

Comprender y prevenir el ensuciamiento del intercambiador de calor

Cuando se trabaja en condiciones muy difíciles, o los productos son muy complicados de tratar, como aguas y lodos residuales, incluso los intercambiadores de calor mejor diseñados son susceptibles al ensuciamiento. Comprender los diferentes tipos de incrustaciones y sus causas ayudará a los ingenieros y operadores a elegir el tipo de intercambiador que mejor se adapta a su proceso y mantenerlo funcionando en condiciones óptimas.

Matt Hale

Director Internacional de Ventas & Marketing, HRS Heat Exchangers

Palabras clave

Lodos residuales, intercambiadores de calor, medio ambiente

EL IMPACTO QUE PROVOCA LA SUCIEDAD en los intercambiadores de calor se conoce desde 1910, cuando se realizó la primera investigación acerca del problema. Desde entonces, ha habido muchos desarrollos, desde soluciones patentadas hasta buenas prácticas estándar, como mantener los caudales y controlar las temperaturas. Un intercambiador de calor bien diseñado tendrá en cuenta el "factor de ensuciamiento (o incrustación)" estándar para el producto que debe tratar, en la etapa de especificación, asegurando que se produzca un intercambio térmico suficiente cuando se experimentan niveles normales de suciedad en el proceso.

¿QUÉ ENTENDEMOS POR ENSUCIAMIENTO?

La definición más común de ensuciamiento, en relación con los intercambiadores de calor, se define generalmente como la deposición y acumulación de material

no deseado, como incrustaciones, sólidos en suspensión, sales insolubles e incluso algas, en las superficies internas del intercambiador. Dependiendo de los productos involucrados, este ensuciamiento puede ocurrir tanto en la superficie primaria como en la de servicio del intercambiador, y a veces en ambas.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL ENSUCIAMIENTO?

El ensuciamiento tiene un impacto significativo en la transferencia térmica a través de la superficie del intercambiador de calor y, por lo tanto, en el rendimiento operativo general y, en última instancia, en la rentabilidad económica del proceso.

La acumulación de suciedad también reduce el área de la sección transversal de los tubos o canales de flujo y aumenta la resistencia del fluido/s en contacto con la superficie. Estos efectos secundarios se combinan para

aumentar la caída de presión a través del intercambiador de calor, reducir los caudales y agravar aún más el problema. En los peores casos, el intercambiador se bloqueará rápidamente.

Finalmente, y dependiendo de los depósitos de incrustación, el intercambiador de calor puede sufrir corrosión, que a veces está oculta por la propia capa de suciedad, lo que acorta su vida útil y puede provocar graves fallos.

¿QUÉ ES EL FACTOR DE ENSUCIAMIENTO?

El factor de ensuciamiento representa la resistencia teórica al flujo de calor, debido a la acumulación de una capa de suciedad en las superficies de los tubos del intercambiador. En la práctica, el usuario final exagera los factores de incrustación, en un intento de minimizar la frecuencia de la limpieza, pero el uso de un factor de ensuciamiento incorrecto puede resultar en la necesidad de una limpieza más frecuente.

El factor de ensuciamiento es un valor matemático (generalmente denominado R_f o R_d) que representa la resistencia térmica de la incrustación y es una relación entre el coeficiente de transferencia de un intercambiador de calor limpio y la misma unidad, pero con suciedad.

Se dispone de valores estándar para una serie de líquidos y gases comunes, como el fuel oil, el agua de mar y el vapor de alcohol. Sin embargo, para muchos productos, incluidos aquellos con los factores de suciedad más elevados, como los lodos, es mejor realizar un análisis previo para lograr un resultado preciso.

SEÑALES DEL ENSUCIAMIENTO

Una de las primeras señales de que hay un ensuciamiento significativo, más allá de los parámetros de diseño, es la pérdida de rendimiento, a medida que se deteriora la transferencia térmica.

Un aumento en la caída de presión a veces puede verse como acumulación de incrustaciones, pero no es fiable como indicador del rendimiento del intercambiador y no es tan fiable como monitorear el rendimiento de la transferencia térmica.

TIPOS DE ENSUCIAMIENTO

Existen diferentes tipos de ensuciamiento, que pueden variar según diversos factores, como las condiciones de funcionamiento en las que se utiliza el intercambiador. También hay diferentes términos utilizados globalmente para los diferentes tipos de incrustaciones y esto puede llevar a confusión sobre lo que realmente está sucediendo en una situación concreta.



La proliferación de algas es común en aguas no tratadas utilizadas para enfriar



La cal es la forma más habitual de suciedad química, pero hay muchas otras

En términos simples, hay cuatro tipos diferentes de incrustaciones:

- Las incrustaciones químicas (o scaling) se producen cuando los cambios químicos dentro del fluido hacen que se deposite una capa de suciedad en la superficie del tubo. Un ejemplo común es la suciedad en una caldera provocada por las sales que se depositan sobre los elementos de calentamiento, a medida que su solubilidad se reduce al aumentar la temperatura. La probabilidad de incrustaciones aumenta con la temperatura, la concentración y los niveles de pH. Dichos efectos pueden minimizarse controlando la temperatura de la pared del tubo en contacto con el fluido. El ensuciamiento químico se elimina mediante tratamiento químico o descalcificación mecánica.
- La contaminación biológica causada por el crecimiento de organismos, como las algas, originada en el

fluido que se deposita en las superficies del intercambiador. Si bien está fuera del control directo cuando se diseña el intercambiador, sí puede verse influido por la elección del material. Por ejemplo, los materiales de latón no ferrosos son venenosos para algunos organismos. Este tipo de ensuciamiento también se elimina mediante tratamientos químicos o procesos de cepillado mecánico.

- El ensuciamiento por deposición (también conocido como ensuciamiento por sedimentación) ocurre cuando las partículas contenidas dentro del fluido se depositan en la superficie, generalmente cuando la velocidad del fluido cae por debajo de un nivel crítico. Un buen diseño del intercambiador de calor, incluido el cálculo de la velocidad crítica para cualquier combinación de fluidos y partículas, debe dar como resultado velocidades de trabajo mínimas por encima de este nivel crítico. El montaje vertical del intercambiador también puede minimizar el efecto, a medida que la gravedad extrae las partículas del intercambiador de la superficie de transferencia térmica, incluso a niveles de baja velocidad. El ensuciamiento por deposición normalmente se elimina mecánicamente mediante cepillado o raspado.

- El ensuciamiento por corrosión se produce cuando una capa de productos corrosivos se acumula en las superficies del tubo y forma una capa extra de material, que a menudo presenta una resistencia térmica. No debe confundirse con la corrosión que se produce debajo de la capa de incrustación, como se mencionó anteriormente. El uso cuidadoso de materiales resistentes a la corrosión, como el acero inoxidable, es un factor clave para prevenir este tipo de ensuciamiento.

PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL ENSUCIAMIENTO

En todos los casos, la prevención es la mejor solución: la prevención o reducción de las incrustaciones será más económica y eficaz para mantener el rendimiento del intercambiador de calor que los procesos de eliminación o la limpieza.

Algunos de los métodos para reducir cada tipo de ensuciamiento ya han sido discutidos. El uso de tubos corrugados en la fabricación de intercambiadores de calor, como lo hace HRS, es beneficioso para prevenir tanto el ensuciamiento por deposición como el ensuciamiento químico. El ensuciamiento por deposición se reduce debido a mayores niveles de turbulencia a velocidades de fluido más bajas, mientras que el ensuciamiento químico a menudo se reduce debido a que los coeficientes de transferencia térmica mejorados, producidos por el tubo corrugado, dan como resultado



Los tubos corrugados se han demostrado eficaces para reducir numerosos tipos de ensuciamiento

temperaturas de la pared del tubo más cercanas a la temperatura de los fluidos de trabajo.

La superficie del intercambiador de calor también influye, siendo las superficies rugosas las que acumulan más partículas, aumentando el ensuciamiento. Las superficies lisas y pulidas, que se pueden lograr en tubos de acero inoxidable 304 ó 316, también ayudan a minimizar el ensuciamiento.

LANZAMIENTO DE LAS NUEVAS ETIQUETAS

Si bien algunas formas de ensuciamiento son inevitables, un diseño cuidadoso y la elección del intercambiador de calor correcto, por ejemplo, utilizando tubos corrugados, puede hacer mucho para minimizar los efectos. El primer paso siempre debe ser analizar el producto y los fluidos de servicio para calcular los factores de ensuciamiento precisos, para posteriormente, elegir un buen diseño que garantice velocidades, temperaturas y otros parámetros operativos adecuados.

El diseño también ha de tener en cuenta la probabilidad de ensuciamiento y la frecuencia requerida de inspección y limpieza, e incluirá características para hacer que estos procesos sean lo más rápidos y sencillos posible, como paneles de inspección integrados y tubos extraíbles.

Sin duda, proporcionar la mayor cantidad de información en la fase de diseño es la mejor manera de que los intercambiadores de calor funcionen correctamente durante muchos años.

