

# EL TEMA CANDENTE

## INFORME TÉCNICO

### **PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS SISTEMAS DE FLUIDOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR DE FASE LÍQUIDA**

Neil Buchanan, P.ENG., CMRP,  
Asesor sénior de servicios técnicos Midwest/Plains EE. UU.,  
de Petro-Canada Lubricants, Inc.



A HOLLYFRONTIER BUSINESS



A HOLLYFRONTIER BUSINESS

# SÍNTESIS

La degradación del fluido para transferencia de calor es inevitable. Lo que no lo es, sin embargo, es el tiempo que le toma a un fluido deteriorarse.

Este informe técnico examina las razones comunes por las cuales el fluido para transferencia de calor se degrada, las formas para prolongar su vida útil y para mantener la productividad máxima **DE TODO EL SISTEMA.**



## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transmisión de calor están diseñados para llevarse la energía térmica de una fuente de calor utilizando un fluido de transmisión de calor. Cada sistema está diseñado y dimensionado en torno a las propiedades físicas de los fluidos nuevos y sin contaminar. El rendimiento del sistema depende de mantener el fluido en condiciones óptimas.

El desafío para los operadores es que el fluido de transmisión de calor (la sangre vital del sistema) se degradará lentamente, dejando contaminación en las superficies donde se produce el intercambio de calor. Esto a su vez aumenta la energía necesaria para mantener la temperatura, y finalmente disminuye la eficiencia y la productividad. El resultado inevitable es un mayor tiempo de inactividad para el mantenimiento, lo que implica un gasto no planificado. Cuando se produce la degradación del fluido, sus propiedades originales cambian y seguirán haciéndolo a medida que la gravedad de la degradación aumente.

La pregunta para los operadores es: ¿Cómo mantener la eficiencia y la productividad original del sistema, con un fluido que se va a degradar con el tiempo y el uso?

Este informe técnico pretende responder esa pregunta. Aunque ningún experto puede mantener fresco el fluido para transferencia de calor para siempre, los operadores del sistema pueden prolongar la retención de las propiedades originales del fluido a fin de evitar amenazas de degradación comunes y seleccionar un fluido de mejor calidad para el uso.

## COMENZAR CON LO BÁSICO

Para saber cómo retener las propiedades de un fluido fresco, debemos entender primero las amenazas operativas del sistema en cuanto a la eficacia del fluido.

### TEMPERATURA VOLUMÉTRICA DEL ACEITE EN COMPARACIÓN A LA TEMPERATURA DE LA CAPA SUPERFICIAL

Hay dos temperaturas de fluido que deben considerarse cuando circula a través del sistema. Es necesario entender los perfiles de temperatura del fluido a lo largo del sistema de transmisión de calor para que este funcione de manera segura y efectiva.

La primera temperatura a tener en cuenta es la temperatura volumétrica del aceite ( $T_{bulk}$ ). El usuario es quien determina su valor, como la temperatura programada que deberá tener el fluido al salir de la fuente de calor. Por ejemplo, en un horno donde el fluido para transferencia de calor fluye a través de una tubería rodeada de calor (como se muestra en la Figura 1),  $T_{bulk}$  sirve para representar la temperatura de las moléculas de aceite en el centro de la tubería.

El segundo componente es menos conocido, es la temperatura de la superficie de la película ( $T_{film}$ ). También conocida como la temperatura de la superficie de la tubería,  $T_{film}$  es la temperatura de las moléculas del fluido que están inmediatamente en contacto con la pared de la tubería, con el elemento de calentamiento o con cualquier superficie que separe el fluido de la fuente de

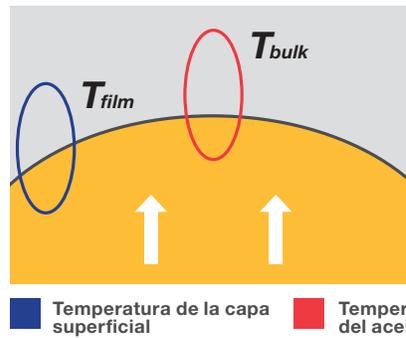


FIGURA 1:

La temperatura volumétrica del aceite es la temperatura de salida del calentador. La temperatura de la capa superficial es la temperatura del fluido en la pared de la tubería. Use la temperatura de la capa superficial, en lugar de la temperatura volumétrica del aceite, como base para seleccionar un fluido de transferencia de calor.

calor directo. Unfortunately,  $T_{film}$  no aparece indicado en un panel o una pantalla, es calculado por los ingenieros que hicieron los cálculos de intercambio de energía en la fase de diseño del sistema. Cualquier modificación o expansión de la configuración del sistema o de la temperatura de funcionamiento requiere un nuevo cálculo de  $T_{film}$ .

En todos los casos,  $T_{film}$  será mayor que  $T_{bulk}$ , pero el movimiento de las moléculas en un régimen de flujo turbulento tratará de forzar una redistribución del calor dentro del aceite hacia el centro del tubo.

En los sistemas bien diseñados, donde la velocidad del flujo de aceite es suficiente (es decir, números altos de Reynolds con un flujo turbulento fuerte) y el flujo térmico es razonable (es decir, 12-16 W/in<sup>2</sup> en aplicaciones calentadas eléctricamente), la  $T_{film}$  será solo un poco más alta que la  $T_{bulk}$ .

La diferencia de temperatura entre la capa superficial y la volumétrica puede verse afectada por los parámetros del sistema (como la medida de la bomba, las condiciones del calentador, el diámetro de la tubería, etc.), las propiedades del fluido (es decir, la viscosidad, densidad, conductividad térmica, capacidad calórica, etc.) y las condiciones de funcionamiento (es decir, la velocidad del fluido, energía térmica de la fuente de calor, etc.).

Sin embargo, si un fluido tiene una viscosidad elevada o si la velocidad del flujo disminuye (debido a un problema en la bomba o a una obstrucción en la tubería, por ejemplo), la energía requerida para mantener la  $T_{bulk}$  necesaria aumentará y hará que la  $T_{film}$  sea mucho más alta que la  $T_{bulk}$ . En esta situación, un fluido que está operando cerca del índice máximo de  $T_{bulk}$  puede exponerse de repente a una temperatura de la capa superficial ampliamente superior a la que puede tolerar de manera segura, lo que acelera la disociación térmica (ver abajo). Sin embargo, lo más importante es que cuando la  $T_{film}$  se acerca a la temperatura de punto de ebullición y auto-ignición (AIT), aumenta el riesgo de un grave peligro para la seguridad.

Con este conocimiento, la mejor práctica es seleccionar un fluido de transferencia de calor basado en la  $T_{film}$  de la aplicación, en lugar de en su  $T_{bulk}$ .

# CAUSAS PRINCIPALES DE LA DEGRADACIÓN DE UN FLUIDO PARA TRANSFERENCIA DE CALOR

Teniendo en cuenta las diferencias de temperatura, podemos explorar las tres amenazas más comunes a la vida útil del fluido:

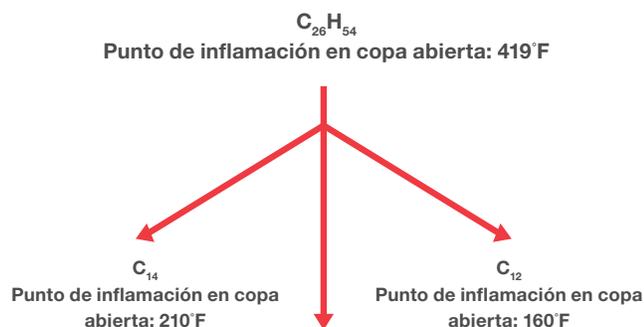
1. Degradación térmica
2. Degradación oxidativa
3. Contaminación externa o derivada del proceso

## 1. DEGRADACIÓN TÉRMICA O CRAQUEO TÉRMICO

La degradación térmica se produce cuando las moléculas de fluido reciben más energía térmica de la que pueden absorber y transportar. Este exceso de energía hace que se rompan los enlaces entre los átomos de esa molécula.

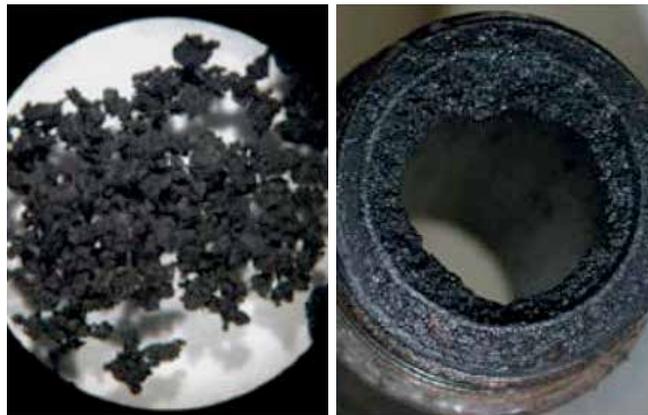
En los fluidos de transferencia de calor orgánicos, como los derivados del petróleo o los químicos aromáticos, la disociación térmica constituye la rotura de los enlaces covalentes de carbono-carbono o carbono-hidrógeno, los cuales suelen ser muy estables y requieren grandes cantidades de energía para degradarse.

Este tipo de degradación es una función tanto de la habilidad inherente del aceite para absorber calor como del flujo térmico dentro de la fuente de calor; es decir, la cantidad de energía que el fluido recibe durante el tiempo que permanece en presencia del calor.



**FIGURA 2a:** ilustra un ejemplo simplista de lo que sucede durante la disociación térmica con un fluido de transferencia de calor típico a base de aceite mineral de grado de viscosidad ISO 32. El exceso de energía rompe la molécula larga de hidrocarburo, compuesta principalmente por 26 átomos de carbono, en dos moléculas más cortas de 12 y 14 carbonos. Estas moléculas más cortas se llaman calderas bajas, porque tienen un punto de ebullición menor que la molécula de 26 carbonos. Como la concentración de calderas bajas aumenta con el tiempo, la volatilidad del fluido aumenta y eso se traduce directamente como una reducción del punto de inflamación, el punto de fuego y la temperatura de autoignición.

**FIGURA 2b**  
**DEPÓSITOS PESADOS DE CARBONO**



**FIGURA 2a/b:** Un hidrocarburo en un fluido de transferencia de calor de base mineral experimenta degradación térmica, lo que crea hidrocarburos más livianos con menores viscosidades y puntos de inflamación, y depósitos de carbono pesados (Gráfico 2b).

En un sistema abierto, donde el fluido caliente en funcionamiento está en contacto directo con el aire, una reducción en el punto de fuego y el punto de inflamación significa un riesgo de seguridad importante, y se necesitará ventilar de forma segura o sustituir el fluido.

Otra preocupación con respecto a la disociación térmica es la formación de residuos, parecidos al coque, en el sistema (como se muestra en la Figura 2). Esto ocurre cuando la disociación térmica forma calderas altas, que son moléculas altas en carbono y bajas en hidrógeno. A medida que estas moléculas abrasivas, parecidas al coque, se siguen formando y acumulando, contribuyen a ensuciar las superficies de la fuente de calor, obstruyendo líneas y codos, y dañando los sellos de las bombas. En los sistemas con calor eléctrico, el residuo cubrirá los elementos eléctricos y se hará más espeso con el tiempo. En un horno, formarán capas dentro de la resistencia del calentador. En ambos casos, esto actuará como aislador.

El residuo se convierte en un problema cuando el calentador, establecido en una determinada temperatura, debe producir más energía térmica para pasar a través de la pared de la tubería y, además, de la capa carbonácea para llegar al fluido. El calor adicional aumenta la  $T_{film}$  del sistema, lo que causa que la brecha entre  $T_{film}$  y  $T_{bulk}$  se agrande. Esto genera un ciclo de degradación térmica (ver la Figura 3), donde el calor excesivo causa una disociación térmica del fluido para transferencia de calor, lo que genera una formación de calderas altas y la acumulación de residuo en las superficies calientes, provocando que el calentador produzca más energía para mantener la  $T_{bulk}$  del fluido.

Incluso cuando los sistemas trabajan a temperaturas que son consideradas relativamente leves, el fluido no está exento de la degradación térmica o del acortamiento de su vida útil.

FIGURA 3

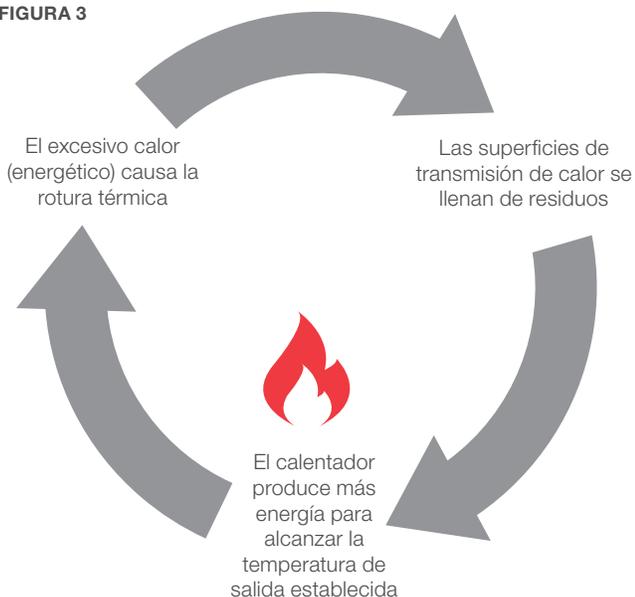


FIGURA 3: La rotura térmica del fluido de transmisión de calor que ocurre en la fuente de calor puede crear calderas altas, moléculas largas que aglomeran y asan en la superficie térmica de la fuente de calor o de la pared de la tubería. Con el tiempo, los residuos carbonáceos forman una capa en la fuente de calor que actúa como aislante. El calentador entonces debe producir más energía para elevar la temperatura del fluido a la temperatura establecida, lo que a su vez genera más disociación térmica. De este modo, sucede un ciclo de degradación térmica.

## TRATAMIENTO DE LA DISOCIACIÓN TÉRMICA

Para abordar con éxito la disociación térmica, es importante:

**Usar el fluido adecuado.** Elegir un fluido para transferencia de calor con estabilidad térmica alta. Por ejemplo, los fluidos a base de petróleo formulados con aceites blancos hidrotratados severamente tienen mayor estabilidad térmica que los aceites minerales tradicionales. La mayoría de los problemas asociados con anomalías de la temperatura temporal o localizada se pueden evitar.

**Ventilar de forma segura y adecuada.** La ventilación permite a los operadores liberar hidrocarburos livianos y volátiles que se forman durante la disociación térmica del fluido y del sistema. En la mayoría de los sistemas, la evacuación de calderas bajas involucra la circulación de algunos de los fluidos calientes hacia el tanque de expansión, de modo que las moléculas con gran presión de vapor pueden migrar de forma natural hacia la fase de gas y salir del fluido. Según el diseño del sistema, los vapores pueden liberarse a la atmósfera, o se pueden condensar y recolectar en un tambor o tanque y se pueden despachar de acuerdo con las regulaciones locales.

Después de la ventilación, se deben añadir los fluidos frescos para mantener el nivel de fluido. Nunca se debe realizar la adición segura de fluidos frescos directamente en la corriente de aceite caliente, sino en el tanque de expansión u otros reservorios fríos conectados al fluido del sistema. No se recomienda ventilar continuamente o por períodos extensos de tiempo, ya que un aumento en la temperatura del fluido en el tanque de expansión acelerará la oxidación o podría generar un riesgo para la seguridad debido a que la temperatura del fluido en contacto con el aire se acercará a su punto de inflamación.

Es importante hacer un buen uso del programa de análisis del aceite usado del proveedor de aceite para comprender la tasa de generación de calderas bajas en cualquier operación. Mediante la ventilación y el análisis de fluidos, se puede establecer cuán seguido y por cuánto tiempo se debe ventilar el fluido.

## Adoptar los procedimientos de encendido y apagado adecuados.

Los procesos de encendido y apagado son responsables de muchas instancias de disociación térmica. No se trata del nivel de calentura que se alcanza, sino de lo rápido que se intenta llegar allí. Aunque se necesite un encendido apresurado y subir la temperatura lo más rápido posible, el encendido rápido y el cierre inadecuado pueden acortar drásticamente la vida del fluido y reducir la eficiencia del sistema. El encendido de un sistema en condiciones ambientales normales y el aumento de la temperatura a 204-260 °C (400-500 °F) debe tomar varias horas para minimizar el flujo de calor. El comportamiento de los aceites minerales es tal que su viscosidad cae aproximadamente en un 70% de 21 °C a 49 °C (70 °F a 120 °F). Esto hace una gran diferencia en los números de Reynolds y en la capacidad de tener un flujo turbulento. El aumento de la temperatura debe ser lo suficientemente leve al inicio, al menos hasta que los números de Reynolds del fluido estén lo suficientemente altos como para soportar una tasa de calor más alta. A medida que aumenta la temperatura, la caída de viscosidad del fluido es menos pronunciada y, por lo tanto, el aumento de temperatura del sistema puede ser más agresivo para llegar a la temperatura de funcionamiento.

Además, el apagado de un sistema para transmisión de calor también puede tener un efecto destructivo si se apaga la bomba demasiado pronto.

Incluso si se apagó el calor, los hornos contienen materiales refractarios que pueden retenerlo por muchas horas y seguir calentando el aceite estancado en la tubería, lo que genera una disociación térmica. Es muy importante mantener la circulación del fluido por varias horas después de que se apagó el calor, hasta que se haya enfriado a 65 °C (150 °F), para evitar la exposición del fluido a un calor excesivo.

### Consejos para reducir la degradación térmica en el sistema:

- Supervise y controle el flujo de calor del sistema
- Mantener las bombas
- Realice un análisis de fluidos para detectar señales tempranas de degradación del aceite y contenido de sólidos
- Filtre continuamente el aceite con filtros de cristal para altas temperaturas hasta 50  $\mu\text{m}$  por lo menos
- Adopte las mejores prácticas para encender y apagar

## 2. OXIDACIÓN

La oxidación puede ocurrir como una reacción del fluido para transferencia de calor al oxígeno en el aire. Como otra materia orgánica, la exposición al oxígeno causa la degradación del fluido.

La oxidación está muy relacionada con la temperatura. Cuanto más alta es la temperatura, más rápida será la velocidad de oxidación. Una regla empírica general es que con cada incremento en la temperatura de 10 °C (18 °F), la velocidad de oxidación se duplica. Los derivados de la degradación para el aceite mineral o los fluidos aromáticos químicos sintéticos pueden incluir sustancias como los ácidos carboxílicos, las cetonas y los aldehídos.

### La primera evidencia visible del proceso de oxidación es:

- La decoloración gradual del líquido (ver la Figura 4)
- Aumento de la viscosidad
- La formación de compuestos insolubles y lodos

Los derivados de la oxidación no son muy solubles en aceite y tienden a adherirse a superficies metálicas más frías o a asentarse en áreas de flujo bajo, como el fondo del tanque de expansión. Es muy difícil retirar completamente estos derivados con fluidos de limpieza y lavado.

Drenar el fluido para transferencia de calor no eliminará todo el lodo de la tubería. En este punto, solo la extracción manual o el uso de agentes químicos de limpieza ayudará a restaurar la eficiencia inicial del sistema. No eliminar el residuo ácido acortará la vida útil del fluido nuevo redundante, ya que actuará como catalizador para acelerar la corrosión. Por tanto, es importante supervisar y gestionar el nivel de oxidación del fluido. Un reemplazo parcial del sistema cada pocos años contribuirá en gran medida a mantener la eficiencia del sistema en lugar de dejar que la oxidación lo degrade y obligue a que el sistema sea detenido durante días para la limpieza, purga y recarga.

FIGURA 4



FIGURA 4: La decoloración progresiva ocurre cuando un fluido de transmisión de calor está expuesto al oxígeno a lo largo del tiempo.

## OCUPARSE DE LA OXIDACIÓN

Para abordar la oxidación, debemos considerar el papel de:

**Capa de gas inerte.** En los sistemas cerrados, la forma más eficaz de eliminar la oxidación es instalar una capa de gas inerte en el tanque de expansión. Esto se basa en la sustitución del aire por un gas inerte, ya que sin oxígeno con el que reaccionar, la oxidación no puede ocurrir. El gas más común usado para las capas de gas de los tanques de expansión es el nitrógeno, pero el dióxido de carbono y el argón también se utilizan. La presión del gas inerte se mantiene ligeramente superior a la presión atmosférica, generalmente cerca de 2 psig (14 kPa). La inspección y el mantenimiento continuos para evitar las fugas son vitales, ya que las fugas anularán el propósito del sistema de capa de gas y harán que el dinero literalmente se desvanezca en el aire.

**Elección de fluido.** Otra forma de lidiar con la oxidación es seleccionar un fluido que contenga los inhibidores de oxidación adecuados. El tipo y número de inhibidores de oxidación usados y la calidad varían ampliamente según el producto. Algunos fluidos usan antioxidantes convencionales, mientras que los fluidos de transmisión de calor más sofisticados usan químicos aditivos diseñados para resistir mejor las altas temperaturas de los sistemas de transmisión de calor.

Los inhibidores de oxidación trabajan en varias formas, pero usualmente reaccionan con radicales libres y compuestos de oxígeno (como el peróxido) antes de que puedan reaccionar con las moléculas de aceite. Tenga en cuenta que algunos fluidos en el mercado no llevan aditivos y, por lo tanto, son más susceptibles a la contaminación y tienen una estabilidad a la oxidación más baja.

Los sistemas que contienen una gran cantidad de aceite suelen ser más tolerantes porque cuentan con una gran cantidad de antioxidantes y toma tiempo oxidar un volumen tan grande. En ese caso, la experiencia, la comparación de mercados y los análisis comunes del aceite utilizado son importantes para juzgar si la estabilidad a la oxidación ayudará en la selección del fluido para transferencia de calor.

Los sistemas abiertos exponen el fluido caliente al aire en todo momento, lo que aumenta la importancia de elegir un producto robusto con antioxidantes y preferentemente uno que esté diseñado para lidiar con la exposición al aire. Incluso así, se requieren cambios frecuentes y se debe realizar periódicamente la limpieza o el lavado del sistema, tan a menudo como cada tercer cambio de aceite, si la eficiencia óptima es una preocupación.

### **3. CONTAMINACIÓN EXTERNA O DERIVADA DEL PROCESO**

**Contaminación por el proceso interno.** La contaminación puede dañar tanto los componentes del sistema de transferencia de calor como su fluido. Mientras que la lógica sugiere que la contaminación es improbable, ya que la presión es mayor del lado del fluido, la experiencia muestra que el material del proceso puede ingresar en el flujo del fluido. La urgencia requerida para arreglar una fuga depende de la química del contaminante, el fluido utilizado y la severidad de la situación. Si bien es fácil identificar si se está produciendo una fuga, es más difícil para el usuario final identificar exactamente de dónde proviene la fuga.

Por ejemplo, en la industria del aceite y del gas, el gas hidrocarburo del proceso puede ingresar en el fluido. Este gas se mezcla muy bien con fluidos minerales o aromáticos químicos y la viscosidad de la carga entera se reducirá, mientras que la volatilidad aumentará. El asfalto se considera comúnmente como un contaminante que puede tener el efecto contrario y aumentar drásticamente la viscosidad del aceite y el número de las calderas altas que ensucian la tubería. El vanadio es un signo revelador de la entrada de asfalto en el sistema de aceite.

En algunos casos, el contaminante puede ser inerte para el fluido, pero puede reaccionar con los rastros de humedad para formar compuestos ácidos o insolubles que amenazan con acelerar la corrosión y la degradación del fluido.

**Contaminación externa.** Además de las fugas en los procesos internos, la contaminación puede ocurrir desde los elementos, la condensación, los líquidos exteriores y el ingreso de aire. Para los sistemas donde el tanque de expansión está en el exterior y tiene salida a la atmósfera, es muy importante tener un tanque con una tubería de cuello de cisne de 180° en la cima. Aunque pueda parecer simple, ha habido casos en los que se ha retirado y olvidado una cubierta atornillada, permitiendo que el agua de lluvia y la nieve se viertan en el tanque de expansión, lo que da lugar a un contenido alto en agua y una circulación de polvo abrasivo en el sistema.

Otro problema común es la contaminación del sistema nuevo. Los sistemas usados comprados en una subasta, por ejemplo, deben limpiarse y purgarse antes de conectarse al sistema. Los sistemas de transferencia de calor recién construidos suelen ser sometidos a pruebas de presión con agua, pero rara vez se enjuagan con un aceite mineral virgen antes de la primera carga, probablemente para minimizar el costo del proyecto. Los efectos negativos del agua se describen a continuación. Por esta razón, se deben lavar estos sistemas nuevos con un fluido adecuado y compatible.

Aunque los operadores detectan fácilmente el agua en el sistema de transferencia de calor, es implacable y potencialmente peligrosa, ya que se hierve y convierte en vapor mientras circula el fluido. El agua afectará a diferentes fluidos de diferentes formas.

#### **En los aceites sintéticos de polialfaolefina del Grupo IV, los de base mineral o en los químicos aromáticos, la exposición prolongada al agua causa:**

- Hidrólisis o precipitación de aditivos para aceite (en fluidos aditivos)
- Corrosión acelerada del sistema interno
- Oxidación acelerada
- Cavitación y desgaste de la bomba
- Golpear la tubería de aceite caliente y haciendo un sonido de gorgoteo o salpicando en el tanque de expansión

Según los resultados arrojados por el análisis de aceite, el agua no parece presentar problemas inmediatos de productividad en concentraciones menores a 500 ppm (0,05 % de peso.) aunque se han encontrado sistemas más sensibles en donde las concentraciones menores tienen un impacto visible. Si no se siente ningún impacto, pero los resultados de aproximadamente 1000 ppm (0.1% en peso) de agua se vuelven más alarmantes, y requieren investigación y remoción.



## TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN

**Investigue y arregle.** Todos los casos de contaminación deben ser investigados, reparados e informados a su proveedor de fluidos para recibir asesoramiento sobre el impacto potencial en la metalurgia, el aceite y los aditivos a la temperatura de funcionamiento. El conocimiento del producto ayuda a los operadores del sistema a evaluar la situación y a formular una posible solución. A veces, el contaminante puede extraerse, diluirse o evaporarse.

**Prevención.** Rara vez las empresas o los constructores consideran el costo de un lavado del sistema. Asumen que el contratista a cargo del sistema se responsabilizará por la limpieza, y no quedará ningún desecho o residuo de agua después de la prueba de presión en la tubería. Descubrir que el líquido de la prueba de presión no fue removido del sistema una vez que está en funcionamiento puede resultar costoso en el largo plazo. Los costos iniciales de lavado se consideran aún menos cuando el fluido de elección es costoso, como, por ejemplo, los fluidos de silicona o de perfluoroether. Sin embargo, es conveniente y valdrá la pena con el tiempo.

**Filtros.** Con los nuevos diseños de sistemas que incluyen cada vez más filtros de aceite, es importante mantener un registro de la recolección de sólidos en los filtros o coladores de aceite, e incluir fotografías, si es posible. El tamaño, la textura y el color de los depósitos aportan mucha información. Los depósitos deben enviarse a un centro de investigación o laboratorio con equipo sofisticado para una identificación precisa. La verificación de terceros es importante, ya que los sólidos pueden provenir de más de una fuente.

Los sólidos de los fluidos anteriores podrían residir en el sistema durante mucho tiempo antes de que se aflojen y finalmente se lleven al colador de la bomba o al filtro de aceite. Esto es común cuando se compran y ponen en funcionamiento hornos usados sin haberlos limpiado y enjuagado antes de conectarlos al sistema principal.

Otro caso para enviar los depósitos a un laboratorio es cuando, aunque los sólidos pueden tener una textura u olor familiar, pueden terminar siendo otra cosa. Lo que puede parecer una partícula abrasiva negra de carbono, puede ser sulfuro de cobre, producido por el ataque químico localizado del sulfuro (presente en el aceite base de algunos fluidos) en el cobre de las válvulas de bronce.

En este ejemplo, la suposición de que los depósitos eran carbono puede llevar a gastar una cantidad de dinero considerable para reemplazar los fluidos o para añadir filtración, cuando en realidad la construcción de la válvula o la selección del fluido mismo fue lo que causó el problema.

El cambio hacia un mejor fluido de transmisión de calor, con aceite base altamente refinado de tipo API Grupo II, que casi no contiene ningún sulfuro activo, probaría ser efectivo.

## MANTENIMIENTO RUTINARIO PREVENTIVO

**Es importante considerar las medidas de mantenimiento rutinario para prolongar la vida de los fluidos de transferencia de calor en los sistemas de circulación de aceite caliente, como:**

1. Controle las alarmas del calentador principal y reaccione rápidamente, ya sea una luz roja parpadeante o una notificación en la consola del operador.
2. Si no se recogen de forma electrónica, mida los parámetros claves (magnitud de flujo, temperaturas, presiones, etc.) con medidores en diferentes lugares del sistema y asegúrese de que los resultados son consistentes con las especificaciones del diseño.
3. Rastree el consumo de energía, la temperatura del fluido en el calentador y la  $T_{bulk}$  en la salida. Si la demanda de temperatura del proceso se mantiene constante pero el calentador necesita ejecutarse con más calor para mantener la temperatura del fluido, el fluido podría estar espesando lentamente o formando depósitos en las superficies de transmisión de calor, lo que reduce la eficacia.
4. Registre la temperatura del fluido en la entrada y la salida de la fuente de calor. La diferencia debería estar dentro de ciertas normas recomendadas por la industria y el fabricante.
5. Aunque todo funcione sin problemas, se recomienda que un empleado "camine por el sistema" e inspeccione el tanque de expansión con frecuencia. Es posible que escuchen o descubran una anomalía que de otro modo habría pasado desapercibida, como un motor que vibra, un indicador de nivel de aceite defectuoso, una bomba que cavita o una fuga de aceite. La prevención de posibles problemas a través del mantenimiento preventivo planificado hará más que cubrir el costo requerido para realizar inspecciones periódicas.
6. Pruebe los fluidos periódicamente. Las pruebas regulares ayudan a confirmar las propiedades físicas del fluido, incluyendo el punto de inflamación y cualquier cambio que puede estar ocurriendo. Compare los resultados con las propiedades del fluido fresco.

## SELECCIÓN DE FLUIDO

**Una nota sobre la inversión.** La selección del fluido adecuado de transmisión de calor requiere el debido proceso de múltiples actores dentro de una organización, con un análisis de aplicación completo. Los compradores deben resistir la tentación de conformarse con un precio de base bajo. Sacando el hecho de que el fluido juega un rol importante en el desempeño del sistema y la capacidad de alcanzar las metas de producción, también es cierto que el precio más bajo puede no tenerse en cuenta en las siguientes variables:

- Costos asociados con la seguridad del trabajador, como la capacitación, el equipo y la protección contra la posible exposición al fluido (en forma de líquido y de vapor)
- Gastos de transporte para el envío
- El costo relacionado con la entrega, la manipulación y el desecho de los aceites y tambores usados
- Desempeño del fluido demostrado más allá de los datos del fluido fresco. Los vendedores deberían poder demostrar la retención de las propiedades del fluido fresco (por ejemplo: la estabilidad térmica y los datos de oxidación)
- Capacidad del fluido con el sistema actual (ejemplo: el sellado, el tamaño del tanque de expansión, etc.)
- Miscibilidad con el fluido de transferencia de calor actual, si se necesita un cambio parcial
- El fabricante ofrece el nivel de seguro obligatorio y experiencia
- Flexibilidad del vendedor para trabajar con usted en la limpieza del sistema o proyectos de lavado, para brindar un inventario suficiente del fluido y recibir los sobrantes de fluido sin utilizar

## CUÁNDO ANALIZAR LOS FLUIDOS PARA TRANSFERENCIA DE CALOR

El análisis frecuente de los fluidos es importante, incluso si no hay razón para pensar que hay problemas con el sistema. La prueba proactiva puede ayudar a detectar posibles problemas de forma temprana, antes de una reducción costosa en la productividad, o peor aún, una falla en el sistema. La prueba también permite una mejor planificación, ya que puede indicar el marco de tiempo en el que se debe cambiar un fluido. Aquí están las pautas que indican cuándo se debe probar el fluido para transferencia de calor:

- **Durante el primer año de operación para los sistemas nuevos.** Cualquier problema en el sistema que puede afectar al fluido aparecerá en los resultados de la prueba.
- **Después de un cambio de fluido.** Después de una o dos semanas, pruebe el fluido incluso si está usando uno de la misma marca. Habrá habido suficientes cambios en las propiedades del antiguo fluido de modo que cualquier residuo se mostrará en los resultados de la prueba de la nueva carga.
- **Anualmente, al menos para sistemas grandes.** Programe una prueba anualmente como parte de la rutina de mantenimiento preventivo. Los resultados brindarán un informe actual en archivos para su compañía de seguros.

Cuando se decide cómo probar un fluido para transferencia de calor, se aconseja enviar una muestra del fluido al laboratorio del proveedor del fluido. No solo serán capaces de llevar a cabo las pruebas, sino que además interpretarán los resultados.



## **LO QUE MIDEN LOS ANALISTAS DE ACEITE**

Los analistas miran la condición general del fluido y, hasta cierto punto, buscan cierto entendimiento de la condición dentro del sistema de circulación. La mejor forma de hacerlo es usando muestras regulares para determinar las tendencias de los datos. Los datos útiles pueden ser extraídos desde un punto de datos único, pero las tendencias de datos brindan información más valiosa e incrementan la precisión de un diagnóstico para propósitos de planificación.

Como mínimo, un programa de prueba para los fluidos de transmisión de calor debe contemplar las siguientes pruebas:

### **Viscosidad cinemática (ASTM D445-18)**

Mide la resistencia del fluido al caudal. Un aumento en la viscosidad indica la presencia de calderas altas, y una reducción en la capacidad del fluido para transmitir calor. Un descenso en la viscosidad indica lo contrario: la presencia de calderas bajas (lo que significa una caída de la temperatura rápida y una posible autoignición) y puede estar ocurriendo un craqueo térmico del fluido. El límite de advertencia es un aumento >30 %. En este punto, se deben tomar medidas, como el reemplazo parcial o total del aceite.

### **Número de ácido (AN) (ASTM D664-18e2)**

Mide los compuestos ácidos y por lo tanto es un determinante indirecto del grado en que se ha oxidado el fluido. La mayoría de los fluidos frescos tienen un AN de 0.05-0.10 mg KOH/g, pero consulte a su proveedor de fluidos para conocer el punto de inicio de su aceite fresco. El límite condensorio está cerca de 1,0 mg KOH/g, después del cual los depósitos de lodo tienden a aumentar.

### **Punto de inflamación de copa abierta de Cleveland (COC) (ASTM D92-18)**

Mide la temperatura más baja a la que el vapor del fluido se encenderá momentáneamente (al entrar en contacto con una fuente de ignición). Cuando se reduce, a menudo indica contaminación y degradación térmica. El límite de advertencia es <150 °C / <300 °F.

### **Sólidos insolubles**

Determina la concentración de insolubles en el fluido después de una filtración a través de un filtro de 0,8 micrones. La medición de sólidos orgánicos indica el grado de degradación del fluido y, potencialmente, qué tan sucio está el sistema. Mientras tanto, los sólidos inorgánicos pueden indicar contaminación y corrosión del sistema. El límite de alarma para los sólidos es de >0,5 % wt.

### **Contenido de agua (ASTM D6304-16e1)**

Mide la cantidad de agua presente en el fluido. El límite de advertencia es de 1000 ppm (igual a 0,1 % del peso) para la mayoría de los sistemas, a menos que concentraciones menores hayan alterado el funcionamiento. Es normal que los sistemas que funcionan de manera constante tengan concentraciones de agua más bajas que los que se detienen y arrancan semanal o quincenalmente, por ejemplo. Además de los riesgos de seguridad del calentamiento y las salpicaduras del agua en el tanque de expansión, un contenido alto de agua puede resultar en la corrosión del sistema, en una oxidación del fluido más rápida y en la formación de sustancias ácidas y corrosivas. El agua es más perjudicial para fluidos aromáticos, en parte porque son sin aditivos generalmente, de modo que le faltan inhibidores de corrosión y oxidación.

### **Contenido de metales (ASTM D5185-18)**

Determina la concentración de aproximadamente 25 elementos simultáneamente mediante plasma acoplado inductivamente (ICP). Los niveles de concentración muestran la corrosión y contaminación potenciales.

Obtener medidas precisas y validadas por terceros de cada una de estas variables no solo permitirá tomar mejores decisiones operativas, sino que además validarán las recomendaciones de fluidos, que pueden resultar útiles en caso de que un cambio requiera de un período de inactividad no planificado y de presupuesto.



A HOLLYFRONTIER BUSINESS

## CONCLUSIÓN

Recuerde que el sistema se diseñó en función de las propiedades de fluidos para transferencia de calor fresco, de modo que para asegurar un funcionamiento predecible y seguro, los operadores deben intentar mantener la diferencia entre el estado actual y lo que se espera de un fluido fresco dentro de un rango estrecho. Hay muchas formas en la que los operadores pueden mantener de forma proactiva el fluido para transferencia de calor lo más fresco posible durante el mayor tiempo posible, para mantener el sistema productivo y seguro, antes de los cambios inevitables y la limpieza total del sistema. Recomendamos a los operadores a realizar inspecciones de rutina del sistema, sus componentes y el fluido, y a que hagan examinar el fluido del sistema de forma adecuada en un laboratorio.

**EL  
TEMA  
CANDENTE**

# SOLICITE UNA PRUEBA DE ANÁLISIS DE FLUIDOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR SIN COSTO

Para establecer el estado y el rendimiento de sus actuales fluidos de transferencia de calor, siga el enlace para solicitar un **kit de prueba de FLUIDO DE TRANSFERENCIA DE CALOR GRATIS** ahora.

**PCLHotTopic.com**

