

Estudio de la difusividad térmica en una barra de cobre aislada



Ailín Sansalone, Rodrigo Leal Martir. Laboratorio 4, FCEN, UBA.
ailins_ild@yahoo.com.ar, relorm@gmail.com

Resumen

En el siguiente trabajo se estudia la conductividad térmica de una barra de cobre aislada lateralmente. Para ello se sometió uno de sus extremos a diferentes condiciones de borde. Se realizaron dos tipos de calentamiento, uno a partir de una fuente constante y otro modulado con una onda cuadrada. En ambos casos se observó que la temperatura tiende a un estado estacionario. Luego se estudió el enfriamiento de la barra. Por último se calculó la difusividad térmica por diferentes métodos obteniéndose valores de $\kappa_{ev} = (1,2 \pm 0,2)$, $\kappa_v = (1,3 \pm 0,4)$ y $\kappa_\epsilon = (1,15 \pm 0,05)$. Los dos primeros son comparables con el valor tabulado, mientras que el último difiere en un 8%.

Introducción

El conocimiento de las propiedades físicas de los materiales es de interés relevante para la selección de los mismos para determinada aplicación. En este trabajo se estudia la conducción de calor a través de una barra de cobre frente a diferentes condiciones de contorno en uno de sus extremos. Los casos a considerar son: calentar el extremo de la barra con una fuente modulada por una onda cuadrada, calentar con una fuente constante y dejarla enfriar a temperatura ambiente. El objetivo es observar el comportamiento transitorio y estacionario de cada situación, calcular la velocidad de la onda y el coeficiente de amortiguamiento para así determinar la difusividad térmica del material.

Desarrollo experimental

Para realizar la experiencia se montó el dispositivo experimental que se muestra en la Figura 1. Primero se moduló el calentamiento del soldador por medio del generador de funciones, aplicando una onda cuadrada de 213 s de periodo y amplitud de 5 V. Luego se realizó lo mismo pero sin el generador de ondas, para observar el calentamiento con una fuente constante y una vez alcanzado el estado estacionario se desconectó el soldador y se dejó enfriar al sistema a temperatura ambiente. Se utilizó un script de MATLAB para tomar las mediciones cada 3 s durante aproximadamente 4 horas en cada caso.

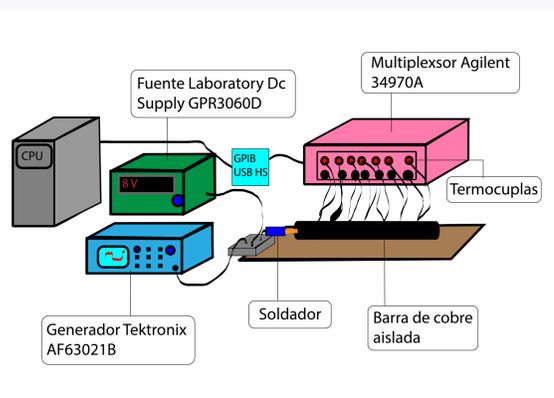


Figura 1: Esquema del dispositivo experimental utilizado

Referencias

[1] Guía de trabajo sobre difusividad térmica del cobre, Laboratorio IV, Departamento de Física, FCEyN. <http://materias.df.uba.ar/14aa2017c2/files/2013/02/Difusividad1.pdf>

Calentamiento con fuente oscilatoria

En la Figura 2 se muestra la curva de temperatura en función del tiempo recogida para cada termocupla. Se observan tanto un estado transitorio como uno estacionario. A partir de ésta se estimó la velocidad de avance de los picos de cada onda obteniendo un valor de $v = (2,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$. Por otro lado se ajustó una exponencial a la amplitud de cada onda en función de la posición de las termocuplas, pudiéndose determinar el coeficiente de decaimiento en $\epsilon = (11,3 \pm 0,2) \frac{1}{m}$.

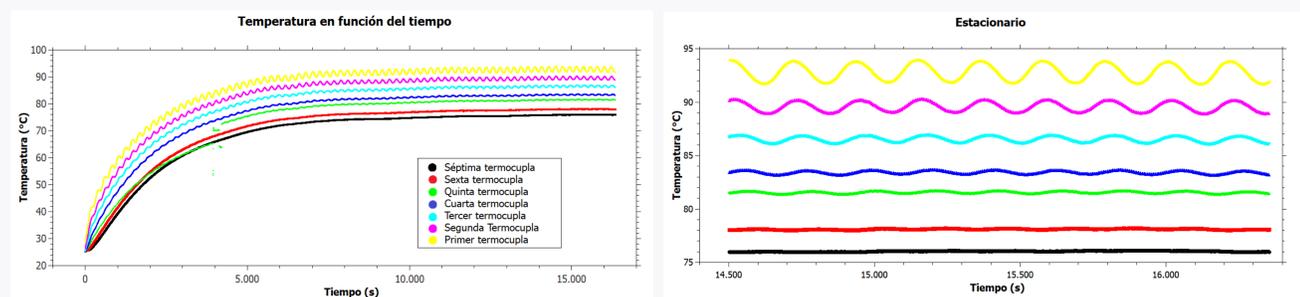


Figura 2: Curva total de temperatura en función del tiempo (izquierda); ciclo estacionario de la curva (derecha).

con ϵ y v , se calculó la difusividad térmica según las ecuaciones $\kappa_\epsilon = \frac{v^2}{\tau \epsilon^2}$, $\kappa_v = \frac{v^2}{\tau 4\pi}$ y $\kappa = \frac{v}{2\epsilon}$. En la tabla 1 se muestran los valores obtenidos junto con el valor tabulado [1].

$\kappa_{ev} (10^{-4} \cdot \frac{m^2}{s})$	$1,2 \pm 0,2$
$\kappa_v (10^{-4} \cdot \frac{m^2}{s})$	$1,3 \pm 0,4$
$\kappa_\epsilon (10^{-4} \cdot \frac{m^2}{s})$	$1,15 \pm 0,05$
Tabulado ($10^{-4} \cdot \frac{m^2}{s}$)	1,02

Cuadro 1: Difusividades térmicas κ obtenidas experimentalmente comparadas con la tabulada [1]

κ_{ev} y κ_v son comparables con el valor tabulado, mientras que κ_ϵ difiere en un 8% aproximadamente.

Calentamiento a temperatura constante

En la figura 3 pueden verse las curvas de temperatura en función del tiempo para el calentamiento de la barra a temperatura constante y su posterior enfriamiento, para cada termocupla. Nuevamente se observa que la temperatura llega a un estado estacionario, previo al enfriamiento. En éste se observa además como la temperatura de todas las termocuplas decae a un mismo valor rápidamente y luego en conjunto todas las termocuplas continúan disminuyendo su temperatura. Este decaimiento se ajustó según $Y(x) = Y_0 + A \cdot e^{-\frac{x}{\tau}}$ obteniéndose un tiempo característico de $(2425 \pm 366)s$. El promedio de los valores asintóticos, en tanto, dio $(32 \pm 3)^\circ C$, mayor que la temperatura ambiente de $21^\circ C$ aproximadamente.

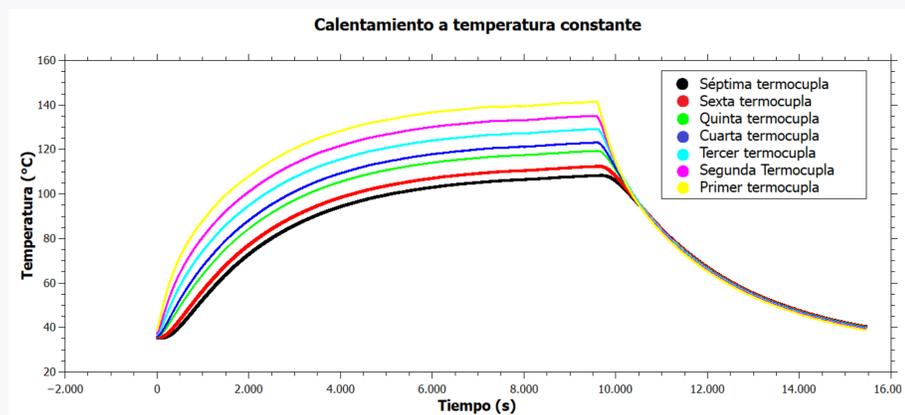


Figura 3: Curva de temperatura en función del tiempo para la barra calentada a temperatura constante y posterior enfriamiento a temperatura ambiente.

Conclusiones

1. Existe siempre un estado transitorio y uno estacionario para la evolución de la temperatura de la barra, independientemente de como se la caliente.
2. Para el calentamiento amortiguado se obtuvo una velocidad de propagación de $v = (2,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$ y un coeficiente de amortiguamiento de $\epsilon = (11,3 \pm 0,2) \frac{1}{m}$.
3. De las estimaciones para la difusividad térmica realizadas, $\kappa_{ev} = (1,3 \pm 0,4)$ y $\kappa_\epsilon = (1,15 \pm 0,05)$ son comparables con el valor tabulado, mientras que $\kappa_v = (1,3 \pm 0,4)$ difiere en un 8%.
4. Del enfriamiento de la barra se concluye que la conducción del calor dentro de la barra es mucho mayor que con el medio ambiente.