

La degradación del aceite por oxidación

Por Richard Widman

Una queja común de los mecánicos industriales e ingenieros de mantenimiento es del oscurecimiento del aceite en sus compresores, turbinas, y a veces en sistemas hidráulicos. Tratan de extender el momento de cambio del aceite lo más posible mirando el color, y después quejando que el nuevo aceite se deteriora más rápidamente. En este boletín veremos las causas de este oscurecimiento y la solución.

Este es el Boletín #228, publicado el 1 de enero 2023, de nuestro programa de Boletines Informativos mensuales. Todos los boletines están disponibles en formato pdf en <https://www.widman.biz>

Lo básico

Es muy frecuente oír del ingeniero o gerente que “*Pagamos mucho por la marca de aceite XXX, pero en unas semanas se hizo negro*”, o algo similar.

Mientras el aceite de motor oscurece más por productos de la combustión, los aceites industriales se oscurecen por oxidación, o sea, por estar expuesto al aire y altas temperatura. Como regla general, aceite pierde la mitad de su vida útil por cada 10°C que opera sobre 60°C. Esto varía con los aceites, como vemos en sus fichas técnicas, donde los aceites minerales cuyo aceite básico es API grupo I típicamente pasan la prueba ASTM D943 de oxidación con 2500 a 3000 horas, y los del grupo II típicamente pasan esta prueba con 6000 horas. Aceites sintéticos pasan mucho más tiempo. Aditivos anti-oxidantes, como fósforo, extienden estos límites. Esa prueba es un indicador de calidad relativa. No indica la vida útil en una operación específica.

El actuar de la oxidación es interesante y se genera como una reacción en cadena y avanza de manera exponencial hacia toda la superficie del aceite. Es decir que el proceso de oxidación inicia cuando el aceite no da ni un síntoma de tener el problema, o ese problema es tan pequeño que es insignificante, para luego, cuando aparecen indicadores de oxidación ya el problema está presente. En ese punto lo único que pudiera hacer el técnico es tomar decisiones paliativas para lograr el mayor rendimiento. **No podrá hacer retroceder el síntoma.** Puede cambiar el aceite, pero es probable que ya tenga barniz quemado a los cojinetes que acabará con el nuevo aceite rápidamente. Posiblemente pueda trabajar con aceites que tengan más aditivos antioxidantes (como los de turbinas que tengan una buena fuerza de aminas y fenoles), pero de acuerdo al tipo de oxidación éstos se consumirán de todos modos.

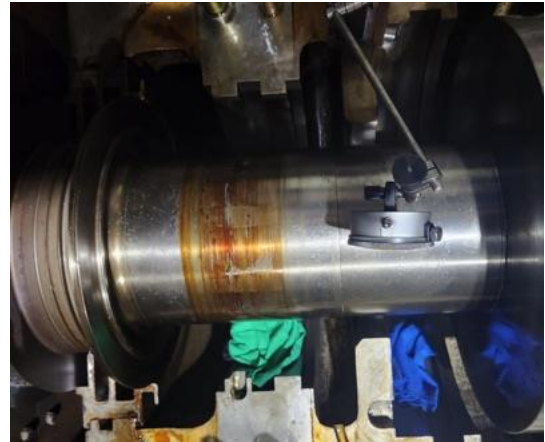
De acuerdo a estudios especializados la oxidación tiene 3 fases que son: Iniciación, Propagación y Terminación, explicada en su forma más básica anteriormente.

La oxidación viene como proceso de la degradación del aceite, de hecho, es la primera razón que aparece con ciertos síntomas. Luego vendrá la afectación térmica (con el descontrol de las temperaturas de los equipos, y como consecuencia, la formación de barnices que veremos líneas abajo). También la contaminación será una causal de degradación del aceite (fundamentalmente cuando no tenemos ningún control para la aplicación y conocimiento de las funciones de un lubricante). Y por último la degradación vendrá a través del consumo de aditivos por el normal trabajo del aceite en su función de separar las superficies.

Compresores a tornillo operan a altas temperaturas por la alta y constante compresión del aire o gas que comprimen, y el aceite en turbinas a gas pueden estar operando entre 70°C y 120°C.

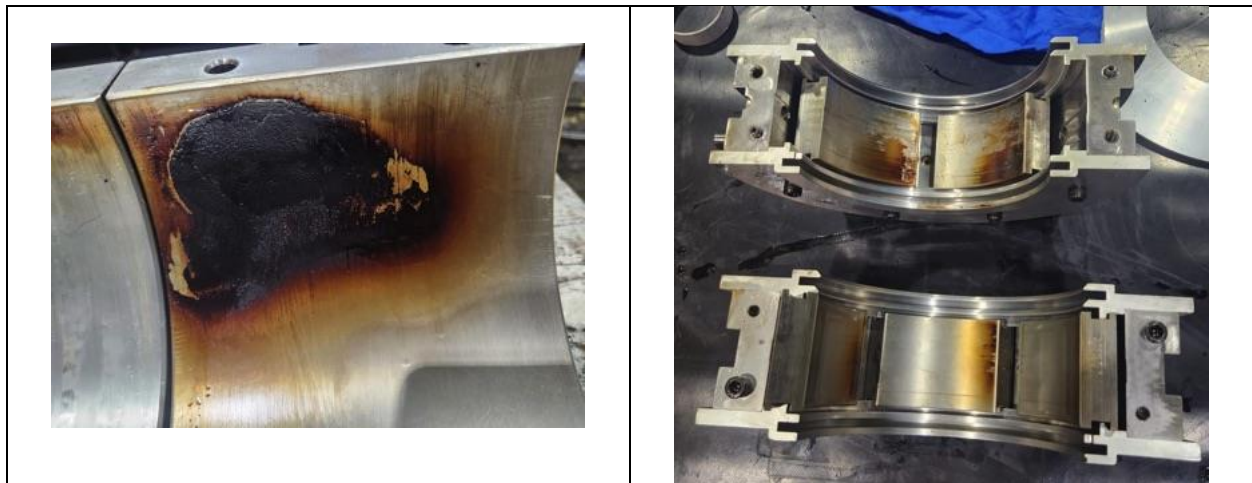
Mientras estas sean temperaturas observadas en general, las de los cojinetes siempre son mayores, especialmente si se pierde la película hidrodinámica del aceite. Cuando calientan, forman barniz en los cojinetes y otras partes calientes del sistema, como vemos en esta turbina. Si analizamos la luz entre estos cojinetes y sus ejes, vemos que muy poco barniz causa mayor roce entre superficies y mayor temperatura, quemando más aceite.

Cuando observamos un aceite que va perdiendo su color natural y haciéndose oscuro, debemos reconocer que un cambio de aceite no arreglará nada. El barniz está dentro del compresor o la turbina en los cojinetes y otras partes calientes. Si cambiamos aceite sin corregir el problema, se quemará el nuevo aceite.



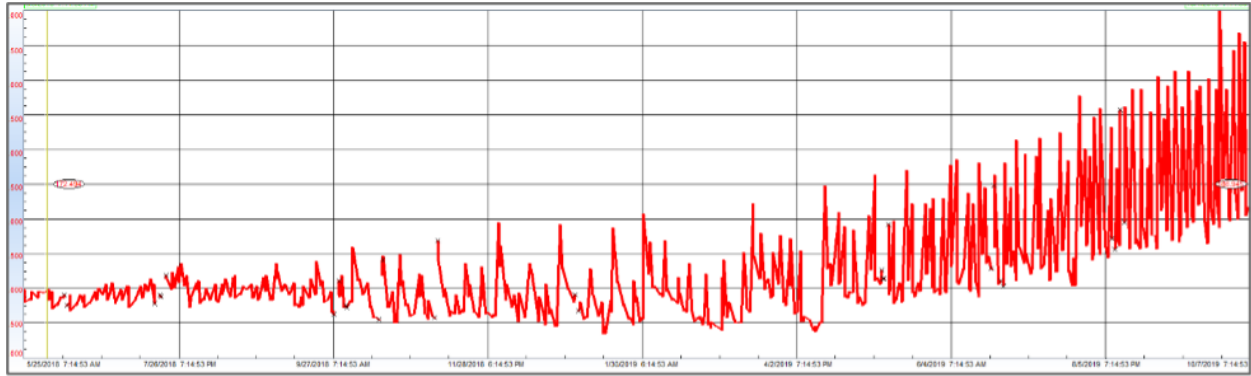
El primer paso es reconocer que el barniz empieza a formar en partes de la turbina o compresor que no podemos observar. El barniz, además de generar calor, atrapa y pega contaminantes sólidos a las superficies, donde pueden hacer daños.

En estas fotos podemos ver una situación seria, actualmente tanto que hará vibraciones una operación normal, causando paradas inesperadas o daños severos.



El barniz actúa como aislante, evitando el enfriamiento del cojinete por el lubricante. Barniz en cojinetes se muestra en la temperatura, en forma gráfica como dientes de sierra. En la gráfica abajo podemos ver estos dientes de sierra en la variación de temperaturas de un cojinete de turbina durante un periodo de 500 días, cada día peor.

En esta gráfica observamos que la desviación de la temperatura cada vez es más grande. Además, el promedio de temperatura tiene un incremental que debería ya ser considerado en su momento en una gráfica de control manual, o los sensores del tablero debieron alertar al técnico. Ya en el 25% del tiempo comienza una variación anormal, la cual torna insostenible al 75% del tiempo de la gráfica. Seguramente esa turbina tendrá daños irreparables si no tomaron la decisión radical.



Además del aumento de temperatura, la acumulación de barniz afecta la altura del eje/rotor. En esta serie de dibujos, podemos ver como la posición del rotor cambia dentro del cojinete con el crecimiento de barniz y su raspado. Aunque hablamos de micrones, para equipo fino, esto es significativo.



Las soluciones

El uso de un buen aceite es el primer paso, postergando el momento que aparece el problema. No solo en una formulación que utiliza aceites grupo II o mayor, pero que tenga mayor cantidad de anti-oxidantes.

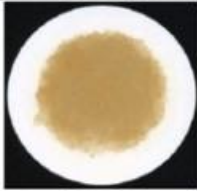
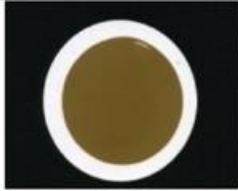
Obviamente, el funcionamiento del sistema de enfriamiento o transferencia de calor al exterior también es importante. Aletas sucias o instalaciones sin ventilación reducirá la eficiencia.

Eventualmente el aceite se contaminará con barniz. Para el determinar el grado de contaminación, existe la prueba MPC (ASTM D7843) con un equipo que puede determinar pequeños cambios de color. Para la prueba, los equipos de laboratorio pasan el aceite por una membrana de $0,45 \mu\text{m}$ y electrónicamente determinan el valor y color.

Los valores MPC indican un problema potencial de la formación de barniz.

- Un aceite en condiciones normales debería tener un valor debajo de 15 según ASTM D7843.
- Cuando se encuentra entre 15 y 30, se debe monitorear con más cuidado. Es lo que llamamos límite de precaución primaria.
- De 30 a 40 es considerado anormal o límite de precaución secundaria, en este nivel ya debemos considerar acciones importantes.
- Sobre 40 es crítico.



Normal (<15)	Monitorear (15 a 30)	Anormal (30 a 40)	Crítico (>40)
			

Entonces, ¿qué hacemos para que no pase de 30? ¿Y qué podemos hacer cuando encontramos una situación como las fotos arriba?

Compresores: Cuando el nivel de barniz está en el rango de 15 a 30, debemos estar preparando una solución. Eso puede ser cambiar aceite, o puede ser buscar un aditivo que puede aumentar la solubilidad del aceite actual, disolviendo el barniz existente. Entre más alto el nivel de barniz, más riesgo tenemos.

- Si cambiamos aceite mientras esté en el nivel “normal”, no tenemos problemas, y si solo son 5 o 10 litros, no es un costo muy alto, pero si estamos hablando de 10.000 litros, representa un costo alto.
- Si un buen aceite sintético está pasando el rango “normal” en menos de un año en un compresor, probablemente tenemos barniz in los cojinetes, y debemos eliminarlo.

Tenemos dos opciones para esto:

- Desarmar el compresor (costoso y requiere una parada del equipo, tal vez la planta, para hacerlo.
- Adicionar un producto, compatible con el aceite, que disuelve el barniz y extiende la vida útil del aceite. Widman International SRL tiene la tecnología y soporte para resolver esto.

Turbinas de generación de electricidad: Estos presentan problemas mayores porque pueden estar utilizando más de 10.000 litros y las empresas esperan 6 a 10 años de servicio antes de cambiarlo. Muchos tienen cojinetes enormes y costosos, necesitando equipos especiales para desarmarlos y transportarlos a sitios para restaurarlos, tardando meses.

La solución para las turbinas es monitorear el aceite y utilizar aditivos o resinas especiales para mantenerlos funcionando con mayor eficiencia, la empresa Fluitec presenta en el mercado (seguramente entre otras), un aditivo llamado *DECON* que ayuda a resolver el problema cuando la aplicamos en tiempo. Aquí podemos ver las temperaturas y posición del rotor de una turbina durante dos semanas. Las primeras 3 días (izquierda) muestran la condición antes de aditivar el aceite, y los últimos diez días muestran el bajón del rotor y la temperatura.

En la **línea verde** podemos ver la posición del rotor antes y después de adicionar el producto, mostrando que se eliminó la capa de barniz que lo mantenía alto.

Con la **línea roja**, podemos ver la reducción y estabilidad de la temperatura de los cojinetes.

Temperatura de cojinetes durante dos semanas



El trabajo del aditivo es solubilizar al barniz, devolviendo el aceite a su condición normal y saltando las partículas sólidas que están atrapadas, dejándolas pasar a los filtros para su eliminación.

Al mismo tiempo que limpia los cojinetes, disuelve los depósitos cristalinos que tienden a formar en las líneas de baja presión, restringiendo el flujo en los arranques.

Así que el aditivo puede dejar todo el sistema limpio, sin desarmar nada, no solo las partes visibles. Y lo hace mientras la turbina trabaja normalmente.



Resumen

Esta tecnología es una nueva herramienta para los ingenieros de mantenimiento. Correctamente aplicado, puede extender la vida útil del aceite indefinidamente, eventualmente corrigiendo otros aditivos que son consumidos en el tiempo.

Con la aplicación de esto, se puede eliminar la reparación de compresores para limpiar el barniz y evitar el sobre calentamiento.

Widman International se especializa en reducir los costos de mantenimiento, y provee estas soluciones para mejorar la productividad de la industria.

Widman International SRL contribuye a la capacitación de los ingenieros y usuarios en Bolivia para mejorar su competitividad. Para mayores informaciones prácticas, visite nuestra página Web: <https://www.widman.biz/>

Si usted conoce a otra persona que estuviera interesada en recibir estos boletines, favor responder a info@widman.biz. Si no quiere recibir estos boletines mensualmente, puede escribir a info@widman.biz con “**remover**” en el asunto.

La información de este boletín técnico es de única y completa propiedad de Widman International S.R.L. Su reproducción solo será permitida a través de una solicitud a info@widman.biz no permitiendo que esta altere sus características ni su totalidad