

Beneficios Y Problemas Con La Implementación De Lubricantes Sintéticos

POR
Pedro Albarracín Aguillon
Ingeniero Mecánico Udea
Medellín-Colombia

INTRODUCCION

La implementación de aceites sintéticos en equipos rotativos que han sido diseñados para trabajar con aceites minerales es más compleja de lo que aparentemente parece; en la mayoría de los casos los usuarios pasan por alto un buen número de detalles importantes, que pueden conducir a corto ó a largo plazo a la falla del equipo rotativo ó a que los resultados obtenidos no sean los esperados, generando frustraciones que conllevan a que en el futuro no se vuelva a analizar la posibilidad de utilizar este tipo de lubricantes. Quizás el aspecto más importante que por lo regular no se tiene en cuenta es el de no tener claro el porqué se desea utilizar un aceite sintético, verdaderamente esto obedece a una necesidad ó a una simple curiosidad debido a que insistentemente hoy, más que en ninguna otra época, se habla del tema como una alternativa para ampliar los cambios de aceite en los equipos rotativos, proteger el ambiente por ser más biodegradables ó reducir el consumo de energía por menor fricción al tener estos aceites un coeficiente de fricción fluida ó EHL más bajos.

Cualquiera que sea el objetivo bajo el cual se va a utilizar un aceite sintético en lugar de un mineral, es muy importante tener en cuenta la compatibilidad del aceite sintético que se va a utilizar frente a los aceites minerales, pinturas, retenedores, etc. En la Tabla No 1 se especifican las propiedades Físico-Químicas más importantes de los diferentes tipos de aceites sintéticos y los aspectos más relevantes que es necesario tener en cuenta antes y durante su aplicación

Tabla No1
Propiedades físico-químicas de los lubricantes sintéticos versus los minerales

No	Propiedad	Tipos de Aceite										
		Mineral	PAO	PAG	ARAL	FLUC	SILIC	ESTERES				
								ADI	AFO	POL	SIL	POLE
01	Propiedades lubricantes	B	B	B	B	E	M	MB	E	E	M	MB
02	Viscosidad-temperatura	M	B	B	M	M	E	E	P	P	E	MB
03	Estabilidad térmica	M	M	B	M	MB	MB	B	M	E	B	B
04	Resistencia al fuego	P	P	M	P	E	M	M	E	M	M	M
05	Estabilidad a la oxidación (con inhibidor)	M	MB	P	M	E	MB	MB	B	MB	MB	M
06	Fluidez a bajas temperaturas	P	B	B	B	B	B	B	M	P	B	B
07	Propiedad antiherrumbre (con inhibidor)	E	E	B	E	-	B	M	M	-	-	M
08	Estabilidad a la hidrólisis	E	E	B	E	MB	B	M	M	E	P	M
09	Volatilidad	M	B	B	B	M	B	E	B	B	B	E
10	Solubilidad con aditivos	E	B	M	E	-	P	MB	B	-		MB
11	Compatibilidad con pinturas y barnices	E	E	M	E	B	B	B	P	M	M	M
12	Compatibilidad con aceites minerales	-	E	P	E	P	P	B	M	B	M	M
13	Tendencia a ablandar el Buna N	L	N	L	L	M	L	M	F	L	L	F
14	Costo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Muy alto	Alto	Medio	Medio	Muy alto	Alto	Medio

Notas:

(1) **PAO**: Polialfaolefina (2) **PAG**: Polialkileneglicol (3) **ARAL**: Aromáticos Alquilados (4) **FLUC**: Fluorocarbonos (5) **SILIC**: Siliconas (6) **ADI**: Esteres de ácidos dibásicos (7) **AFO**: Esteres de ácido fosfórico (8) **POL**: Esteres de polifenil (9) **SIL**: Esteres de silicato (10) **POLE**: Poliésteres

Nomenclatura,

F: Fuerte; Excelente; **MB**: Muy Buena; **B**: Buena; **M**: Moderada; **L**: Ligera; **P**: Pobre; **N**: Ninguna

CASOS HISTORICOS

Es muy importante cuando no se cuenta con la suficiente experiencia en la utilización de lubricantes sintéticos, documentarse muy bien sobre casos similares donde se han aplicado de tal manera que se tenga una idea clara sobre los posibles inconvenientes que se pueden presentar y como afrontarlos con el fin de obtener los resultados esperados. Una buena guía es la información dada en la Tabla No1, donde se especifican las diferentes propiedades físico-químicas de los aceites sintéticos más importantes, su compatibilidad con otros tipos de aceites y los posibles problemas que se pueden presentar con su utilización.

Los siguientes casos históricos pueden servir adicionalmente para lograr una correcta aplicación y desempeño del aceite sintético.

Nota: Los comentarios en itálica son comentarios de Widman International SRL.

Caso histórico No1 *(Demuestra éxito en resultados)*

Un fabricante de reductores de velocidad, mediante pruebas de campo, llegó a la conclusión de que podía lograr una disminución de 0,5 HP en la potencia nominal requerida en sus reductores de velocidad de reducción simple y con una potencia nominal en el eje de entrada de 50 HP, al utilizar un aceite sintético del tipo PAG y de un grado ISO 150.

Caso histórico No2 *(Demuestra éxito en resultados)*

Un fabricante de reductores de velocidad sinfín-corona, observó que al utilizar un aceite sintético del tipo PAO, en sus reductores de velocidad de relación de velocidad de 15:1, podía aumentar la potencia de entrada en un 15% sin que la temperatura de operación variara significativamente.

Caso histórico No3 *(Demuestra éxito en resultados)*

Los objetivos propuestos en el logro de las metas de producción en las plantas industriales, en muchas ocasiones mantienen las máquinas funcionando mes tras mes a la máxima capacidad, aunque el ingeniero proyectista pudiera haber supuesto condiciones operacionales y cargas intermitentes. Las modificaciones del equipo en la planta donde funciona ó la operación bajo condiciones diferentes a las de diseño, a fin de hacerle frente a nuevas demandas de producción a menudo salen muy costosas, porque terminan afectando la vida de los mecanismos lubricados. La utilización de un lubricante sintético, en estos casos, puede a un bajo costo, resolver problemas pertinentes a cambios en la producción ó a situaciones no previstas en el proyecto técnico de la máquina.

Caso histórico No4 *(Demuestra éxito en resultados del aceite y la viscosidad)*

Los rodamientos de apoyo de los cilindros de secado de una máquina productora de papel funcionaban a 90°C y se lubricaban con un aceite mineral parafínico de un grado ISO 220 y con un IV de 100. El aceite se oxidó y las gomas y depósitos que se formaron taponaron parcialmente los conductos de lubricación, con grave riesgo para el buen funcionamiento de los rodamientos. El problema se resolvió implementando la utilización de un aceite sintético del tipo PAO, de un grado ISO 100, y con un IV de 154, el eliminó la obstrucción de los conductos de lubricación, y redujo la temperatura de operación de los rodamientos a 80°C.

Caso histórico No5 *(Demuestra éxito en resultados)*

La temperatura de operación de los reductores de velocidad de un tren laminador de tubos alcanzaba los 100°C, lo cual ocasionaba picaduras y descostrado en los rodamientos y engranajes de los reductores de velocidad, cristalización de los retenedores de aceite, formación de gomas, lacas y costras de carbón, causando elevados costos de mantenimiento por lucro cesante, Horas-Hombre, consumo de repuestos y lubricantes. Con un aceite sintético del tipo PAO-Diester, el problema quedó resuelto y el tren de laminación quedó funcionando a plena capacidad sin interrupciones.

Caso histórico No6 *(Demuestra problemas en la implementación del cambio y se volvió a lo anterior)*

En la lubricación de los cilindros de alta y de baja presión de un compresor de Polietileno de baja densidad se venía utilizando un aceite mineral puro ISO 320 a plena pérdida a razón de una rata de 10 gotas por minuto de aceite; se decidió cambiar este aceite por uno del tipo PAG ISO 320 debido a problemas de calidad en el plástico que se producía a partir del polietileno. Para llevar a cabo el cambio del aceite, se paró el compresor, se limpiaron las tuberías de conducción del aceite hasta cada uno de los puntos de lubricación y se limpió el cárter ó depósito de aceite para lubricación de los cilindros. Desafortunadamente la limpieza no se hizo correctamente en los conductos y orificios de salida de aceite hasta los cilindros, quedando trazas de carbón y gomas del aceite mineral utilizado, las cuales fueron removidas por el aceite sintético del tipo PAG, que entre otras propiedades importantes que tiene, **se caracteriza por ser altamente detergente**, dando

lugar al taponamiento de dichos orificios e interrumpiendo el flujo de aceite al cilindro de presión intermedia lo cual originó que el pistón de esta etapa se agarrotará y rayara el cilindro y el compresor saliera de servicio por espacio de tres días. El lucro cesante, incluyendo los costos de mantenimiento fue de U\$300.000 (costo actual).

Finalmente, el Departamento de Mantenimiento de la empresa decidió no volver a utilizar el aceite sintético del tipo PAG por considerar que "no era el adecuado" para este tipo de aplicación, a pesar de que en varias empresas similares a nivel mundial se esta utilizando con excelentes resultados.

En este caso el problema radicó en la falta de limpieza de los orificios de salida del aceite hasta los cilindros, la cual si no se efectúa en una reparación completa que se le haga al compresor es muy difícil de asegurar que queden limpios, por lo tanto en casos como éste, no es recomendable cambiar un aceite mineral por uno sintético del tipo PAG mientras no se garantice una absoluta limpieza, de todos los conductos a través de los cuales fluye el aceite.

Caso histórico No7 *(Demuestra éxito en resultados solamente después de considerar los requerimientos correctos de viscosidad a temperatura operacional y las diferencias en índice de viscosidad entre el aceite mineral y el aceite sintético)*

Como argumento a la Gerencia General de una empresa para que utilizara un aceite sintético del tipo PAO en lugar del parafínico que venían utilizando de un grado ISO 220 EP con un IV (Índice de Viscosidad) de 100 y a una temperatura de operación de 90°C, en los dos reductores de velocidad que le transmitían la potencia a dos extrusores, fue el de que dicho aceite sintético permitiría ahorrarle a la empresa 6 amperios por reductor de velocidad, lo cual representaría un ahorro total anual de U\$2.000 (costo actual) por menor consumo de energía por fricción. La prueba se llevó a cabo y la utilización definitiva del aceite sintético quedó sujeta a que en la práctica se comprobara el ahorro de energía por menor fricción propuesto. La prueba se montó con un aceite sintético de la misma marca que el mineral utilizado y de un grado ISO 220 EP con un IV de 165. Una vez que los reductores de velocidad empezaron a funcionar con el aceite sintético el consumo de energía en lugar de disminuir los 6 amperios propuestos, aumentó en 15 amperios más y la temperatura aumentó, y se estabilizó en 112°C.

Como era de esperarse, con los resultados obtenidos se perdió la credibilidad por parte de la Gerencia General de la empresa, sobre los beneficios de utilizar lubricantes sintéticos en sus reductores de velocidad. Una vez analizado el problema se llegó a la conclusión que el aceite sintético al tener un IV de 165 versus 100 del aceite parafínico y al utilizar el mismo grado ISO, a una temperatura de trabajo, $T(\text{trabajo})$ de 90°C, la viscosidad de trabajo, $v(\text{trabajo})$, del aceite sintético es mucho mayor que la viscosidad de diseño, $v(\text{diseño})$, dando lugar a un elevado incremento en la fricción fluida dentro de la película lubricante con lo que el consumo de energía por fricción fluida en lugar de disminuir aumentó al igual que la $T(\text{trabajo})$. En este caso fue necesario recalcular el grado ISO del aceite sintético a utilizar, en un gráfico Viscosidad-Temperatura, teniendo en cuenta la $T(\text{trabajo})$, la $v(\text{diseño})$ y que el tipo de aceite sintético utilizado en promedio disminuía la $T(\text{trabajo})$ en 10°C. El aceite sintético requerido del tipo PAO, fue de un grado ISO 150 EP, con el cual una vez que se implementó se lograron los objetivos propuestos.

Caso histórico No8 *(Demuestra falla catastrófica por no separar bien el aceite sintético del mineral)*

Luego de hechos los cálculos de la viscosidad requerida y de seguir los procedimientos del caso, se implementó en los 8 reductores de velocidad de una torre de enfriamiento un aceite sintético del tipo PAG. Se le dio al personal de operaciones la capacitación necesaria sobre el buen uso de los aceites sintéticos y de los problemas que se podían presentar en los reductores de velocidad si se mezclaba el aceite sintético del tipo PAG con el parafínico. Se colocaron avisos junto a las escaleras de acceso a la torre de enfriamiento y en la parte exterior de los conos donde van alojados los reductores de velocidad con la leyenda, ADVERTENCIA: NO MEZCLAR EL ACEITE SINTETICO CON EL MINERAL YA QUE SE PRODUCIRA LA FALLA CATASTROFICA DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD. En la parte alta de la torre de enfriamiento quedó un tambor de 55 galones de aceite mineral a la espera de poder bajarlo mediante la utilización de una grúa ya que por la altura de la torre (20 metros aproximadamente) resultaba bastante dispendioso hacerlo manualmente; en la parte inferior de la torre de enfriamiento quedó un tambor de 55 galones de aceite sintético, para que el operador sacara la cantidad de aceite que necesitara en caso de que el nivel de aceite en los reductores de velocidad disminuyera por alguna causa.

Aproximadamente a los tres meses de estar trabajando los reductores de velocidad con el aceite sintético, se frenó uno de ellos intempestivamente quedando agarrotados los ejes de entrada y de salida. Se inspeccionó el reductor de velocidad y se encontró completamente llenó de una brea similar al asfalto, la cual una vez analizada en el laboratorio se constató que era la reacción química entre el aceite sintético del tipo PAG y el mineral. Una vez que se llevó a cabo el análisis causa raíz respectivo se llegó a la conclusión que los operadores de la planta, inicialmente cuando a los reductores de velocidad les faltaba aceite, subían la

cantidad requerida desde la parte inferior de la torre de enfriamiento hasta donde se hallaban ubicados los reductores de velocidad, pero luego de un determinado tiempo, uno de los operadores, para ahorrar tiempo y esfuerzo, optó por no volver a subir aceite sintético sino aplicarle del mineral que estaba ubicado en la parte superior de la torre de enfriamiento hasta que como era obvio se presentó la falla del reductor de velocidad por la incompatibilidad de estos dos aceites.

Una vez ocurrida la falla del reductor de velocidad se inspeccionaron los demás reductores de velocidad y se encontraron igualmente con abundante cantidad de asfalto, lo que hizo necesario parar uno a uno, lavarlos con un solvente y aplicarles nuevamente el aceite sintético.

Caso histórico No9 *(Demuestra el problema de compatibilidad entre aditivos y superficies metálicas)*

Se decidió utilizar un aceite sintético del tipo PAO con aditivos EP a base de Bisulfuro de Molibdeno, en la lubricación de un reductor de velocidad. Los engranajes y rodamientos del reductor de velocidad se lubricaban por circulación a presión mediante una bomba de engranajes acoplada al eje de baja velocidad. La tubería del circuito de lubricación era de material de cobre, de ¼" de diámetro, el cual es un catalizador de la reacción de oxidación del aceite, por lo que se decidió cambiarla por material de acero inoxidable. Los diferentes componentes del sistema de circulación de aceite, como codos, tees, tramos de tubería, etc., se soldaron con soldadura de plata. A los pocos días de estar trabajando el reductor de velocidad con el aceite sintético, los diferentes componentes del sistema de lubricación se desacoplaron y algunos tramos de la tubería de ¼" se introdujeron entre los dientes de los engranajes dando lugar a la rotura de los dientes y a la falla catastrófica del reductor de velocidad.

Una vez hecho le respectivo análisis de falla se encontró que la soldadura de plata es incompatible con el Bisulfuro de Molibdeno, el cual estaba presente como aditivo EP en el aceite sintético que se utilizó. El Bisulfuro de Molibdeno ataca la soldadura de plata, la descompone y hace que los elementos soldados con ella se desacoplen.

PITTING EN ENGRANAJES POR ROMPIMIENTO DE LA PELÍCULA EP

Cementos Hércules, Monterrey-México - Enero 07 De 2004

(Demuestra el problema de aumentar viscosidad para mayor protección cuando se tenía que utilizar un aceite de mayor protección EP)

El sistema de soporte del Horno Rotatorio de nuestra compañía, está constituido por tres ruedas lisas soportadas en tres rodillos y el de transmisión por una corona y piñón de dientes rectos. La corona se encuentra montada alrededor del cilindro del Horno Rotatorio y recibe la potencia de un piñón soportado en dos cojinetes lisos, el cual a su vez es accionado por un reductor de velocidad. Un motor eléctrico de velocidad variable le da la potencia requerida al reductor de velocidad para mover el Horno Rotatorio, de acuerdo con las necesidades de producción que se tengan.

El aceite originalmente utilizado en la lubricación de la corona y piñón era el recomendado por el fabricante del Horno Rotatorio, pero debido a variaciones en las condiciones operacionales del Horno Rotatorio, que implicaban un aumento significativo del torque requerido, a mayores velocidades de trabajo, se recomendó cambiar el tipo de aceite utilizado, por otro de la misma marca y especificaciones, pero de un grado ISO 1500 EP. A los pocos meses de haber implementado el nuevo aceite, se empezó a observar en los flancos de los dientes de la corona y piñón del Horno Rotatorio, un desgaste adhesivo progresivo a la altura del adendo, dedendo y diámetro de paso, siendo más pronunciado en la parte central del adendo de la corona y de manera uniforme en todos los dientes. Adicionalmente en el adendo de los dientes de la corona había presencia de macropitting y micropitting, con desprendimiento de partículas metálicas pequeñas y grandes, al igual que grietas longitudinales, principalmente, a lo largo de los dientes del piñón, debido a los mayores ciclos de tensión y compresión a los cuales están expuestos dichos dientes. El aceite presentaba oxidación prematura, con contenidos apreciables de gomas, lodos y costras de carbón.

Como parte del análisis del problema de desgaste que se presentó en los dientes de la corona y piñón, se calculó la viscosidad del aceite requerido y la capacidad de carga del aditivo EP del aceite utilizado.

De los cálculos efectuados, se encontró que la viscosidad del aceite utilizado originalmente de un grado ISO 680 EP, y recomendado por el fabricante del Horno Rotatorio, estaba de acuerdo con la del aceite calculado, y para las nuevas condiciones operacionales del Horno Rotatorio, era factible utilizar un aceite del mismo grado ISO. Se concluyó por lo tanto, que los problemas de desgaste adhesivo, macropitting y micropitting presentados no fueron causados por falta de viscosidad del aceite utilizado que era de un grado ISO 1500 EP. Por el contrario, al utilizar un aceite de una viscosidad mayor que la requerida, el aceite estaba causando problemas de desgaste erosivo, en los dientes de la corona y piñón.

Posteriormente se calculó la capacidad de carga que debía tener la película límite del aditivo EP del aceite requerido, y se encontró que la del aditivo EP del aceite utilizado era inferior a la calculada de acuerdo a las condiciones operacionales del Horno Rotatorio. De acuerdo con la prueba de 4 bolas, según el método ASTM D2783, la carga a la soldadura del aditivo EP del aceite utilizado de grado ISO 1500 EP era de 250 Kg, versus 357,79 Kgf, que era la requerida. De los análisis hechos se concluyó lo siguiente:

1. El aceite utilizado de grado ISO 1500 EP no se podía seguir utilizando para las nuevas condiciones operacionales del Horno Rotatorio.
2. El desgaste adhesivo en los dientes de la corona y piñón, fue el resultado de la capacidad de carga a la soldadura del aceite de grado ISO 1500 EP utilizado, inferior a la requerida, debido a las nuevas condiciones operacionales del Horno Rotatorio.
3. Al presentarse un aumento en el torque requerido para accionar el Horno Rotatorio, la temperatura en el punto de engrane de la corona y piñón se incrementó a 120°C, ocasionando la oxidación acelerada del aceite utilizado, dando lugar a la formación de gomas, lodos y carbón.
4. La utilización de un aceite de grado ISO 1500 EP, no aumentó la capacidad de carga a la soldadura de la película EP, ya que ésta solo depende del tipo de aditivo EP y no de la viscosidad del aceite utilizado.
5. Para mantener el desgaste de la corona y piñón en una situación estable, se recomendó utilizar un "aceite de reparación", con aditivos EP de 3ra generación, de grado ISO 680.

En adición a estas precauciones, existe el problema de compatibilidad con retenes, visores, sellos, y otros componentes. Al considerar las ventajas de aceites sintéticos recomendamos la discusión con los proveedores para garantizar resultados.

Recomendamos visitar www.widman.biz para más detalles sobre las variaciones de lubricantes e información necesaria para escoger el lubricante correcto.

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

Si usted conoce a otra persona que estará interesada en recibir estos boletines, favor responder al scz@widman.biz recibir estos boletines mensualmente, favor responder al scz@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 scz@widman.biz no permitiendo que esta altere sus características ni su totalidad.