

Resumen de Visualización y modelado de temperatura del aire alrededor de una placa conductora de calor.

José Antonio Aguilar

Luis Arturo Ureña Casarrubias

En la ciencia y en la Ingeniería es importante la medición de la temperatura en fluidos para estudiar y analizar por ejemplo el fenómeno de la transferencia del calor. Hay una variedad de técnicas. Hay algunas técnicas que son invasivas y pueden alterar las características del flujo de calor y hay otras técnicas de imagen que no son invasivas y son ventajosas ya que no en el sistema del estudio.

Una técnica no invasiva es fotografía de Schlieren que es una buena opción si se busca ver los cambios de índice de refracción del medio relacionado con las variaciones de temperatura de líquidos o gases. Para sólidos las cámaras infrarrojas son una buena opción, pero no son para líquidos o gases.

Metodología experimental

La técnica Schlieren emplea un sistema óptico que permite visualizar variaciones de temperatura al detectar cambios en la dirección de la luz causada por gradientes de índice de refracción. En este estudio, el experimento consiste en calentar una placa metálica a 373 K y observar la variación de temperatura en el aire que la rodea. La configuración experimental utiliza una fuente de luz LED, un espejo parabólico que enfoca el haz de luz, una navaja que ajusta la cantidad de luz transmitida y una cámara CMOS para capturar imágenes.

El aire alrededor de la placa metálica se calienta, creando gradientes de índice de refracción que afectan la trayectoria de la luz al pasar por esta región de “disturbio”. La desviación de la luz en direcciones específicas permite visualizar estos gradientes de temperatura. El sistema de Schlieren se monta con un espejo parabólico proveniente de un telescopio, configurado para enfocar el haz de luz en un punto donde se coloca la navaja. Al ajustar la posición de la navaja, se puede controlar la cantidad de luz que llega a la cámara, mejorando el contraste de las imágenes para capturar incluso pequeñas variaciones de temperatura en el flujo de aire.

Procesamiento de datos y análisis

Para cuantificar las desviaciones del haz de luz y relacionarlas con la temperatura del aire, se emplea la ecuación de Gladston-Dale, que conecta el índice de refracción de un medio con su densidad. Con este metodo podemos calcular la densidad del fluido y con eso sacar la temperatura mediante un modelo de gas ideal. De esta forma se obtienen imágenes que procesándolas obtenemos mapas de temperatura del medio circundante a la placa caliente.

En el proceso para adquirir una imagen se mueve la navaja en varias posiciones para obtener una curva de calibración, que relaciona la intensidad de la luz observada en función de la posición de la navaja. Después se captura la imagen del flujo de aire caliente generado por la placa metálica, obteniendo así una visualización de la distribución de temperatura en la zona de estudio o interés.

Cada imagen representa una medida de la desviación de la luz en función de los gradientes de temperatura. Usando la ecuación de Gladston-Dale y el procesamiento de datos, podemos obtener el perfil de temperatura cualitativo que muestra las variaciones térmicas del aire inducidas por la placa. Y como ya antes mencionado la técnica es importante ya que nos deja observar los efectos de convección natural sin usar sensores invasivos.

Simulación numérica

Para validar la efectividad de la metodología experimental, se desarrolla una simulación numérica basadas en las ecuaciones de conservación de masa, momento y energía que modelan el fenómeno de convección natural. El articulo menciona que usaron el software Comsol Multiphysics y el Método de los Elementos Finitos (MEF), para obtener ecuaciones para obtener representación teorica del flujo de aire alrededor de la placa metálica.

Las ecuaciones de conservación consideran tanto el flujo de masa, como las fuerzas actuantes en el aire, debido a la temperatura de la placa. En la simulación, se aplicaron condiciones de frontera que incluyen una placa isotérmicas a 373° kelvin,

y una temperatura ambiente de 294° kelvin, replicando las condiciones experimentales. La simulación numérica genera un perfil de temperatura teórico, que es comparado cualitativamente con los resultados de la técnica de Schlieren. La implementación del MEF es especialmente útil en este contexto, pues permítelos ver sistemas complejos de ecuaciones diferenciales en dominios irregulares con condiciones de fronteras específicas.

Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la fotografía de Schlieren es eficaz para visualizar los cambios de temperatura en el aire alrededor de la placa metálica. Las imágenes capturadas demuestran que los gradientes del índice de refracción revelan que la distribución de la temperatura en el flujo del aire, logrando una representación detallada de la convección natural en el tiempo.

Al comparar estos resultados experimentales con las simulaciones numéricas, se observa que hay una correspondencia cualitativa, ambas metodologías demuestran que el gradiente de temperatura disminuye progresivamente, a medida que se aleja la placa. No obstante, la simulación numérica, permite observar detalles adicionales en la dinámica del aire en regiones más alejadas, lo que se le atribuye a la sensibilidad limitada de la técnica de Schlieren para captar pequeños cambios en el índice de refracción en estas áreas. Esta comparación valida la efectividad de la técnica experimental y resaltar las ventajas de combinar estos métodos para obtener una comprensión más completa del fenómeno.

La técnica de Schlieren también permite realizar un ajuste fino de contraste de las imágenes mediante la posición de la navaja. Se muestra que en el experimento donde la placa se posiciona en diferentes ángulos, generando gradiente de temperatura, lo que se puede observar a alta resolución. Los datos obtenidos de la fotografía de Schlieren muestran una representación fiel a las condiciones térmicas alrededor de la placa metálica en tiempo real, ofreciendo una solución de bajo costo y accesible para estudios de convección natural.

Referencias

Ángeles-Martínez, J. L., Morales-Cruzado, B., Sarmiento-Gómez, E., & Pérez-Gutiérrez, F. G. (2024). Visualización y modelado de

temperatura del aire alrededor de una placa conductora de calor.

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.