

Escuela: ETOA

Docente: Gaitan María Cristina.

Año: 6º 2. Ciclo Orientado Química.

Turno: mañana.

Área curricular: Operaciones Unitarias y Control de proceso I.

Título: Intercambiador de calor.

Capacidades a desarrollar:

El alumno pueda conocer y analizar los contenidos relacionados con intercambiadores de calor. Participar activamente en la producción escrita de la guía pedagógica.

Mecanismos básicos de transferencia de calor

La transferencia de calor puede verificarse por medio de uno o más de los tres mecanismos de transferencia: conducción, convección o radiación.

1. **Conducción**: por este mecanismo, el calor puede ser **conducido** a través de sólidos, líquidos y gases. La se verifica mediante la transferencia de energía cinética entre moléculas adyacentes. En un gas las moléculas “más calientes”, que tienen más energía y movimiento, se encargan de impartir energía a moléculas colindantes que están a niveles energéticos más bajos. Este tipo de transferencia siempre está presente, en mayor o menor grado, en sólidos, líquidos y gases en los que existe un **gradiente de temperatura**. En la conducción la energía también se transfiere por medio de electrones “libres”, un proceso muy importante en los sólidos metálicos. Entre los ejemplos en los que la transferencia se verifica ante todo por conducción, se cuentan la transferencia a través de paredes o intercambiadores de una nevera, el tratamiento térmico en el forjado de acero, la congelación del suelo durante el invierno, etcétera.

2. **Convección**. La transferencia de calor por convección implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Además, con frecuencia incluye también el intercambio de energía entre una superficie sólida y un fluido. Conviene aclarar que hay una diferencia entre la transferencia de calor por convección forzada en la que se provoca el flujo de un fluido sobre una superficie sólida por medio de una bomba, un ventilador, u otro dispositivo mecánico y la **convección libre o natural**, en la cual un fluido más caliente o más frío que está en contacto con la superficie sólida causa una circulación debido a la diferencia de densidades que resulta del gradiente de temperaturas en el fluido. Ej: la pérdida de calor en el radiador de un automóvil (un ventilador hace circular aire), la cocción de alimentos en un recipiente que se agita, el enfriamiento de una taza de café caliente al soplar en su superficie.

3. **Radiación**: La radiación es la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas.

INTERCAMBIADOR DE CALOR

En las industrias de proceso, la transferencia de calor entre dos fluidos casi siempre se lleva a cabo en intercambiadores de calor. El tipo más común es uno en el cual el fluido caliente y el frío no entran en contacto directo el uno con el otro, sino que están separados por una pared de tubos o una superficie plana o curva. La transferencia de calor se efectúa por convección desde el fluido caliente a la pared o la superficie de los tubos, a través de la pared de tubos o placa por conducción, y luego por convección al fluido frío.

Tipos de intercambiadores

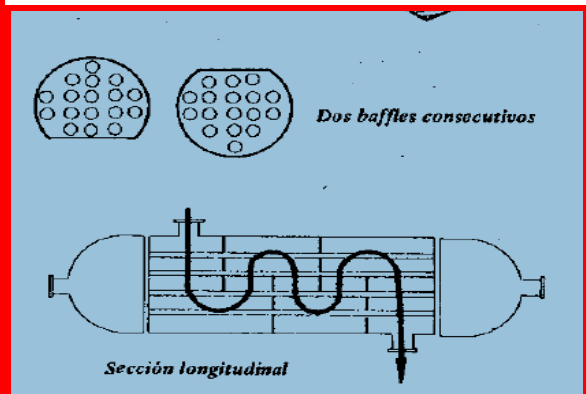
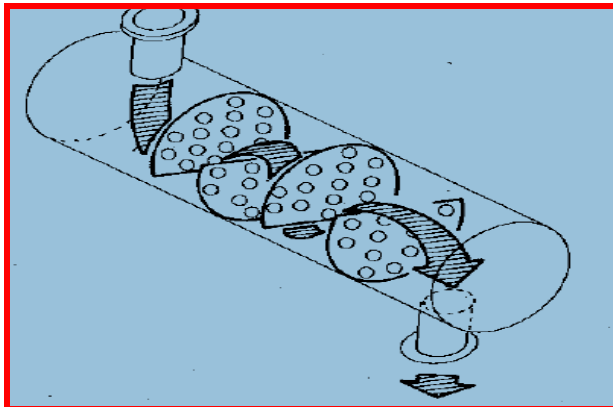
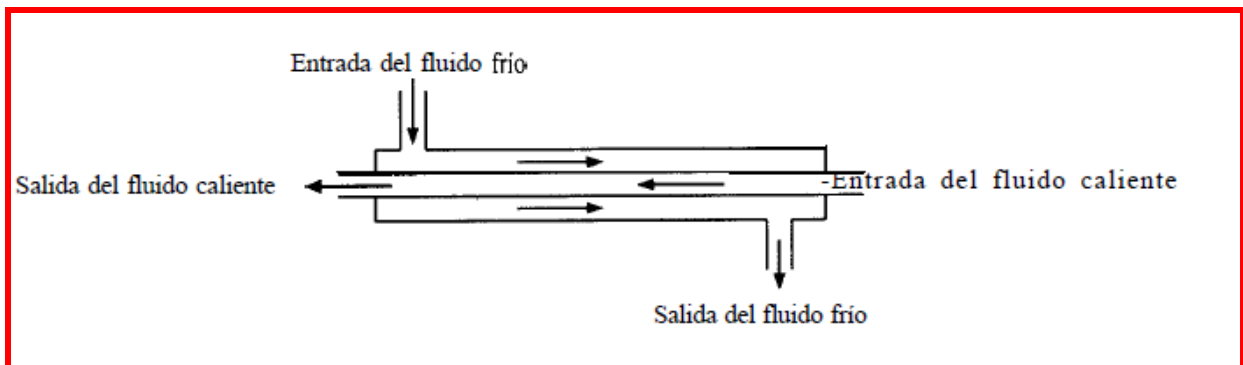
Intercambiador de calor de doble tubo: Es el intercambiador más simple, donde uno de los fluidos fluye en el interior de una tubería y el otro lo hace en el espacio anular entre ambas tuberías. Los fluidos pueden circular en paralelo o a contracorriente. El intercambiador puede fabricarse con un simple par de tubos adaptando las conexiones en los extremos, o con varios pares interconectados en serie. Este tipo de intercambiador es útil principalmente para velocidades de flujo bajas.

Intercambiadores de tubos y coraza. Cuando se manejan flujos más grandes se usa un intercambiador de tubos y coraza, que es el tipo más importante en las industrias de proceso. Los flujos de estos intercambiadores son continuos. Se usan muchos tubos en paralelo con uno de los fluidos circulando en su interior. Los tubos, distribuidos en forma de manojo, están encerrados en una sola coraza y el otro fluido fluye por el exterior de los tubos, dentro de la coraza. En la figura se muestra el modelo más simple de intercambiador de tubos y coraza que corresponde a un solo paso por los tubos y un solo paso por la coraza, es decir, se trata de un intercambiador I-I a contracorriente. El fluido frío entra y circula por los tubos en paralelo en un solo paso, mientras que el fluido caliente entra por el otro extremo y fluye a contracorriente por el exterior de los tubos. Se usan deflectores transversales de tal manera que el fluido se ve forzado a fluir perpendicularmente por la batería de tubos en lugar de hacerlo en paralelo. Esta turbulencia adicional generada por el flujo transversal, aumenta el coeficiente de transferencia de calor de la coraza.



FIGURA 4.9-2. Intercambiadores de calor de tubos y coraza: a) un paso por la coraza y un paso por los tubos,

Intercambiador de doble tubo contracorriente



Intercambiador de casco y tubo

CALCULO ENERGETICO PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR

1. Expresiones de los balances entálpicos.

La mayor parte de los procesos químicos se realizan en forma continua, por lo que interesa referirse a la transferencia de calor por unidad de tiempo.

Llamaremos W al flujo másico (kg/s) de una corriente.

El subíndice h indicará referencia al fluido caliente, y la c designará al fluido frío. La notación viene del inglés (hot - cold) y se decide mantenerla por ser la utilizada por la mayoría de los autores.

En todos los casos, el subíndice 1, indicará condiciones de entrada al equipo, mientras que el 2 indicará condiciones de salida.

Al referirnos a temperaturas, para economizar subíndices, se empleará la letra T para las temperaturas del fluido caliente, mientras que t designará la temperatura del fluido frío.

Llamaremos Q a la cantidad de calor intercambiada por unidad de tiempo (J/s).

Si una corriente caliente cede calor a un medio que lo recibe, sufrirá una disminución de su entalpía, y será:

$$Q = W_h (H_{h1} - H_{h2}) \quad (1.1)$$

Donde H es la entalpía específica (J/kg)

Si dicho fluido experimenta un enfriamiento sin cambio de fase, la diferencia de entalpía puede expresarse como

$$H_{h1} - H_{h2} = c_h (T_1 - T_2) \quad (1.2)$$

Donde c indica calor específico (J/kg K).

Se puede decir entonces que

$$Q = W_h c_h (T_1 - T_2) \quad (1.3)$$

Si en cambio el fluido es un vapor puro que se encuentra saturado a una cierta presión, al ceder calor sufrirá una condensación isotérmica, y será

$$H_{h1} - H_{h2} = \lambda_h \text{ (calor de condensación)} \quad (1.4)$$

Por lo tanto, en este caso

$$Q = W_h \lambda_h \quad (1.5)$$

Si se trata de una mezcla de vapores, la condensación no será en general, isotérmica, y deberá entonces utilizarse la expresión (1.1) calculándose H_{h1} como la entalpía específica de la mezcla de vapores en su estado inicial, y H_{h2} como la entalpía del líquido condensado en su estado final.

Puede ocurrir también que el fluido caliente sea un vapor recalentado que inicialmente sufra un enfriamiento hasta alcanzar su temperatura de condensación, para luego ceder calor en forma isotérmica cambiando de fase. A su vez esta condensación puede estar seguida de un enfriamiento posterior del líquido condensado. En este caso, también debe aplicarse la (1.1) calculándose las entalpías de los estados inicial y final.

El calor cedido por un fluido caliente, será a su vez recibido por un fluido frío. Este fluido sufrirá la evolución inversa de alguna de las analizadas previamente.

Si el fluido se calienta sin cambiar de fase, el calor recibido será:

$$Q = W_c c_c (t_2 - t_1) \quad (1.6)$$

y si sufre una evaporación isotérmica:

$$Q = W_c \lambda_c \quad (1.7)$$

Siendo λ_c el calor de evaporación. Para cualquier situación genérica será:

$$Q = W_c (H_{c2} - H_{c1}) \quad (1.8)$$

Obviamente, el calor cedido por el fluido caliente debe ser igual al recibido por el fluido frío, y entonces

$$Q = W_h (H_{h1} - H_{h2}) = W_c (H_{c2} - H_{c1}) \quad (1.9)$$

Esta expresión toma las siguientes formas particulares:

- a) Intercambio de calor entre dos fluidos sin cambio de fase.

$$W_h c_h (T_1 - T_2) = W_c c_c (t_2 - t_1) \quad (1.10)$$

- b) Condensación de un vapor puro saturado con un medio refrigerante que intercambia calor sensible.

$$W_h \lambda_h = W_c c_c (t_2 - t_1) \quad (1.11)$$

- c) Evaporación de un líquido puro saturado con un medio calefactor que intercambia calor sensible.

$$W_h c_h (T_1 - T_2) = W_c \lambda_c \quad (1.12)$$

- d) Evaporación de un líquido puro saturado con vapor de calefacción

$$W_h \lambda_h = W_c \lambda_c \quad (1.13)$$

2. Área de transferencia y coeficiente de transferencia de calor

Para que pueda realizarse una transferencia de calor entre dos fluidos es necesario:

- Que exista una diferencia de temperaturas entre ellos. Cuanto mayor sea esa diferencia de temperaturas, tanto mayor será la velocidad de transmisión de calor.
- Que ambos fluidos estén separados por una superficie a través de la cual pueda transferirse el calor. A esta superficie se la llama área de transferencia A . Por ejemplo, si uno de los fluidos circula por el interior de un tubo, y el otro se encuentra en el exterior del mismo, el área de transferencia será el área lateral del tubo. Puede intuitivamente imaginarse que cuanto mayor sea el área de contacto entre dos fluidos, mayor será la cantidad de calor que puede transferirse por unidad de tiempo entre ellos.

Las dos afirmaciones anteriores pueden resumirse en la siguiente expresión

$$Q = U A \Delta T \quad (2.1)$$

Donde la constante de proporcionalidad U recibe el nombre de coeficiente global de transmisión de calor, y ΔT es la diferencia de temperatura entre los dos fluidos.

Vemos entonces que se presentan dos tipos de ecuaciones en los problemas de transmisión de calor entre fluidos.

Las ecuaciones (1.1) a (1.13) están asociadas a los balances de calor. Permiten calcular la cantidad de calor que debe ser transferida para lograr una determinada condición de proceso sobre las corrientes que participan del intercambio.

Son ecuaciones que están asociadas a un planteo exclusivamente termodinámico del problema, y son totalmente independientes del diseño del equipo en el que se concretará el proceso.

En cambio, la ecuación (2.1) es una ecuación de cinética de transferencia de calor. La misma permite calcular el área de equipo necesaria para lograr la transferencia de calor Q entre dos corrientes cuya diferencia de temperatura es ΔT . Esta área depende del coeficiente de transferencia U , el cual puede variarse modificando las características de diseño del aparato. El objetivo básico de diseño, será lograr el mayor valor posible del coeficiente U que sea compatible con las restricciones impuestas por el proceso.

En todo problema de diseño de equipos participan ambos tipos de ecuaciones, es decir que siempre habrá que combinar una ecuación de balance con una ecuación cinética, que será en definitiva la que permita decidir si el área del equipo es suficiente para cumplir con el objetivo deseado.

El tercer tipo de ecuaciones que debe plantearse son las que permiten calcular el valor del coeficiente de transferencia de calor U . En este punto está centrada casi toda la ciencia y el arte del diseño. El mismo se calcula en función de los coeficientes peliculares como se verá a continuación.

3. Expresión del coeficiente de transmisión de calor en función de los coeficientes peliculares

Supongamos un tubo en cuyo interior se encuentra un fluido caliente a una temperatura T .

Sea D_i el diámetro de la superficie interna del tubo y D_o el diámetro de la superficie externa.

En el diseño de intercambiadores de calor se debe considerar las siguientes especificaciones:

- Especificaciones sobre la performance térmica.
- Especificaciones sobre la pérdida de carga de las corrientes.
- Coeficientes de ensuciamiento.
- Limitaciones geométricas.

Actividades:

1. Mencione tipos de mecanismos de transferencia de calor.
2. ¿La transferencia de calor por convección sucede en los sólidos?
3. ¿Cuál es la diferencia entre convección natural y forzada?
4. ¿Cuál es el tipo de intercambiador más usado en la industria de proceso?
5. ¿Qué es un deflector?
6. ¿Qué es circulación en cocroriente y contracorriente?
7. ¿Qué calor experimentan cuando se emplea un líquido puro saturado como medio calefactor?

Mail: mcrgaitan@gmail.com

Director: Grosso Jorge.