



SEDITESA

SERVICIOS Y DISTRIBUCIONES TÉCNICAS, S.L.
COMERCIO,11- Tel. 934 227 022* - fax 934 227 690
08902 L'HOSPITALET DE LL. (Barcelona) - SPAIN
E-mail: seditesa@seditesa.es

¿Puede emplearse vapor sobrecalentado en los intercambiadores de calor y otros procesos de calentamiento?

Aunque no es el medio ideal para transferir calor, el vapor sobrecalentado se emplea a veces en plantas de todo el mundo, especialmente en la industria de derivados del petróleo, que produce combustibles y compuestos petroquímicos. En buena medida ello es así porque en esas industrias el vapor sobrecalentado está disponible, ya que se produce para su empleo en la generación de energía (turbinas) y no porque el vapor sobrecalentado tenga ventaja alguna respecto al vapor saturado, en los procesos de calentamiento. A este respecto es preciso destacar que en la mayoría de los procesos de calentamiento debe emplearse vapor saturado, incluso si es necesario para ello atemperar el vapor sobrecalentado.

En la industria petroquímica es habitual atemperar el vapor sobrecalentado hasta lograr una temperatura no superior a diez grados de sobrecalentamiento. Este pequeño grado de sobrecalentamiento se elimina fácilmente en los primeros tramos de la superficie del intercambiador. Es recomendable no emplear mayores niveles de sobrecalentamiento que, a menudo, crean dificultades en el calentamiento y/o exigen dimensionamientos antieconómicos de los intercambiadores.

Existen varias razones que explican por qué el vapor sobrecalentado es menos adecuado que el saturado como medio de calefacción.

En primer lugar, el vapor sobrecalentado ha de enfriarse hasta la temperatura de saturación para poder ceder su calor latente (entalpía de evaporación); pero la cantidad de calor cedida por el vapor sobrecalentado hasta que alcanza su temperatura de saturación es relativamente pequeña en comparación con su entalpía de evaporación.

Si el vapor tiene sólo un pequeño grado de sobrecalentamiento, esta pequeña cantidad de calor es cedida rápidamente antes de empezar a condensar. En cambio, si el vapor es muy sobrecalentado, su enfriamiento puede requerir un tiempo largo, durante el cual el vapor libera muy poca energía.

En segundo lugar, a diferencia del vapor saturado, la temperatura del vapor sobrecalentado no es uniforme. El vapor sobrecalentado, para ceder calor tiene que enfriarse, mientras el vapor saturado cede calor cambiando de fase (con-

densando) a temperatura constante. Ello implica que, cuando se emplea vapor sobrecalentado, habrá diferencias de temperatura entre diferentes puntos de la superficie de calentamiento, dando lugar a un calentamiento no uniforme del producto que se pretende calentar.

El empleo de vapor sobrecalentado favorece además el ensuciamiento de los tubos debido a su temperatura más elevada; ello puede dar lugar a la existencia de puntos calientes y a daños mecánicos.

Este razonamiento muestra que, en aplicaciones de calentamiento, el vapor con un alto grado de sobrecalentamiento es de poca utilidad porque:

- Cede poco calor hasta que ha alcanzado la temperatura de saturación.
- Genera diferencias de temperatura en la superficie de intercambio a medida que va disminuyendo su propia temperatura.
- Da flujos de calor pequeños mientras sigue sobrecalentado.
- Requiere mayores áreas de superficie de intercambio.

Por todo ello, el vapor sobrecalentado no es tan eficaz como el saturado en aplicaciones de intercambio térmico. Esto puede parecer contradictorio, pues el flujo de calor a través de una superficie es proporcional a la diferencia de temperatura en ambos lados de la misma, y si el vapor sobrecalentado tiene una temperatura más alta que el vapor saturado a la misma presión, ¿no debería transmitir más calor? La respuesta es NO. Veamos por qué.

Es cierto que la diferencia de temperatura tiene influencia en el flujo de transferencia de calor, como muestra la siguiente ecuación:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde:

Q = calor transmitido por unidad de tiempo (vatios)

U = coeficiente global de intercambio de calor (vatios/m²·°C)

A = área de transferencia de calor (m²)

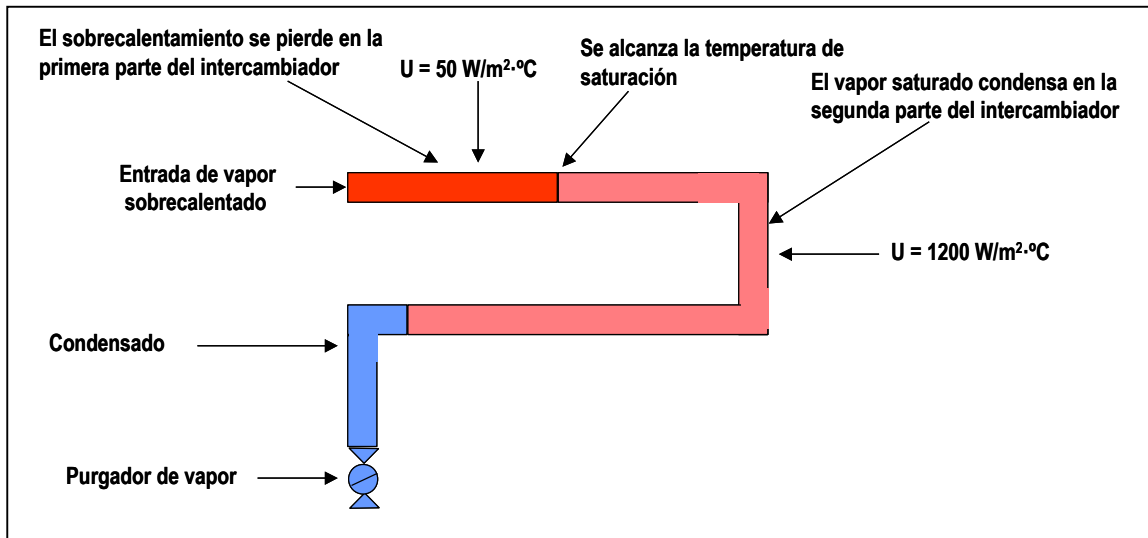
ΔT = diferencia de temperatura entre el fluido primario y el secundario (°C)

Esta ecuación nos indica que el flujo de calor depende de ΔT, pero también de U y A.

Para una aplicación dada, el área A es fija; pero no puede decirse lo mismo del valor de U. Y esta es la gran diferencia entre el vapor saturado y el sobrecalentado. El valor de U para el vapor sobrecalentado es *siempre* muy inferior al del vapor saturado.

En una aplicación típica, tal como un serpentín horizontal por cuyo interior circula el vapor y en cuyo exterior hay agua que deseamos calentar, el valor de U para el vapor sobrecalentado puede variar entre 50 y 100 vatios/m²·°C, mientras para el vapor saturado vale alrededor de 1200 vatios/m²·°C. En un intercambiador de carcasa y tubos, U puede valer 100 vatios/m²·°C para el vapor

sobrecalentado y alrededor de 500 para el vapor saturado. Todo ello se muestra gráficamente en la siguiente figura:



En resumen, aunque la temperatura del vapor sobrecalentado sea siempre superior a la del vapor saturado a la misma presión, su capacidad de transferir calor es más pequeña. El efecto global es que el vapor sobrecalentado es mucho menos eficaz que el saturado para transferir calor a igualdad de presión.

Por otra parte, no sólo la transferencia de calor es menos efectiva empleando vapor sobrecalentado, sino que, además, la cantidad de calor realmente transferida es muy difícil de calcular, pues en la ecuación anterior el valor de ΔT varía de un punto a otro de la superficie de intercambio.

Por ello, el diseño de intercambiadores de calor empleando vapor sobrecalentado es un proceso complicado y cuyos resultados son relativamente poco fiables. En todo caso lo que es obvio es que, como el vapor es sobrecalentado es menos eficaz que el saturado para transferir calor, los equipos de intercambio necesario para realizar un proceso deberán ser de mayor tamaño (y por tanto más caros) si se emplea vapor sobrecalentado en lugar de vapor saturado. Si no es posible evitar el empleo de vapor sobrecalentado, el sobrecalentamiento de éste no debería ser superior a 10 °C , de manera que el vapor alcance rápidamente la temperatura de saturación.

Si se respeta este principio, el intercambiador puede diseñarse como si fuera a funcionar con vapor saturado y añadirle una pequeña área de intercambio para compensar la escasa eficiencia de la zona donde el vapor estará sobrecalentado. Como regla práctica aproximada puede adoptarse la de añadir un 1% de área por cada 2 °C de recalentamiento.

No es recomendable emplear vapor con más de 10°C de sobrecalentamiento, por el aumento de la superficie de intercambio necesaria, los problemas de ensuciamiento que crea y el riesgo de calentamiento excesivo y/o no uniforme del producto.

Todo lo dicho hasta aquí es válido para aplicaciones en las cuales el vapor fluye a través de pasos relativamente estrechos, tales como los intercambiadores de calor, tanto si son de carcasa y tubos como de placas.

En algunas aplicaciones, sin embargo, la utilización de vapor sobrecalentado puede que no presente inconvenientes apreciables; esto podría ocurrir, por ejemplo, en un secador de cilindros en una máquina de papel. En este caso, con grandes superficies de intercambio, la temperatura del vapor cae rápidamente por lo que el proceso es prácticamente equivalente al empleo de vapor saturado.