



NOTA TÉCNICA

Lubricación en Turbinas de Combustión y Vapor

Ing. Alberto R. Fuentes Quijada



**CURSOS TÉCNICOS
PARA LA INDUSTRIA**

La lubricación es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies enfrentadas. Una adecuada lubricación permite un funcionamiento continuo y suave de los equipos mecánicos y sin excesivo estrés o ataque a las partes móviles (muñones, cojinetes y engranajes).

Los aceites de turbinas tanto de vapor como turbinas de combustión están sometidos a un amplio rango de condiciones operativas, entre ellas podemos citar: calor, aire atrapado, humedad, contaminación con tierra y partículas de desgaste, mezcla accidental de diferentes aceites, que degradan la integridad de los básicos minerales y agotan los aditivos, provocando cambios moleculares irreversibles. Hay dos mecanismos principales de degradación en aplicaciones de turbinas, oxidación y degradación térmica.

Desarrollo

Los sistemas de lubricación de las turbinas están sometidos a un conjunto de condiciones operativas y de diseño, tales como vibraciones mecánicas, dilataciones diferenciales, esfuerzos térmicos y resonancias entre otros que deben ser vigiladas continuamente para evitar fallas en este sistema. Cuando se produce una falla en la lubricación de una turbina, por lo general se generan daños en los cojinetes de las mismas, tanto en los radiales como en los cojinetes axiales, llamados de empuje, provocando un desgaste excesivo del material antifricción y rayas en el muñón del eje. También puede generarse un desgaste en los alabes móviles de alta presión y baja presión ya que rozarían con la parte fija del cilindro. Las fallas de lubricación en turbinas son debidas a múltiples causas y entre ellas podemos nombrar: perdida de la viscosidad del aceite, alta acidez, rotura de tubería del aceite

de lubricación, fallas en las bombas de lubricación (AC y DC) y por supuesto mala operación del sistema, entre otras. En la Figura No.1 se muestra un listado de fallas en turbinas de vapor y una de ellas es la lubricación.

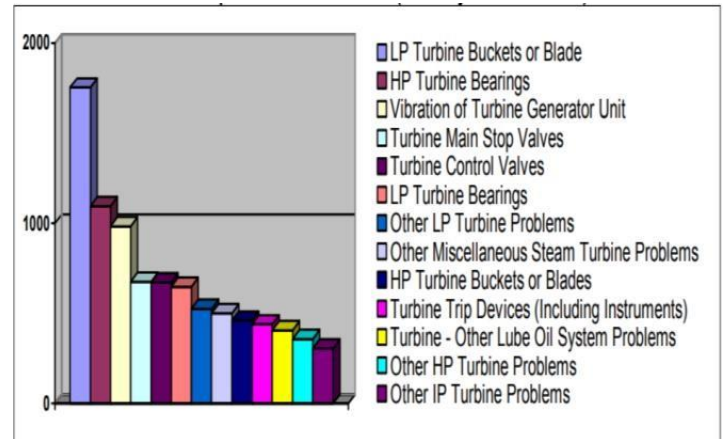


Figura No.1

Para garantizar una buena lubricación se recomienda que la temperatura máxima del aceite a la salida de los cojinetes deba estar entre 55° y 70°C y a la salida del enfriador entre 44° y 45°C, con la turbina en operación y nunca debe estar por debajo de 38°C ya que la viscosidad aumentaría demasiado. Muchos fabricantes recomiendan que cuando la turbina se coloque en giro lento la temperatura del aceite a la salida del enfriador se ajuste a 32°C.

Características principales de los aceites de turbinas.

Viscosidad.

La viscosidad de un aceite es la característica física más importante de cualquier lubricante y todavía es más importante en la lubricación de los componentes de la turbina donde el régimen de lubricación es hidrodinámico y el espesor de la película de aceite depende principalmente de la viscosidad del aceite. La carga en los cojinetes se encuentra muy bien distribuida, debido a la conformidad del cojinete con el eje y la alta velocidad, lo que favorece la formación de la llamada cuña hidrodinámica. La selección de la viscosidad adecuada es un factor tremendamente crítico para un funcionamiento correcto de la turbina. Un cambio en la viscosidad puede dar

lugar a un posicionamiento del rotor, tanto axial como radial, indeseado. El conocido latigazo de aceite es un problema directamente relacionado con una viscosidad mayor de la necesaria.

Funciones que debe cumplir un Aceite

Lubricante:

- Lubricar los cojinetes del grupo turbinagenerador.
- Refrigerar los componentes.
- Lubricar regulador, transmitir impulsos y los mecanismos de control.

Propiedades para cumplir estas funciones:

- Viscosidad adecuada.
- Resistencia a la oxidación y degradación térmica.
- Prevenir la herrumbre.
- Prevenir la corrosión.
- Resistencia a la formación de espuma.
- Rápida separación del aire.
- Rápida separación del agua.
- Estable al almacenamiento.

De acuerdo con la guía de mantenimiento de turbinas ASTM-D 4378-97 la viscosidad no admite variaciones superiores al 5% con respecto al valor del aceite nuevo. Es importante resaltar que debe tomar como valor de referencia el aceite nuevo y no el valor típico suministrado por el fabricante del aceite.

Contenido en agua.

El agua es uno de los principales enemigos de los aceites. Las condensaciones, contaminación a través de los sellos y otras fuentes tienden a crear emulsiones. En un aceite contaminado con agua y aire se tiende a crear herrumbre. Esta herrumbre es abrasiva y puede ocasionar desgaste de los cojinetes, engranajes, fallo en válvulas, etc. Está claro que el aceite de la turbina tiene muchas posibilidades de presentar contaminación acuosa pero se deben tener los medios suficientes como para reducir, eliminar y controlar la entrada de agua a la turbina. Hasta hace muy poco tiempo se había considerado que niveles máximos aceptable de contaminación acuosa eran del orden de 0,1% (1000 ppm) incluso en la guía de mantenimiento

de turbinas ASTM-D 4387-97, los especialistas junto a algunos fabricantes de turbinas han detectado que niveles de agua de 0,1% tienen un efecto devastador en los componentes de las máquinas. Esto ha dado lugar a reducir considerablemente el nivel de alerta por contaminación acuosa hasta 500 ppm. Actualmente se ha reducido mucho más hasta valores máximos permitidos de entre 100 y 200 ppm en función del tipo de aceite. Aunque los aceites bases tienen características de protección contra la herrumbre y la corrosión, los aceites de turbinas incluyen en sus formulaciones ciertos aditivos que protegen el equipo contra estas condiciones. El agua es uno de los principales enemigos de estos aditivos, los lava y atrae formando compuestos corrosivos.

Las partículas de herrumbre actúan como catalizadores de oxidación y pueden provocar el desgaste abrasivo de los cojinetes. El nivel de aditivo antiherrumbre se suele mantener a través de los añadidos de aceite. Los aceites bases por lo general se separan del agua muy rápidamente. Algunos aditivos como los inhibidores de herrumbre, los contaminantes y los productos de oxidación reducen la habilidad del aceite a separarse del agua, esta es una de las razones por las que los aceites de turbinas tienen muy poca cantidad de aditivos.

En turbinas de vapor es inevitable que el aceite este en contacto con el agua debido a las fugas por los sellos de contacto. La habilidad del aceite para separarse del agua está directamente relacionada con la estabilidad a la oxidación del aceite. Con la finalidad de mantener el aceite con niveles de agua aceptables, los fabricantes y especialistas, recomiendan la instalación de los siguientes equipos en circuito cerrado con el tanque de aceite de la turbina:

- Elementos Filtrantes •
Centrifugadoras
- Adsorbentes.

Índice de acidez (AN).

El aumento del Índice de acidez puede indicar oxidación ó contaminación del aceite. Los ácidos orgánicos formados durante la oxidación del aceite pueden provocar la corrosión de los cojinetes, formación de productos indeseables como lodos, barnices, etc. Según la guía de mantenimiento ASTM-D4387-97 los valores críticos de AN están entre 0,3 y 0,4 mg KOH/g muestra por encima del valor del aceite nuevo. Sin embargo, muchos laboratorios y especialistas consideran que variaciones de 0,1 es muy significativa y debe de generar medidas correctivas. En un aceite de una turbina de vapor el AN del aceite usado no debe experimentar variación alguna a lo largo de su vida útil. Por lo tanto, si se lleva un adecuado programa de mantenimiento preventivo-predictivo de la turbina no se deberían observar variaciones en el AN.

Ensayos de campo e inspecciones.

Si algunas tareas son importantes en mantenimiento estas son las inspecciones rutinarias y los ensayos a pío de máquina. Para esto se debe usar recipientes de un material transparente para realizar las valoraciones visuales. Se pueden identificar dentro de las características de los aceites las siguientes:

Color: Cualquier cambio de color tiene un significado, oxidación y contaminación. En la Figura No. 2 se puede observar a través de una inspección visual, la diferencia entre un aceite nuevo y uno usado.



Figura. No 2

Olor: Olor amargo puede indicar la formación de ácidos por oxidación.

Entrada de aire

Burbujas de aire significan que el aceite no elimina bien el aire, el aire no debe permanecer después de 15 minutos. Los tanques de aceites de las turbinas de vapor y algunas turbinas a gas tienen instalados extractores de vapores de aceite y aire los cuales mantienen dentro del tanque una presión de negativa de 1,5 a 2 pulgadas de columna de agua, para su remoción. En la Figura No. 3, podemos ver un aceite con burbujas de aire y espuma.



Fig. No 3

Espuma.

Después de agitar una muestra, la espuma formada debe desaparecer en menos de 10 minutos. En la Figura No. 4 podemos ver un aceite con cierta cantidad de espuma.



Fig. No. 4

Agua: El aceite de turbinas debe ser transparente, si no es transparente se recomienda hacer el ensayo del crujido. En la Figura No. 5, se puede apreciar un aceite con gran contenido de agua.

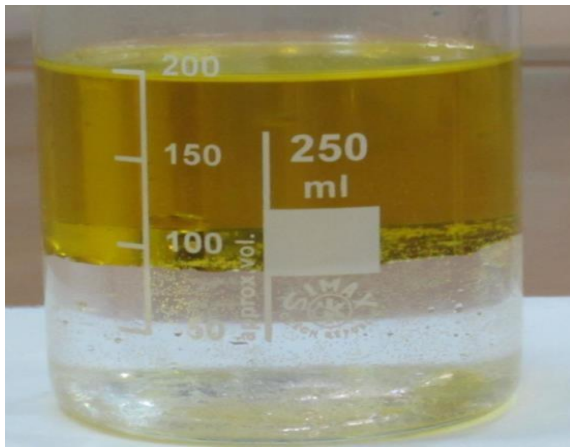


Figura. No.5

Contenido de metales, análisis espectrométrico,

Todos los fabricantes de turbinas tienen sus propias recomendaciones sobre el contenido de metales máximo admisible en aceites lubricantes para turbinas y materiales de los cojinetes. Los elementos que normalmente se controlan son: hierro, plata, aluminio, cromo, cobre, magnesio, níquel, silicio, plomo, estaño, y en general, todos aquellos que forman parte de alguno de los componentes de la máquina. La guía de mantenimiento de turbinas ASTM-D 4378-97 nos muestra unos valores críticos del contenido de metales en el aceite. En la Figura No. 6 podemos ver los valores recomendados por algunos fabricantes de turbinas.

Elemento	Valor Crítico (ppm)	Valor Peligro (ppm)
Hierro	9	14
Plata	3	7
Aluminio	4	6
Cromo	6	10
Cobre	12	19
Magnesio	6	9
Níquel	5	8
Silicio	25	64
Titanio	5	8
Molibdeno	5	9
Plomo	2	4
Estaño	20	40

Figura No. 6

En la Figura. No. 7 se presenta un programa para análisis de aceite en servicio, con valores y frecuencia recomendada. Este programa de análisis de aceite de turbinas contiene rutinas mensuales ó trimestrales y el mismo puede ser llevado desde el punto de vista de mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo. En el caso de la acidez *, el valor expresado en la tabla debe

ser tomado como la variación de la acidez con respecto al valor del aceite nuevo.

Parámetro	Unidad	Turbina a Vapor	Turbina a Gas	Frecuencia de Muestreo
Viscosidad	cst	+/- 5%	+/- 5%	1-3 meses
Agua	ppm	100	100	1-3 meses
Indice de Acidez	mgKOH/g	0,1 *	0,1 *	1-3 meses
Metales	ppm			1-3 meses

Figura. No.7

Toma de muestras de aceite para análisis. Los métodos de toma de muestras tienen gran impacto sobre los resultados del programa de análisis de aceite. En el muestreo es en donde inicia el proceso de análisis, y si no se hace apropiadamente, afectará los resultados, incluyendo la posibilidad de efectuar un mantenimiento innecesario. Se recomienda elaborar un procedimiento de acuerdo a normas internacionales e instruir al personal que realizará esta operación.

Referencias bibliográficas

- Handbook for Thermal and Nuclear Power. Engineering Society.
- Lubrication Management. IK4-Tekniker
- International Association of Engineering Insurers 38th Annual Conference – Moscow 2005.
- Boletín Lubricación y Mantenimiento Wearcheberica.