

Cojinetes del Motor

Análisis de Fallas
Aplicado



CATERPILLAR

LIBRO DE REFERENCIA

TABLA DE CONTENIDOS

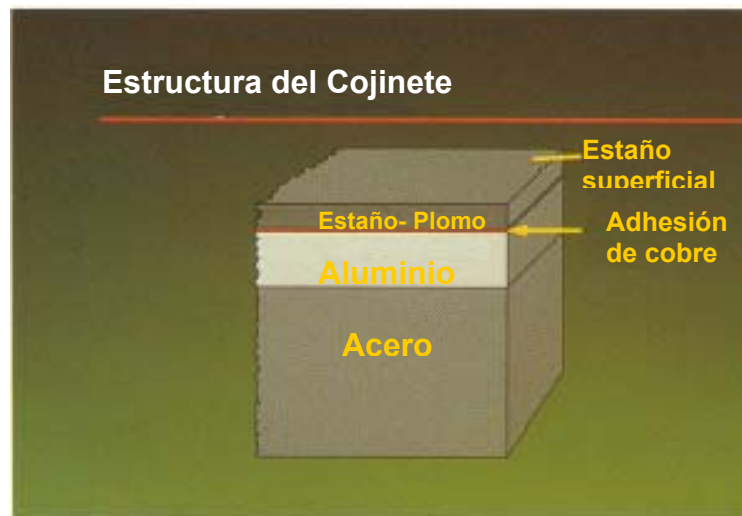
Estructura del Cojinete	2
Instalación	3
Desgaste Normal	4,5
Análisis de Desgaste Anormal	6,7,8,9
Desgaste Adhesivo	10, 11
Desgaste Abrasivo	12
Picaduras por Descarga Eléctrica	13
Erosión por Cavitación	14
Corrosión por Frotación	15
Corrosión	16
Daños por Impacto	17
Problemas de Cojinetes	18, 19
Conclusión	20

PREFACIO

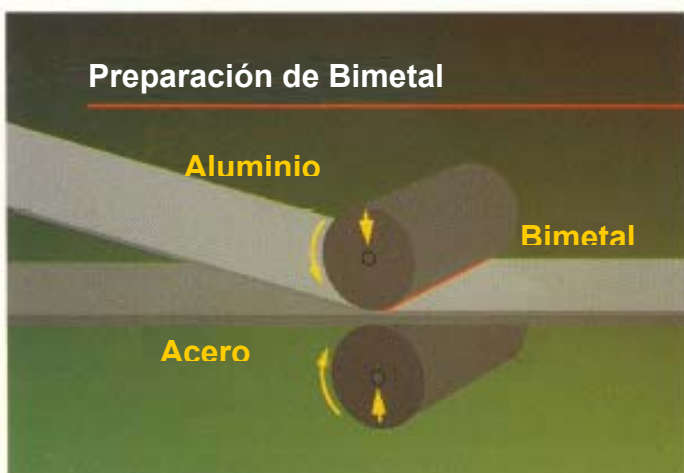
Este cuadernillo contiene un resumen de conceptos claves sobre la estructura, fabricación, análisis de desgaste, identificación de desgaste y otros problemas de los cojinetes. El propósito de esta publicación es servir como material de referencia para aquellas personas que asistieron al curso de Análisis de Fallas Aplicado de Caterpillar. Si desea más información sobre el análisis de fallas aplicado, contáctese con su representante Caterpillar local.



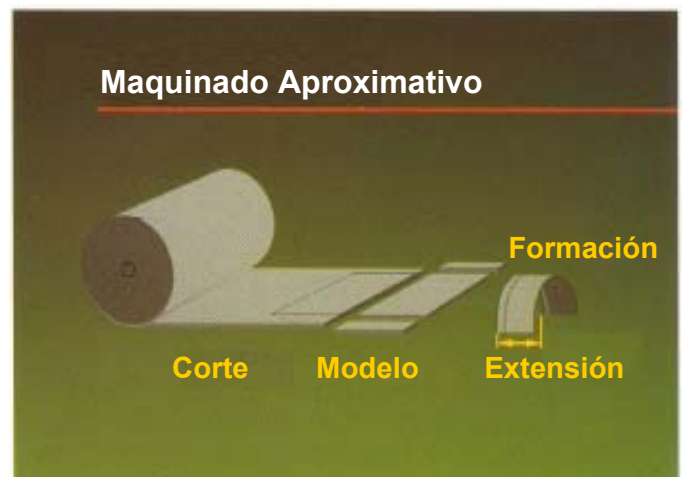
ESTRUCTURA DEL COJINETE



Los cojinetes principales y los cojinetes de biela de Caterpillar son fabricados con un revestimiento grueso de acero, una capa más delgada de aluminio, una capa de una aleación de cobre, una capa muy fina de estaño- plomo y un recubrimiento de estaño superficial.



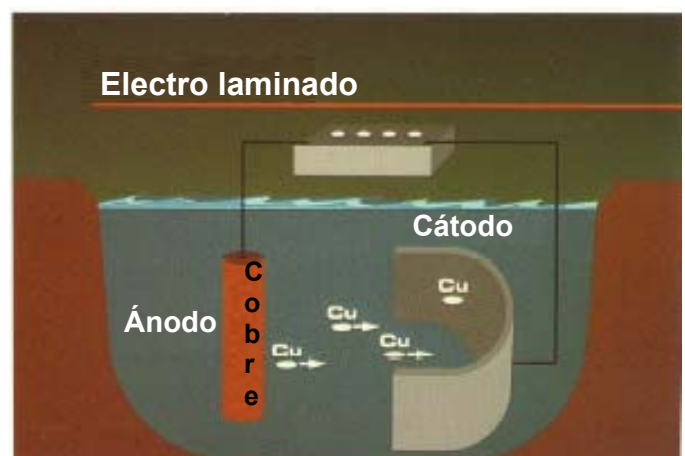
Las capas de acero y de aluminio son rascadas y prensadas para producir una tira de bimetel



Las cáscaras de cojinete son cortadas de la tira de bimetel, formadas y maquinadas al tamaño aproximado.



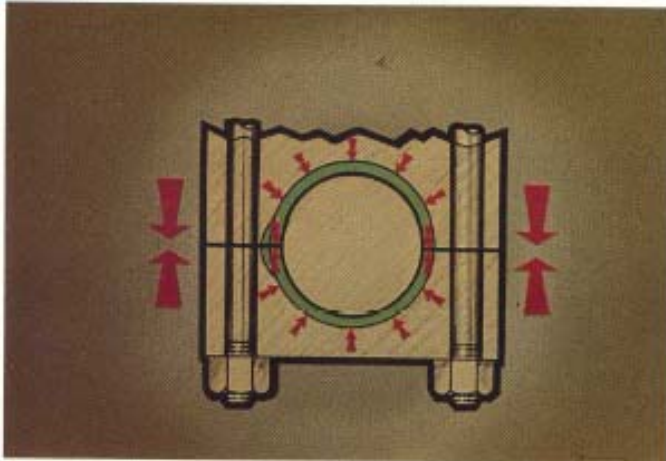
La altura del aplastamiento y el grosor de la pared son producidos durante el maquinado final.



Las capas de estaño- plomo y de aleación de cobre son electro laminadas en el aluminio. El revestimiento de estaño es aplicado químicamente.

INSTALACION

Los cojinetes deberían ser instalados en calibres limpios y secos para maximizar el encaje friccional y la conducción de calor. El propósito de las trabas es alinear el cojinete y no evitar la rotación en el calibre. El alineamiento de los orificios de aceite también debería ser controlado en esta etapa



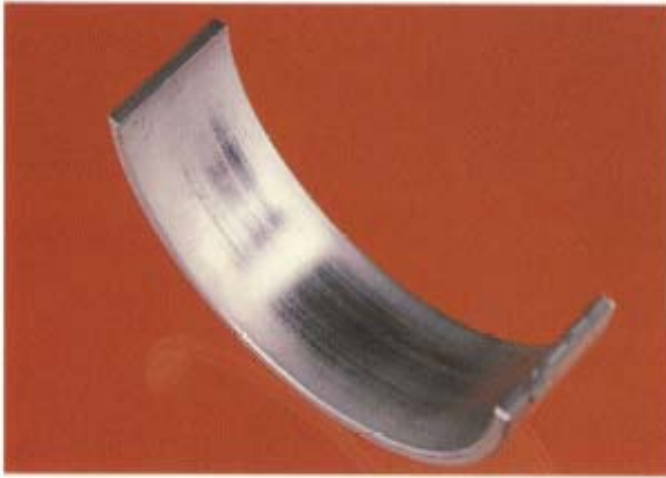
A medida que los bulones son ajustados, los cojinetes son forzados o aplastados en el calibre. Este aplastamiento es una deformación elástica temporaria (Como la contracción de un resorte), y es la fuerza que evita la rotación en el calibre.

Durante la operación, las necesidades críticas para una larga vida del cojinete son una buena lubricación, (calidad y cantidad), un cargado adecuado y las temperaturas correctas.



OPERACIÓN

DESGASTE ANORMAL

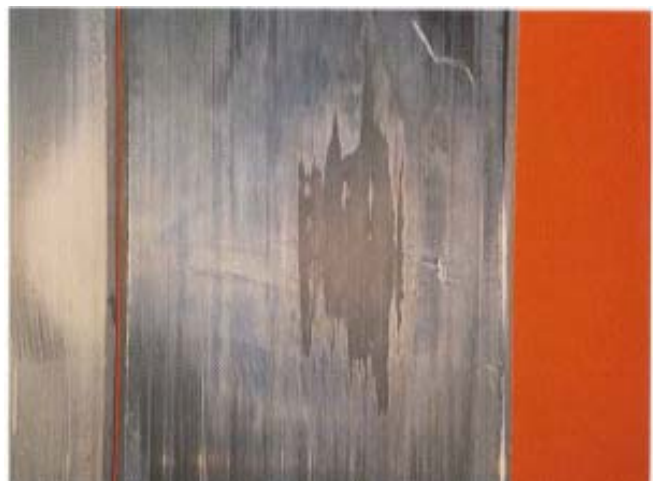


A medida que el desgaste anormal progresa, la capa de estaño superficial se desgastará totalmente, revelando la capa de estaño-plomo más oscura por debajo. Los lomos circunferenciales normales como resultado del maquinado final son visibles a través de una inspección más cercana.

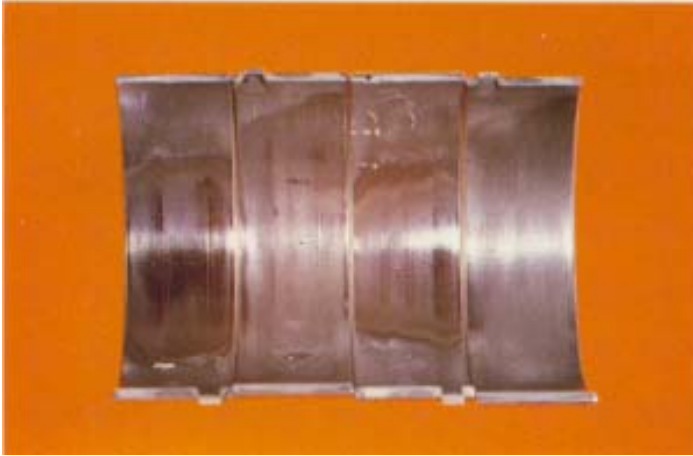
Después de miles de horas de servicio normal, la capa de estaño- plomo de .001 pulgadas se puede desgastar totalmente en el área de carga alta, exponiendo la capa de aluminio por debajo.



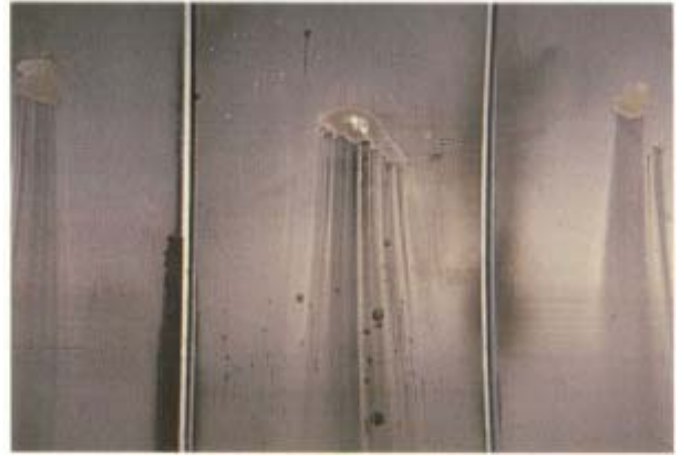
A un alto millaje, la adherencia de estaño- plomo se puede debilitar en el área de carga alta, lo que produce que los parches de estaño- plomo se separen de la capa de aluminio



La fatiga por tensión por contacto de deslizamiento también puede causar la fractura y separación de de estaño- plomo en las áreas de carga alta.

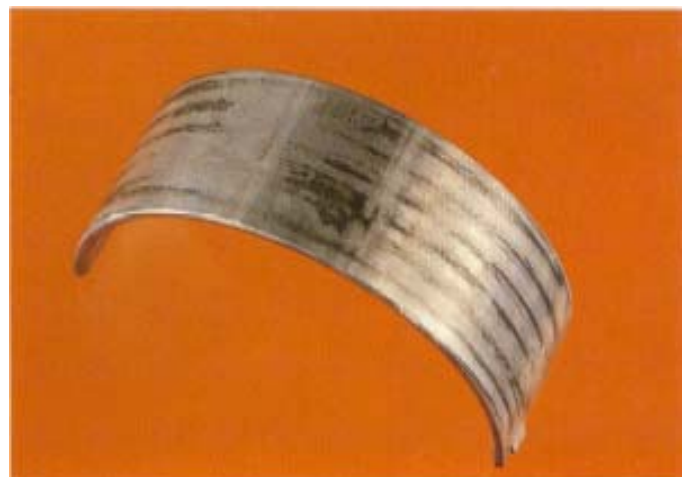


A alto millaje u horas, debemos esperar desgaste del estaño- plomo en áreas de carga alta, y cavitación por erosión justo fuera de las áreas de carga alta.



La erosión por cavitacion puede progresar ligeramente dentro de la capa de aluminio bajo condiciones normales.

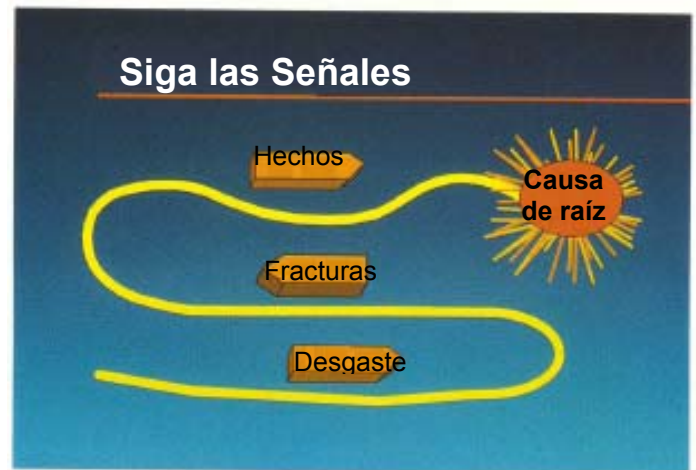
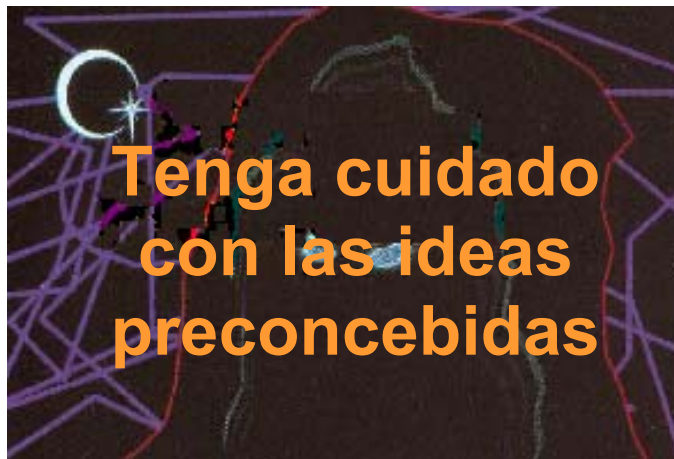
Si se mantiene el servicio durante demasiado tiempo o si se opera en condiciones severas, las fracturas por fatiga se pueden desarrollar en la capa de aluminio y provocar el descamado.



Los respaldos de los cojinetes también deberían ser inspeccionados y pueden mostrar varios patrones normales de decoloración. Los patrones radiales pueden parecer alarmantes, pero no han sido asociados con las fallas del cojinete.

DESGASTE ANORMAL

Cuando se produce un desgaste anormal, el daño físico realizado nos puede dar pistas o señales que nos guíen a la causa de raíz correcta de las fallas.



Ya que un resultado puede tener muchas causas de raíz, debemos tener cuidado con las ideas preconcebidas y concentrarnos en seguir las señales.

Análisis de Fallas del Cojinete

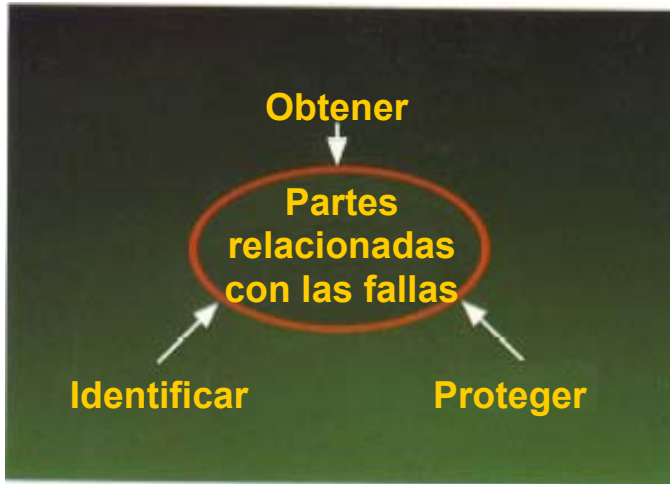
- **Use los Ocho Pasos**
 - Identifique los tipos de desgaste
 - Siga las señales
- **Identifique la causa de raíz**

Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado



- Defina el problema clara y concisamente
- Organice la recolección de información
- Observe y registre los hechos
- Piense lógicamente de acuerdo a los hechos
- Identifique la causa de raíz más probable
- Comuníquese con la parte responsable
- Realice reparaciones de la manera indicada

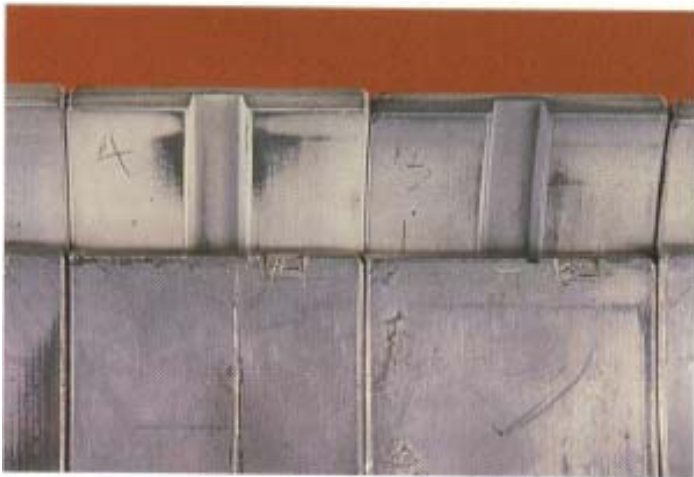
El enfoque de Los Ocho Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado, en el cual identificamos los tipos de desgaste y otros hechos relevantes, siempre es un buen procedimiento de análisis cuando nos encontramos con un desgaste anormal.



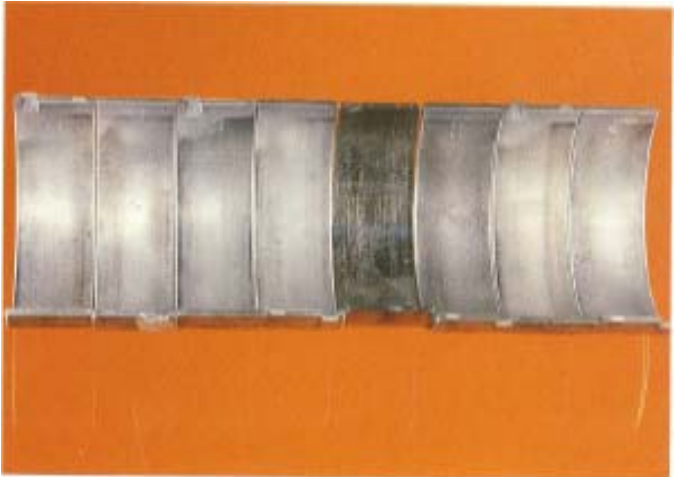
Los hechos pueden perderse si no obtenemos inmediatamente, identificamos y protegemos las partes relacionadas con las fallas.



Aparte de los cojinetes, también deberíamos obtener y proteger muestras de SOS y filtros.



Marcar números en la capa de estaño- plomo de los cojinetes es una manera fácil y efectiva de identificar la ubicación de los mismos.



La identificación adecuada de los cojinetes ayuda a revelar los patrones, el tipo y ubicación del desgaste.

Si los cojinetes han sido contaminados por el material externo, deben ser enjuagados o lavados cuidadosamente con un solvente limpio y un cepillo de cerdas suaves. Se deben evitar métodos de limpieza severos.



Estos cojinetes han sido contaminados y necesitan ser limpiados antes de la inspección.



El cojinete izquierdo no fue limpiado. El cojinete del centro fue limpiado con un trapo del taller, y el cojinete de la derecha con un solvente limpio. Observe como la limpieza con un trapo puede destruir la información que necesitamos.

Inspeccione todas las superficies

- **Parte Superior**
- **Parte Inferior**
- **Interior**
- **Frente**
- **Parte Posterior**
- **Superficies de Partición**
- **Etc.**

Busque especialmente evidencia de

- **Calor**
- **Mal Alineamiento**
- **Partes de la competencia**

Después de una limpieza adecuada, todas las superficies de los cojinetes deberían ser inspeccionadas y se debería recolectar información sobre el desgaste anormal. Especialmente, debemos buscar evidencia de calor, mal alineamiento, y partes de la competencia.

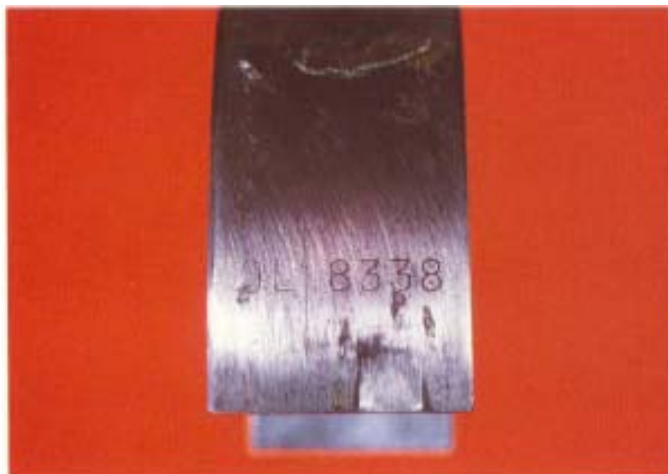


Los colores de templado en las partes de acero indican la presencia de altas temperaturas y son por lo general el resultado de una falla del cojinete.



El desgaste en el lado opuesto del cojinete indica una carga mal alineada.

Debido a que los cojinetes de aluminio tienen un revestimiento de estaño y tienen una apariencia brillante, siempre debemos inspeccionar la identificación de proveedor cuando encontramos una apariencia oscura inusual. Estos son cojinetes de la competencia que han fallado debido a la separación de la unión de aluminio.



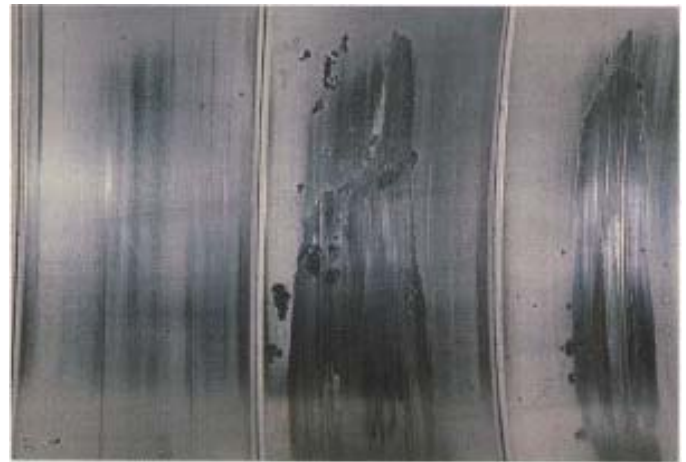
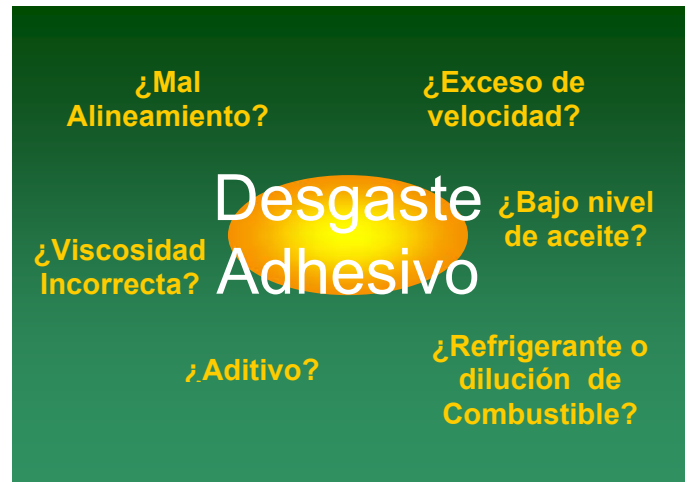
Una inspección a la parte de atrás del cojinete revela que no se encuentra el logo comercial de Caterpillar, como así también corrosión por frotación y no hay un revestimiento de estaño.



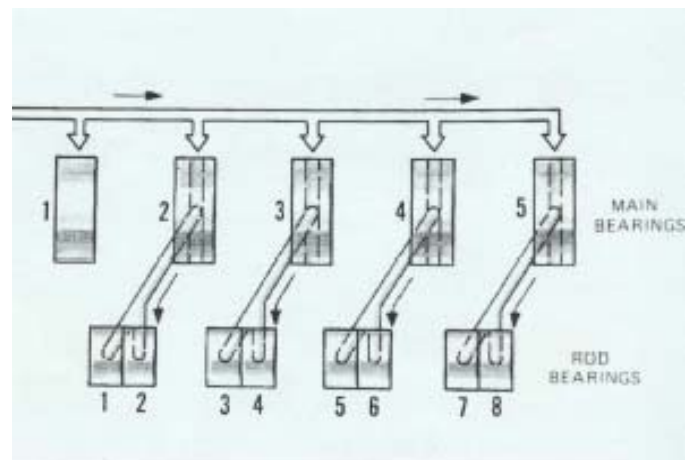
Los cojinetes CAT deben tener tanto la marca comercial "CAT" y la "R", el código de proveedor y el revestimiento de estaño brillante.

DESGASTE ADHESIVO

El desgaste adhesivo se produce cuando el contacto metal a metal y las temperaturas de las superficies son lo suficientemente altas para hacer que las capas de estaño- plomo, aluminio o acero se derritan y de adhieran al cigüeñal. Existen muchas causas se raíz para el desgaste adhesivo. Debemos seguir los hechos y las señales hacia la causa de raíz correcta.



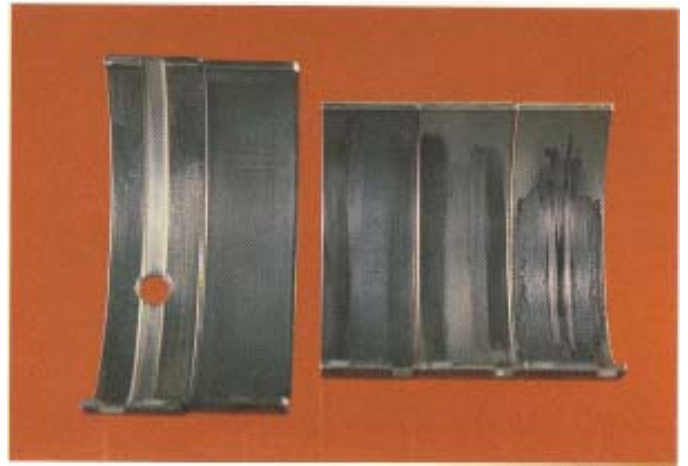
Las señales de desgaste adhesivo incluyen pulido, desgaste y derretimiento de las capas superficiales. Observe que no hay un corte abrasivo hasta que se produce la adherencia del aluminio, y que algunos cojinetes no están dañados debido a diferentes tolerancias y grosores de la película de aceite.



En estos cojinetes de biela 3208, solo los cojinetes impares están dañados, lo cual sugiere que hay una razón física lógica para el daño. Esa razón es un suministro de aceite marginal.

El patrón de desgaste es debido a los pasajes de aceite perforados del cigüeñal. La fuerza centrífuga causará que el aceite remanente fluya hacia los pasajes pares, dejando a los pasajes impares con poco o nada de aceite.

Ya sean los problemas de calidad o cantidad de aceite pueden provocar una lubricación marginal. Estos cojinetes funcionan con una gran cantidad de glicol etilénico en el aceite de lubricación, provocando un desgaste adhesivo y un cambio de color.



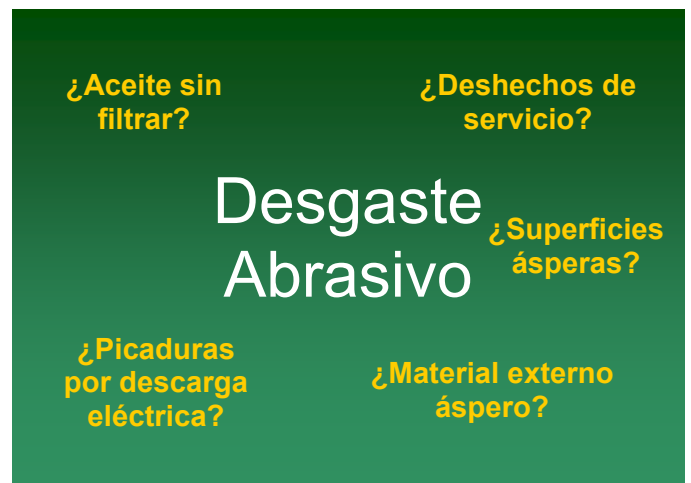
La dilución de combustible también puede llevar a una lubricación marginal, cambio de color, fatiga del recubrimiento de estaño- plomo, picaduras y fallas del cojinete.



Una operación continua sin aceite provocara el avance del desgaste adhesivo en la capa de aluminio, y finalmente en el revestimiento de acero, lo que hará que el cojinete patine, alcance temperaturas de ablandamiento y se estire por presión.

DESGASTE ABRASIVO

Ya sea los problemas de calidad o cantidad de aceite pueden provocar una lubricación marginal. Estos cojinetes funcionan con una gran cantidad de glicol etilénico en el aceite de lubricación, provocando un desgaste adhesivo y un cambio de color.



El material externo duro y grande que corta y ranura las superficies es con frecuencia introducido durante la fabricación, re fabricación, armado o reparación.

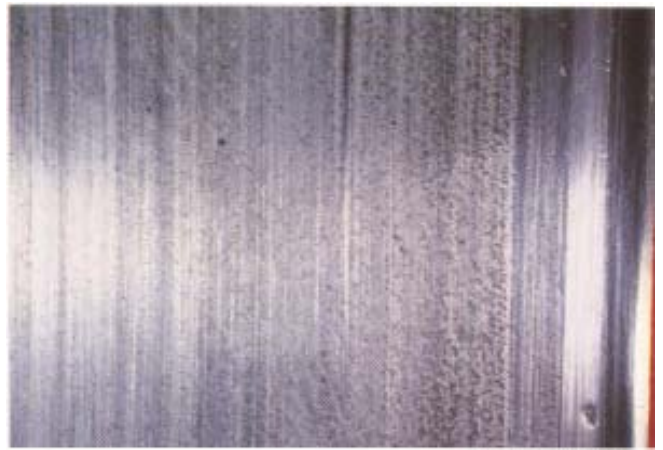
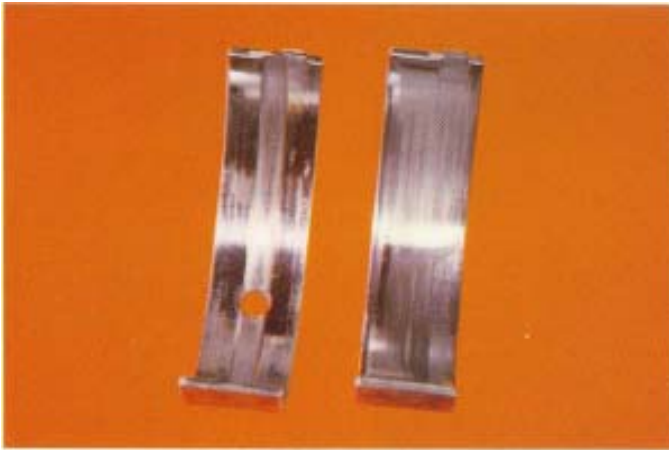


El material externo más pequeño que raya y se incrusta puede ser auto generado durante la operación, o puede ser introducido por filtros defectuosos o durante las operaciones de mantenimiento.



Cuando los cojinetes tienen una superficie cortada abrasivamente, áspera y oscura, deberíamos sospechar de la presencia de material externo excesivo o carbón en el aceite. Las posibles causas de raíz incluyen una mala relación aire/ combustible, aros quebrados, camisas desgastadas, posicionamientos altos de combustible, cambios de aceite extendidos, filtros defectuosos, etc.

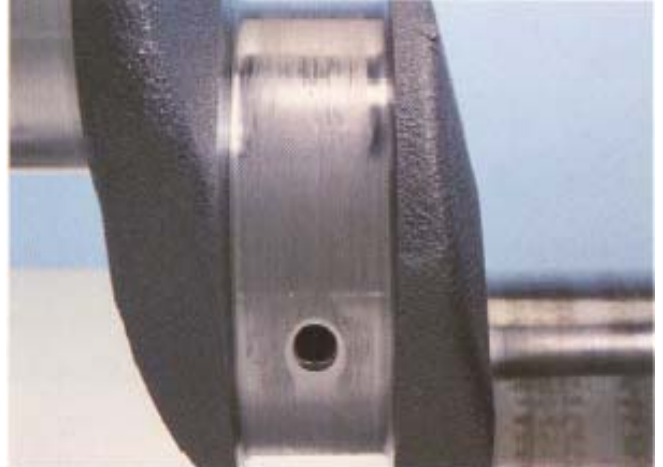
PICADURAS POR DESCARGA ELECTRICA



Cuando los cojinetes principales están desgastados excesivamente y tienen una apariencia a cromo, y cuando los cojinetes de biela están básicamente sin daños, deberíamos sospechar que se produjo una picadura por descarga eléctrica. Una inspección con ampliación revela cortes abrasivos finos y picaduras.



Los respaldos de los cojinetes principales por lo general muestran picaduras localizadas con patrones de oxido negro.



Los muñones de los cojinetes principales del cigüeñal por lo general tienen una apariencia deslustrada (excepto cerca del orificio de aceite) debido a las picaduras causadas por el arco eléctrico.



Las picaduras de descarga por la soldadura de arco eléctrica produce mas daño abrasivo severo a las superficies desgastadas y picaduras localizadas mas profundas (algunas veces rodeada por colores de templado) en el respaldo del cojinete.

EROSION POR CAVITACION



El daño de erosión por cavitacion es causado por la formación de burbujas de vapor en las áreas de baja presión y el colapso de las burbujas en las áreas de alta presión. Es normal ver el daño de erosión por cavitacion en los cojinetes con muchas horas de servicio, que han sido operados en condiciones de alta velocidad y carga.

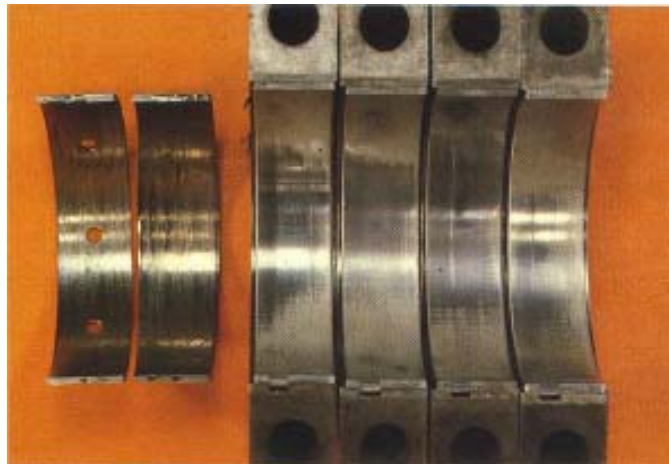
Debido a que las presiones se elevan en la película de aceite atrapado mas delante de las áreas de carga alta, las burbujas colapsaran y provocaran daños fuera de la superficie de carga. Debido a esto, la erosión por cavitacion casi nunca causa fallas.



Sin embargo, si la erosión por cavitacion es lo suficientemente severa para aflojar piezas más grandes de la capa de aluminio, esas piezas de aluminio se pueden separar, causar daños abrasivos, hacer que las superficies que soportan la carga sean más ásperas y acortar la vida del cojinete.

CORROSION POR FROTACION

La corrosión por frotación se produce cuando las partes encajan muy apretadas y son forzadas a moverse unas contra otras por cargas aplicadas. El cargado puede ser anormal o el encaje puede no ser lo suficientemente apretado. Se puede producir la micro soldadura de asperezas, picaduras del metal y aumento del oxido.



Un cojinete principal fallo 50 horas después de la reconstrucción del motor. Se instalaron cojinetes nuevos en los calibres que tenían aumentos de corrosión por frotación. Esto levanto los cojinetes nuevos y produjo puntos de calor.



Si movemos a un lado el tercer cojinete observaremos un aumento de oxido irregular y el correspondiente punto caliente de la superficie.



El respaldo de los cojinetes ha sido claramente levantado del calibre por el aumento de corrosión por frotación.

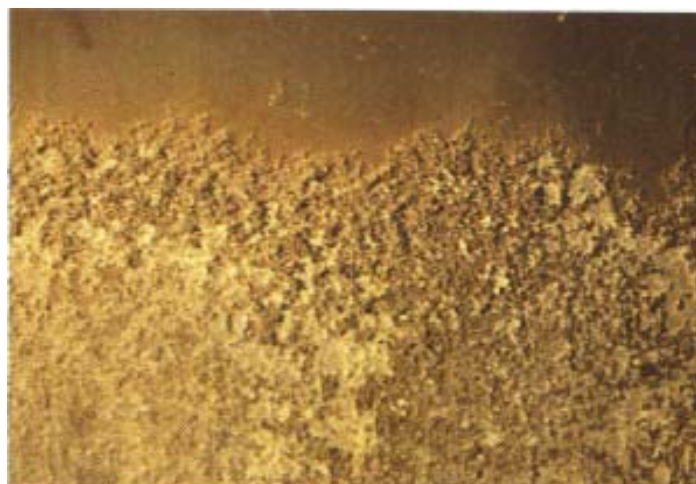
DESGASTE CORROSIVO

Factores como aire de admisión contaminado, combustibles de alto sulfuro, aceites de lubricación inadecuados, aditivos de aceite o combustible, temperaturas bajas de refrigerante, etc., pueden llevar a condiciones corrosivas en los motores. Mientras que el desgaste corrosivo es más notorio en la camisa, aro, vástago de la válvula y áreas de guía, los cojinetes algunas veces también son atacados.

PRECAUCION: Hay que tener mucho cuidado durante el manipuleo y limpieza de las superficies de los cojinetes antes de la inspección para proteger las condiciones de superficies frágiles que nos puedan revelar que fue lo que sucedió.



Los cojinetes atacados por condiciones de ácido pueden tener una superficie áspera y un desgaste prematuro de la capa de estaño- plomo mas allá del área de carga alta. Después de un suave enjuague y secado, la superficie también puede parecer seca y escamosa.



Una inspección mas profunda de la superficie áspera con ampliación revela que la superficie esta siendo atacada por ácidos, y que la capa de estaño- plomo esta siendo separada, dañada y quebrada por la corrosión.

DAÑOS POR IMPACTO

Los cojinetes que están sujetos a daños por impacto secundario por lo general no registran un desgaste anormal en su superficie, pero han sido aplastados, doblados, deformados o torcidos por las fuerzas de impacto. Estas señales nos indican que los cojinetes son resultados, no causas de raíz de las fallas, y que fueron liberados de sus calibres durante la operación. A continuación deberíamos inspeccionar los calibres de los cojinetes relacionados.



Las superficies desgastadas con frecuencia no presentan un desgaste abrasivo o adhesivo anormal



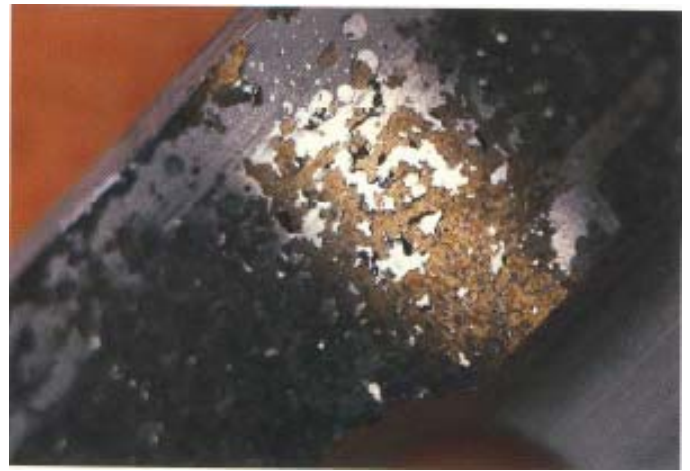
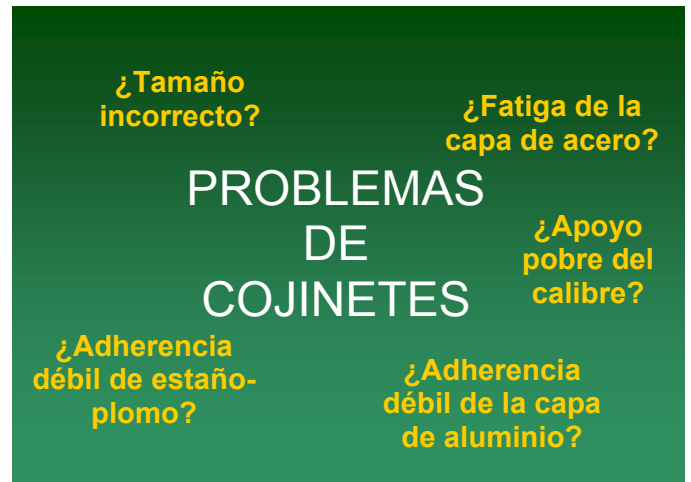
Incluso cuando encontramos un desgaste abrasivo secundario, se puede observar el desgaste normal de la capa de estaño- plomo por debajo de las rayaduras abrasivas, lo cual indica que el cojinete no es la causa de raíz de la falla.



Los respaldos de los cojinetes también nos indican que estaban sueltos, golpeados, deformados, y rotados en las carreras de potencia, lo cual es claramente un daño resultante.

PROBLEMAS DE COJINETES

Si los cojinetes tienen problemas de diseño o de calidad, por lo general no causaran fallas en las primeras horas de servicio, sino que generalmente funcionan bien hasta la etapa media. Por lo general es la fabricación o problemas hostiles del sistema los que conducen a fallas repentinas o con pocas horas de servicio.



Ocasionalmente, podemos encontrar un cojinete en el cual el recubrimiento de estaño- plomo ha empezado a presentar escamado en las áreas grandes debido a una adherencia débil. No habrá evidencia de la presencia de otros tipos de desgaste. Esto es llamado empalizado del recubrimiento de estaño- plomo y puede llevar a un acortamiento en la vida del cojinete.



Las fracturas por fatiga no deberían desarrollarse en la capa de aluminio bajo condiciones normales. Cuando se observa la separación de la adherencia de aluminio, como vemos aquí, debemos asegurar que el perfil del cigüeñal, lubricación, carga, etc., estén normales antes de sospechar que tenemos un problema con los cojinetes.



Una adhesión débil de la capa de aluminio al revestimiento de acero puede resultar en pequeñas piezas de aluminio que se sueltan hasta que las áreas grandes desaparecen. Debido a que las piezas que se separan por lo general son muy pequeñas, el desgaste abrasivo hacia abajo es poco común.



Con el tiempo, toda la capa de aluminio puede ser removida si un cojinete con una adherencia débil es mantenido en servicio. Pero siempre y cuando la cantidad y calidad de la lubricación sea buena, se produce poco desgaste abrasivo o adhesivo.

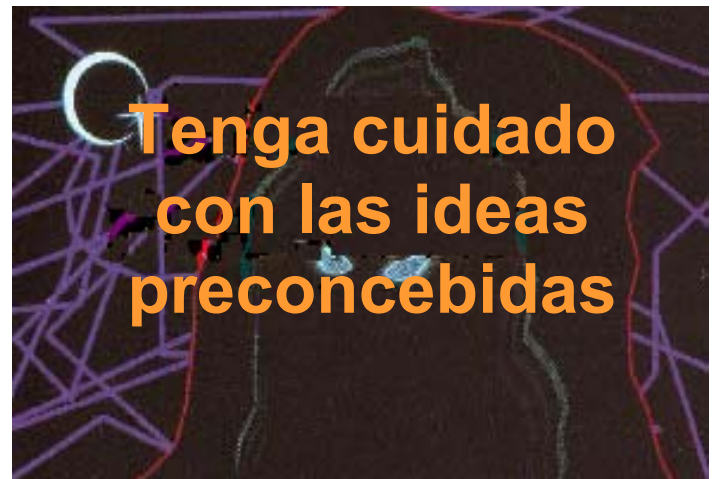
La separación de la adherencia, acompañada por altas temperaturas de la superficie y desgaste adhesivo puede sugerir que un aumento térmico de la capa de aluminio ha causado la falla de la adherencia. En estos casos, necesitamos investigar la causa de las altas temperaturas de la superficie.



CONCLUSIONES



Los cojinetes Caterpillar son cojinetes de extremadamente alta calidad, están sometidos a rigurosas pruebas de control de calidad, y casi nunca causan fallas cuando se los usa e instala correctamente.



Si recordamos usar los Ocho Pasos del Análisis de Fallas Aplicado en el cual pensamos de acuerdo a los hechos y tenemos cuidado con las ideas preconcebidas, deberíamos estar en condiciones de encontrar la causa de raíz de las fallas, explicar las causas y las acciones correctivas a los clientes, y ganar su confianza



para venderles nuevos productos, partes y servicios.

OTROS LIBROS DE REFERENCIA

A continuación hay una lista de Libros de Referencia incluidos en la Serie de Analisis de Fallas Aplicado. Debido a que los libros sobre otros temas y componentes estan completados, seran anunciados de la manera usual

N° de Forma	Titulo
SEVB0549	Principios de Metalurgia
SEVB0554	Principios de Desgaste
SEVB0552	Principios de Fracturas
SEVB0547	Principios de Examinacion Visual
SEVB0545	Sujetadores Roscados
SEVB0546	Bielas
SEVB0548	Cigüeñales
SEVB0544	Cojinetes del Motor
SEVB0553	Pistones, Aros y Camisas
SEVB0551	Válvulas del Motor
SEVB0550	Turbocargadores
SEVB0561	Engranajes
SEVB0562	Conjinetes Anti- Friccion
SEVB0563	Motores y Bombas Hidraulicas
SEVB0564	Conjunto Completo de los Libros de Referencia antes enunciados