

Presentación

Es para mi una satisfacción presentar este libro de mi buen amigo el profesor Ángel Luis Miranda por un doble motivo, primero por el hecho de haber colaborado ambos en otros dos relacionados con el ahorro energético y con la economía del hidrógeno, y segundo por haber iniciado conjuntamente, en fecha muy reciente, la singladura de la Asociación Catalana del Hidrógeno con una clara vocación docente y de servicio a la sociedad.

Desde hace años el profesor Ángel Miranda dedica una perseverante atención a las tecnologías que directa o indirectamente tienen relación con la energía en general y los procesos de transmisión de calor en particular. Y me consta que es un apasionado de aquellos que están relacionados con lo que se ha dado en llamar técnicas avanzadas o nuevas tecnologías. Y de esto trata el presente libro.

Los tubos de calor son unos dispositivos que permiten el transporte de calor, con una resistencia térmica muy baja, desde un depósito térmico caliente hasta otro más frío que los expertos llaman “sumidero”. Su estructura es similar a la de la bomba de calor pero hay una diferencia fundamental, el tubo de calor no necesita aporte de trabajo mecánico en cuanto que el calor se transfiere desde un depósito térmico a otro que está a menor temperatura. La bomba de calor consigue trasladar el calor desde el depósito frío a otro más caliente pero necesita que se le aporte trabajo para conseguirlo, trabajo que nunca es gratuito.

Los tubos de calor se conocen desde hace bastantes años; una versión muy sencilla, el llamado tubo Perkins, fue patentada a mediados del siglo XIX. Richard S. Gaugler en 1944 emitió para la General Motors la primera patente titulada “Heat Transfer Device”. En 1963 M. Grover del laboratorio de Los Álamos, dio la versión definitiva y el nombre “Heat Pipe” que traduciremos por “Tubo de calor”.

Entre 1963 y 1970 las aplicaciones se circunscriben a lo que antes hemos descrito como técnicas avanzadas: aeronáutica, convertidores termoiónicos, industria nuclear. A partir de la década de los 70, se empiezan a utilizar en numerosos campos de la ingeniería relacionados directa o indirectamente con la transmisión de calor.

W. B. Hall en 1964 presenta una patente de un tubo de calor de conductancia variable.

En 1976 S. W. Chi publica “Heat pipe theory and practice” donde fija la teoría básica, aunque ya era conocida, de los diferentes tipos de tubos de calor.

Los tubos de calor son dispositivos realmente muy sencillos; acostumbran a tener forma de “tubo” rectilíneo pero pueden adoptar la forma que haga falta para que el

evaporador y el condensador encajen en los respectivos depósitos térmicos. La parte más interesante, y la teóricamente más compleja, es el relleno poroso, una estructura destinada a generar la presión de bombeo por capilaridad suficiente para vencer las resistencias que se oponen al movimiento de los fluidos. Hay que advertir que los tubos de calor no son la panacea de cualquier aplicación térmica ni son unos dispositivos que tengan fantásticos coeficientes de transmisión de calor. Simplemente transportan el calor de una forma eficiente entre dos puntos. Si el calor transportado desde el evaporador al condensador no puede disiparse correctamente el tubo de calor no realizará la función que nosotros habíamos imaginado. Imaginemos un buen sistema disipador de calor y un foco caliente pero que el sistema disipador no pueda penetrar por su forma o su tamaño en el foco caliente. Un tubo de calor sí que puede realizar esta función conectando el sistema disipador con el foco caliente y lo puede hacer con una altísima eficiencia.

En nuestro país se utiliza poco; con esta aportación del profesor Ángel Miranda creo que se contribuirá a su divulgación.

Mario Aguer Hortal

Presidente de la Asociación Catalana del Hidrógeno

Características generales de los tubos de calor

1. Introducción

El tubo de calor es un dispositivo que permite transportar cantidades relativamente grandes de calor a través de una sección de paso pequeña. El mecanismo consiste en utilizar un sistema evaporador condensador en el que el líquido se desplaza impulsado por capilaridad. En la figura 1.1 se muestra un esquema básico del tubo de calor. No es indiferente que la posición sea horizontal o inclinada. En esencia se trata de un tubo hueco con un revestimiento poroso que puede adoptar múltiples formas con un espacio central vacío para que pueda desplazarse el vapor. En la interfaz cóncava líquido vapor (ver figura 1.2) de la sección del evaporador la tensión superficial hace que la presión del vapor sea mayor que la del líquido. El vapor transmite esta presión al condensador lo que facilita el tránsito del líquido. Si el evaporador está situado debajo del condensador la gravedad ayuda el desplazamiento del líquido, sin embargo la fuerza capilar puede ser suficiente para impulsar el líquido aún en el caso desfavorable de que el condensador esté situado por debajo del evaporador. Si el relleno poroso es innecesario, el dispositivo recibe el nombre de *tubo de Perkins*. Los fluidos de trabajo dependen de las temperaturas que tengamos en las fuentes y en los sumideros de calor. Para altas temperaturas puede emplearse *litio* o *sodio*, para

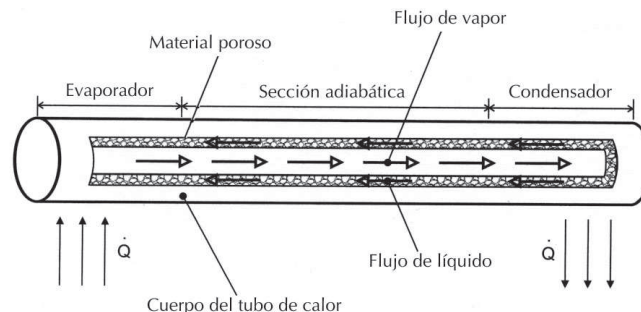


Figura 1.1 Esquema general de un tubo de calor

Tubos de calor

temperaturas medias, *agua* o *etanol* y para temperaturas más bajas, *amoníaco* o *metanol*. Hemos citado los fluidos más frecuentes, pero hay que tener en cuenta que la lista es mucho más completa.

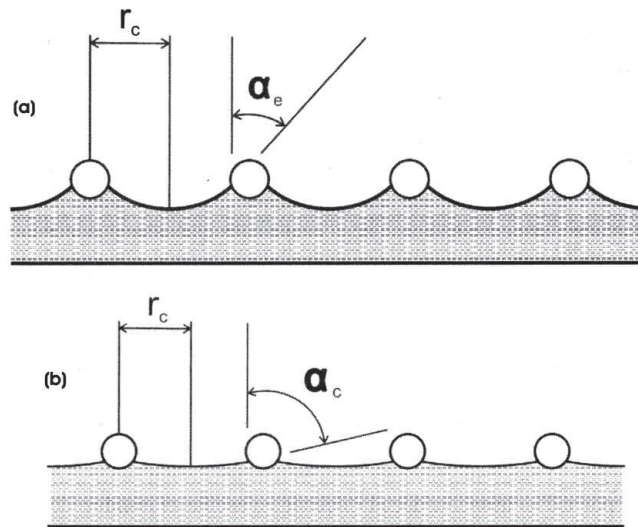


Figura 1.2 a) Menisco de líquido en el evaporador. b) Menisco de líquido en el condensador.

2. Características de los fluidos de trabajo

- ❖ Debe ser una sustancia inerte respecto al recipiente que lo contiene para evitar ataques químicos.
- ❖ Debe tener un calor latente de evaporación alto con la finalidad de que pequeñas masas de fluido transporten elevadas cantidades de energía latente.
- ❖ Elevada tensión superficial.
- ❖ Una viscosidad baja. Estas dos últimas propiedades para mejorar el bombeo capilar del líquido a través del relleno poroso.
- ❖ Una conductividad térmica alta del líquido para hacer más pequeña la caída de temperaturas en el evaporador y en el condensador.

Algunas de estas propiedades están recogidas en un parámetro característico llamado *factor de transporte "merit number"*, **M**, definido a partir de la expresión:

$$\mathbf{M} = \frac{\rho_1 \sigma_1 h_{fg}}{\mu_1} \quad (1)$$

donde ρ_1 es la densidad del líquido,