

Ejes

Análisis de Fallas
Aplicado



CATERPILLAR

LIBRO DE REFERENCIA

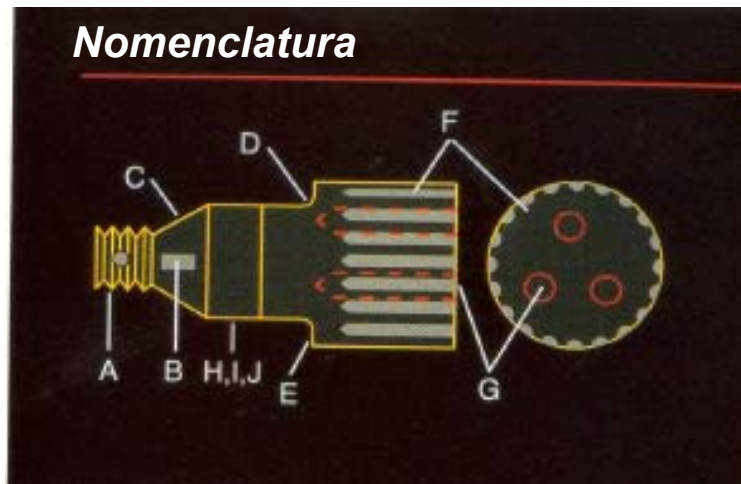
TABLA DE CONTENIDOS

Nomenclatura	2
Estructura	2
Cargas	3
Desarrollo del Análisis de Fallas	5
Desgaste	6
Abrasivo	6
Adhesivo	7
Corrosión por Frotación	7
Fatiga por Tensión de Contacto	8
Fracturas	9
Frágiles	9
Dúctiles	11
Por Fatiga	16
Conclusión del Análisis	24

PREFACIO

El propósito de este libro es explicar e ilustrar los principios básicos usados en el análisis de fallas de los ejes. La información esta condensada de la Serie de Análisis de Fallas Aplicado, la cual es más completa. Si desea obtener mas información sobre el análisis de falla aplicado, debería contactar a su representante Caterpillar local.

NOMENCLATURA



ESTRUCTURA



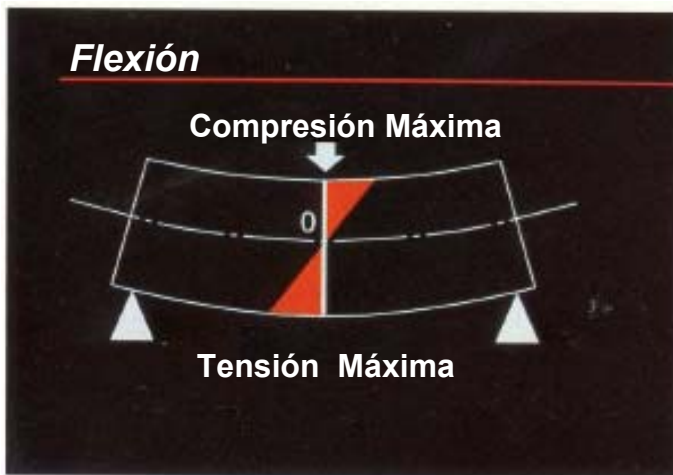
Muchos ejes son tratados térmicamente para una mayor resistencia. La sección transversal de este eje endurecido por inducción ha sido grabado al agua viva para que podamos apreciar la profundidad de la superficie endurecida tratada térmicamente.

CARGAS

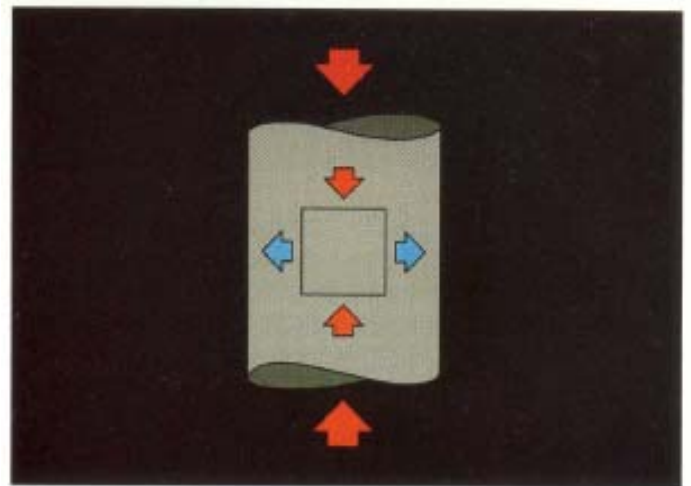
Los ejes por lo general son cargados por medio de una de las siguientes cuatro formas:

1. Flexión
2. Compresión
3. Tensión
4. Torsión

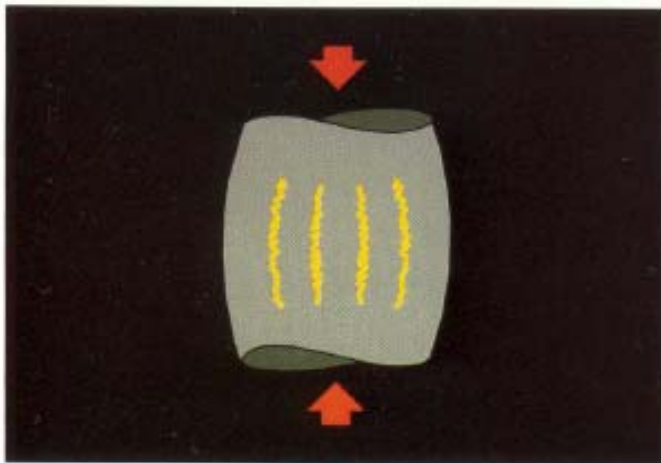
Cuando determinamos las causas de raíz de ciertas fallas, es ventajoso entender el efecto que estas cargas tienen sobre los ejes.



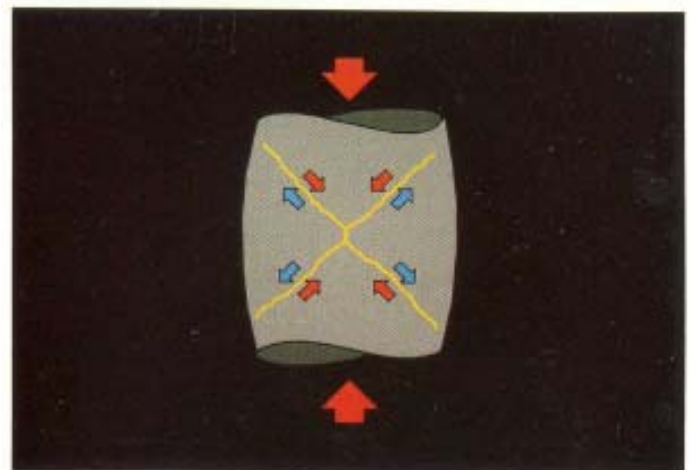
Las cargas de flexión producen tensión en un lado del eje y compresión en el otro lado.



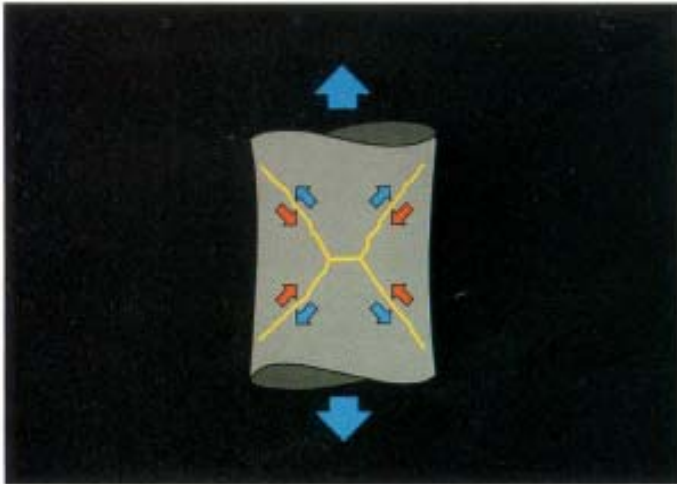
Las cargas de compresión producen compresión longitudinal (opuesta a la flecha vertical) y tensión transversal (opuesta a las flechas horizontales).



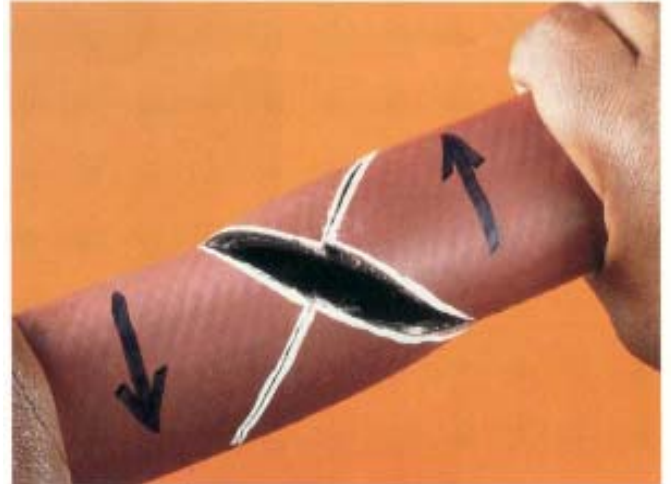
Las cargas de compresión intentan darle al eje la forma de un barril y de separarlo longitudinalmente, en la misma forma en que se dividen las leñas.



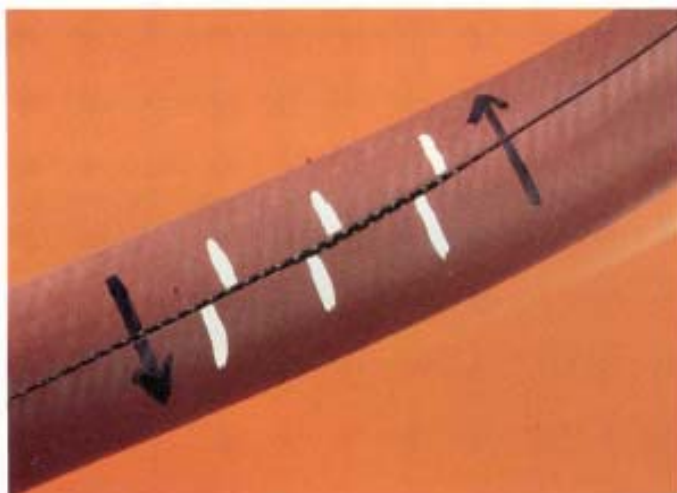
Las cargas de compresión también forman tensiones altas de corte en 45° a la longitud del eje tendiendo a separarlo como vemos ilustrado aquí.



La tensión en un eje produce esfuerzos que son opuestos a aquellos resultantes de las cargas de compresión. Estas cargas intentan alargar el eje y hacen que disminuya su amplitud. Si se produce una fractura, por lo general se inicia como una fractura dúctil o frágil transversal en el centro y finaliza con un labio de corte de 45° como fractura final cerca de la superficie del eje.



Las cargas torsionales producen alta tensión a 45° en la dirección general de la carga torsional, y compresión a 45° en dirección opuesta a la carga torsional. Esto se puede ilustrar mediante una manguera que se tuerce longitudinalmente en un patrón de "X" a 45° como se muestra aquí.



La carga torsional también produce tensiones de corte longitudinales en los ejes lo que se puede ilustrar al torcer la manguera longitudinalmente. Observe las líneas blancas que muestran la tensión de corte longitudinal.



La carga torsional también produce una tensión de corte transversal, lo cual se puede ilustrar usando un resorte con una línea de referencia pintada en toda su longitud y observando como la línea se mueve en forma de espiral alrededor de la longitud del resorte.

DESARROLLO DEL ANALISIS DE FALLAS

Ocho pasos para el análisis de falla aplicado



- 1 Defina el problema clara y concisamente
- 2 Organice la recolección de información
- 3 Observe y registre los hechos
- 4 Piense lógicamente de acuerdo a los hechos
- 5 Identifique la causa de raíz más probable
- 6 Comuníquese con la parte responsable
- 7 Realice reparaciones de la manera indicada
- 8 Realice un seguimiento con el cliente

Siga las Señales



Como se discutió en el modulo “Administración” del Análisis de Fallas Aplicado, el seguimiento de un enfoque organizado, tal como los Ochos Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado es la forma mas rápida y segura de identificar la causa de raíz de cada falla y de satisfacer a los clientes.

La información acerca del desgaste y las fracturas debería ser obtenida a través de un examen visual cuidadoso de los ejes fallados y componentes relacionados. Esta información actuara como “señales” que nos guiaran hacia la causa de raíz correcta de las fallas

Este cuadernillo le ayudara a recolectar información a través de una examinacion visual muy cuidadosa de un eje fallado. Recuerde, sin embargo, aun necesitara recolectar información sobre otras partes relacionadas, mas información de antecedentes tal como el mantenimiento, la aplicación y la operación. Entonces necesitara pensar de acuerdo a esos hechos, desarrollar una lista de causas de raíz probables y comparar cada causa de raíz con los hechos hasta que una de ellas encaje.

Para recolectar la información acerca del desgaste y las fracturas de un eje, determine primero si esta solo desgastado o si también esta fracturado. Luego identifique el tipo de desgaste y fractura. Use la siguiente tabla para ayudarse a comenzar.

Desgaste o Fractura	Tipo de Desgaste o Fractura	Consulte la Página
Desgaste	Abrasivo	6
	Adhesivo	7
	Corrosión por frotación	7
	Fatiga por tensión de contacto	8
Fractura	Frágil	9
	Dúctil	11
	Por fatiga	16

DESGASTE

Debido a que muchos ejes están equipados con estrías, superficies de sellos, superficies de cojinetes o superficies de montajes, pueden estar sometidos a un desgaste anormal. Como revisamos en el Modulo “Desgaste”, hay siete tipos básicos de desgaste

Los cuatro tipos de desgaste más comunes en los ejes son:

1. Desgaste abrasivo
2. Desgaste adhesivo
3. Corrosión por frotación
4. Fatiga por tensión de contacto

DESGASTE ABRASIVO

Si hay partículas abrasivas en el aceite, las señales por lo general pueden ser encontradas en las superficies del eje que están protegidas por películas de aceite.



Este eje de una bomba hidráulica presenta rayaduras abrasivas finas en sus superficies de cojinetes.



La superficie de este eje donde van montados los sellos de tipo labial esta profundamente ranurada a causa del desgaste abrasivo.

Primero, identifique el tipo de partícula que causo el desgaste. Busque las partículas abrasivas incrustadas en las partes mas blandas, en carteres de aceite, y filtros, o en ranuras, orificios y muescas. Use ampliación para identificar las partículas.

A continuación, determine la fuente de las partículas.

Las fuentes de abrasivos podrían incluir aceite contaminado, suciedad que ingresa por medio de sellos fallados, carcasas o mangueras quebradas, deshechos que se acumulan en el sistema, etc.

DESGASTE ADHESIVO

Si la lubricación es inadecuada o si se reducen las tolerancias internas, una película de aceite puede ser insuficiente para mantener separadas las asperezas superficiales que generan desgaste adhesivo y calor.



Este eje tiene señales de desgaste adhesivo. Observe el ludimiento y la decoloración a causa de las altas temperaturas. Controle la cantidad de aceite, las tolerancias internas, las fuentes de alta temperatura, etc.

CORROSION POR FROTACION

La corrosión por frotación se produce cuando componentes que encajan muy apretados tienen que moverse unos contra otros a alta frecuencia y a baja amplitud



La corrosión por frotación esta presente en este perno de bola de dirección que esta montado ajustadamente en su sección de templado que vemos aquí.

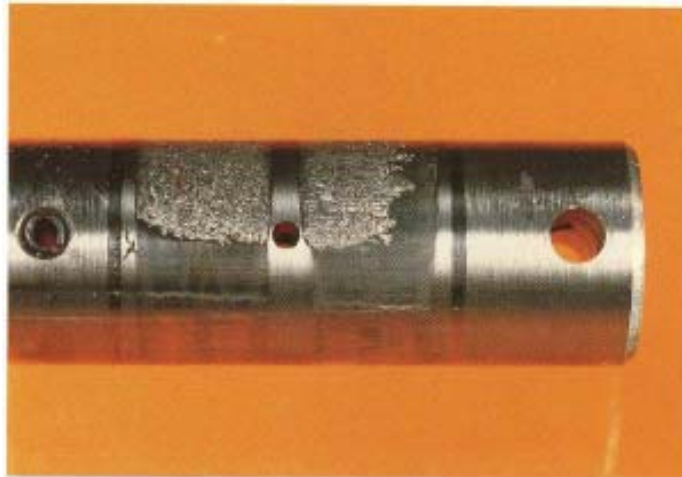


Un acercamiento revela la corrosión por frotación. Observe el deposito de oxido marrón rojizo que algunas veces se forma con este tipo de desgaste.

Controle las cargas altas a causa de una sobrecarga de la maquina, mal alineamiento, enlaces dañados, etc.

FATIGA POR TENSION DE CONTACTO

Si las películas de aceite son demasiado finas en las superficies de rodadura, se puede producir demasiado contacto de asperezas y las superficies se pueden sobrecargar, lo cual resulta en fatiga por tensión de contacto de rodadura y en desastillado.



Este eje de engranaje planetario experimento fatiga por tensión de contacto y desastillado a causa de una carga excesiva y una película de aceite demasiado fina entre este y el cojinete de agujas que sostiene el engranaje en el eje.

Investigue la cantidad y calidad del aceite y la carga.

Controles las condiciones tales como:

- Cargas altas
- Mal alineamiento, encaje, ajuste, etc.
- Acabado superficial áspero
- Baja viscosidad de aceite (Uso del aceite incorrecto)
- Altas temperaturas
- Baja cantidad de aceite
- Alta cantidad de aceite
- Etc.

Consulte el Modulo de Análisis de Fallas Aplicado sobre los Cojinetes Anti- Fricción para mas información sobre las señales y causas de la fatiga por tensión de contacto de rodadura.

FRACTURAS

Como revisamos en el modulo de Análisis de Fallas Aplicado sobre las fracturas, hay tres tipos básicos de fracturas, conocidas como:

1. Dúctiles
2. Frágiles
3. Por Fatiga

FRACTURAS FRAGILES

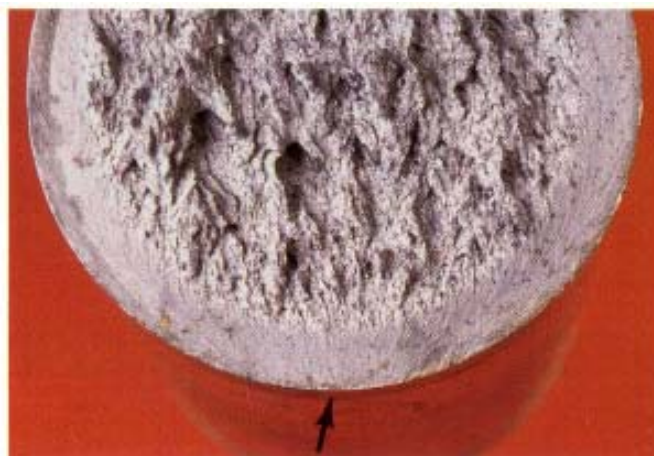
Las fracturas frágiles por lo general son debido a sobrecargas repentinas (cargas de impacto). Por lo general son el daño resultante. Encuentre el punto de inicio y determine si hay un concentrador de tensión anormal.



Este perno de enlace estuvo sujeto a una sobrecarga repentina de flexión (Carga de impacto).



La sobrecarga resulto en una fractura frágil



Este acercamiento revela chevrone tanto en el núcleo mas blando como en la superficie endurecida conduciéndonos al punto de inicio en la parte inferior de la foto. No hay evidencias de un concentrador anormal de tensión. El perno estuvo por lo tanto sometido a una sobrecarga de flexión repentina (carga de impacto) durante la operación.

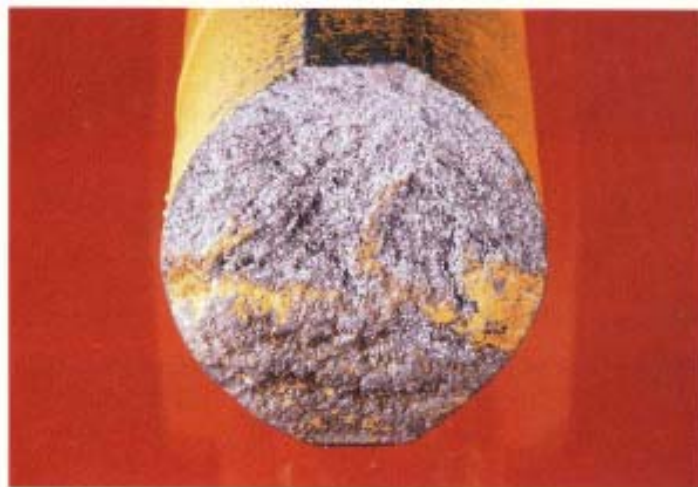
Si un pistón relativamente pequeño es sobrecargado durante la compresión se puede encorvar



Esta varilla se encorvo a causa de una carga de compresión.



Así se ven las caras fracturadas y el lado interno (cóncavo) de la curvatura en la varilla. Observe que la fractura es frágil (brillante, con chevrones)

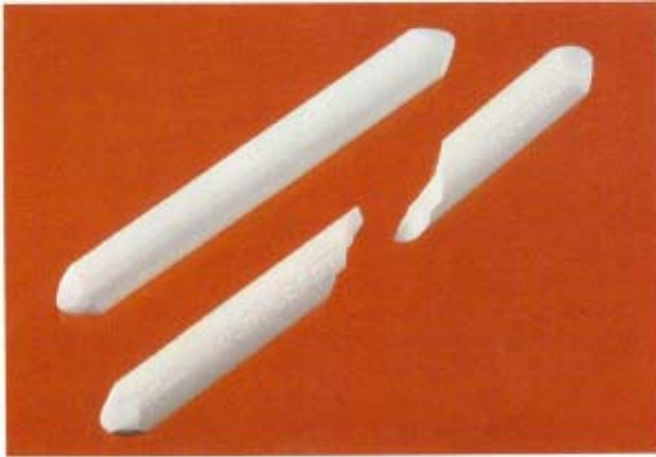


Un acercamiento indica que la fractura frágil se inicio en la parte superior de la foto (los chevrones apuntan a la porción superior de la cara de la fractura). No se registra la presencia de un concentrador anormal de tensión en el punto de inicio.

La parte superior de la superficie de la fractura esta en el lado interno (cóncavo) de la curvatura.

Por lo tanto se concluye que la fuerza que encorvo la varilla no la quebró. Sin embargo, una fuerza de tracción aplicada rápidamente, la cual trato de enderezar la varilla encorvada y debilitada produjo la fractura

Si un eje experimenta una sobrecarga de torsión repentina y el material es frágil (acero de alta dureza, hierro de fundición, etc.), podría experimentar una fractura frágil en un ángulo de 45° del eje longitudinal.



Un pedazo común de tiza para pizarrón puede ser utilizado para ilustrar una fractura frágil torsional de 45° . Tuerza la tiza hasta que se quiebre, se fracturara en forma similar a los dos pedazos que se ven arriba.



Este eje tiene una fractura frágil en un ángulo de 45° . Este tipo de fracturas puede ser consecuencia de una sobrecarga o puede ser la porción de fractura final de una fractura por fatiga.

Cuando analice las fracturas frágiles, siga las señales hacia el punto de inicio para determinar el origen de la fractura inicial. Si no hay evidencia de un concentrador de tensión anormal, busque las causas de una sobrecarga repentina de flexión, de torsión, de tracción o de compresión. Si no hay evidencias de una sobrecarga, controle con el representante de su fábrica los posibles problemas de diseño o del producto.

FRACTURAS DUCTILES

Los ejes sometidos a sobrecargas de torsión de una sola aplicación pueden experimentar fracturas dúctiles. Los tipos más comunes de fracturas dúctiles son:

1. Tracción a 45°
2. Corte longitudinal
3. Corte transversal

Con frecuencia, estas fracturas empiezan en uno de estos tres planos de tensión (45° , longitudinal, transversal) y luego cambian a otro plano a medida que se propagan y penetran hasta una cierta profundidad.



Aquí observamos el eje de la bomba de aceite con fracturas dúctiles tanto en el plano de tracción a 45° como en el plano longitudinal. Esta fractura se produjo porque un engranaje se trabó en la superficie endurecida de la bomba, lo cual provoco una sobrecarga de torsión.



Un acercamiento revela la fractura dúctil longitudinal que atravesó por la sección del chavetero, ya que es un concentrador de tensión. También podemos observar las fracturas dúctiles a 45° que estaban siendo influenciadas por las tensiones de tracción de la sobrecarga.



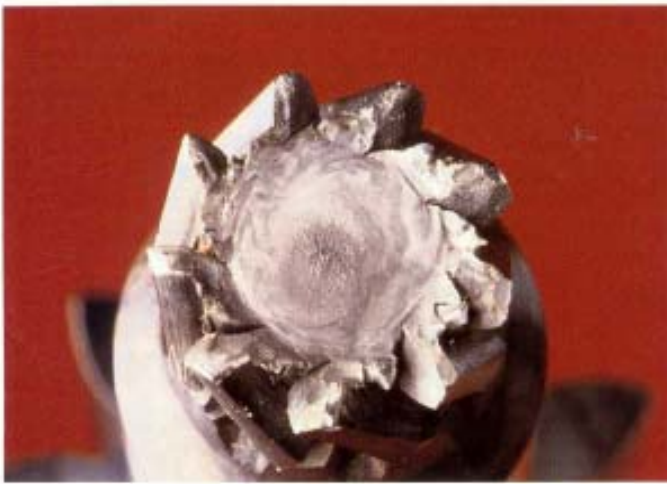
Este eje tiene una serie de fracturas dúctiles longitudinales a causa de una sobrecarga de torsión repentina.



Un acercamiento revela una parte de las superficies de las fracturas ásperas, más el torcimiento que se produjo durante la fractura final.

Estas son las señales de corte torsional transversal:

1. Superficie de fractura transversal suave y sedosa.
2. Patrón de escalón en la superficie de la fractura.
3. Fractura final dúctil por debajo de la superficie del eje.
4. Por lo general la fractura estará en un concentrador de tensión normal, tal como un filete, una ranura, etc.
5. Posible corte longitudinal inicial corto o fracturas por tracción a 45° en cualquiera o en ambos lados de la fractura en la superficie exterior del eje. Estas fracturas iniciales pueden dejar líneas radiales en la superficie de la fractura que no deben ser confundidas con marcas de trinquete asociadas con las fracturas por flexión rotacional.
6. Posibles líneas angulares en la superficie del eje cerca de la superficie de la fractura que muestra una distorsión torsional.



Este eje presenta un daño por corte torsional trasversal. Observe la fractura suave y sedosa con el patrón de escalón y la fractura dúctil final cerca del centro de la superficie de la fractura.



También observe la deformación de las estrías que indican altas fuerzas de torsión. La deformación de las estrías mas la superficie de la fractura de corte transversal son señales de una sobrecarga torsional alta de una sola aplicación.



Este eje también fue sometido a una sobrecarga torsional como resultado de un corte transversal (superficie de fractura suave y sedosa con un patrón de escalón, y una fractura final cerca del centro).



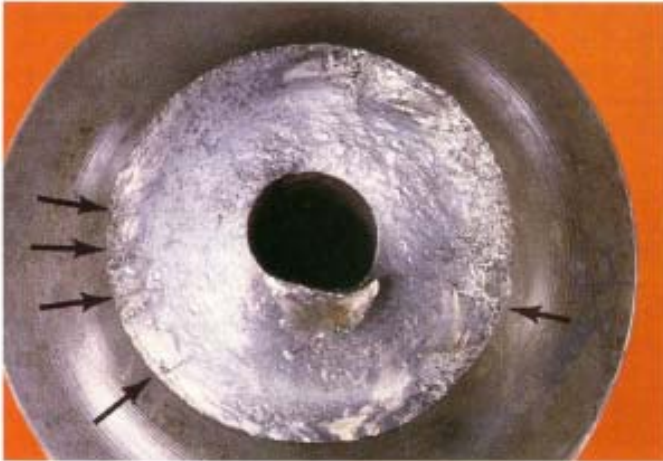
Note las líneas de distorsión en la superficie que indican una deformación plástica.



Si hay un orificio en el medio del eje, una sobrecarga torsional puede producir un corte transversal sin una fractura dúctil final cerca del centro.



Este acercamiento muestra el patrón suave y sedoso en ambas piezas con un corte transversal en una ranura de aro de resorte.



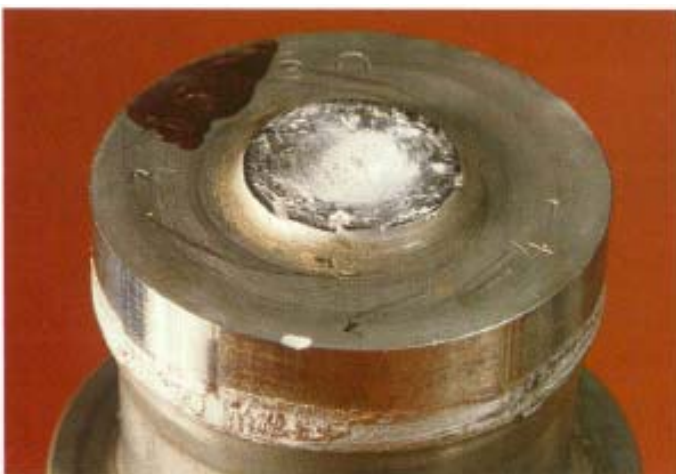
Esta superficie de fractura de corte muestra el patrón de escalón típico suave y sedoso. También hay líneas en la superficie de la fractura que se extienden desde el filete. No deben ser confundidas con las marcas de trinquete encontradas en las fracturas por fatiga por flexión rotacional.



Las marcas como estas son en realidad fracturas por fracción a 45° o por corte longitudinal corto que se pueden propagar primero a través de la superficie endurecida antes de que el núcleo falle en el corte transversal.

Cuando analice las fracturas dúctiles, siga las señales hacia el punto de inicio para determinar el inicio de la fractura inicial. Si no hay evidencias de concentradores anormales de tensión, busque las causas de sobrecargas operacionales de flexión, torsionales, de tracción o de compresión.

Si no hay evidencias de sobrecargas operacionales, controle con su representante de fábrica los posibles problemas de diseño o del producto. A continuación presentaremos un ejemplo de un problema de diseño el cual resulto en un corte transversal.



Un eje funcionaba dentro de un collar circular. La superficie de la fractura es suave y sedosa, con patrón de escalón y una fractura final cerca del centro- corte transversal. Observe el ludimiento (desgaste adhesivo) en la superficie mayor del diámetro donde esta trabado en el collar. El desgaste transversal indica una sobrecarga torsional de una sola dirección.



El collar presenta desgaste adhesivo en su superficie de calibre a causa de la obstrucción producida por el eje. Se encontró que la causa de raíz del problema era una tolerancia insuficiente que trabo el eje produciendo una sobrecarga torsional. El problema fue corregido al aumentar el diámetro del orificio en el collar.

FRACTURAS POR FATIGA

Los tipos de fracturas más comunes encontradas en los ejes son:

1. Flexión
2. Flexión en reversa
3. Flexión rotacional
4. Torsional
5. Tracción

Cuando analice las fracturas por fatiga, rastree las fracturas hasta su punto de inicio para determinar si existe un concentrador de tensión anormal. Los concentradores de tensión anormales pueden incluir problemas de material (inclusiones), problemas de proceso (pre fracturas), ranuras desgastadas o picaduras y daños por manipuleo.

Si no se encuentra ningún concentrador de tensión anormal, busque las condiciones de sobrecarga cíclica. Las posibles causas son: aplicación, operación, mal alineamiento, etc.



Este eje de rueda frontal falla a causa de fatiga por flexión



La ampliación de los puntos de inicio revela la ausencia de concentradores de tensión anormales. Este eje fue sobrecargado cíclicamente durante la operación.



Este eje se fracturo por fatiga en un filete. Las marcas de playa se extienden por una gran porción de la superficie de fractura, indicando una carga relativamente liviana. Hay corrosión en el sitio de inicio. (Inferior derecho)



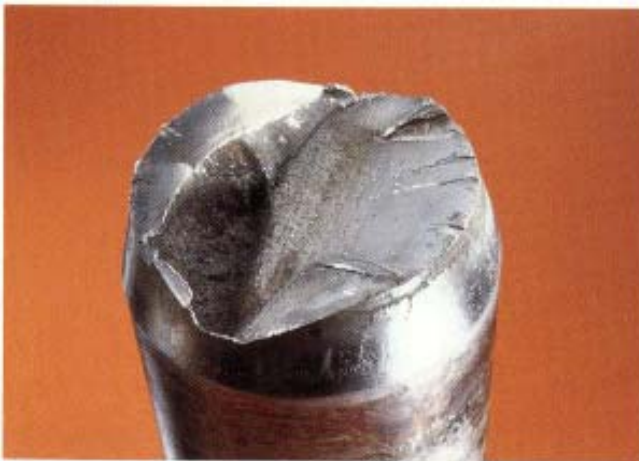
Esta vista ampliada del punto de iniciación revela oxidación. Esto es posiblemente un tipo especial de fractura llamada fatiga por corrosión causada por un medio ambiente corrosivo.



Un eje de engranaje cónico se fracturo en el filete entre este y el engranaje cónico. Observe las marcas en la superficie donde un collar de bolas del cojinete fue cortado con soplete del eje durante una reparación anterior. En realidad hay dos fracturas por fatiga con una marca de trinquete grande separándolas.



Una ampliación del filete revela una pequeña marca de soplete en la marca de trinquete. Esto fue un concentrador de tensión anormal que inicio las dos fracturas por fatiga. ¿Quién cortó el cojinete fuera del eje? Use procedimientos y herramientas adecuadas cuando retire los cojinetes.



La bola en este perno de bola de dirección fue quebrada. Hay fracturas suaves con marcas de playa y marcas de trinquete a la izquierda y fracturas dúctiles ásperas y oscuras a la derecha en el centro, estas son señales de fractura por flexión en reversa.



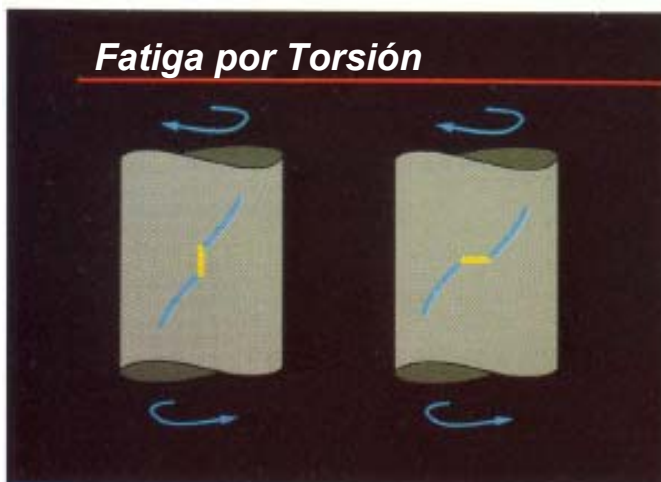
Una ampliación muestra puntos de inicio múltiples en la superficie de la parte, sin concentradores anormales de tensión. Por lo tanto, necesitaremos investigar una posible sobrecarga cíclica.



Este eje se fracturo en un filete normal. La superficie de fractura revelo puntos de inicio múltiples, marcas de trinquete, y marcas de playa alrededor de una circunferencia completa del filete y una fractura dúctil final grande por debajo de la superficie, estas son señales de una fractura por fatiga por flexión rotacional



Una inspección minuciosa revela marcas de trinquete y marcas de playa en la superficie del filete (sin pre fracturas ni otros concentradores anormales de tensión). Con estas señales, necesitaremos determinar si una sobrecarga de flexión causó la fractura de este eje.



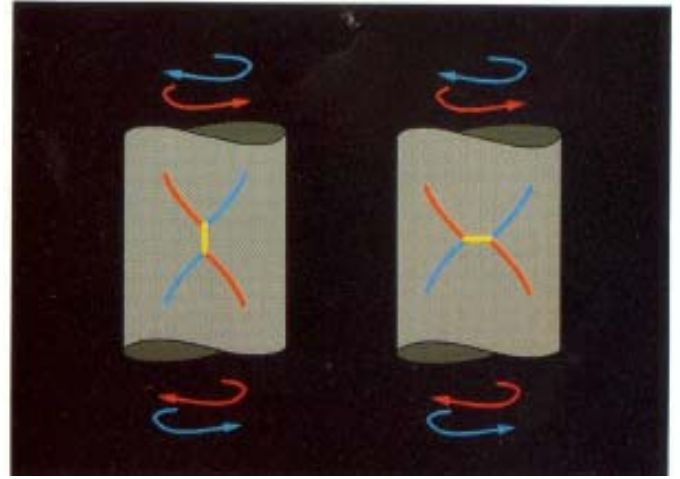
Un eje, sobrecargado cíclicamente en torsión, con frecuencia iniciará una pequeña fractura por corte longitudinal o transversal y luego progresara como fractura torsional en un ángulo de 45° hasta el núcleo del eje.



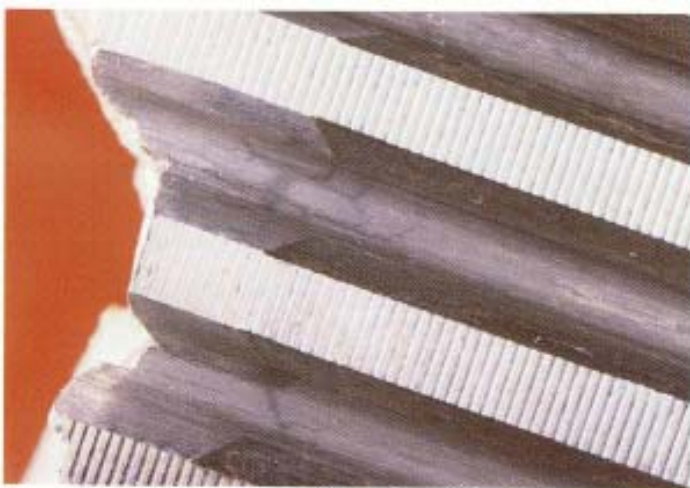
Este eje de bomba fue sobrecargado por torsión cíclica. Observe la fractura propagada a aproximadamente 45° del núcleo del eje.



Los puntos de inicio para las fracturas por fatiga están en los bordes entre varias raíces de estrías y los extremos de las estrías. Observe las marcas de playa que se desplazan en forma radial de estos bordes que son puntos altos de concentración de tensión en las partes.



Un eje, sobrecargado por torsión en reversa, puede tener dos conjuntos de fracturas por fatiga, produciendo la apariencia de una X. La fractura por fatiga puede progresar en direcciones opuestas a medida que la dirección de la carga torsional cambia.



Este eje estriado estuvo sometido a una sobrecarga torsional en reversa. Observe que las fracturas iniciales en las raíces de las estrías están en el plano de corte longitudinal y se proyectan en ángulos opuestos de 45° a medida que se desarrollan las cargas de tracción.



Cuando un eje, con una serie de orificios de bulones en un extremo falla a causa de fatiga torsional, algunas veces observamos una fractura similar a esta, llamada comúnmente "cara de mono". Es una serie de fracturas por fatiga por torsión en reversa a 45° , un conjunto para cada orificio de bulón. (Vea la página 21 para una vista ampliada)



Una ampliación de uno de los orificios revela marcas de playa y marcas de trinquete, pero no concentradores de tensión anormales obvios. Deberíamos considerar una sobrecarga torsional en reversa como la causa de raíz de esta falla.



Otro eje experimentó una fractura torsional en reversa desde los bordes de los orificios perforados. A medida que las fracturas progresaron, se encontraron con la superficie más fuerte y dura, lo que provocó que cambien de dirección y se propaguen por debajo de la superficie causando una fractura por descortezado



Otro tipo de fractura por fatiga torsional en reversa es conocida como "fractura por estrellado". Con frecuencias estas se producen en (pero no están limitadas a) las secciones de las estrías. Es una serie de fracturas por fatiga que se propagan en ángulos de 45° en ambos planos de tracción que se encuentran en el centro y la separación final de produce dejando la apariencia de "estrellado".



Esta ampliación muestra una serie de fracturas por fatiga que se propagan en ángulos de 45° en ambos planos de tracción (carga torsional en reversa). No se evidencian concentradores de tensión anormales. Por lo tanto, las causas de la sobrecarga cíclica tendrán que ser investigadas.



Las cargas torsionales también puede producir fatigas que se propagan en dirección longitudinal. Este eje tiene fatiga en la mitad superior y una fractura frágil en la mitad superior de su sección transversal



Esta vista del punto de iniciación no muestra concentradores anormales de tensión, indicando una posible sobrecarga torsional. Otras causas de fatiga longitudinal pueden incluir inclusiones anormales, poca profundidad de la superficie endurecida, orificios, grietas, etc.

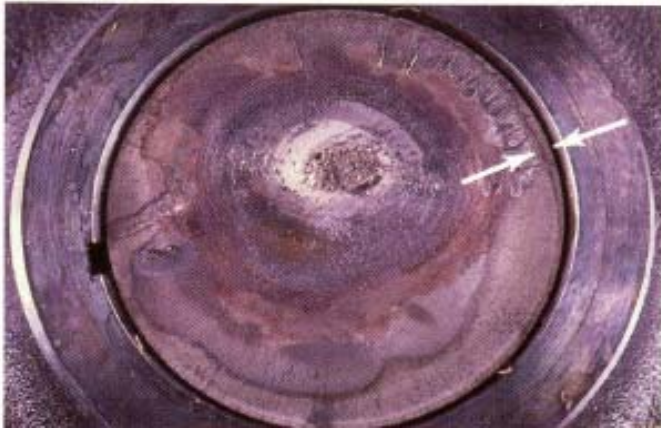
Si no existen condiciones de sobrecarga cíclica o concentradores anormales de tensión para explicar las fracturas por fatiga, el siguiente paso es realizar un control con su representante de fabrica para determinar si errores en el diseño, material, o el proceso pueden haber contribuido a la falla. A continuación hay ejemplos de fracturas por fatiga causadas por este tipo de problemas.



Esta falla se inicio con una fractura longitudinal. La mayor parte de la misma es oscura y áspera, pero una porción tiene un color más claro y cierto pulido. Esta porción es fatiga que se inicio a causa de inclusiones en el acero cerca del orificio.



Aquí vemos una fractura del eje de la rueda desde los bordes de tres orificios de bulones (marcas de playa y marcas de trinquete), No se evidencian concentradores anormales de tensión. Los orificios fueron perforados con demasiada profundidad, colocando a los bordes en áreas de alta tensión, lo que provoco fatiga por flexión rotacional.



Aquí vemos un cigüeñal fracturado por fatiga por flexión rotacional debido al efecto de concentración de presión de una pre fractura (señalada por las flechas) que se produjo durante el tratamiento térmico. .



Este vástago de cilindro hidráulico esta fracturado en el filete donde el pistón se monta al vástago.



La fractura se parece bastante a una fatiga por flexión rotacional (marcas de trinquete, marcas de playa alrededor de toda la circunferencia del filete con una fractura frágil final por debajo de la superficie del eje), pero la carga en el vástago fue primariamente tensión cíclica.

Es importante observar que la tensión cíclica en un eje, con un filete filoso puede crear señales similares a las de la fatiga por flexión rotacional. Esto se produce porque toda la superficie del filete puede ser cargada al mismo tiempo, generando fracturas por fatiga múltiples.

El filete en este eje fue fabricado demasiado filoso, produciendo un concentrador de presión anormal.



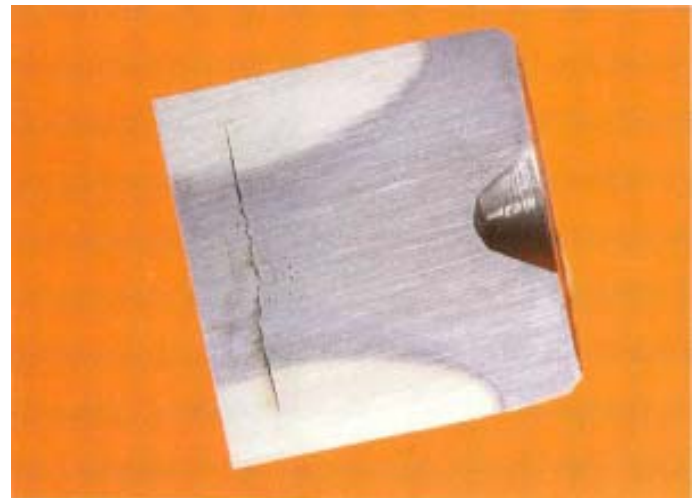
Este eje se fracturo aproximadamente una pulgada desde el extremo de su sección estriada.



Las superficies de las fracturas son brillantes y cristalinas en el centro (frágil) pero hay una banda angosta de material alrededor de exterior que nos recuerda a una marca de trinquete. Pero, ¿hay marcas de trinquete?



Una ampliación revela que la banda exterior no son marcas de trinquete, sino una fractura por estrellado- fatiga torsional en reversa. Hay marcas de playa en el plano de 45° de la fractura por estrellado, que se desplazan en forma radial desde el interior del eje indicando que en realidad se inicio por debajo de la superficie en el borde de la fractura frágil interna.



Visto en forma transversal y grabado al agua fuerte, el eje reveló otras pre fracturas frágiles en su interior. La superficie endurecida era demasiado profunda, provocando demasiada tensión de tracción residual en el núcleo. La tensión de tracción residual alta fracturó el eje poco tiempo después del tratamiento térmico o en las primeras horas de vida operacional del eje.

CONCLUSION DEL ANALISIS

Identifique las causas de la falla



Piense- hechos
Pregunta de Doble Control
Obtenga la información ambiental

- Calor
- Carga
- Aplicación, Operación y Mantenimiento

Cada análisis de falla debería ser perseguido hasta que se encuentre la causa de raíz más probable. La mejor forma de realizar esto es siguiendo un enfoque organizado tal como los Ochos Pasos para el Análisis de Fallas Aplicado, pensando de acuerdo a la información obtenida a través de todas las partes relacionadas, y usando la pregunta de doble control- ¿Hay alguna forma posible por la cual otro factor puede haber causado la falla?. Durante el análisis también necesitamos investigar la información ambiental, tal como el calor, la carga, la aplicación, la operación y mantenimiento lo cual con frecuencia nos ayuda a determinar la causa de raíz de la falla.

Obtenga la Recompensa 



Comuníquese

Realice reparaciones profesionales

Realice un seguimiento

El trabajo no termina una vez que hemos identificado la causa de raíz más probable de la falla. Ahora necesitamos “obtener la recompensa” a través de comunicarnos con la parte responsable de la falla, haciendo reparaciones profesionales y oportunas y realizando un seguimiento para asegurarnos que tanto los problemas a corto y largo plazo sean solucionados.

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