

Titulo: Formación de coque en hornos radiantes verticales

Fecha: 26 de octubre de 2011

Autor: Luis Alfredo Chandia

FORMACIÓN DE COQUE EN HORNOS RADIANTES VERTICALES

ABSTRACTO

Debido a que la implementación de termografía infrarroja en la inspección de piel de tubos es una aplicación difícil, es sano poder comprender el fenómeno de la formación de coque en el interior de los tubos y así desarrollar una mejor técnica de inspección de tubos en hornos verticales de calentamiento de crudo. Este escrito esta basado en la experiencia recogida en algunos años de inspección en hornos, en investigación propia, pero principalmente en los datos aportados por los clientes a los que se les presta servicio actualmente, que desinteresadamente aportan sus conocimientos para la mejora continua del servicio.

INTRODUCCIÓN

Los hornos de proceso de hidrocarburos es un equipo construido con un cerramiento metálico revestido interiormente de una capa refractaria-aislante, dentro del cual se dispone un serpentín tubular por el que circula el producto a ser calentado y/o vaporizado e incluye un cantidad de elementos por medio de los cuales el calor que se libera del combustible pasa de la masa de gases producidos al hidrocarburo que circula por el interior del serpentín, sin producir sobrecalentamientos indeseados en el producto o en los materiales del equipo.

En general el tipo mas usado de horno es el cilíndrico vertical, elegido principalmente por su bajo costo y menor requerimiento de espacio físico, sin embargo como desventajas cabe mencionar que presentan problemas hidráulicos, tienen importantes perdidas de carga, **desarrollan puntos calientes** y resulta difícil reemplazar tubos de la zona de radiación.

DESARROLLO

En este caso vamos a analizar unos de los problemas más comunes, relacionados con los hornos cilíndricos verticales de calentamiento de crudo. Una de sus desventajas es la formación de puntos calientes, este fenómeno se produce debido a la formación de carbón (coque) en la pared interna del tubo. Para entender mejor este fenómeno vamos a ensayar algunas definiciones.

Coque: el coque de petróleo es un sólido carbonoso derivado de las unidades de coquización en una refinería de petróleo o de otros procesos de craqueo.

Craqueo: Es un proceso químico por el cual se quiebran moléculas de un compuesto produciendo así compuestos más simples.

Titulo: Formación de coque en hornos radiantes verticales

Fecha: 26 de octubre de 2011

Autor: Luis Alfredo Chandia

Temperatura de film: Es la temperatura del film de fluido que circula adherido a la pared interna del tubo circulando en régimen laminar.

Velocidad: Velocidad a la que circula el fluido dentro del tubo. Existen valores típicos en función del tipo de fluido. Bajas velocidades pueden ocasionar craqueo, altas velocidades pueden ocasionar erosión o una deficiente transferencia de calor.

Ahora bien, conociendo esto, ¿Por que es que se forma coque en el interior de los tubos?...Pasemos a explicarlo

En principio debemos saber que la formación de coque esta íntimamente ligada a la “temperatura de film” y la “velocidad” del fluido.

Formación de coque en relación a la velocidad

En flujos verticales se pueden producir condiciones indeseables. A velocidades bajas y con baja vaporización, se generará una segregación del vapor del liquido. Esto resultara en una alta concentración de liquido en los tubos con flujo ascendente, y una alta concentración de vapor en tubos con flujo descendente (flujo estratificado); esto a su vez, producirá temperaturas elevadas en piel de tubos en aquellos con **flujo descendente**, este aumento de temperatura producirá un craqueo del hidrocarburo y la consecuente deposición del carbón en la pared interna de los tubos.

En las imágenes 1 y 2 se observa esta distribución característica de formación de coque en flujos descendentes.

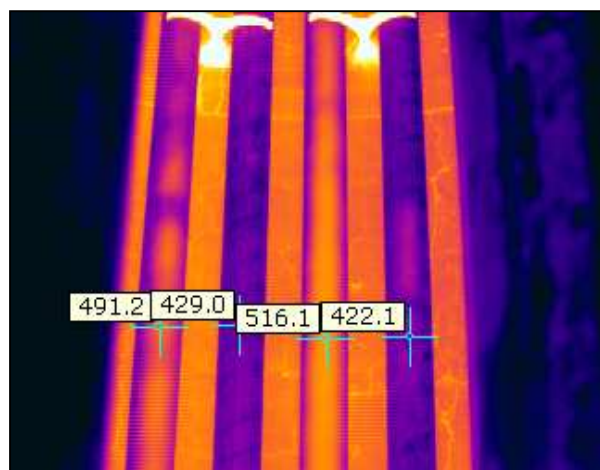


Imagen 1

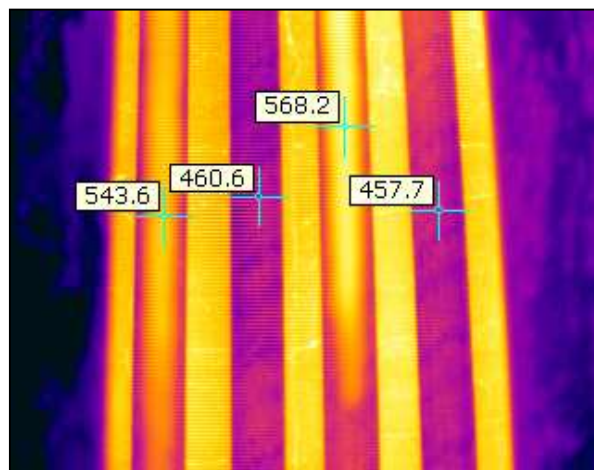


Imagen 2

Es conveniente definir velocidades mínimas para evitar la formación de coque producto de una baja velocidad. Para el crudo reducido o el crudo monofásico se recomienda una velocidad de **2 m/s** (mínimo 1 m/s)

Titulo: Formación de coque en hornos radiantes verticales

Fecha: 26 de octubre de 2011

Autor: Luis Alfredo Chandia

Formación de coque en relación a la temperatura de film

Este valor de temperatura es crítico a la hora de evaluar la factibilidad de que se produzcan depósitos de coque en la parte interna del tubo o dicho de otra manera la tendencia que tiene el fluido a craquear. El film interno del tubo es una delgada película de igual composición que el fluido que se está calentando y que circula con flujo laminar pegado a la pared interna del tubo. Un craqueo incipiente ocurre en el film a temperaturas por encima de los **350 °C**, los hidrocarburos líquidos comienzan a craquear en el film y una película de coque comienza a depositarse en la cara interna del tubo.

En ambos casos este espesor de coque depositado generará un aumento en la pérdida de carga del horno y un aumento gradual de la temperatura de piel de tubo debido a la mayor resistencia térmica que tiene el coque con respecto al tubo.

De lo anteriormente expuesto se puede deducir que mantener velocidades altas de circulación y en régimen turbulento incrementa el coeficiente de transferencia de calor (por lo tanto la temperatura de film será menor), tiende a mejorar los regímenes de flujo y por ende se va en la dirección de minimizar la formación de coque en el interior de los tubos. Sin embargo, esas altas velocidades incrementan la pérdida de carga y en consecuencia, los costos de bombeo aumentan.

CONCLUSIÓN

Esta carbonización que se produce en este tipo de hornos es uno de los problemas más peligrosos de los que se pueden dar en este tipo de procesos, debido a que la acumulación de coque en el interior de los tubos puede traer aparejado problemas catastróficos, ya que el aumento de temperatura en piel de tubos produce la rotura de los tubos.

La implementación del mantenimiento predictivo en base a la termografía infrarroja es la técnica más adecuada para monitorear el proceso de calentamiento de crudo y detectar este tipo de anomalías, por lo que en hornos de calentamiento de crudo es importante realizar inspecciones periódicas en busca de puntos calientes.

Conocer los factores que influyen en la formación de coque nos ayudará a mejorar la calidad del servicio de termografía, aportando conocimientos cualitativos que ayuden a no solo detectar el problema sino aportar en la solución del mismo.

Titulo: Formación de coque en hornos radiantes verticales

Fecha: 26 de octubre de 2011

Autor: Luis Alfredo Chandia

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Daniel Rodas (mi primer maestro de termografía), a Atílio Bruno Veratti (impulsor de este escrito) y muy especialmente al ingeniero Eduardo Yoldes del Centro Industrial Plaza Huincul que desinteresadamente aportó sus conocimiento y bibliografía para el desarrollo de este escrito.

ACERCA DEL AUTOR

Luis Alfredo Chandia es termógrafo Nivel II y ha estado trabajando en la industria de la termografía por alrededor de 6 años. Comenzó su carrera en la empresa SEMAPI S.A. en donde aprendió los conceptos básicos para la implementación del servicio de termografía. A partir del 2006 es parte de la empresa E.N.S.I. S.E. donde recibió la educación formal adquiriendo hasta el momento el nivel II bajo norma ISO. Dependiente del departamento de Inspección tiene a cargo múltiples servicios en los que se destaca la inspección de hornos de craqueo de amoníaco en la Planta Industrial de agua Pesada, la inspección de hornos de Topping, Platforming y Metanol del Complejo Industrial Plaza Huincul y la inspección de hornos de calentamiento de crudo de las unidades económicas de Chubut y Santa Cruz pertenecientes a la empresa YPF.