

T2A DILATACIÓN TÉRMICA DE SÓLIDOS

OBJETIVOS

Estudiar cómo varían las dimensiones de un sólido cuando cambia su temperatura.

Determinar el coeficiente de dilatación lineal de varios metales.

MATERIAL

Tubos huecos de diferentes materiales (aluminio, latón y cobre), dilatómetro, generador de vapor, termómetro, manoplas.

FUNDAMENTO TEÓRICO

En general, el volumen de los cuerpos aumenta al elevar su temperatura, si permanece constante la presión ejercida sobre ellos. A nivel microscópico, la dilatación térmica de los sólidos sugiere un aumento en la separación media entre sus átomos y moléculas constituyentes.

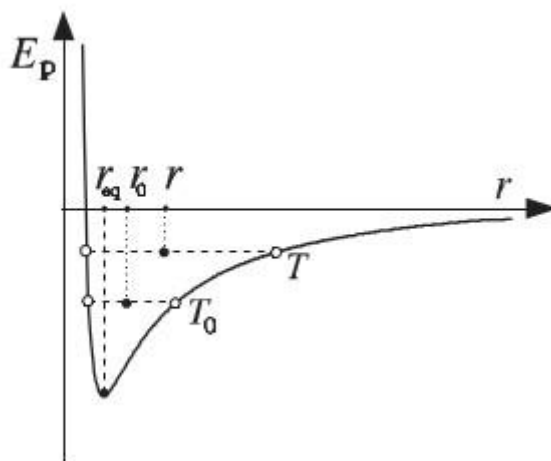


Figura 1.- Energía potencial asociada a dos átomos adyacentes en un sólido

La energía potencial, E_p , asociada a dos átomos contiguos, expresada en función de su separación r , viene representada gráficamente por una curva asimétrica (Figura 1) en la que los segmentos horizontales, correspondientes a diferentes temperaturas del sólido, indican los posibles valores de la separación interatómica. Para una energía de vibración dada, por ejemplo T_0 , la separación entre los átomos cambiará periódicamente entre unos valores mínimo y máximo de la distancia y, en virtud de la asimetría de la curva de la energía potencial, la separación media entre los átomos (r_0) será mayor que la correspondiente al equilibrio (r_{eq}). Si la temperatura del cuerpo aumenta (T), tendrá una energía de vibración mayor, y la separación media entre los átomos (r) será todavía más grande, lo que implica la dilatación del sólido a escala macroscópica. Si la curva $E_p(r)$ representada en la figura 1 fuese simétrica, la separación media entre los átomos sería igual a la correspondiente al equilibrio independientemente de la amplitud de las vibraciones de los átomos, es decir, de su temperatura, y no existiría dilatación.

Un aspecto interesante del estudio de la dilatación térmica es su conexión con las propiedades atómicas y moleculares de los sólidos, ya que la dilatación térmica es una consecuencia de la asimetría de la curva de energía potencial característica del estado sólido.

En un sistema termodinámico gobernado por las variables presión, volumen y temperatura (P, V, T), se define el coeficiente de dilatación térmica isobárica, α , como la razón entre el incremento unitario del volumen y el incremento de la temperatura, manteniendo la presión constante:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (1)$$

este coeficiente α expresa la velocidad de cambio del volumen de un cuerpo con respecto a la temperatura.

A partir de la ecuación (1) se puede obtener el volumen de un sólido en función de la temperatura a la que se encuentra, cuando la presión ejercida sobre el mismo permanece constante, y viene dado por:

$$\frac{dV}{V} = \alpha dT \Rightarrow V = V_0 e^{\alpha (T - T_0)} \quad (2)$$

siendo V_0 el volumen del cuerpo a la temperatura T_0 y V el volumen a la temperatura T .

En muchas situaciones prácticas, podemos simplificar la ecuación (2) si se verifica que: (i) el proceso es isobárico, (ii) el coeficiente de dilatación es muy pequeño y permanece prácticamente constante y (iii) que la variación de volumen sea suficientemente pequeña.

En este caso tendremos:

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T} \Rightarrow V = V_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3)$$

En esta práctica vamos a analizar cómo varía la longitud de un tubo hueco en función de la temperatura. En este caso, se define el coeficiente de dilatación lineal, α_L , de la forma:

$$\alpha_L = \frac{1}{L} \left(\frac{\partial L}{\partial T} \right)_P \quad (4)$$

Bajo las mismas condiciones enunciadas anteriormente, se puede simplificar el cálculo de α_L , obteniendo:

$$\alpha_L = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T} \Rightarrow L = L_0 (1 + \alpha_L \Delta T) \Rightarrow \frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T \quad (5)$$

siendo L_0 la longitud inicial del tubo a la temperatura T_0 , L la longitud a la temperatura T , $\Delta L = L - L_0$ y $\Delta T = T - T_0$. α_L se interpreta como el aumento unitario de longitud que experimenta una varilla cuando su temperatura aumenta 1 K. En general α_L depende de la temperatura, aunque en un intervalo no muy grande de temperaturas se puede considerar constante. La expresión (5) permite obtener experimentalmente el valor del coeficiente de dilatación lineal sin más que medir la longitud de la barra a una determinada temperatura y sus incrementos de longitud en función de la variación de la temperatura.

METODOLOGÍA

El dispositivo experimental consiste en un tubo hueco, de longitud inicial L_0 a la temperatura ambiente T_0 , a través del cual circula vapor de agua procedente de un generador de vapor.

ATENCIÓN: El generador de vapor NO se debe abrir. En caso necesario contactar con un profesor o técnico de laboratorio.

El tubo se mantiene sujeto por uno de sus extremos mientras que el extremo opuesto puede desplazarse libremente y se conecta a un dilatómetro de reloj. El dilatómetro consiste en una barra fija por uno de sus extremos y apoyada sobre un soporte. Cuando calentamos la varilla su longitud aumenta, lo que produce un giro del tope alrededor de su eje en el sentido de las agujas del reloj; una aguja, solidaria con el tope, se desplaza sobre una escala, previamente calibrada, y permite medir las variaciones de longitud de la barra. Si por el contrario la temperatura del tubo disminuye, el dilatómetro girará en sentido opuesto a las agujas del reloj. Se conoce que 1 división del dilatómetro equivale a una distancia de 0.01 mm. Se ha de tener en cuenta que la longitud inicial del tubo L_0 corresponde a la temperatura a la cual ponemos a cero el dilatómetro y comenzamos a realizar las medidas.

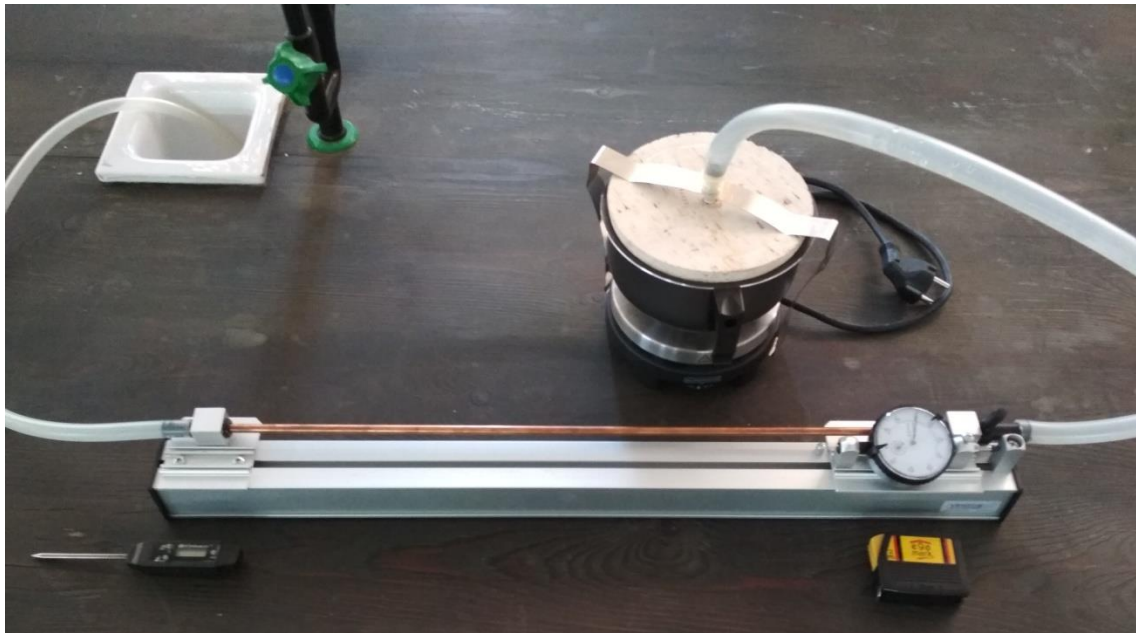


Figura 2.- Dispositivo experimental

El experimento consiste en calentar el tubo hasta la temperatura del vapor del agua, y a medida que se enfríe el tubo se irán registrando valores de temperatura y longitud de la barra.

PRECAUCIÓN: NO tocar el tubo con las manos, ya que puede estar caliente. Usar las manoplas.

Para la correcta realización del experimento, hay que tener en cuenta lo siguiente:

Comprobar que el tubo está instalado correctamente entre los conectores girándolo durante unos segundos para probar que está bien conectado.

Comprobar que el generador de vapor tiene agua hasta la mitad del cazo. No tapar ni doblar el tubo de salida del vapor o las mangueras de conexión.

Conectar una manguera del generador de vapor al tubo y la otra manguera del tubo cercano al dilatómetro al desagüe.

Conectar a la red eléctrica la placa calefactora del generador de vapor y poner el nivel de calentamiento en 4. Dejar que pase, durante unos minutos, vapor de agua a través del tubo hasta que se establezca la temperatura del mismo, y el tubo se dilate al máximo.

Apagar la placa calefactora y desconectar las dos mangueras que están conectadas al tubo.

Introducir un termómetro en el interior del tubo por el extremo opuesto al dilatómetro. Poner el indicador del dilatómetro a cero y registrar la temperatura. A medida que se enfría el tubo, a partir aproximadamente de 70 °C, anota los valores de las parejas temperatura y marcas del dilatómetro. Se procederá de este modo hasta que la temperatura descienda hasta unos 30 °C. Realiza este experimento para las tres barras suministradas.

RESULTADOS

Representa gráficamente ΔL en función de ΔT y comprueba si existe una relación lineal entre ambas magnitudes. Utiliza un programa gráfico para realizar las representaciones gráficas.

A partir de la ecuación (5), realiza la gráfica adecuada para obtener el coeficiente de dilatación lineal. Calcula sus errores, tanto absoluto como relativo.

Realiza el experimento para tres tubos de diferente material.

Comprueba y discute cómo concuerdan tus resultados experimentales del coeficiente de dilatación lineal con los valores tabulados en la literatura para cada material del tubo.

CUESTIONES

- 1.- Explica las posibles causas del error experimental del coeficiente de dilatación lineal que has obtenido.
- 2.- ¿Por qué las medidas experimentales se han realizado durante el proceso de enfriamiento del tubo y no durante el calentamiento?
- 3.- ¿Qué crees que sucede con el diámetro interior del tubo cuando aumenta la temperatura: aumenta o disminuye de tamaño?
- 4.- Calcula a partir del coeficiente de dilatación del acero, ¿cuánto se dilatará un puente de acero de 40 m de longitud que está expuesto a variaciones de temperatura de 40 °C?
- 5.- Enumera dispositivos e instrumentos que hagan uso de la dilatación lineal de sólidos.
- 6.- La aproximación de que α sea aproximadamente constante, ¿es igual de válida en todos los casos analizados en este experimento?