal se aloja en los cojinetes de bancada. El cojinete también se divide aquí en un semicojinete superior y uno inferior. En el caso de los cojinetes de bancada, el semicojinete inferior se somete a un esfuerzo mayor debido a la absorción de las fuerzas de ignición. Las fuerzas transmitidas al cigüeñal desde una biela son absorbidas por varios cojinetes de bancada, de manera que estos se someten a un esfuerzo menor que los semicojinetes de biela del lado de la barra. El semicojinete de bancada superior consta de una ranura de engrase que impulsa el aceite por los orificios hasta el cigüeñal hacia los cojinetes de la biela.

Para poder absorber fuerzas axiales adicionales que, por ejemplo, se generan al accionar el embrague, se montan arandelas de tope o cojinetes compuestos como cojinetes axiales.



1.3 FUNCIONES DE LOS COJINETES DE FRICCIÓN



La función principal de los cojinetes de fricción consiste en absorber y transmitir las fuerzas entre los componentes de movimiento relativo recíproco. Además, debe minimizarse la fricción para así permitir un movimiento rotatorio casi exento de desgaste. Durante el funcionamiento se producen fuerzas de fricción en todos los cojinetes. Estas dificultan el movimiento rotatorio generándose así calor. Para reducir dichas fuerzas y disipar el calor de fricción, se necesita una película lubricante entre el cojinete y el muñón del árbol. Sin esta película lubricante, el contacto directo conlleva una fricción seca que causa el desgaste y la aparición de carbonilla en el cojinete.

Los cojinetes de fricción hidrodinámicos, en los que se genera una película lubricante portante entre el cojinete de fricción y el muñón debido solo al movimiento relativo, recorren una zona de fricción mixta hasta un determinado número de revoluciones de transición.

En el caso de un número de revoluciones insuficiente, la fuerza ascensional hidrodinámica no es capaz de separar completamente las superficies entre sí. Se produce un contacto parcial entre los cuerpos sólidos de las superficies de deslizamiento, lo que conlleva el peligro de daños en el cojinete. Solo al aumentar el número de revoluciones, se reducen las fuerzas de fricción y se forma una película lubricante permanente. Se produce una fricción fluida que hace que ambas superficies de deslizamiento estén completamente separadas entre sí. Para poder garantizar un funcionamiento seguro de los cojinetes, la presión de lubricante generada en el intersticio del cojinete debe ser suficientemente grande para absorber las fuerzas que actúan sobre el mismo sin que se produzca contacto entre las superficies de deslizamiento. Ahí se encuentra el punto de funcionamiento ideal de los cojinetes de fricción. Pero incluso este tipo de fricción genera calor, de manera que se necesita una lubricación suficiente para la disipación térmica.

1.4 ESTRUCTURA DE LOS COJINETES DE FRICCIÓN

Conforme a la norma DIN 50282 («El comportamiento tribológico de materiales deslizantes metálicos: conceptos característicos»), el comportamiento tribológico de un material deslizante puede caracterizarse usando conceptos como comportamiento del rodaje, capacidad de incrustación, comportamiento de marcha de emergencia, resistencia al desgaste y capacidad de adaptación. Los requisitos que se le exigen al cojinete de fricción son, por ello, decisivos en la selección del material.

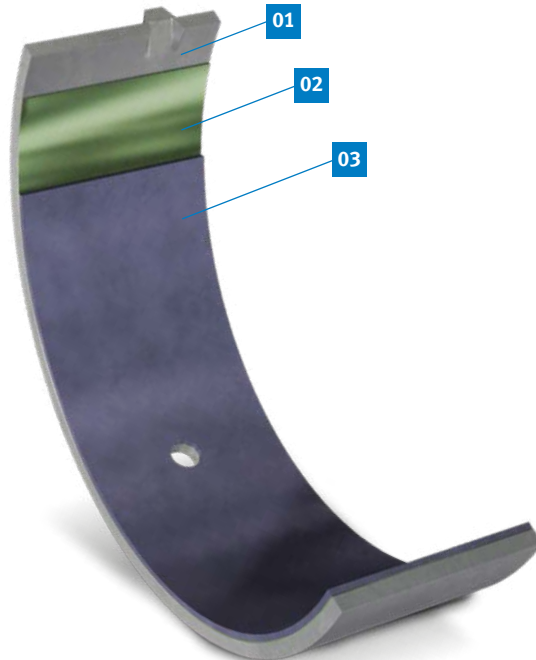
Se distingue entre dos familias diferentes de materiales deslizantes.

COJINETES BIMETÁLICOS

- Materiales compuestos de acero-aluminio

Los cojinetes bimetálicos constan de un dorsal de acero, una capa intermedia de aluminio puro y del material revestido del cojinete. En la mayoría de los casos, se selecciona como material una aleación de aluminio con adición de estaño, cobre y silicio.

Representación de la estructura del cojinete



- 01 Dorsal de acero
- 02 Capa intermedia (si es necesaria)
- 03 Material del cojinete



Acero-aluminio

Material del cojinete: aluminio

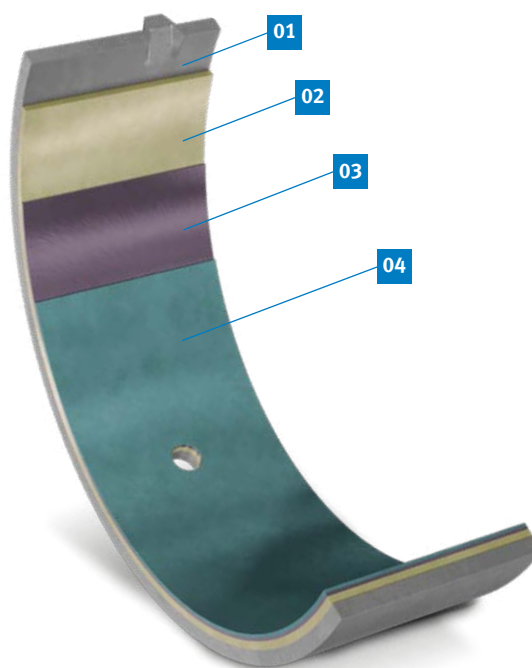
COJINETES TRIMETÁLICOS

- Materiales compuestos de acero-bronce o acero-latón sinterizados / fundidos con un revestimiento
- Materiales compuestos de acero-aluminio con un revestimiento

En función del ámbito de aplicación y sus requerimientos específicos, el revestimiento de los cojinetes trimetálicos se aplica como una capa de deslizamiento adicional en forma de capa de deslizamiento sputter, capa de deslizamiento galvanizada o capa de pintura deslizante. El metal antifricción (aleación de aluminio, bronce o latón) se usa para el revestimiento, la fundición o el sinterizado del dorsal de acero. Si es necesario, como barrera de difusión se aplica una capa intermedia de níquel o de una aleación de níquel entre el material del cojinete y el revestimiento de rodadura (revestimiento).

En función de los requerimientos, pueden emplearse diferentes materiales para los cojinetes de fricción. Con frecuencia se selecciona un material diferente al de los semicojinetes de sentido contrario para los semicojinetes sometidos a mayor carga. En el caso de un motor en V, por ejemplo, los semicojinetes de biela se realizan con un semicojinete con revestimiento sputter en el lado de la barra y con un semicojinete de material compuesto de acero-aluminio sin revestimiento en el lado de la tapa.

Representación de la estructura del cojinete



- 01 Dorsal de acero
- 02 Material del cojinete
- 03 Capa intermedia (si es necesaria)
- 04 Revestimiento de rodadura (revestimiento)



Galvanizado

Material del cojinete: bronce
Capa intermedia
Revestimiento de rodadura: galvanizado



Pintura deslizante

Material del cojinete: aluminio o bronce
Revestimiento de rodadura: pintura deslizante



Sputter

Material del cojinete: latón o bronce
Capa intermedia (en caso de bronce)
Revestimiento de rodadura: sputter

1.5 DESMONTAJE DE LOS COJINETES DE FRICCIÓN EN CASO DE DAÑOS

Qué debe observarse al desmontar semicojinetes en caso de daños:

- Los semicojinetes deben rotularse según su alojamiento y posición en el pasaje del cojinete de bancada para que pueda comprenderse mejor cómo se ha producido la avería. Frecuentemente, el alojamiento ofrece información sobre cómo se ha producido la avería, además de la ofrecida por el aspecto del cojinete. En caso de doblarse el cigüeñal, p. ej., sobre todo, el primer y el último cojinete de bancada presentan a lo largo del pasaje huellas de desgaste en un lado.
 - Deben documentarse las condiciones de rodaje (duración, tipo de carga) y otras influencias, p. ej., el aceite empleado, de manera que sea posible una mejor apreciación de la avería.
 - Deben documentarse las irregularidades en otros componentes del motor como el cigüeñal. En la mayoría de los casos, se identifican los daños en la contraparte de deslizamiento del cojinete de fricción. Es frecuente que los daños en el cojinete también se produzcan como consecuencia de daños en otros componentes del motor.
- Para facilitar los análisis posteriores, debe tomarse una muestra del aceite utilizado y conservarse el filtro de aceite. Los residuos de partículas pueden comprobarse y analizarse, lo que puede explicar las posibles causas de la avería.
 - Deben documentarse los pares de apriete necesarios para soltar los tornillos del motor. Si los tornillos no se han apretado con el par correcto, se pueden producir movimientos relativos entre el semicojinete y el orificio del cuerpo.



Apriete de los tornillos según las prescripciones del fabricante



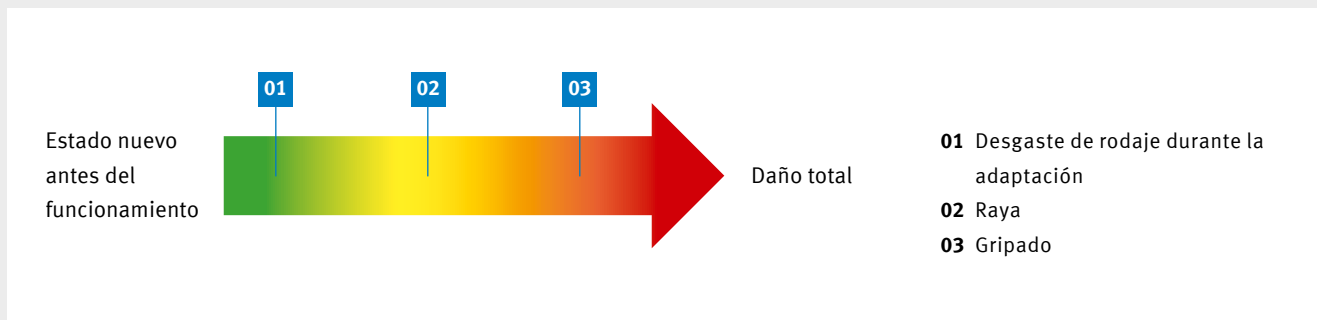
Documentar el alojamiento y la posición del cojinete



Comparación entre el cojinete de fricción usado y el nuevo

2. DESGASTE DEBIDO A FRICCIÓN MIXTA

2.1 INTRODUCCIÓN



«El desgaste es una pérdida de material progresiva en la superficie de un cuerpo sólido originada por causas mecánicas, es decir, el contacto y el movimiento relativo de un cuerpo opuesto sólido, líquido o gaseoso» (DIN 50320)

En el caso de los semicojinetes, el desgaste se origina debido al contacto metálico derivado de la fricción mixta entre el cojinete y el muñón del árbol.

Por ejemplo, este es el caso cada vez que se arranca y detiene un motor. Los cojinetes usados recorren la zona de fricción mixta entre el estado parado y el número de revoluciones de transición del árbol.

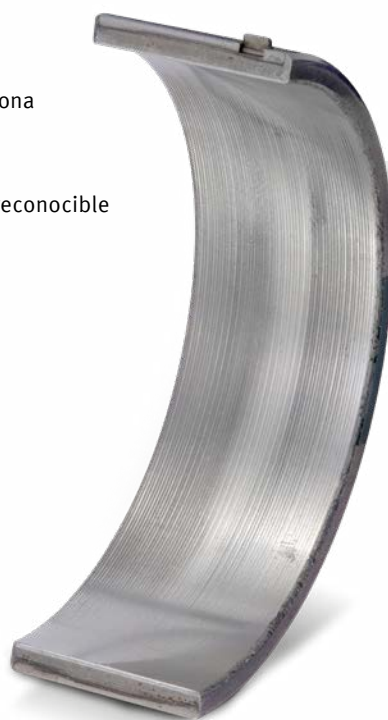
En esa zona, la capacidad portante de la película lubricante no siempre es suficiente para separar las partes deslizantes completamente entre sí (véase el capítulo: «1.3 Funciones de los cojinetes de fricción»). Justo por eso resultan tan importantes los materiales resistentes al desgaste en vehículos con sistema automático de arranque y parada. En caso de un número de revoluciones insuficiente y de una carga elevada puede ocurrir, por tanto, que no se alcance la fricción fluida y el cojinete se desgaste. Las divergencias geométricas como consecuencia de montajes incorrectos o las deformaciones del muñón y del pasaje de cojinete también pueden ser causantes del desgaste.

En las primeras horas de funcionamiento de un cojinete se produce una adaptación de las partes deslizantes. Se alisan los picos de rugosidad y se nivela el perfil de rugosidad. Este desgaste de rodaje durante la adaptación puede considerarse deseable en cualquier caso y no supone ningún perjuicio para el funcionamiento del cojinete. Si se intensifica el efecto de la fricción mixta, continúa desarrollándose el desgaste de rodaje habitual durante la adaptación más allá de que se originen rayas y hasta el gripado y, por lo tanto, hasta producirse un daño total.

2.2 DESGASTE DE RODAJE DURANTE LA ADAPTACIÓN

DESCRIPCIÓN

- Huellas de contacto brillantes y lisas en la zona de carga principal
- Arranques y paradas suaves
- Estructura de mecanizado del cojinete aún reconocible



Semicojinete de bancada inferior, Material compuesto de acero-aluminio (sin revestimiento)

En el centro del cojinete se detecta una franja de desgaste brillante, mientras que en la zona expuesta y en los cantos del cojinete no se ve ninguna huella de funcionamiento. Aquí aún puede detectarse la estructura de mecanizado del cojinete.

DICTAMEN

Durante las primeras horas de funcionamiento de un cojinete se alisan los picos de rugosidad y se nivela el perfil de rugosidad debido al contacto del cojinete y el muñón del árbol en condiciones de fricción mixta. El desgaste se presenta principalmente en la zona de carga principal del cojinete o en los puntos con deformaciones macroscópicas (véase el capítulo: «2.5 Casos especiales»).

De ahí que el desgaste de rodaje durante la adaptación sea deseable y no suponga ningún perjuicio para el cojinete.

NOTA

El funcionamiento del cojinete no se ve perjudicado.

No obstante, si se produce una intensificación del desgaste de rodaje durante la adaptación, p. ej., debido a un error de alineación y de forma, esto puede dar lugar a rayas, gripados o daños por fatiga.

2.3 RAYAS

DESCRIPCIÓN

- Huellas de fricción mixta brillantes y lisas, sobre todo, en la zona de carga principal
- Desplazamiento del revestimiento de rodadura o de la capa de deslizamiento hasta la zona de exposición, casi siempre en el sentido de giro en forma de lengüeta
- Formación de estrías



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-aluminio

En el centro del cojinete se identifica claramente una huella brillante de fricción mixta con la consiguiente formación de estrías. Se produce un desplazamiento del diagrama de contacto hasta la zona de exposición.



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-latón con revestimiento sputter

Se detecta una huella brillante de fricción mixta con la consiguiente formación de estrías parcial. La capa sputter se ha desplazado hasta la zona de exposición. La zona con la capa sputter ya gripada se ha fundido.

DICTAMEN

Las huellas de rozamiento pueden ser la causa de que se produzcan rayas cuando se intensifica el efecto de la fricción mixta. Si, en tal caso, se trata de un estado transitorio, estas pueden volver a nivelarse y la capacidad funcional del cojinete deja de estar limitada. Sin embargo, es muy difícil realizar una evaluación al respecto.

Si el estado de la fricción mixta se prolonga, las rayas se intensifican y pueden formarse estrías en el muñón. Como consecuencia de esto puede producirse el gripado de los semicojinetes afectados, a cuyo efecto el semicojinete se suelda al muñón debido a la carga térmica.

POSIBLES CAUSAS

- Orificios de aceite no descubiertos: puede deberse al montaje incorrecto de los semicojinetes o a la obstrucción de los orificios de aceite, con frecuencia, esto último se debe al uso de combustibles ecológicos
- La ranura de lubricación es insuficiente: debido a ello no puede formarse la película lubricante con capacidad portante. La causa: divergencias geométricas y de forma del árbol o el muñón, o bien se ha doblado el cigüeñal
- La ranura de lubricación es excesiva: no se alcanza la presión hidrodinámica para generar la película lubricante con capacidad portante
- Nivel o presión de aceite insuficientes
- Filtro de aceite obstruido
- Bomba de aceite defectuosa
- Fuga en las tuberías de aceite
- Sobrecarga de los cojinetes: esfuerzo superior al esperado para el diseño. La causa: p. ej., chip-tuning o gripado en el pistón
- Acción de partículas: hay partículas que llegan al intersticio del cojinete y causan rayas en el muñón y el cojinete. En caso de incrustación o formación de estrías, sobresalen los bordes. La consecuencia: una fricción mixta más elevada y fuerte

AYUDA

Las rayas pueden seguir desarrollándose hasta provocar el gripado del cojinete. Por ello resulta importante sustituir los cojinetes y subsanar la causa:

- Comprobar si todos los orificios de aceite están al descubierto y no presentan ninguna obstrucción
- Comprobar la holgura de cojinetes real: si no se encuentra en el margen de tolerancia, con frecuencia, la causa se debe a un error geométrico o de forma (véase el capítulo: «2.5 Casos especiales»)
- Comprobar el buen funcionamiento del filtro de aceite y cambiar tanto el filtro como el aceite siguiendo siempre las prescripciones del fabricante
- Comprobar el nivel y presión de aceite y, eventualmente, regularlos de nuevo
- Comprobar el buen funcionamiento de la bomba de aceite
- Comprobar las tuberías de aceite en cuanto a posibles fugas
- Comprobar la carga para cada uno de los cojinetes
- Examinar todo el juego de cojinetes por si presenta incrustaciones de partículas o estrías: dado el caso, es posible que la acción de las partículas haya provocado la formación de rayas (véase el capítulo: «3. Daños debidos a la acción de partículas»)

2.4 GRIPADO

DESCRIPCIÓN

- Zonas de material arrancado
- Fuerte formación de estrías y deformación
- Exposición, así como formación de rugosidad y fracturación
- Incidencia de la medida de expansión reconocible a simple vista en comparación con los semicojinetes adyacentes no gripados
- Consecuencias del sobrecalentamiento, p. ej., fusión del material del cojinete y decoloraciones, con frecuencia, se presentan junto con el gripado



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Se ha producido la fusión y desplazamiento del material del cojinete más allá de los bordes del mismo, así como se observa la superficie fracturada con zonas de material arrancado.

DICTAMEN

Las altas temperaturas en zonas con fuertes fricción mixta provocan soldaduras localizadas entre el muñón y el cojinete. Dichas soldaduras vuelven a romperse, por cuyo motivo se desprende el material más blando del cojinete en relación con el cigüeñal. La causa de ello es una falta de lubricación grave. El aumento de temperatura que se origina causa daños por

sobrecalentamiento, los cuales, con frecuencia, suelen ir acompañados por el gripado de los cojinetes. En los cojinetes adyacentes, la carbonilla infiltrada en el circuito de lubricación puede generar daños debido a la acción de las partículas o rayas. Las rayas son un indicador previo del gripado del cojinete.

POSIBLES CAUSAS

- Orificios de aceite no descubiertos: puede deberse al montaje incorrecto de los semicojinetes o a la obstrucción de los orificios de aceite, con frecuencia, esto último se debe al uso de combustibles ecológicos
- La ranura de lubricación es insuficiente: debido a ello no puede formarse la película lubricante con capacidad portante. La causa: divergencias geométricas y de forma del árbol o el muñón, o bien se ha doblado el cigüeñal
- La ranura de lubricación es excesiva: no se alcanza la presión hidrodinámica para generar la película lubricante con capacidad portante
- Nivel o presión de aceite insuficientes
- Filtro de aceite obstruido
- Bomba de aceite defectuosa
- Fuga en las tuberías de aceite
- Sobrecarga de los cojinetes: esfuerzo superior al esperado para el diseño. La causa: p. ej., chip-tuning o gripado en el pistón
- Acción de partículas: hay partículas que llegan al intersticio del cojinete y causan rayas en el muñón y el cojinete. En caso de incrustación o formación de estrías, sobresalen los bordes. La consecuencia: una fricción mixta más elevada y fuerte

AYUDA

El gripado se encuentra entre los daños más graves del cojinete. El cojinete se destruye y debe sustituirse. Si el cojinete continúa en uso, pueden resultar dañados otros componentes del motor.

- Comprobar si todos los orificios de aceite están al descubierto y no presentan ninguna obstrucción
- Comprobar la holgura de cojinetes real: si no se encuentra en el margen de tolerancia, con frecuencia, la causa se debe a un error geométrico o de forma (véase el capítulo: «2.5 Casos especiales»)
- Comprobar el buen funcionamiento del filtro de aceite y cambiar tanto el filtro como el aceite siguiendo siempre las prescripciones del fabricante
- Comprobar el nivel y presión de aceite y, eventualmente, regularlos de nuevo
- Comprobar el buen funcionamiento de la bomba de aceite
- Comprobar las tuberías de aceite en cuanto a posibles fugas
- Comprobar la carga para cada uno de los cojinetes
- Examinar todo el juego de cojinetes por si presenta incrustaciones de partículas o estrías: dado el caso, es posible que la acción de las partículas haya provocado la formación de rayas (véase el capítulo: «3. Daños debidos a la acción de partículas»)

2.5 CASOS ESPECIALES

Existen algunos casos en que los semicojinetes presentan un diagrama de contacto especial. Con ayuda de los siguientes pictogramas de averías puede asignarse una posible manifestación de la avería a un tipo de avería.

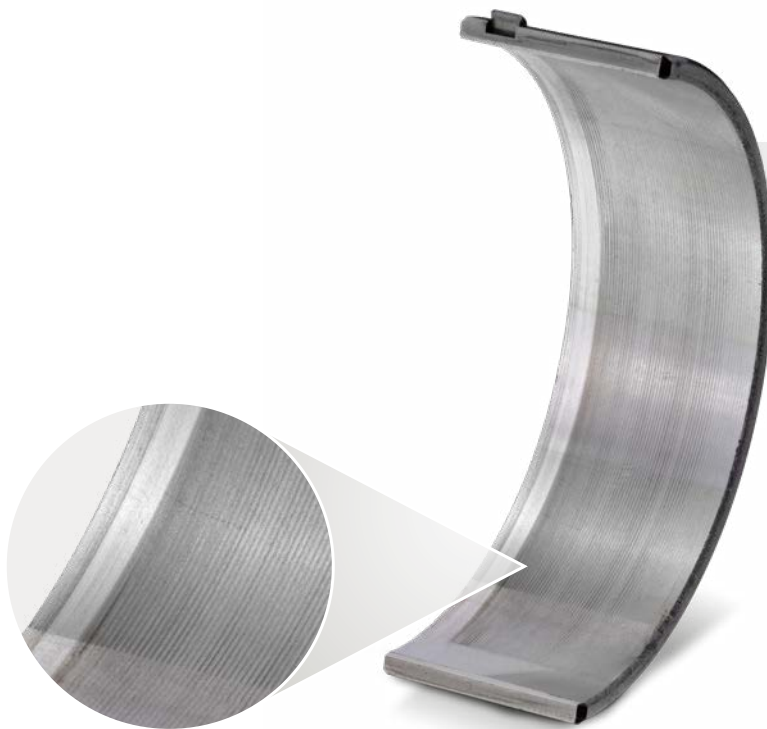
Semicojinete inferior	Semicojinete superior	Capítulo
		2.5.1 Sobrecarga en el canto de un lado <ul style="list-style-type: none">en los semicojinetes superior e inferior respectivamente en el mismo lado
		2.5.2 Sobrecarga del canto de un lado y otro de forma alterna <ul style="list-style-type: none">en los semicojinetes superior e inferior situado en diagonalen diferentes zonas esto puede marcarse con diferente intensidad
		2.5.3 Sobrecarga en el canto en ambos lados <ul style="list-style-type: none">en los semicojinetes superior e inferior respectivamente en ambos lados
		2.5.4 Huella de desgaste ancha en el centro del cojinete <ul style="list-style-type: none">en los semicojinetes superior e inferior esto se marca casi siempre con la misma intensidaden los semicojinetes de bancada, semicojinetes superiores, no se marca ningún diagrama de desgaste por la ranura de aceite
		2.5.5 Desgaste en forma de franja en el centro del cojinete <ul style="list-style-type: none">en los semicojinetes superior e inferior esto se marca casi siempre con la misma intensidaden el caso de semicojinetes de bancada con ranura de aceite, no se marca ningún diagrama de desgaste

Semicojinete inferior	Semicojinete superior	Capítulo
		<p>2.5.6 Desgaste en zonas opuestas de las superficies de separación</p>
		<p>2.5.7 Desgaste en ambas zonas de las superficies de separación</p>
		<p>2.5.8 Zonas estrechas de desgaste en el vértice del semicojinete</p>
		<p>2.5.9 Franjas estrechas exentas de desgaste en los bordes del cojinete</p> <ul style="list-style-type: none"> • pueden aparecer en uno o en ambos lados

2.5.1 SOBRECARGA EN EL CANTO DE UN LADO

DESCRIPCIÓN

- Franja de desgaste brillante y clara en un lado del canto del cojinete
- En la zona de sobrecarga en el canto: en casos graves, se reconocen manifestaciones de fatiga del material o se detectan rayas
- Consecuencias del sobrecalentamiento con decoloraciones debido a la carga térmica o sedimentación de aceite carbonizado en la zona de sobrecarga en el canto en el dorso del cojinete



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Puede verse un canto del cojinete desgastado en un lado. El desgaste aparece en forma de desgaste de rodaje durante la adaptación. El funcionamiento del cojinete no se ve perjudicado.

DICTAMEN

La ranura de lubricación en el canto del cojinete es insuficiente, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta de forma localizada. Si se prolonga la falta de lubricación, la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera. Como consecuencia pueden producirse daños por sobrecalentamiento como decoloraciones oscuras en el dorso del cojinete. La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación y el

proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga debido a la presión superficial. Dependiendo de la intensidad del desgaste en los bordes del cojinete, este puede considerarse completamente normal. Durante el funcionamiento, el cigüeñal se ve sometido a flexión y esta actúa, sobre todo, sobre los cojinetes de bancada exteriores. Por consiguiente, los cojinetes exteriores presentan una mayor sobrecarga en el canto.

POSIBLES CAUSAS

- Muñón rectificadо cónicamente (Fig. 1)
- Orificio del cojinete cónico (Fig. 2)
- Radio de redondeado excesivo en un lado (Fig. 3)
- Cigüeñal doblado: el cigüeñal no se equilibró durante el montaje o se deforma durante el funcionamiento debido al esfuerzo mecánico
- Orificio del cojinete no alineado debido a que se han aplicado pares de apriete incorrectos para los tornillos al ensamblar el motor o deformación excesiva del pasaje de cojinete de bancada debido al aumento de temperatura durante el funcionamiento
- Desplazamiento axial de los semicojinetes



Fig. 1: Muñón rectificadо cónicamente



Fig. 2: Orificio del cojinete cónico

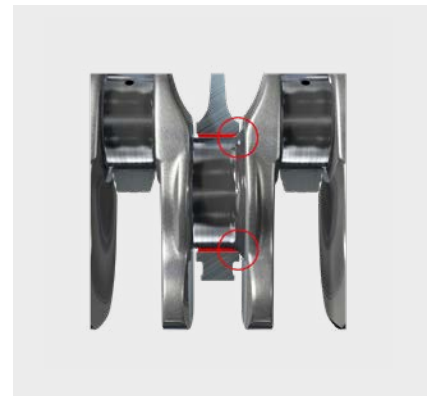


Fig. 3: Radio de redondeado excesivo en un lado

AYUDA

Los cojinetes que presentan sobrecarga en el canto pueden volver a utilizarse dependiendo del avance del desgaste. Si la manifestación de la avería se intensifica tras pocas horas de funcionamiento, deben aplicarse medidas para determinar la causa de ello:

- Comprobar que la geometría del cigüeñal es correcta: cota, redondez, cilíndricidad, ondulaciones, rugosidad de la superficie
- Comprobar que el orificio básico del pasaje de cojinete es correcto: cota, redondez, cilíndricidad, superficie
- Equilibrar el cigüeñal durante el montaje y comprobar el esfuerzo del árbol
- Comprobar la alineación del orificio del cojinete de bancada: al ensamblar un motor, deben observarse siempre los pares y el orden de apriete de los tornillos. Durante el funcionamiento, el motor debe estar suficientemente refrigerado, ya que también pueden producirse deformaciones a causa de las altas temperaturas
- Antes del montaje, comprobar la angularidad de las bielas

2.5.2 SOBRECARGA DEL CANTO DE UN LADO Y OTRO DE FORMA ALTERNA

DESCRIPCIÓN

- Franjas de desgaste brillantes y claras en un lado de los semicojinetes superior e inferior situadas de forma opuesta
- En la zona de sobrecarga en el canto: es posible que se reconozcan manifestaciones de fatiga del material o se detecten rayas
- Es posible que se produzcan consecuencias del sobrecalentamiento con decoloraciones debido a la carga térmica o sedimentación de aceite carbonizado en la zona de sobrecarga en el canto en el dorso del cojinete



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-latón con revestimiento sputter



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-aluminio

Puede identificarse el diagrama de contacto situado en diagonal. La intensidad del desgaste se marca con diferente intensidad en distintas zonas del canto del cojinete. El funcionamiento del cojinete no se ve perjudicado.

DICTAMEN

La ranura de lubricación en el canto del cojinete es insuficiente, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta de forma localizada. Si se prolonga la falta de lubricación, la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera. Como consecuencia

pueden producirse daños por sobrecalentamiento como decoloraciones oscuras en el dorso del cojinete. La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación y el proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga debido a la presión superficial.

POSIBLES CAUSAS

- Error de alineación del muñón o la caja (Fig. 1)
- Radio de redondeado del árbol incorrecto
- «Bamboleo» de la biela (doblada o torcida) (Fig. 2)
- Deformación del cárter del cigüeñal



Fig. 1: Error de alineación



Fig. 2: «Bamboleo» de la biela

AYUDA

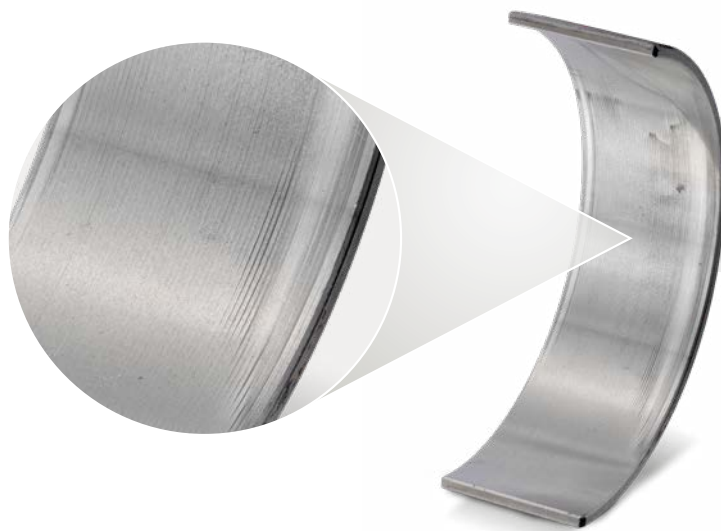
Los cojinetes que presentan sobrecarga en el canto pueden volver a utilizarse dependiendo del avance del desgaste. Si la manifestación de la avería se intensifica tras pocas horas de funcionamiento, deben aplicarse medidas para determinar la causa de ello:

- Comprobar que la geometría del cigüeñal es correcta: cota, redondez, cilindridad, ondulaciones, rugosidad de la superficie
- Comprobar que el orificio básico del pasaje de cojinete es correcto: cota, redondez, cilindridad, superficie
- Equilibrar el cigüeñal durante el montaje y comprobar el esfuerzo del árbol
- Comprobar la alineación del orificio del cojinete de bancada: al ensamblar un motor, deben observarse siempre los pares y el orden de apriete de los tornillos. Durante el funcionamiento, el motor debe estar suficientemente refrigerado, ya que también pueden producirse deformaciones a causa de las altas temperaturas
- Antes del montaje, comprobar la angularidad de las bielas

2.5.3 SOBRECARGA DEL CANTO EN AMBOS LADOS

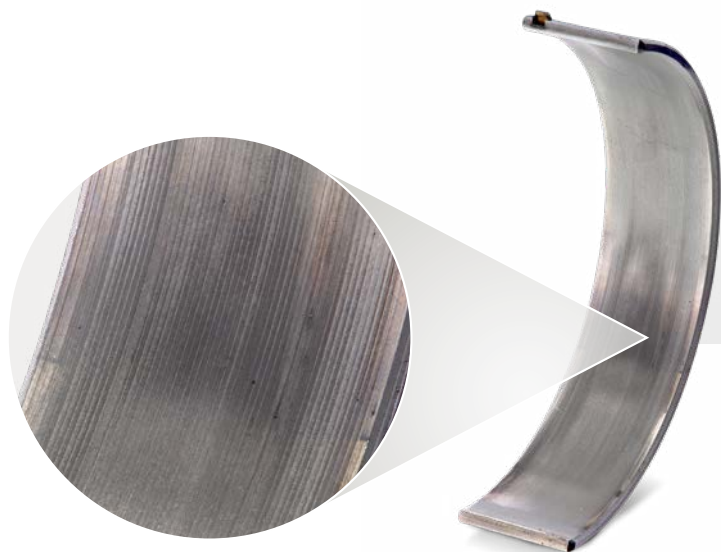
DESCRIPCIÓN

- Franja de desgaste brillante y clara en ambos lados de los cantos del cojinete
- En la zona de sobrecarga en el canto: es posible que se reconozcan manifestaciones de fatiga del material o se detecten rayas
- Es posible que se produzcan consecuencias del sobrecalentamiento con decoloraciones debido a la carga térmica o sedimentación de aceite carbonizado en la zona de sobrecarga en el canto en el dorso del cojinete



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-aluminio

Sobrecarga en el canto en ambos lados en estado inicial: desgaste en forma de desgaste de rodaje durante la adaptación.



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-latón con revestimiento sputter

Sobrecarga en el canto en ambos lados en estado inicial: desgaste en forma de desgaste de rodaje durante la adaptación.

DICTAMEN

La ranura de lubricación en el canto del cojinete es insuficiente, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta de forma localizada. Si se prolonga la falta de lubricación, la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera. Como consecuencia pueden producirse daños por sobrecalentamiento como decoloraciones oscuras en el dorso del cojinete. La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación y el

proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga en esa zona debido a la presión superficial. La sobrecarga en el canto en ambos lados se presenta con mucha frecuencia en la zona de carga principal de un cojinete. Esto puede considerarse normal dependiendo de la intensidad del desgaste y no supone ningún perjuicio para la funcionalidad.

POSIBLES CAUSAS

- Forma cóncava del muñón (Fig. 1)
- Orificio del cojinete cóncavo (Fig. 2)
- Radio de redondeado excesivo entre el muñón del cigüeñal y la gualdera (Fig. 3)
- Holgura axial excesiva «bamboleo» de la biela
- Muñón rectificadado oblicuamente (Fig. 4)

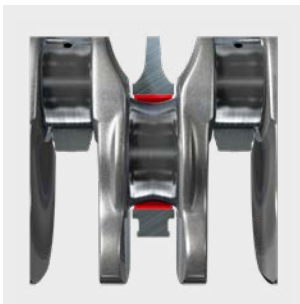


Fig. 1: Forma cóncava del muñón



Fig. 2: Orificio cóncavo del cojinete



Fig. 3: Radio de redondeado excesivo

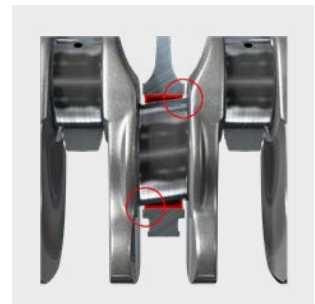


Fig. 4: Muñón rectificadado oblicuamente

AYUDA

Los cojinetes que presentan sobrecarga en el canto pueden volver a utilizarse dependiendo del avance del desgaste.

Si la manifestación de la avería se intensifica tras pocas horas de funcionamiento, deben aplicarse medidas para determinar la causa de ello:

- Comprobar que la geometría del cigüeñal es correcta: cota, redondez, cilindridad, ondulaciones, rugosidad de la superficie
- Comprobar que el orificio básico del pasaje de cojinete es correcto: cota, redondez, cilindridad, superficie
- Equilibrar el cigüeñal durante el montaje y comprobar el esfuerzo del árbol
- Comprobar la alineación del orificio del cojinete de bancada: al ensamblar un motor, deben observarse siempre los pares y el orden de apriete de los tornillos. Durante el funcionamiento, el motor debe estar suficientemente refrigerado, ya que también pueden producirse deformaciones a causa de las altas temperaturas
- Antes del montaje, comprobar la angularidad de las bielas

2.5.4 HUELLA DE DESGASTE ANCHA EN EL CENTRO DEL COJINETE EN DIRECCIÓN PERIFÉRICA

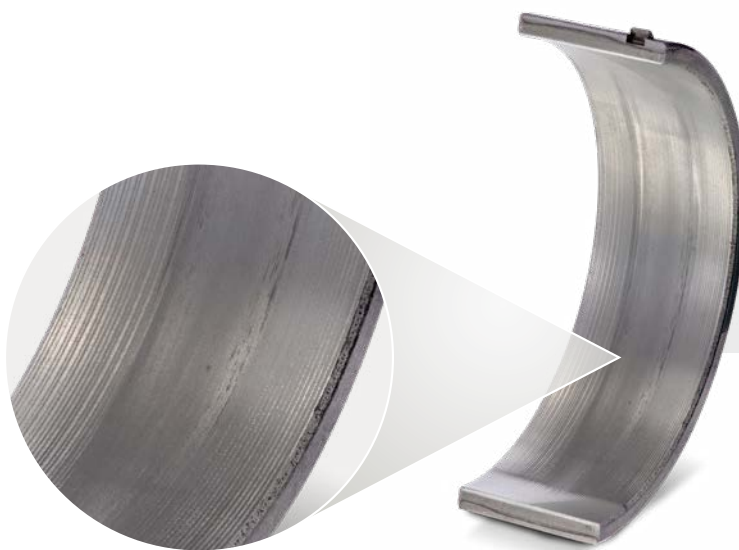
DESCRIPCIÓN

- Huella de desgaste intensa en el centro del cojinete en dirección periférica
- Bordes del cojinete menos desgastados
- Desplazamientos localizados de material en dirección periférica
- En casos graves: manifestaciones de fatiga del material y rayas visibles



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Pueden identificarse huellas de desgaste claras en el centro del cojinete con salida a la parte expuesta. Ya se han marcado como rayas en el revestimiento de rodadura.



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Puede identificarse un diagrama de contacto muy marcado en el centro del cojinete con salida a la parte expuesta. Con esta forma, el diagrama de contacto aún se corresponde con un desgaste de rodaje durante la adaptación.

DICTAMEN

La ranura de lubricación es insuficiente en el centro del cojinete, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta de forma localizada. Si se prolonga la falta de lubricación, la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera.

La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación. El proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga en esa zona debido a la presión superficial.

POSIBLES CAUSAS

- Forma excesivamente convexa del muñón (Fig. 1)
- Orificio del cojinete convexo (Fig. 2)
- Falta de lubricación



Fig. 1: Forma excesivamente convexa del muñón

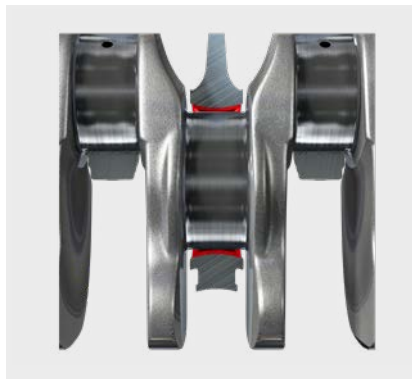


Fig. 2: Orificio del cojinete convexo

AYUDA

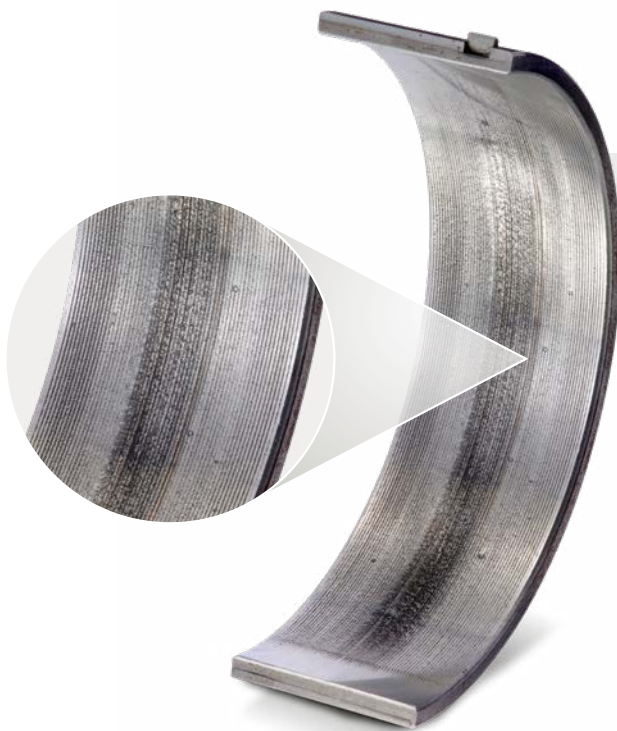
Los cojinetes pueden volver a utilizarse dependiendo del avance del desgaste. En cuanto se forman rayas o hay indicios visibles de fatiga del material, estos deben sustituirse y tomarse medidas para determinar la causa:

- Comprobar que la geometría del cigüeñal es correcta: cota, redondez, cilíndricidad, ondulaciones, rugosidad de la superficie
- Comprobar que el orificio básico del pasaje de cojinete es correcto: cota, redondez, cilíndricidad, superficie
- Equilibrar el cigüeñal durante el montaje y comprobar el esfuerzo del árbol
- Comprobar la alineación del orificio del cojinete de bancada: al ensamblar un motor, deben observarse siempre los pares y el orden de apriete de los tornillos. Durante el funcionamiento, el motor debe estar suficientemente refrigerado, ya que también pueden producirse deformaciones a causa de las altas temperaturas
- Antes del montaje, comprobar la angularidad de las bielas
- Comprobar el sistema de lubricación (véase el capítulo: «2.3 Rayas»)

2.5.5 DESGASTE EN FORMA DE FRANJA EN EL CENTRO DEL COJINETE

DESCRIPCIÓN

- Desgaste en forma de franja en el centro del cojinete como continuación de la ranura de aceite: en el caso de cojinetes de la biela, en ambos semicojinetes en la zona del orificio de aceite, en el muñón
- En parte, con arañazos en toda la circunferencia
- Bordes del cojinete menos desgastados
- Zona de desgaste muy limitada
- En casos graves: manifestaciones de fatiga del material y rayas visibles



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Se identifican franjas nítidamente delimitadas en el centro del cojinete. Esto se corresponde con la forma de la ranura de aceite que se encuentra en el semicojinete de bancada superior. Las huellas de desgaste aparecen en forma de desgaste de rodaje durante la adaptación.

DICTAMEN

Esta forma de desgaste puede deberse a que falte el orificio de aceite o a que este no esté suficientemente redondeado (Fig. 1). Además, el desgaste queda muy marcado en la zona del orificio de aceite en el muñón. En el caso de los cojinetes de bancada esto se ve en el semicojinete inferior y en el caso de los cojinetes de la biela, en ambos semicojinetes.

Otro modo de generarse, que puede llevar a la misma manifestación de la avería, es el llamado «desgaste en forma de cresta» (Fig. 2).

Este es consecuencia del reducido desgaste del muñón en la zona de la ranura de aceite. Ya que, debido a la ranura de aceite, no existe ningún contacto metálico entre el muñón y el cojinete, aquí no se produce ningún rebajamiento de material y se forma una elevación en el muñón. Dicha elevación origina un desgaste en forma de franja en el semicojinete sin ranura de aceite. Ambos procesos pueden dar lugar a rayas y daños por fatiga.

POSIBLES CAUSAS

- Falta el orificio de aceite o este no está suficientemente redondeado (Fig. 1)
- La mala combinación de materiales del cojinete y el muñón origina un desgaste reducido del muñón en la zona de la ranura de aceite (Fig. 2)

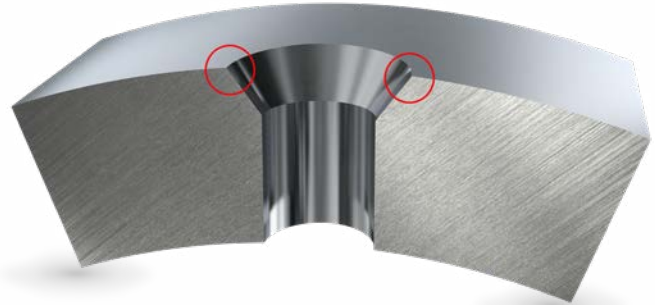
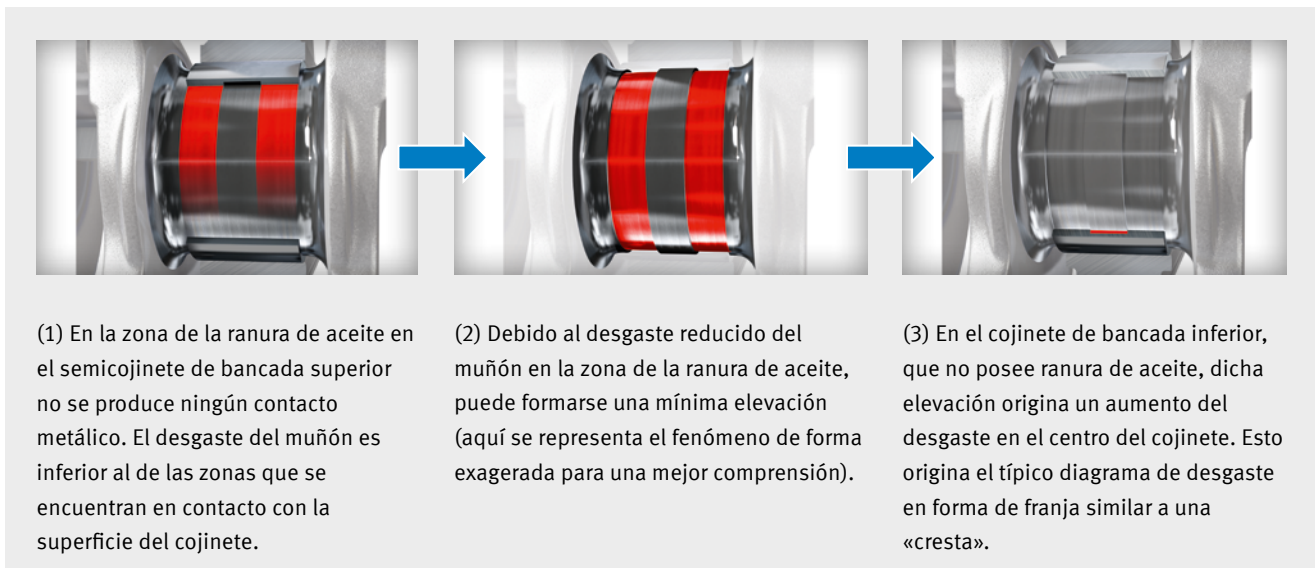


Fig. 1: Falta el orificio de aceite o este no está suficientemente redondeado



(1) En la zona de la ranura de aceite en el semicoinete de bancada superior no se produce ningún contacto metálico. El desgaste del muñón es inferior al de las zonas que se encuentran en contacto con la superficie del cojinete.

(2) Debido al desgaste reducido del muñón en la zona de la ranura de aceite, puede formarse una mínima elevación (aquí se representa el fenómeno de forma exagerada para una mejor comprensión).

(3) En el cojinete de bancada inferior, que no posee ranura de aceite, dicha elevación origina un aumento del desgaste en el centro del cojinete. Esto origina el típico diagrama de desgaste en forma de franja similar a una «cresta».

Fig. 2: Mala combinación de materiales de cojinete y muñón

AYUDA

Los cojinetes pueden volver a utilizarse dependiendo del avance del desgaste. En cuanto se forman rayas o hay indicios visibles de fatiga del material, estos deben sustituirse y tomarse medidas para determinar la causa:

- Control y mecanizado de la salida del orificio de aceite
- Comprobar si el muñón del árbol presenta una elevación en la zona de la ranura de aceite
- Comprobar el emparejamiento de materiales del muñón y del cojinete (dureza del árbol / cojinete)
- Comprobar la rugosidad del muñón

2.5.6 DESGASTE EN ZONAS OPUESTAS DE LAS SUPERFICIES DE SEPARACIÓN

DESCRIPCIÓN

- Fuertes huellas de desgaste en el área de las zonas expuestas situadas opuestamente en diagonal
- Vértice del semicojinete claramente menos desgastado
- En casos graves: manifestaciones de fatiga del material y rayas visibles



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Se puede ver un desgaste marcado en la zona expuesta, mientras que el vértice del cojinete está claramente menos desgastado.

DICTAMEN

Si los cojinetes se apoyan en esa zona, se presenta una avería grave. La causa del desgaste que aparece puede ser el desplazamiento de los semicojinetes unos respecto de los otros debido a un montaje incorrecto. La holgura de cojinetes es insuficiente de forma localizada debido al desplazamiento de la tapa, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta en algunos puntos. Si se prolonga la falta de lubricación, la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera.

La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación y el proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga debido a la presión superficial.

POSIBLES CAUSAS

- Montaje incorrecto de la tapa del cojinete
- Se ha montado la tapa del cojinete girada en 180 grados
- Se ha utilizado una herramienta no adecuada o tornillos de ajuste incorrectos
- El orden o par de apriete de los tornillos son incorrectos



AYUDA

Debe sustituirse el cojinete y subsanarse la causa, ya que el cojinete no está diseñado para apoyarse en esa zona:

- Prestar atención a la asignación de los semicojinetes respecto de los cilindros
- Montar los tornillos correctos solo con la herramienta adecuada
- Realizar el apriete de tornillos con los pares y el orden de apriete especificados por el fabricante
- Comprobar el orificio básico: medida, redondez, cilíndricidad y superficie deben encontrarse dentro de unas determinadas tolerancias prescritas

2.5.7 DESGASTE EN AMBAS ZONAS DE LAS SUPERFICIES DE SEPARACIÓN

DESCRIPCIÓN

- Fuertes huellas de desgaste en el área de ambas zonas expuestas en los semicojinetes superior e inferior
- Vértice de los semicojinetes claramente menos desgastado
- En casos graves: manifestaciones de fatiga del material y rayas visibles



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Se detectan huellas de desgaste fuertemente marcadas en ambos lados de la zona de las superficies de separación. Al mismo tiempo que el vértice / la zona de carga principal del semicojinete se ha desgastado bastante menos.

DICTAMEN

Si los cojinetes se apoyan en esa zona, se presenta una avería grave. El aspecto puede estar causado por un orificio básico ovalado. Por ello, la holgura de cojinetes se reduce en la zona del plano de separación, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta en las zonas expuestas. Si se prolonga la falta de lubricación,

la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera. La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación y el proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga en esa zona debido a la presión superficial.

POSIBLES CAUSAS

- Deformación ovalada del orificio del cojinete debido a carga térmica o mecánica
- Biela con ojo ovalado de biela: se ha montado de nuevo una biela usada sin el rectificado necesario
- Apriete de tornillos incorrecto al taladrar el orificio básico



AYUDA

- Comprobar la carga del orificio del cojinete
- Comprobar el orificio básico: medida, redondez, cilindridad y superficie deben encontrarse dentro de unas determinadas tolerancias prescritas. Las piezas usadas deben rectificarse antes de volver a montarlas
- Realizar el apriete de tornillos con los pares y el orden de apriete especificados por el fabricante

2.5.8 ZONA ESTRECHA DE DESGASTE EN EL VÉRTICE DEL SEMICOJINETE

DESCRIPCIÓN

- Huellas de desgaste estrechas en el vértice del semicojinete
- Fuertemente marcadas en el semicojinete con la carga principal
- En casos graves: manifestaciones de fatiga del material y rayas visibles



Semicojinete de bancada superior, material compuesto de acero-aluminio

Pueden identificarse huellas de desgaste en la zona del vértice en forma de desgaste de rodaje durante la adaptación. En el resto de la superficie de deslizamiento del cojinete no se ven huellas de funcionamiento.

DICTAMEN

El aspecto puede estar causado por un orificio básico ovalado transversalmente. Por ello, la holgura de cojinetes se reduce en el vértice, de manera que la película lubricante no alcanza toda su capacidad portante y puede producirse una fricción mixta en algunos puntos. Si se prolonga la falta de lubricación,

la temperatura aumenta debido al calor de fricción que se genera. La temperatura en aumento continúa intensificando la falta de lubricación y el proceso sigue amplificándose hasta que se producen las primeras rayas y se originan daños por fatiga en esa zona debido a la presión superficial.

POSIBLES CAUSAS

- Colocación de la biela o de las superficies de choque de la caja
- Apriete de tornillos incorrecto al taladrar el orificio básico
- Carga de presión extrema de la biela



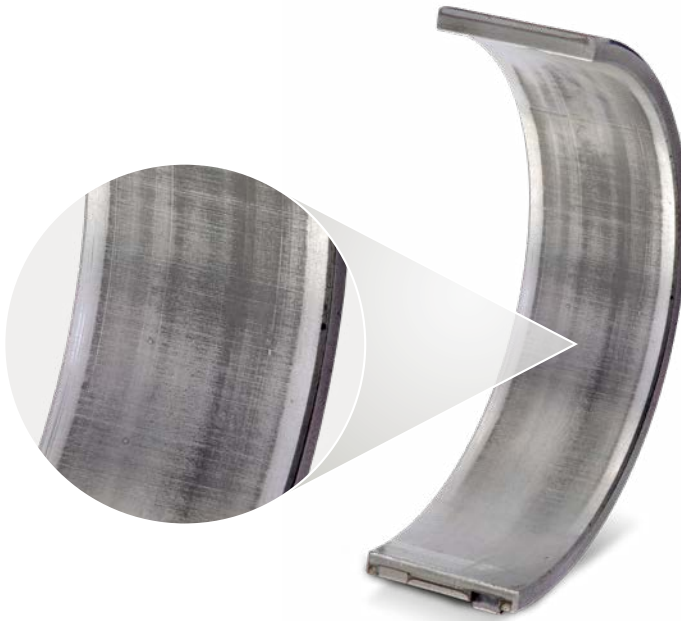
AYUDA

- Comprobar que el orificio básico del pasaje de cojinete es correcto: cota, redondez, cilíndricidad, superficie
- Realizar el apriete de tornillos con los pares y el orden de apriete especificados por el fabricante
- Comprobar la carga de la biela

2.5.9 FRANJAS ESTRECHAS EXENTAS DE DESGASTE EN LOS BORDES DEL COJINETE

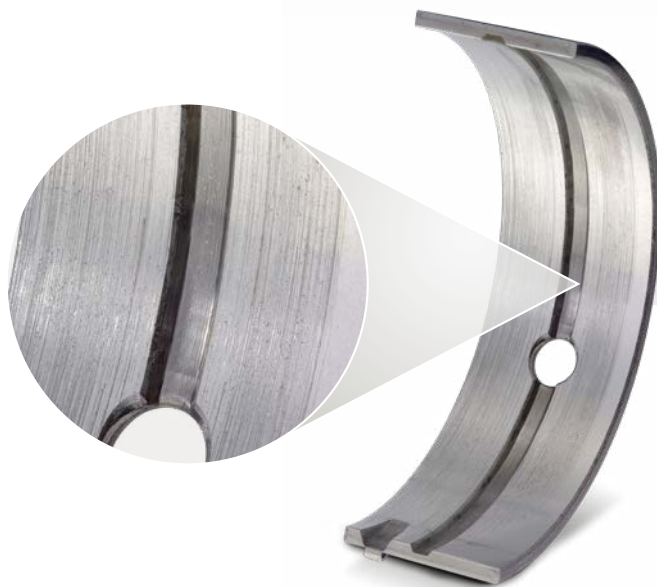
DESCRIPCIÓN

- Franjas estrechas libres de desgaste en los cantos del cojinete
- No se ven huellas de rozamiento en esa zona
- Aún se reconoce la estructura de mecanizado de la fabricación en la zona
- Se identifica una delimitación clara entre las franjas exentas de desgaste y la zona desgastada



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Se identifican dos franjas exentas de desgaste en los cantos del cojinete sin huellas de contacto visibles. El resto del cojinete presenta una ligera decoloración negruzca que, posiblemente, es consecuencia de la corrosión o el desgaste.



Semicojinete de bancada superior, material compuesto de acero-aluminio

Se identifica una franja exenta de desgaste en el canto del cojinete sin huellas de contacto visibles. El resto del cojinete presenta una formación de estrías marcada.

DICTAMEN

Debido al saliente axial en un lado (Fig. 1) o en ambos lados (Fig. 2), aparecen franjas estrechas exentas de desgaste en los cantos del cojinete que tampoco presentan el típico desgaste de rodaje durante la adaptación. En esa zona no se produce nunca contacto metálico, independientemente del número de revoluciones del muñón.

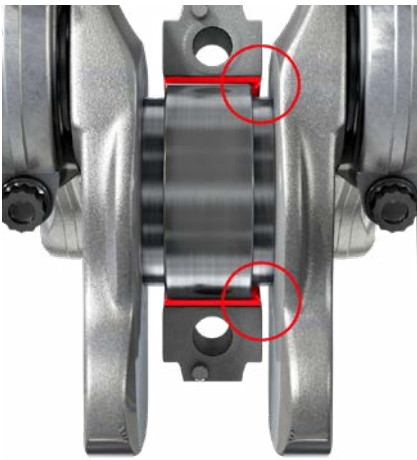


Fig. 1: Saliente axial en un lado

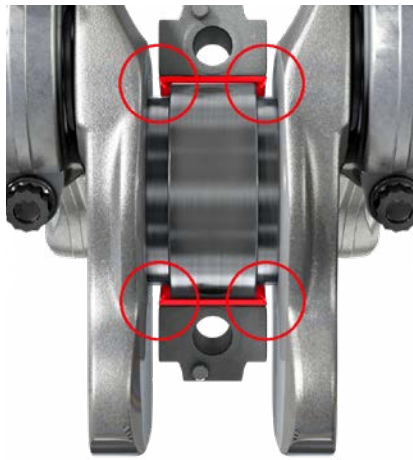


Fig. 2: Saliente axial en los dos lados

POSIBLES CAUSAS

- Divergencia geométrica del muñón
- Se ha seleccionado la anchura del cojinete incorrecta
- Juego de montaje (árbol / muñón desplazado)

AYUDA

Los cojinetes pueden volver a utilizarse dependiendo del avance del desgaste. En cuanto se forman rayas o hay indicios visibles de fatiga del material, estos deben sustituirse y tomarse medidas para determinar la causa:

- Comprobar que la geometría del cigüeñal es correcta antes del montaje: medida, redondez
- Sustituir el cigüeñal o montar nuevos cojinetes adecuados a la geometría del cigüeñal

3. DAÑOS DEBIDOS A LA ACCIÓN DE PARTÍCULAS

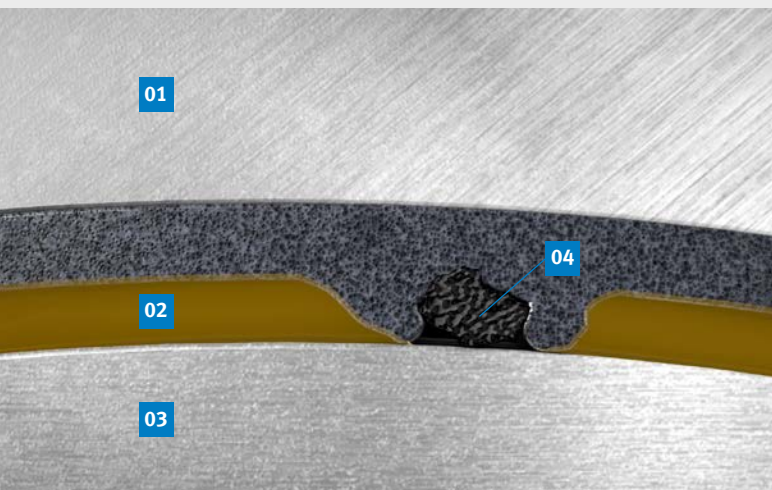
3.1 INTRODUCCIÓN

Si penetran partículas extrañas en la ranura de lubricación entre el cojinete y el muñón del árbol, existe un grave peligro de daños en el cojinete. Debido al espesor insuficiente de la película lubricante, las más pequeñas partículas pueden perturbar el funcionamiento y provocar una fricción mixta. Pueden incrustarse en la capa de deslizamiento y el revestimiento de rodadura y, con ello, pasar a ser «inofensivas». Al mismo tiempo, los bordes que sobresalen se aplanan al hacer contacto con el árbol. Las partículas cuyo tamaño y grosor sobrepasan a los de la capa de deslizamiento y el revestimiento de rodadura no pueden incrustarse por completo. La parte que sobresale origina el desgaste del muñón del árbol en forma de estrías. Las estrías muy desarrolladas reducen la durabilidad esperada y pueden favorecer el gripado del cojinete.

Ya en la fabricación o el reacondicionamiento de un motor, las partículas pueden penetrar en el bloque de motor y asentarse allí. Por ejemplo, esto puede ocurrir en el caso de limpieza por chorro de arena o de vidrio de un bloque de motor. Pero también pueden «generarse» o infiltrarse partículas de suciedad durante el funcionamiento (p. ej., hollín o aceite carbonizado).

Un mantenimiento insuficiente del sistema de lubricación o los agentes exteriores extremos facilitan la penetración de suciedad adicional en el circuito de lubricación. También los cojinetes adyacentes u otros componentes del motor dañados pueden introducir partículas en el circuito de aceite.

Normalmente, el peligro de daños debidos a la acción de partículas es mayor en el cojinete de bancada que en el cojinete de la biela. Los cojinetes de la biela se alimentan con aceite desde los cojinetes de bancada a través de los orificios del cigüeñal, de manera que el aceite recorre en primer lugar los cojinetes de bancada. Las partículas más grandes se incrustan ya en el cojinete de bancada y, en su mayor parte, no penetran hasta el cojinete de la biela.



- 01 Dorsal de acero
- 02 Película de aceite
- 03 Árbol
- 04 Partículas



Para obtener información acerca del origen de las partículas, puede resultar útil hacer un análisis del cojinete y tomar una muestra de aceite.

POSIBLES CAUSAS

- **Montaje sucio:** debido a la falta de atención o a una limpieza insuficiente de los componentes del motor durante el montaje, la suciedad puede penetrar en el bloque de motor
- **Los residuos,** p. ej., virutas de metal o material de la limpieza por chorro que queda de la fabricación o del reacondicionamiento, pueden formar sedimentos en el bloque de motor, estos se desprenden durante el funcionamiento. Con frecuencia, estos sedimentos proceden también de componentes adosados, p. ej., el enfriador de aceite, que no se limpiaron lo suficiente al realizar el reacondicionamiento de motores
- **Daños en las juntas en la zona del motor:** si una junta se somete a demasiado esfuerzo o se daña en el montaje, esta ya no cumple su función y pueden penetrar partículas
- **Mantenimiento deficiente del sistema de lubricación:** exceder los intervalos de inspección o los filtros de aceite obstruidos pueden provocar la acumulación de suciedad en el aceite
- **Cavitación:** las partículas se desprenden del material del cojinete y el aceite continúa arrastrándolas. En función de su tamaño, estas pueden provocar la formación de estrías o finas incrustaciones en el cojinete o en un cojinete adyacente
- **Gripado:** los componentes del motor gripados (pistones, semicojinetes) filtran una gran variedad de partículas en el circuito de lubricación que, a su vez, pueden causar daños en otros componentes
- **Daños por fatiga:** si hay roturas de material en componentes del motor, el material arrancado puede penetrar con el aceite en el cojinete y dañarlo

AYUDA

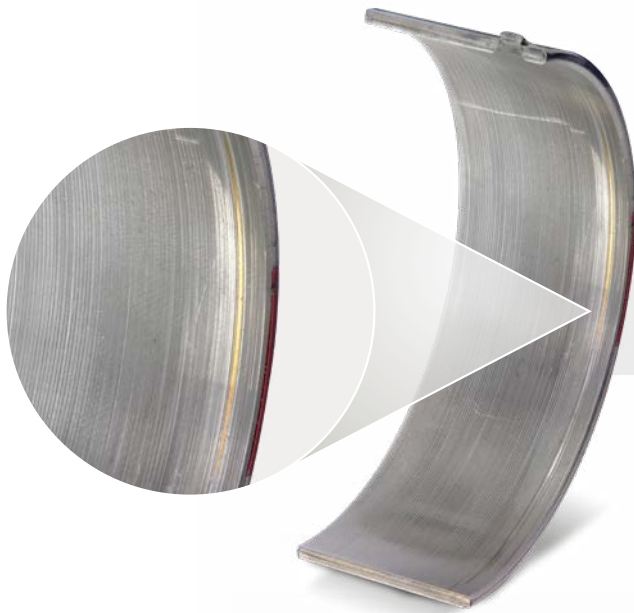
En general, los cojinetes pueden seguir utilizándose a pesar de la formación de estrías y de las partículas incrustadas. No obstante, esto depende de la dimensión del daño. Si, por ejemplo, hay múltiples y grandes impresiones de partículas con huellas de fricción mixta ya marcadas debido a las deformaciones del material, es aconsejable cambiar el cojinete. Las impresiones finas de partículas no limitan la función del cojinete. Sin embargo, la causa debe aclararse en ambos casos:

- **Limpieza de todos los componentes antes del montaje:** es importante enjuagar todos los orificios de aceite en el árbol y en la caja antes de la puesta en funcionamiento para eliminar las virutas y partículas pequeñas procedentes de la fabricación o del reacondicionamiento. También los canales de aceite de los componentes adosados, p. ej., del enfriador de aceite y del turbocargador, deben limpiarse exhaustivamente
- **Comprobar la funcionalidad de las juntas**
- **Cambiar el filtro de aceite y el aceite siguiendo siempre las especificaciones del fabricante:** debe observarse el cumplimiento de los intervalos de inspección y utilizar solo aceite y filtros de aceite de una calidad suficiente
- **Filtrado del aire de aspiración:** Realizar el mantenimiento periódico del filtro, dado el caso, sustituirlo
- **Comprobar si otros componentes del motor presentan daños como cavitación, fatiga o gripado:** con frecuencia, los daños del cojinete son consecuencia de la acción de partículas
- **Si no puede determinarse la influencia de partículas,** puede obtenerse información analizando los semicojinetes dañados y tomando una prueba de aceite. Si todavía hay partículas incrustadas o aceite, puede identificarse su composición química. En caso de que se trate, p. ej., de material procedente del cigüeñal, este puede comprobarse en cuanto a daños de forma más precisa

3.2 FORMACIÓN DE ESTRÍAS

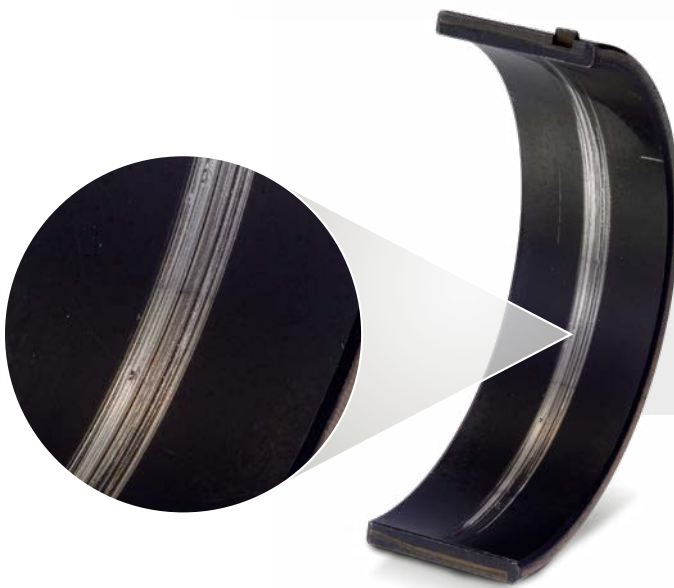
DESCRIPCIÓN

- Marcas profundas en forma de raya en el sentido de deslizamiento con deformaciones del material en los bordes
- Las deformaciones se vuelven a nivelar parcialmente debido al desgaste, brillante y claro
- En la mayoría de los casos, acompañadas por la formación de estrías o partículas incrustadas en el cigüeñal o los cojinetes adyacentes



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-latón con revestimiento sputter

La estría llega hasta la capa de latón. Han aparecido huellas de desgaste claras junto a las estrías debido a las deformaciones aplanadas.



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio con revestimiento de polímero

Las estrías han profundizado hasta la capa de aleación de aluminio.

DICTAMEN

Las partículas que penetran por la ranura de lubricación y no se incrustan en el material del cojinete pasan varias veces a través de dicha ranura y, al hacerlo, originan estrías. En función del grosor de los bordes que sobresalen, estos no se pueden aplanar durante el funcionamiento y, como consecuencia de la mayor fricción mixta, se produce un aumento de temperatura al hacerse contacto con el árbol.

Con frecuencia, esto causa rayas y gripado.

La formación de estrías también puede ser consecuencia de los efectos de la fricción mixta. No obstante, en este caso las estrías aparecen con una forma fina y superficialmente en ambas partes deslizantes.

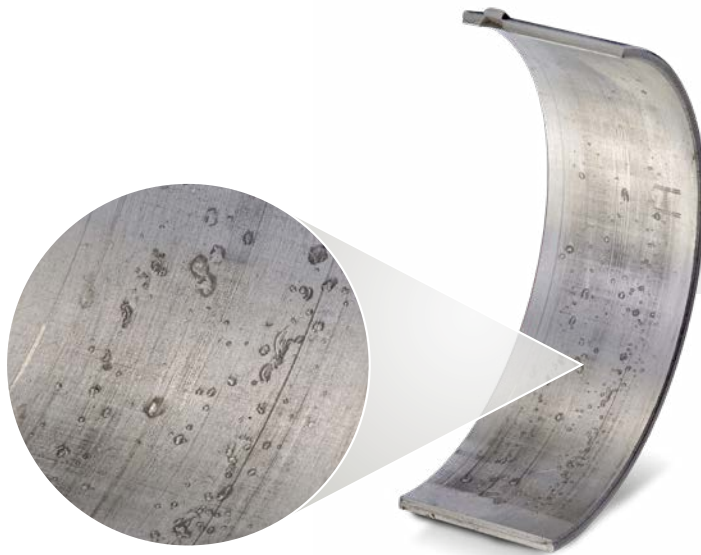
AYUDA

Si en los bordes hay presentes estrías con fuertes deformaciones, debe sustituirse el cojinete. No obstante, si hay presentes estrías cuyas deformaciones están incrustadas y ya no se espera la influencia de partículas, los cojinetes pueden seguir utilizándose.

3.3 INCRUSTACIÓN

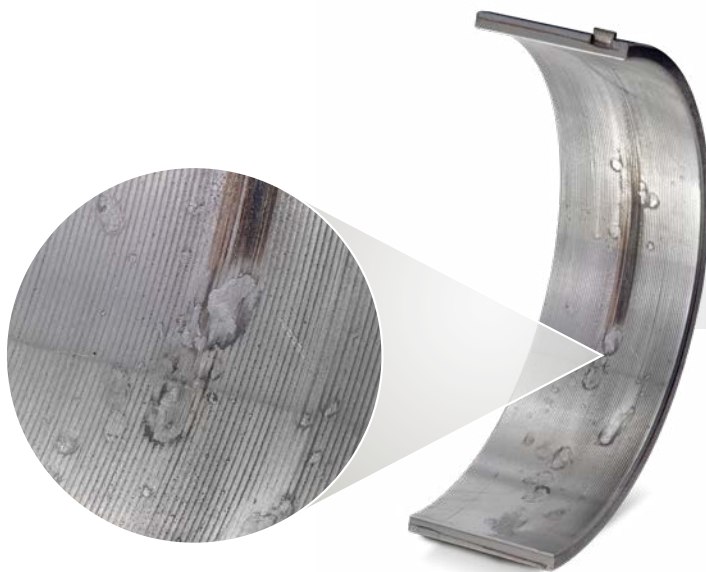
DESCRIPCIÓN

- Superficie rayada
- Impresiones de partículas (que, en parte, aún contienen partículas) rodeadas por una deformación que se hace visible debido al desgaste como un punto muy brillante
- Con frecuencia, acompañados de la formación de estrías en el muñón y el cojinete
- En casos graves, pueden verse las rayas que parten de las incrustaciones



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-aluminio

Pueden verse impresiones de partículas y formaciones de estrías diseminadas.



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Pueden verse grandes impresiones de partículas sin partículas incrustadas. Las partículas han provocado deformaciones del material que han dado lugar a una raya en el centro del cojinete.

DICTAMEN

Las partículas que penetran en la ranura de lubricación pueden incrustarse en el material del cojinete. Dependiendo del grosor de la capa de deslizamiento / del revestimiento de rodadura, se puede diferenciar entre una incrustación profunda y una superficial. En el caso de incrustaciones profundas, las partículas se integran completamente en la capa de deslizamiento o el revestimiento de rodadura. Esto solo es posible si las partículas no exceden el grosor de la capa. El material del cojinete que sobresale al producirse la incrustación se aplanan en los siguientes contactos con el árbol debido al desgaste.

La incrustación superficial se produce cuando el tamaño de la partícula excede el grosor de la capa. Las partículas no se incrustan por completo y sobresalen de la superficie del cojinete. Estas dan lugar al desgaste y la formación de estrías en la superficie del muñón.

Los bordes que sobresalen o los salientes de las partículas no completamente incrustadas perjudican la estructura de la película lubricante y pueden producirse estados de fricción mixta. También la llamada «abrasión de lana» es una posible consecuencia. Las partículas incrustadas cortan la superficie del árbol y extraen material (lana de viruta). Las partículas desprendidas que se vuelven a incrustar favorecen los daños en el cojinete y, con frecuencia, no puede evitarse el daño total del muñón ni del cojinete.

Por tanto, las rayas y el gripado pueden ser consecuencia de las incrustaciones de partículas.

AYUDA

Si se presentan grandes incrustaciones de partículas en el marco de un desgaste incipiente del muñón y del cojinete, el cojinete debe sustituirse. No obstante, si hay presentes incrustaciones de partículas cuyas deformaciones se han aplanado y ya no se espera la influencia de más partículas, la función del cojinete no se ve perjudicada.

3.4 HUELLA DE DESPLAZAMIENTO DE SUCIEDAD

DESCRIPCIÓN

- Impresiones individuales situadas una tras otra que están dispuestas como huellas en cuyos extremos aún puede haber partículas incrustadas
- Por lo general, discurren oblicuamente al canto del cojinete
- Parten de las ranuras de aceite o de los orificios de lubricación
- Con frecuencia, acompañadas de la formación de estrías en el muñón y de la formación de estrías / incrustación de partículas en el cojinete



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Ha surgido una huella de desplazamiento de suciedad que parte del plano de separación. Son visibles varias grandes impresiones de partículas una tras otra que discurren oblicuamente. En parte, aún quedan partículas incrustadas.

DICTAMEN

Las partículas muy grandes y duras que penetran en la ranura de lubricación no pueden incrustarse en el material del cojinete. Entonces pasan a través de la ranura de lubricación, no obstante, siempre están volviendo a depositarse. A menudo, el aspecto comienza partiendo de las ranuras o de los orificios de aceite, ya que las partículas se infiltraron allí. Las deformaciones fuertes a lo largo de la huella de desplazamiento causan rayas y el gripado.

AYUDA

Cuando se presentan deformaciones fuertes a lo largo de la huella de desplazamiento o indicios de la formación de rayas, debe sustituirse el cojinete. No obstante, los cojinetes pueden seguir utilizándose si las deformaciones están incrustadas y ya no se teme la influencia de más partículas.

3.5 ACUMULACIÓN EN EL DORSO DEL COJINETE

DESCRIPCIÓN

- Divergencia limitada localmente del diagrama de contacto
- Punto de desgaste claro en la superficie de deslizamiento
- Frecuentes residuos de partículas / impresiones en el dorsal de acero del cojinete
- En casos graves, se identifican fuertes huellas de fricción mixta en forma de rayas y manifestaciones de fatiga en la superficie de deslizamiento del cojinete



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

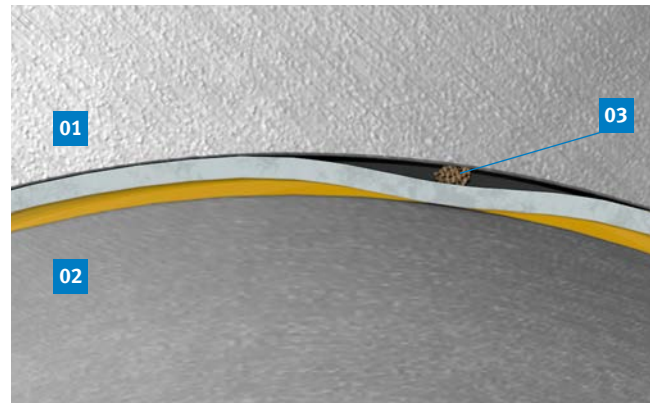
Se detecta una divergencia clara del diagrama de contacto, así como un desgaste en forma de punto, en la superficie de deslizamiento. La huella de presión se ha generado debido a las partículas en el dorso del cojinete.



Imagen del dorso del cojinete

DICTAMEN

Debido a la suciedad o los residuos de aceite (aceite carbonizado), en el dorso del cojinete se producen huellas de presión localizadas que pueden identificarse en la superficie de deslizamiento del cojinete. En la parte interior del cojinete se produce un aumento del desgaste debido a la presión frente al área restante del cojinete. Este puede distinguirse como una anomalía, casi siempre una divergencia muy brillante respecto a la huella de contacto. Dependiendo de la dimensión de las huellas de presión, las consecuencias pueden ser la formación de rayas, el gripado y daños por fatiga.



- 01 Caja
- 02 Árbol
- 03 Partículas

AYUDA

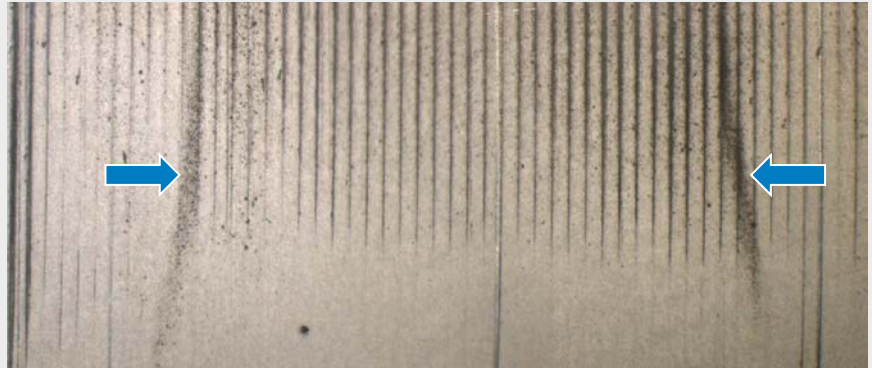
El que el cojinete pueda o no seguir utilizándose depende del avance del desgaste del revestimiento de rodadura. En cuanto aparecen rayas o manifestaciones de fatiga como fisuras o grietas en la zona de la huella de presión, debe sustituirse el cojinete, ya que de lo contrario existe el peligro de un daño total. El material desprendido puede provocar un daño derivado en el mismo o en un cojinete adyacente.

4. EROSIÓN Y CAVITACIÓN

4.1 EROSIÓN

DESCRIPCIÓN

- Formación de estrías finas en el sentido del flujo de aceite
- Formación de rugosidad y fracturación en el revestimiento de rodadura / la capa de deslizamiento



DICTAMEN

La erosión es una forma de rebajamiento de material por abrasión causada por las fuerzas de la corriente de aceite. Este efecto se ve aumentado por la acción de las más pequeñas partículas en el aceite como los residuos de combustión o la carbonilla.

La erosión se produce frecuentemente como consecuencia de la cavitación, ya que aquí se desprenden partículas del material y se infiltran en el sistema de lubricación.

La erosión ataca la superficie del material y la activa químicamente,

lo que favorece que se inicie la corrosión. Igualmente, la resistencia a la fatiga del material también se ve perjudicada, ya que la fracturación de la superficie puede causar fisuras. Se producen daños por fatiga.

La erosión se origina cada vez con más frecuencia debido al empleo de aceites de baja viscosidad.

POSIBLES CAUSAS

- Elevado número de revoluciones y holgura de cojinetes insuficiente
- Utilización de los aceites de motor incorrectos, p. ej., sin aditivos o con los aditivos erróneos
- Partículas muy pequeñas en el flujo de aceite: las partículas pueden proceder de diferentes zonas del motor y aparecer, p. ej., debido a una combustión deficiente o a la cavitación

AYUDA

- Mantener baja la temperatura del aceite mediante una refrigeración adecuada
- Cambiar el filtro de aceite y el aceite siguiendo siempre las especificaciones del fabricante: debe observarse el cumplimiento de los intervalos de inspección y utilizar solo aceite y filtros de aceite de una calidad suficiente

4.2 CAVITACIÓN

La cavitación se produce debido a la corriente de lubricante a través del intersticio del cojinete. La presión de vapor del aceite empleado juega un papel decisivo aquí.

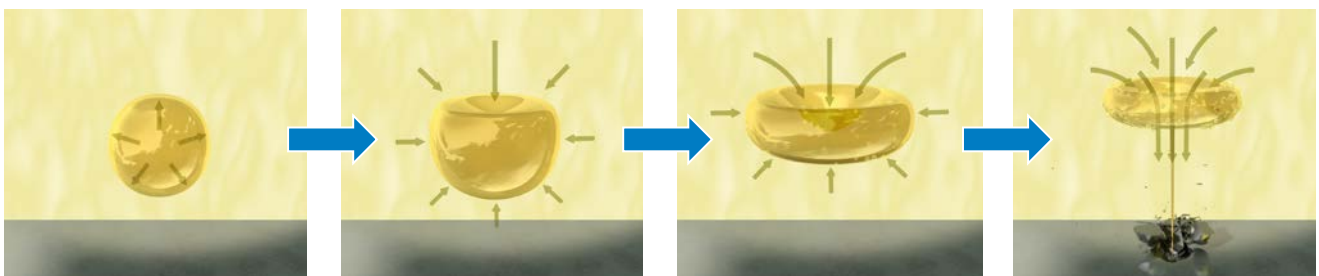
Considerándola estrictamente, la cavitación solo es el proceso físico de la formación de burbujas de vapor a partir de un líquido, lo que, por sí mismo, todavía no puede originar daños en el cojinete. Solo la erosión por cavitación describe la manifestación de la avería correspondiente debido al típico rebajamiento de material generado a partir de la implosión de las burbujas de vapor, en áreas por debajo de la presión de vapor (cavitación \leftrightarrow erosión por cavitación).

En el caso de algunas manifestaciones de la avería puede resultar difícil distinguir entre cavitación, erosión y corrosión, a pesar de los diferentes modos de generarse.

A menudo, también aparecen formas de transición complejas como la erosión por cavitación o la corrosión por erosión. Esto puede explicarse porque tanto la cavitación como la erosión atacan capas anticorrosión y las activan químicamente, de manera que, como consecuencia, puede aparecer la corrosión.

DESCRIPCIÓN

Si no se alcanza la presión de vapor del aceite empleado, se forman burbujas de gas y vapor que son arrastradas por la corriente. Esto se denomina cavitación. Cuando la presión estática aumenta de nuevo, las burbujas se desintegran implosionando y se producen fuertes golpes de presión, los llamados microjet, así como elevadas temperaturas. Los golpes de vapor producen roturas del material y el rebajamiento del mismo: la erosión por cavitación.



La burbuja de cavitación se genera y crece

Comienza la implosión

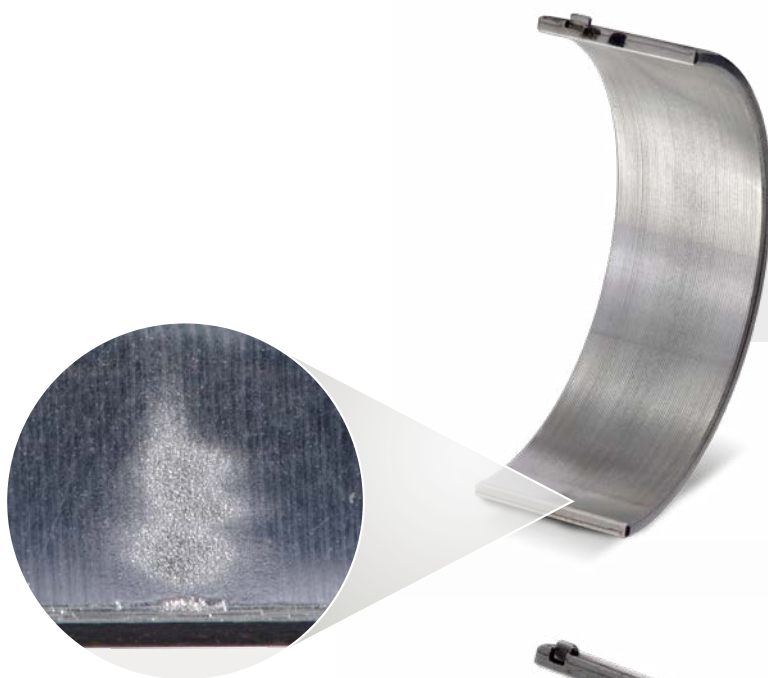
Se produce un microjet

El microjet se rompe debido a la burbuja de cavitación e impacta en la superficie

DESCRIPCIÓN

- Cavitación en la zona expuesta: grieta puntiforme o fungiforme en la zona expuesta hacia el plano de separación, huella claramente rugosa y mate
- Cavitación en la salida de la ranura de aceite: grieta fungiforme en la salida de la ranura de aceite, huella rugosa y mate

La cavitación también puede aparecer en otras zonas del cojinete, p. ej., en el vértice. Sin embargo, resulta mucho más difícil distinguir entre erosión y corrosión cuando se trata de estas formas. En la mayoría de los casos no se encuentra ninguna rotura de material, sino huellas mate ligeramente rugosas que pueden ser consecuencia tanto de la erosión como de la corrosión.



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-aluminio

Cavitación en la zona expuesta: se reconoce un rebajamiento de material considerable. La zona presenta un acabado mate en comparación con el material circundante.

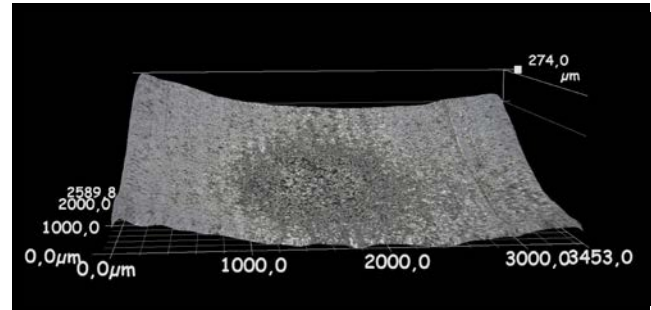


Semicojinetes de bancada superiores, material compuesto de acero-aluminio

Cavitación en la salida de la ranura de aceite: puede verse una grieta fungiforme del material del cojinete. La zona presenta un acabado más mate y rugoso en comparación con el material circundante.

DICTAMEN

Los golpes de presión que se generan al desintegrarse las burbujas de gas y vapor en las proximidades de la superficie del cojinete originan roturas de material (véase el capítulo: «4. Erosión y cavitación.»). Frecuentemente, la cavitación va acompañada de la erosión y la corrosión y puede ocasionar la formación de estrías en el mismo o en un cojinete adyacente.



Medición 3D – Cavitación

POSIBLES CAUSAS

Las altas temperaturas y las impurezas con bajo punto de ebullición pueden favorecer la cavitación.

- Impurezas en el aceite: agua, combustible o carbonilla y suciedad
- Presión de aceite insuficiente: se presentan pérdidas de presión imprevistas (p. ej., debido a una bomba de aceite defectuosa) o se ha ajustado una presión de aceite insuficiente
- Presión de vapor del aceite utilizado insuficiente
- Aumento de la temperatura en el cojinete (p. ej., debido a una falta de aceite)
- Los aceites de baja viscosidad aumentan el peligro de cavitación
- Puntos huecos / acumulación (p. ej., sedimentaciones de aceite carbonizado) en el dorso del cojinete pueden ocasionar vibraciones del semicojinete y, así, dar lugar a cavitación

Cavitación por vibración o aspiración:

- La ranura de lubricación es demasiado grande, de manera que se reduce la presión hidrodinámica en el intersticio del cojinete
- Vibraciones del cigüeñal: el movimiento del muñón causa una disminución de la presión unilateral mediante el efecto de aspiración que se genera
- Se producen vibraciones del orificio del cojinete (casi siempre en los ojos de biela) debido a deformación o flexión: disminuye la presión en la película de aceite

Cavitación por corriente:

- Las interrupciones de la superficie (orificios o ranuras de aceite) y los desvíos del flujo de aceite pueden ocasionar una disminución de la presión

AYUDA

Los cojinetes que presentan cavitación no deben sustituirse. Dependiendo de la dimensión de la cavitación, puede acortarse la durabilidad debido a la influencia sobre la dinámica del cojinete. No obstante, no debe temerse un daño total.

- Utilizar aceites de calidad y realizar cambios periódicos de aceite y de filtro conforme a las especificaciones del fabricante
- Comprobar la presión de aceite y, eventualmente, regularla de nuevo

- Emplear aceite con una presión de vapor más elevada: el aceite debe ser compatible con todos los componentes del motor, en caso de duda, consulte al fabricante
- Comprobar la ranura de lubricación y, eventualmente, regular de nuevo la holgura de cojinetes
- Comprobar la carga del motor en cuanto al esfuerzo que suponen las vibraciones
- Comprobar el aceite en cuanto a la dilución de combustible

5. DAÑOS POR FATIGA

5.1 INTRODUCCIÓN

Cuando la resistencia a la fatiga del material se sobrepasa de forma localizada, se produce la fatiga. Aparecen las primeras fisuras (Fig. 1) que continúan creciendo como consecuencia del efecto de entalladura y se forma una red de grietas (Fig. 2). Posteriormente se producen roturas del metal antifricción (Fig. 3). La red de grietas y las roturas disminuyen la resistencia del cojinete, de manera que, en caso de carga, puede producirse una rotura por fatiga. El cojinete de fricción pierde entonces su funcionalidad y se produce un daño total.

A causa de las roturas de material se infiltran partículas en el sistema de lubricación. Esto puede ocasionar la formación de estrías o la incrustación de partículas en el mismo o en un semicojinete adyacente. También pueden originarse rayas y gripado en el mismo o en un cojinete adyacente.

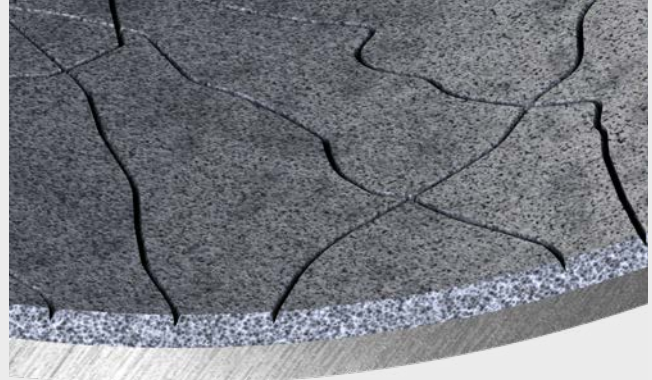


Fig. 1: Primeras fisuras



Fig. 2: Red de grietas

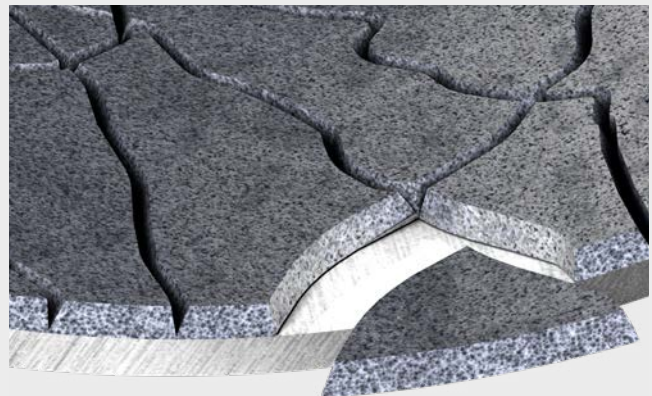


Fig. 3: Roturas

POSIBLES CAUSAS

Las manifestaciones de fatiga como fisuras y roturas del metal antifricción son originadas por una sobrecarga dinámica excesiva. Esto puede tener diferentes causas:

- Sobrecarga: si sobre el cojinete actúan fuerzas superiores a las que permite el diseño, se produce una fatiga del material: las fallas de combustión, p. ej., el golpeteo, aumentan la presión en los pistones y, con ello, en el cojinete de la biela
- Dimensionar una ranura de lubricación insuficiente, de manera que no puede formarse una película lubricante con capacidad portante: la presión de la película lubricante aumenta en estos puntos y se producen presiones superficiales excesivas, esto puede estar causado por un error de alineación, de forma, geométrico o un montaje incorrecto (véase el capítulo: «2.5 Casos especiales»). Tener en cuenta los cojinetes adyacentes puede ofrecer información
- Calidad del aceite deficiente o envejecimiento del aceite: si se utiliza un aceite no adecuado o, debido al envejecimiento, este ya no presenta una calidad suficiente, pueden producirse efectos adversos al formarse la película lubricante
- Vibraciones: si, además, se carga el cojinete a causa de tensiones alternantes debidas a vibraciones, aumenta el peligro de una fatiga del material
- Altas temperaturas: las temperaturas elevadas favorecen la fatiga del material, ya que reducen la resistencia del material del cojinete

AYUDA

- Comprobar la carga del cojinete, si es necesario, debe utilizarse un cojinete resistente a la fatiga
- Comprobar que la geometría del cigüeñal es correcta: cota, redondez, cilindridad, ondulaciones, rugosidad de la superficie
- Comprobar que el orificio básico del pasaje de cojinete es correcto: cota, redondez, cilindridad, superficie
- Comprobar la alineación del orificio del cojinete de bancada (observar los pares de apriete prescritos para los tornillos, refrigerar el motor suficientemente)
- Antes del montaje, comprobar la angularidad de las bielas
- Equilibrar el cigüeñal durante el montaje
- Utilizar únicamente el aceite recomendado por el fabricante y respetar los intervalos para el cambio de aceite
- Garantizar una refrigeración suficiente del motor

5.2 FISURAS Y GRIETAS DE LA CAPA DE DESLIZAMIENTO

Este tipo de daño solo aparece en cojinetes de fricción con una capa de deslizamiento aplicada de revestimiento de polímero / pintura deslizante, galvanizado o sputter.

DESCRIPCIÓN

- Se detectan fisuras finas en la capa de deslizamiento: sobre todo, en posición transversal al sentido de rodadura (a menudo se conoce como «escarabajo de la corteza», ya que la manifestación de la avería recuerda a la mordedura de este insecto)
- Con frecuencia, se presenta junto con la sobrecarga en el canto y decoloraciones de la superficie del cojinete



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-latón con revestimiento sputter

El cojinete de fricción presenta manifestaciones de fatiga hacia la zona expuesta en forma de fisuras y las primeras grietas que llegan hasta la capa de latón.



Semicojinete de bancada, material compuesto de acero-bronce con revestimiento galvanizado

La sobrecarga en el canto de un lado en ambos semicojinetes ha provocado la fatiga de la capa galvánica y la típica manifestación de la avería que recuerda al escarabajo.

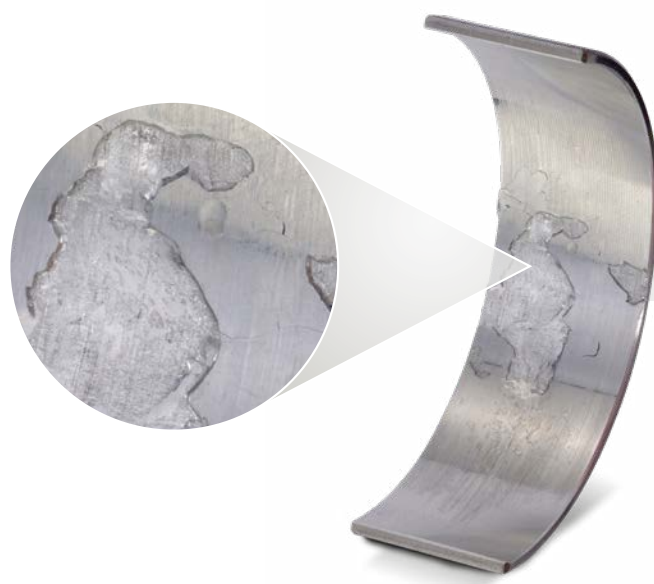


Para las posibles causas y la ayuda, véase el capítulo «5.1 Introducción»

5.3 FISURAS Y GRIETAS DEL METAL ANTIFRICCIÓN

DESCRIPCIÓN

- Fisuras y grietas en forma de pavimento hasta llegar al material del cojinete
- Cantos de la rotura redondeados debido al desgaste en función del período de rodaje siguiente



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-aluminio

Pueden identificarse grietas y fisuras extensas.



Para las posibles causas y la ayuda, véase el capítulo «5.1 Introducción»

6. DAÑOS POR SOBRECALENTAMIENTO

6.1 INTRODUCCIÓN

Los daños por sobrecalentamiento son el resultado de aumentos drásticos de las temperaturas en el semicojinete, que suelen aparecer junto con una fuerte fricción mixta. De ahí que siempre aparezcan fisuras por calor, deformaciones o fusiones en caso de rayas o de gripado.

La disipación térmica mediante el lubricante juega aquí el papel principal. Si se interrumpe la disipación térmica, se produce un daño total. Ya con las primeras consecuencias del sobrecalentamiento se producen modificaciones localizadas de la estructura y se reduce la resistencia a la fatiga del material. En las zonas afectadas aparecen fisuras por calor.

POSIBLES CAUSAS

- Daños derivados por el aumento de temperatura debido a rayas, gripado o sobrecarga en el canto
- Disipación térmica insuficiente mediante el lubricante (véase el capítulo: «2.3 Rayas»)

AYUDA

Si aparece daños por sobrecalentamiento, debe sustituirse el cojinete y buscarse las causas de lo ocurrido. En caso de un daño derivado, debe subsanarse la causa del daño primario.

Si no es visible ningún otro daño del cojinete, debe comprobarse el circuito de lubricación (véase el capítulo: «2.3 Rayas») y la carga del cojinete.

6.2 FISURAS POR CALOR

DESCRIPCIÓN

- Pueden verse fisuras interconectadas
- Fusiones y decoloraciones del semicojinete



Semicojinete de biela en el lado de la tapa y de la barra, material compuesto de acero-bronce con revestimiento galvanizado

En el revestimiento de rodadura del semicojinete gripado pueden verse decoloraciones claras y fusiones. La formación de fisuras se detecta, sobre todo, en la zona de los cantos.



Para las posibles causas y la ayuda, véase el capítulo «6.1 Introducción»

6.3 FUSIONES DEL REVESTIMIENTO DE RODADURA

DESCRIPCIÓN

- Pueden verse desplazamientos del material y fusiones en la superficie de deslizamiento
- Van acompañados de fisuras por calor y decoloraciones del semicojinete



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-bronce con revestimiento galvanizado

Pueden verse fusiones de color blanco en la capa galvánica.



Para las posibles causas y la ayuda, véase el capítulo «6.1 Introducción»

6.4 DECOLORACIONES DEL REVESTIMIENTO DE RODADURA Y DEL DORSO DEL COJINETE

DESCRIPCIÓN

- Decoloraciones azuladas hasta negras en el revestimiento de rodadura o en el dorso del cojinete
- Acompañadas de fusiones y desprendimientos / desplazamientos del material



Semicojinete de biela en el lado de la barra, material compuesto de acero-bronce con revestimiento galvanizado

Tras griparse el cojinete, el dorso del cojinete cambia a color negro.



Semicojinete de biela en el lado de la tapa, material compuesto de acero-bronce con revestimiento galvanizado

Se identifica el color de contacto en el revestimiento de rodadura.



Para las posibles causas y la ayuda, véase el capítulo «6.1 Introducción»

7. CORROSIÓN

7.1 CORROSIÓN POR FRICCIÓN / HERRUMBE DE CONTACTO

DESCRIPCIÓN

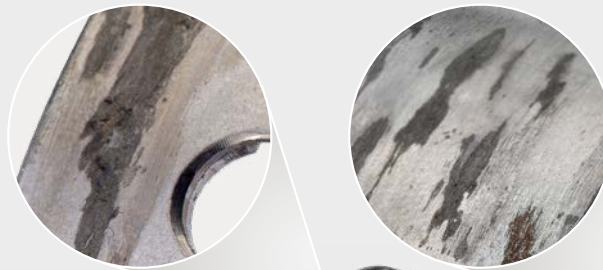
- Superficie rayada del dorso del cojinete o en la zona del plano de separación
- Huellas rugosas y mate



Fig. 1: Superficie de material considerablemente modificada

Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

También pueden ser visibles los indicios de movimientos del semicojinete en forma de corrosión por fricción en la zona del plano de separación. La superficie del material ha cambiado considerablemente (Fig. 1).



Semicojinetes de bancada superiores, material compuesto de acero-aluminio

Pueden identificarse huellas claras de corrosión por fricción, en parte, con zonas de material arrancado (Fig. 2).

Aquí es posible reconocer las características inequívocas de una corrosión por fricción superficial: con zonas de material arrancado y la superficie rayada (Fig. 3).

Fig. 2: Zonas de material parcialmente arrancado

Fig. 3: Zonas de material arrancado y superficie rayada

DESCRIPCIÓN

Si el semicojinete no se aloja correctamente en el asiento de cojinete, puede producirse corrosión por fricción debido a los movimientos relativos generados (micromovimientos de deslizamiento). El calor por fricción generado por el movimiento del cojinete no puede disiparse mediante lubricante como en el interior del cojinete, sino que provoca sobrecalentamientos localizados del dorsal de acero. Estos sobrecalentamientos provocan fusiones y la superficie rayada típica de este fenómeno. Se producen transferencias de material entre el dorso del cojinete y el orificio.

El medio ambiental puede penetrar en las superficies ya rugosas y activadas químicamente acelerando la corrosión.

La corrosión por fricción reduce la resistencia a la fatiga del material, ya que favorece la formación de microgrietas. Pueden producirse daños por fatiga y, como consecuencia, grietas o roturas por fatiga.

POSIBLES CAUSAS

- Tensión previa insuficiente debido a un orificio básico demasiado grande o un semicojinete demasiado pequeño
- Saliente del semicojinete insuficiente: el saliente del semicojinete garantiza el asiento fijo por medio de un ajuste por interferencia suficiente
- Deformación del cárter: en los cárteres de aluminio del motor, la caja y el semicojinete pueden deformarse de forma diferente en caso de un aumento extremo de la temperatura, con lo cual, dado el caso, el asiento fijo del cojinete ya no es suficiente
- Cigüeñal doblado: si el cigüeñal se dobla, deja tras de sí un diagrama de contacto especial sobre la superficie de deslizamiento (véase el capítulo: «2.5 Casos especiales»)
- Apriete de tornillos insuficiente
- Vibraciones del cárter o del cigüeñal que provocan micromovimientos (las acumulaciones, así como los puntos huecos, también pueden dar lugar a vibraciones)

AYUDA

Si se detectan indicios de herrumbre de contacto, debe sustituirse el cojinete, ya que su resistencia a la fatiga ya puede haberse reducido.

- El taladro de alojamiento y el diámetro exterior del semicojinete deben encontrarse en el margen de tolerancia, de manera que se respete la holgura de cojinetes prescrita
- Saliente: para generar el ajuste por interferencia deseado para el asiento fijo, el semicojinete debe contar con un saliente suficiente
- Comprobar si el taladro de alojamiento y el cárter presentan posibles deformaciones
- Equilibrar el cigüeñal durante el montaje y comprobar el esfuerzo del árbol
- Realizar el apriete de tornillos con los pares y el orden de apriete especificados por el fabricante
- Comprobar si, durante el funcionamiento, se producen vibraciones en el motor

7.2 CORROSIÓN QUÍMICA

DESCRIPCIÓN

- Decoloraciones de la superficie del material, casi siempre, en la zona de carga principal
- Superficie de deslizamiento rugosa y porosa



Semicojinete de bancada inferior, material compuesto de acero-aluminio

Pueden verse sedimentos de productos de corrosión en la superficie de deslizamiento del cojinete, especialmente marcados en el centro. El sedimento aparece con la formación de manchas. Puede detectarse la rugosidad de la superficie de deslizamiento del cojinete en la zona corroída con un análisis microscópico.

DICTAMEN

Las corrosiones químicas se originan por las reacciones entre el semicojinete y el aceite de motor. Desencadenantes de la reacción química son los aditivos agresivos del aceite o la contaminación del mismo durante el funcionamiento.

La acción química merma la resistencia a la fatiga del material, de manera que los daños por fatiga se aceleran incluso con la mínima carga.

POSIBLES CAUSAS

- Desgaste, cavitación y erosión pueden favorecer la corrosión, ya que atacan la superficie del material y la activan químicamente
- Formación de ácidos y sales metálicas como consecuencia del envejecimiento del aceite
- Aditivos de aceite no permitidos y agresivos
- Productos agresivos procedentes de la corrosión (azufre, sulfuro de hidrógeno)
- Contaminación del aceite con agua o productos anticongelantes
- Las altas temperaturas de servicio aceleran los procesos químicos como el envejecimiento del aceite

AYUDA

Los cojinetes corroídos deben sustituirse.

- Realizar el cambio de aceite siguiendo siempre la prescripción del fabricante
- Utilizar únicamente aceites de calidad que no contengan aditivos agresivos
- Refrigerar suficientemente el motor

8. DAÑOS EN LAS ARANDELAS DE TOPE

Las arandelas de tope facilitan la absorción de las fuerzas axiales generadas, p. ej., al accionar el embrague. Por consiguiente, en el juego de cojinetes de bancada, una posición del cojinete

se asienta siempre axialmente. Esto se realiza mediante las arandelas de tope utilizadas, o bien mediante los cojinetes con collar o cojinetes de ajuste premontados y listos para el montaje.

Formación de grietas desde el canto exterior al canto exterior



Rotura extensa del material en el canto exterior de la arandela de tope



POSIBLES CAUSAS

- Juego axial insuficiente, de manera que las partes deslizantes presionan la arandela de tope
- Carga axial excesiva
- Carga axial permanente
- Lateral del árbol demasiado rugoso

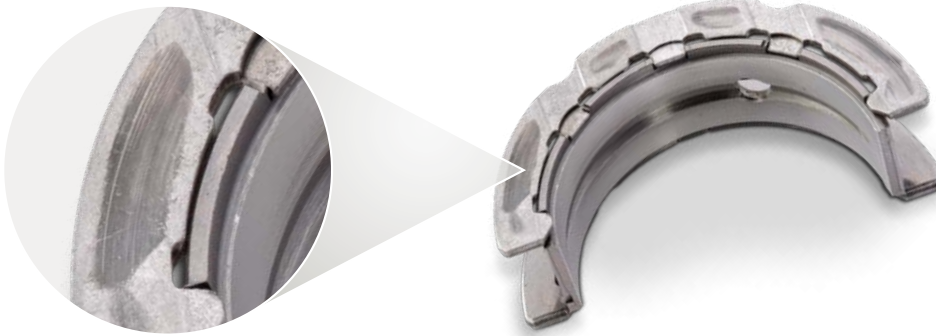
AYUDA

- Controlar el juego axial del cigüeñal y respetar el margen de tolerancia prescrito: dado el caso, emplear una arandela de tope con subdimensión
- Comprobar la carga de la arandela de tope

Desgaste por deslizamiento

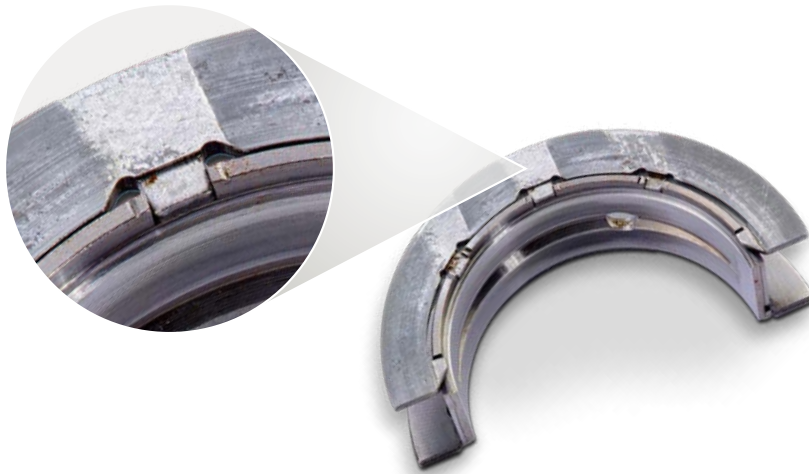
pueden verse huellas de contacto en la superficie de deslizamiento de la arandela de tope

Estado nuevo antes del funcionamiento



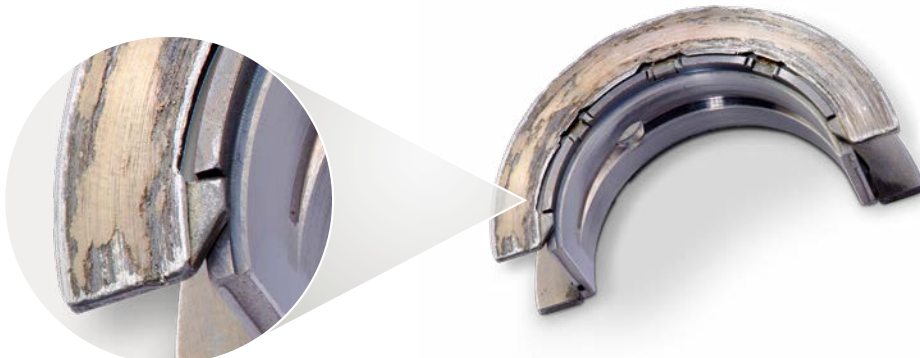
Desgaste por deslizamiento avanzado

desplazamiento y rebajamiento del material, las ranuras de engrase apenas pueden verse



Gripado

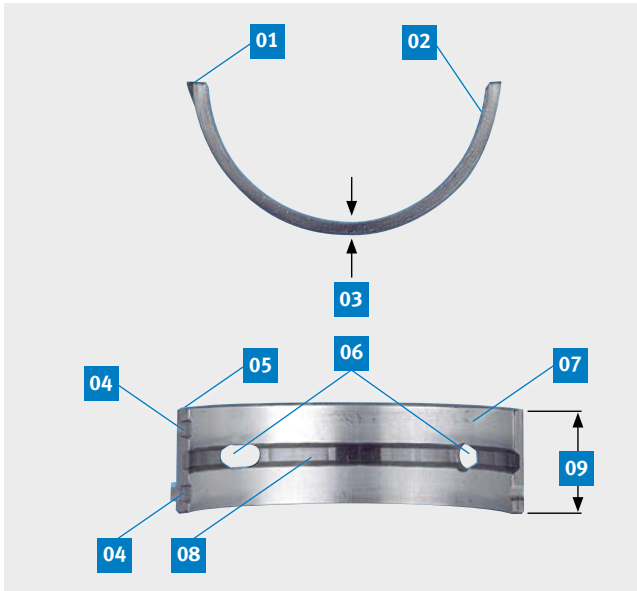
zonas con material arrancado y fuerte formación de estrías, las ranuras de engrase ya no son visibles



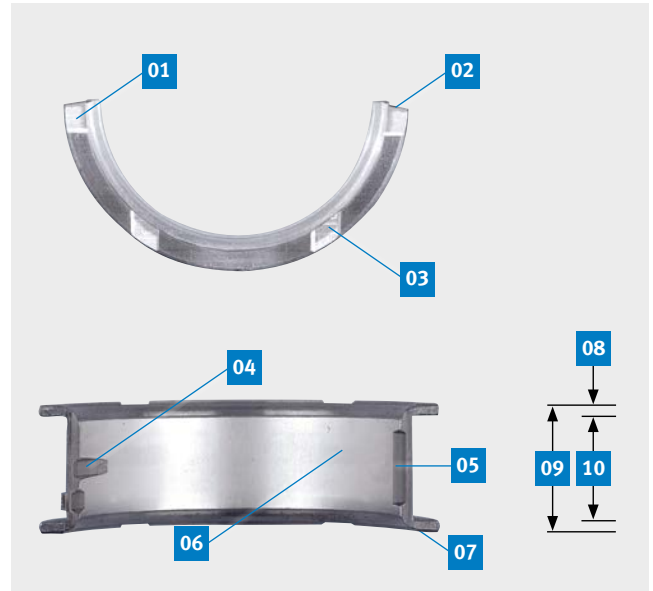
Daño total

9. GLOSARIO

TÉRMINOS TÉCNICOS Y DENOMINACIONES EN EL COJINETE DE FRICCIÓN



- 01 Plano de separación
- 02 Exposición de la superficie de deslizamiento
- 03 Espesor de pared
- 04 Levas de fijación a izquierda y derecha
- 05 Cara frontal
- 06 Orificio de aceite
- 07 Superficie de deslizamiento
- 08 Ranura de aceite, interior
- 09 Anchura del cojinete



- 01 Exposición en la cara frontal
- 02 Exposición en el plano de separación del collar
- 03 Ranura de engrase en la cara frontal
- 04 Ranura en forma de hoz
- 05 Bolsa de lubricante
- 06 Superficie de deslizamiento
- 07 Cara frontal
- 08 Espesor del collarín
- 09 Anchura del cojinete
- 10 Distancia entre collarines



- 01 Retenedor
- 02 Ranura de engrase

EXPLICACIÓN DE LOS TÉRMINOS TÉCNICOS

Abrasivo

Material que rectifica / esmerila

Ajuste perfecto y salientes

Principalmente, las camisas y los semicojinetes se fijan mediante ajustes por interferencia en el cárter. En el caso de los semicojinetes, el ajuste perfecto resulta porque ambos semicilindros se fabrican con una longitud circunferencial superior a 180°. La diferencia entre la medida real de la longitud circunferencial del semicojinete y la longitud circunferencial específica de 180° se denomina saliente. El saliente de los semicojinetes influye directamente sobre el ajuste perfecto.

Barrera de difusión

La barrera de difusión es una capa fina, casi siempre de níquel (Ni) o de cromo-níquel (NiCr), que debe impedir la difusión de estaño entre la capa de deslizamiento sputter o galvánica (capa superior del cojinete) y el material del cojinete bronce. Una difusión de estaño modificaría las propiedades mecánicas de la capa de deslizamiento y del metal antifricción.

Biela craqueada

Las bielas craqueadas se fabrican primero en una sola pieza, luego se proveen de muescas de rotura (bielas sinterizadas) o de muescas efectuadas con láser (bielas de acero) para, posteriormente, separarlas con precisión en dos partes (craquear). Ambas piezas se atornillan durante el montaje de biela y encajan exactamente gracias a la forma de rotura individual.

Bloqueo mediante expansión

La medida de expansión expresa la divergencia del diámetro exterior respecto a la forma circular ideal en la zona del plano de separación. Representa la resiliencia elástica tras la conformación y se mide en estado no montado. La tensión previa del semicojinete que resulta de ello facilita el montaje mediante una buena instalación en la pared y evita una caída o giro.

Erosión

Rebajamiento de material debido a la energía cinética de materiales sólidos, líquidos o gaseosos que influyen en la superficie.

Espesor de pared

La holgura de cojinetes se ajusta por medio del espesor de pared del cojinete de fricción. Ya que el diámetro exterior se determina mediante el ajuste por interferencia, la holgura de cojinetes puede ajustarse de forma relativa respecto al diámetro del árbol por medio de la variación del espesor de pared. Para los árboles reparados hay cojinetes de fricción con diferentes niveles de sobremedida (mayores espesores de pared).

Exposición

Zona de un semicojinete en que el espesor de pared se reduce en la dirección del plano de separación. Esto contrarresta las imprecisiones de montaje.

Fricción fluida

También llamada rozamiento por líquidos. En los cojinetes de fricción hidrodinámicos no se forma una película lubricante con capacidad portante en caso de bajas revoluciones, aquí se produce fricción mixta entre el muñón y el cojinete de fricción. La fricción fluida solo alcanza el estado deseado a partir del número de revoluciones de transición. Con ello se forma una película lubricante con capacidad portante y se minimiza el desgaste entre el muñón y el cojinete de fricción.

Fuerza axial

Fuerza que actúa en el sentido del eje de un cuerpo rotativo.

Galvanizado

Procedimiento de revestimiento electroquímico: las capas galvanizadas se aplican electroquímicamente sobre el cojinete de fricción ya mecanizado y permiten cargas específicas de hasta aprox. 100 MPa. Las capas galvanizadas facilitan los procesos de adaptación durante el rodaje y mejoran la tolerancia a las partículas de los semicojinetes, así como sus propiedades de rodaje de emergencia.

Huella / diagrama de contacto

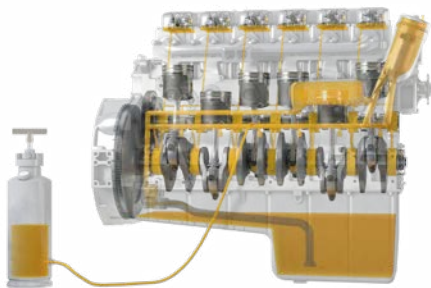
Aspecto de la superficie de deslizamiento del cojinete causado por el contacto con el muñón durante el funcionamiento.

Lado de la barra / lado de la tapa

Para poder montar la biela en el cigüeñal, dicha biela posee un semicojinete en el lado de la barra y otro en el lado de la tapa. En estado montado, los tornillos de biela tensan la pareja de semicojinetes hasta que se conforma un cojinete perfectamente cerrado. El semicojinete del lado de la barra se somete a una carga mecánica considerablemente mayor que la que soporta el del lado de la tapa, ya que el primero conduce la presión del gas resultante del proceso de combustión hasta el cigüeñal. Especialmente, los motores diésel de alta potencia generan cargas específicas de 100 MPa y superiores en los semicojinetes. El semicojinete de biela del lado de la tapa tiene la tarea de cerrar el cojinete.

Llenado de aceite a presión

Con el fin de evitar daños por rodadura, p. ej., una marcha en seco de los cojinetes de fricción, el sistema de aceite debe llenarse y purgarse con aceite a presión antes del primer arranque del motor.



Levas de fijación

Las levas de fijación se montan como semicojinetes en la zona del plano de separación. Estas evitan los errores durante el montaje gracias al posicionamiento axial.

Número de revoluciones de transición

Describe el punto de transición: zona en que se produce la transición desde la fricción mixta a la fricción fluida condicionada por una alta velocidad de deslizamiento. En los cojinetes de fricción hidrodinámicos, como los que se usan en los motores de combustión, la fina película lubricante se forma solo con altas velocidades de deslizamiento. En el caso de bajas velocidades de deslizamiento, estos cojinetes de fricción deben soportar una fricción mixta con una gran proporción de cuerpos sólidos. Por este motivo, debe procurarse siempre que el funcionamiento con fricción mixta sea lo más breve posible.

Plano de separación

Los planos de separación de un semicojinete son los extremos libres de la sección del cilindro hueco. Estas superficies se generan al separar la placa de la banda o al realizar el mecanizado correspondiente. Durante el montaje, los semicojinetes superior e inferior se tensan en la caja mediante los planos de separación para generar el ajuste perfecto debido al saliente.

Rayas

Estado previo al gripado que se origina debido a una fuerte fricción mixta (p. ej., si falta aceite lubricante). La formación de estrías y las huellas de fricción mixta, así como los desplazamientos de la capa de deslizamiento, son típicos de las rayas.

Revestimiento de polímero

También pintura deslizante de polímero. Esta capa se compone de una resina de poliamida resistente a la temperatura y a la suciedad con una gran parte de materiales de relleno que reducen el desgaste y la fricción. El resultado de la nueva combinación de metal y polímero es una capacidad de carga un 20 % mayor que los cojinetes bimetálicos convencionales, una mayor resistencia al desgaste y una menor fricción.

Redondez

La redondez de un elemento rotatorio en una sección (perpendicular a su eje real) es igual a la anchura mínima del anillo entre dos círculos con un centro común. El centro puede moverse libremente en esa sección, de manera que la anchura del anillo alcanza el valor mínimo. Al hacerlo, todos los puntos del elemento se encuentran entre los dos círculos.

Sistema automático de arranque / parada

En primera línea, el funcionamiento de arranque / parada en los motores de combustión se ha impuesto debido a la reducción exigida para las emisiones de CO₂. En el funcionamiento de arranque / parada, el motor se detiene cuando se para el vehículo y vuelve a encenderse automáticamente al arrancar. Esto exige una resistencia reforzada a la fricción mixta por parte de los cojinetes de fricción dentro del motor. Los cojinetes salen de la zona de accionamiento hidrodinámico con cada proceso de arranque y parada y recorren la zona de fricción mixta hasta el punto cero de velocidad de deslizamiento. Solo las capas de deslizamiento especialmente mejoradas garantizan una resistencia al desgaste suficiente en estas condiciones tribológicas extremadamente críticas para el cojinete de fricción.

Sistemas de ranuras / ranura de engrase

Los sistemas de ranuras son necesarios para distribuir el lubricante requerido en el cojinete y, así, permitir que se genere el estado de funcionamiento hidrodinámico. Preferiblemente, estas se disponen en la zona del cojinete no sometida a carga. Los sistemas de ranuras también garantizan la distribución de lubricante en otros consumidores.

Sputter

Los motores de elevada potencia exigen, especialmente para los cojinetes de biela, materiales con resistencia a la fatiga incrementada, una menor tasa de desgaste en condiciones de fricción mixta y una buena resistencia a la corrosión en caso de altas temperaturas. Para satisfacer esta compleja especificación de requisitos se utiliza la separación física de fases gaseosas (PVD). En caso de darse un vacío elevado, se arrancan partículas finísimas de un material donador. Se aplican uniformemente mediante campos electromagnéticos sobre la pieza que se debe revestir. Las capas de magnetrones así obtenidas destacan por la repartición extremadamente fina de los componentes que conforman su estructura.

La base de partida son los conocidos cojinetes trimetálicos. Se ha mantenido la estructura básica. La capa de deslizamiento galvánica se sustituye por una capa de deslizamiento «sputter». Los semicojinetes «sputter» se emplean principalmente en el lado de presión de los cojinetes de la biela. Los semicojinetes contrarios son cojinetes habituales bimetálicos o trimetálicos. Es indispensable una posición de montaje correcta del semicojinete «sputter» para la seguridad del funcionamiento.

TRANSFERENCIA DE EXPERIENCIAS CONOCIMIENTOS TÉCNICOS DEL EXPERTO

CURSOS FORMATIVOS EN TODO EL MUNDO

Directamente del fabricante

Anualmente, alrededor de 4.500 mecánicos y técnicos se benefician de nuestros cursos formativos y seminarios, que realizamos a escala mundial in situ o también en nuestros centros de formación en Neuenstadt y Dormagen y Tamm (Alemania).

INFORMACIONES TÉCNICAS

De la práctica para la práctica

Con las Product Information, las Service Information, los folletos técnicos y los pósters, estará usted siempre a la vanguardia de la técnica.

VÍDEOS TÉCNICOS

Difusión de conocimientos por vídeo

En nuestros vídeos encontrará indicaciones prácticas para el montaje y aclaraciones sistemáticas sobre nuestros productos.



PRODUCTOS EN EL PUNTO DE MIRA ONLINE

Nuestras soluciones explicadas de forma gráfica

Conozca, gracias a los elementos interactivos, las animaciones y los clips de vídeo, aspectos curiosos de nuestros productos para y acerca del motor.

TIENDA ONLINE

Su acceso directo a nuestros productos

Realice pedidos las 24 horas. Rápida comprobación de la disponibilidad. Amplia búsqueda de productos del motor, el vehículo, las dimensiones, etc.

NOVEDADES

Informaciones regulares por e-mail

Suscríbase de forma online a nuestro Newsletter gratuito y recibirá periódicamente informaciones sobre productos recién incluidos, publicaciones técnicas y mucho más.

INFORMACIONES INDIVIDUALES

Especialmente para nuestros clientes

Le ofrecemos numerosas informaciones y servicios sobre nuestro amplio espectro de prestaciones: como por ejemplo, materiales de promoción de ventas personalizados, asistencias de ventas, soporte técnico y mucho más.



TECNIPEDIA

Informaciones técnicas en torno al motor

En nuestra Tecnipedia compartimos con usted nuestra experiencia. Aquí podrá encontrar conocimientos técnicos directamente del experto.

APLICACIÓN DE MOTORSERVICE

Acceso móvil a la experiencia técnica

Aquí podrá obtener de forma rápida y sencilla las informaciones y los servicios más actuales acerca de nuestros productos.

MEDIOS SOCIALES

Siempre actual





HEADQUARTERS:

MS Motorservice International GmbH

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18
74196 Neuenstadt, Germany
www.ms-motorservice.com

MS Motorservice Aftermarket Iberica, S.L.

Barrio de Matiena
San Prudentzio 12
48220 Abadiano / Vizcaya, España
Teléfono: +34 94 6205-530
Telefax: +34 94 6205-476
www.ms-motorservice.es

www.rheinmetall.com

© MS Motorservice International GmbH – 50003 859-04 – ES – 05 / 17 (112022)

