

Calentadores y Sistemas de Fluido Térmico.

El objetivo del presente artículo es entregar información técnica para diseñar, especificar y operar sistemas de fluido térmico.

Introducción

Agua y vapor son excelentes medios para transportar y transferir calor; el agua posee un alto calor específico y el vapor un elevado calor latente, no se deterioran con el uso y tienen un muy bajo costo.

No obstante lo anterior, el uso de vapor o agua caliente, presenta las siguientes desventajas:

- a) Ambos causan la corrosión de materiales ferrosos.
- b) Operación a alta temperatura, requiere de elevadas presiones de operación, de alto costo (máxima temperatura es 316 °C - 104 barg)
- c) El uso de vapor requiere de sistemas de retorno de condensado, tratamiento de agua y operación continua.

Todas estas desventajas no las presentan los sistemas de fluido térmico, y es por eso que hemos querido escribir el presente artículo, para entregar información respecto de cuando utilizarlos y como deben ser diseñados.

Requerimientos Fluido Térmico

Los requerimientos básicos del fluido térmico son las siguientes:

- Resistencia a la degradación para las temperaturas a las cuales fueron especificados, para asegurar una larga vida y sistema limpios.
- Buenas características de transferencia de calor
- Poseer bajas presiones de vapor a las temperaturas de operación, para permitir operación a bajas presiones (incluso atmosféricas).
- Poseer baja viscosidad, para reducir pérdidas asociadas al bombeo (pérdidas por roce), que se traducirán en mayor consumos de energía eléctrica.
- Proteger materiales contra la corrosión
- Tener un buen precio



Figura N°1: Calentador de fluido térmico y equipos auxiliares.

Los fluidos térmicos o aceites térmicos no debe estar en contacto con el oxígeno del aire, ya que, a elevadas temperaturas, provocará la oxidación del fluido.

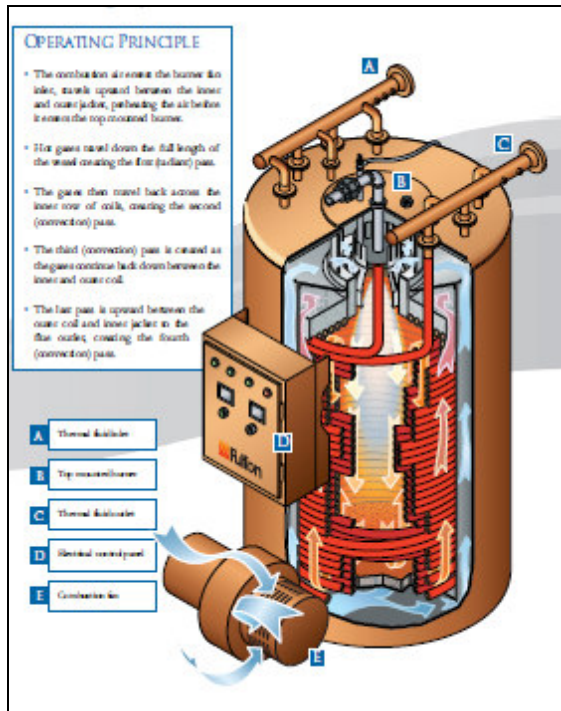


Figura N°2: Vista en corte calentador fluido térmico.

Sistema de Fluido Térmico

A continuación se describen los elementos, que típicamente forman parte de un sistema de fluido térmico; y que fueron incluidos en la figura N°3.

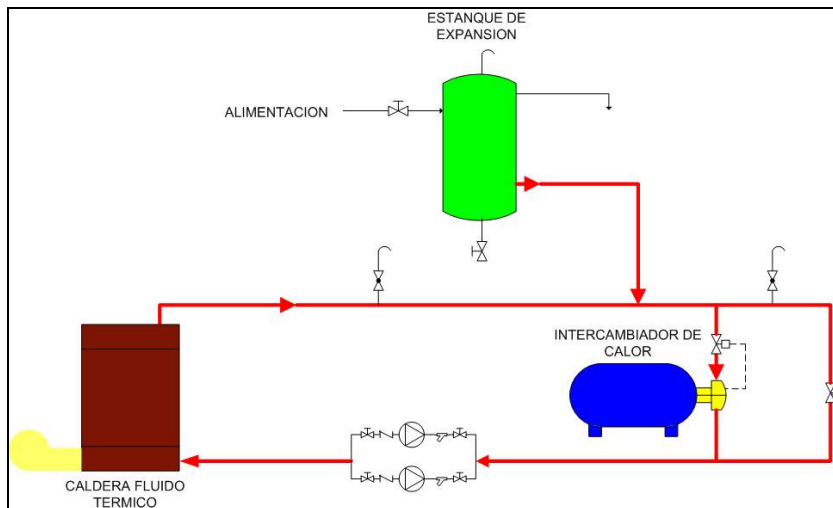


Figura N°3: Sistema de fluido térmico.

Estanque de Expansión

El aceite térmico, al igual que todos los fluidos, se expande al aumentar su temperatura.

El aumento en el volumen del aceite térmico, varía de acuerdo al tipo, siendo la siguiente fórmula una referencia, para realizar este cálculo:

$$\text{Porcentaje aumento volumen} = 0.035 * (\text{aumento } T^{\circ} \text{ en } ^{\circ}\text{C})$$

Un estanque de expansión debe permitir la expansión del aceite térmico, sin permitir el contacto de aceite caliente con el aire.

El estanque de expansión actúa como un sello frío, que permite asegurar una larga vida del aceite térmico.

En el caso de que el estanque de expansión cuente con un venteo a la atmósfera, es importante que la temperatura del aceite en este recipiente no supere los 54 °C.

La capacidad del estanque debe ser el doble de la capacidad de expansión del fluido térmico contenido en el sistema.

Lo anterior se traducirá que el contenido de aceite en el estanque será de un 25 % cuando el sistema esté frío y 75 % cuando se haya producido el calentamiento.

En general se consideran estanque, cuya altura es muy superior al diámetro, de tal manera, que la superficie expuesta al aire es mínima.

La ubicación del estanque de expansión debe ser conectado a la succión o descarga de las bombas y estar localizada a una altura superior a cualquier elemento, que forme parte del sistema.

La línea de conexión del estanque de expansión al sistema no debe ser aislada, para asegurar la presencia de aceite frío en el estanque.

En algunos caso incluso se considera una camisa refrigerada por agua para esta línea de unión de estanque con el sistema.

El tamaño de esta línea debe ser el mínimo posible para asegurar el flujo desde y hacia el estanque, evitando el calentamiento por convección, que se produce cuando el diámetro de esta línea es excesivo.

En algunos sistemas existen varias líneas, que interconectan el estanque de expansión con el sistema, para facilitar el llenado. Estas líneas adicionales deben contar con válvulas y éstas deben cerrarse una vez que el sistema se haya llenado de aceite térmico, para evitar el calentamiento del estanque por efecto "termosifón".

Los accesorios del estanque de expansión deben ser los siguientes:

- Nivel visual
- Termómetro
- Venteo
- Drenaje
- Rebalse
- Conexión de llenado

Al contraerse el aceite en el sistema, el nivel en el estanque disminuye, permitiendo el ingreso de aire húmedo.

Al enfriarse el estanque producirá condensación del agua (asociada a la humedad del aire), la que se ubicará en el fondo del estanque, debido a la diferencia de densidades del agua respecto del aceite.

En atención a lo anterior, es que es necesario considerar un drenaje en el punto inferior, para eliminar el agua del estanque y a la vez ubicar la conexión del estanque al sistema por sobre el nivel del agua (saliendo por un costado del estanque).

En el caso de que no sea posible mantener la temperatura en el estanque por debajo de 54 °C, se utilizan gases inertes (como el N₂), para mantener una leve presión positiva en el estanque y evitar la oxidación del aceite al entrar en contacto con el aire ambiente.

Para esta alternativa se deben considerar los siguientes accesorios adicionales para el estanque:

- Válvula de alivio
- Regulador de presión, para el suministro de N2 libre de O2.

Bombas de Recirculación

En estos sistemas es posible utilizar tanto bombas centrífugas como del tipo de desplazamiento positivo.

En el caso de las bombas centrífugas, la verificación de la presión de descarga (pérdida de carga del sistema) es muy importante.

El caudal de aceite térmico, que las bombas deben ser capaces de impulsar, tiene relación con la cantidad de calor a transportar hacia los consumos y las diferencias de temperatura asociadas en consumos y pérdidas en líneas.

Estas diferencias de temperatura debieran estar en torno de 20 °C.

Los sellos de las bombas deben ser seleccionados para aplicaciones de alta temperatura, dadas por las condiciones de operación requeridas por el sistema.

En algunos casos se consideran rodamientos y sellos refrigerados por agua.

Las filtraciones de aceite por sellos no deben ser recuperados.

Las bombas deben ser ubicadas aguas arriba del o los calentadores y contemplar el estanque de expansión en la succión, para asegurar una presión positiva, para prevenir el ingreso de aire.

Filtros deben ser ubicados en la succión de las bombas.

Calentador de Aceite Térmico

El componente más importante y crítico de un sistema de aceite térmico es lógicamente el calentador.

Es sumamente importante la razón de flujo de calor, de tal manera que no se produzca el craqueo del aceite y la consiguiente formación de una capa de coque.

Los factores que afectan el flujo de calor son los siguientes:

- Velocidad del fluido

ARTÍCULO TÉCNICO

CALENTADORES Y SISTEMA DE FLUIDO TÉRMICO

- Viscosidad
- Calor específico
- Conductividad térmica
- Gravedad específica
- Diámetro de los tubos

Las figuras N°5, N°6 y N°7 muestran como pequeñas variaciones en la velocidad del fluido, diámetro de la cañería o temperatura del aceite, se traducen en importantes cambios en el coeficiente de transferencia de calor.

Para prevenir el craqueo del aceite se recomienda trabajar con temperaturas de la película de aceite de 14 a 28 °C por sobre la temperatura del aceite (entregada por calentador)

Para prevenir temperaturas críticas del aceite se recomienda diseñar calentadores con los siguientes flujos de calor y superficies de transferencia de calor:

- Flujo total de calor : 25 – 40 KW/m²

En el caso de calentadores eléctricos se trabaja con cargas térmicas de 65 a 190 W/m².

Otros de los parámetros típicos considerados en el diseño de calentadores de fluido térmico son la liberación volumétrica de calor y flujo de calor en la cámara de combustión, la potencia por superficie de calefacción total, la pérdida de carga del lado gases y lado aceite.

A continuación se entregan valores referenciales para estos parámetros de diseño:

- Liberación de calor volumétrica en el hogar : 0.25 MW/m³
- Flujo de calor en el hogar : 40 KW/m²
- Calor por superficie de transferencia : 25 - 30 KW/m²
- Pérdida de carga lado gases : 1" c.a.
- Pérdida de carga lado aceite : 30 psig

La mayor parte del calor es transferida por radiación (aproximadamente un 68 %).

Cañerías

Las cañerías preferidas para sistemas de aceite térmico son las ASTM A-52 y ASTM A-106 sin costura.

No se deben usar cañerías o fittings de cobre o aleaciones de cobre, ya que, promueven la oxidación del aceite y formación de barro.

Tampoco deben usarse fundaciones de fierro, ya que, tienden a fracturarse.

Regulador de Presión

En el caso de que el control de temperatura en los consumos no sea mediante válvulas de tres vías, es decir, cuando se utilicen válvulas de dos vías, se deberá considerar un regulador de presión, que asegure el flujo de aceite a través del calentador.

El regulador de presión permitirá prevenir problemas de craqueo del aceite o sobrecalentamiento en los calentadores, por bajo flujo de aceite térmico, al no utilizar válvulas de tres vías en los consumos.

Consumos

Se recomienda considerar una temperatura de aceite de 10 °C por sobre la temperatura del fluido a calentar.

Material Sellos y Empaquetaduras

Los sellos y empaquetaduras deben ser resistentes al aceite, por lo que se recomienda utilizar los siguientes materiales:

- Buna-N bajo 93 °C
- Viton Hasta 121 °C
- Teflón Sobre 121 °C
- Metálicos Sobre 204 °C

Llenado Inicial de Líneas y Puesta en Servicio

Antes de llenar un sistema de fluido térmico se debe verificar, que se hayan instalado todos los sistemas de control y seguridad, además de realizar una prueba para verificar la ausencia de fugas.

Esta prueba de fugas debe ser neumática y no hidrostática, ya que, el agua es muy difícil de remover del sistema.

El sistema debe ser llenado de tal manera, que al mismo tiempo sea posible remover al aire presente en las líneas.

Una alternativa es utilizar una bomba de vacío, llenando el sistema a través del estanque de expansión.

La otra alternativa de llenado es hacerlo a través de un punto en la succión de la bomba y la válvula de corte. Dado que este es el punto más bajo dentro del

ARTÍCULO TÉCNICO
CALENTADORES Y SISTEMA DE FLUIDO TÉRMICO

sistema, se forzará la salida del aire contenido en las líneas a través del los venteos.

El fluido debe circular por el sistema durante unas 3 o 4 horas, para asegurar la eliminación de la totalidad del aire atrapado en el sistema.

El nivel en el estanque de expansión debe quedar en 25 % de su capacidad, con el sistema frío.

Al cabo de estas horas de funcionamiento se debe realizar una limpieza de los filtros, espacialmente si se trata de un sistema nuevo, para retirar restos de soldadura o suciedad asociada al montaje.

El calentamiento inicial debe considerar elevar la temperatura en aproximadamente 50 °C/h.

En el caso de existir agua presente en las líneas, se producirá su ebullición y se podrá observar el flujo de vapor por el venteo del estanque de expansión.

Arnulfo Oelker Behn
Thermal Engineering Ltda.