

ANÁLISIS HIDRODINÁMICO SOBRE CANAL RANURADO CON PLACAS Y DIFUSORES ALTERNANTES

Valadez Olmos Mauricio (1), Camarena Ortiz Mónica Azucena (2), Hernández Guerrero Abel (3)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, Universidad de Guanajuato] | [m.valadezolmos@ugto.mx]

2 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | [ma.camarenaortiz@ugto.mx]

3 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [abel@ugto.mx]

Resumen

El estudio del comportamiento hidrodinámico en canales ranurados se ha analizado durante décadas buscando la mejor configuración para eficientar la distribución de fluido dentro de estos. Este artículo presenta el análisis de la distribución de fluido en un canal con un arreglo de bloques espaciados de forma periódica, a través del cual se hace circular aire con el propósito de refrigerarlo; se incluyen difusores en las ranuras ubicadas entre los bloques ya que sin estos se produce estancamiento del fluido lo cual vuelve ineficiente la refrigeración. Se busca conocer la posición óptima en la cual el flujo sea mayor disminuyendo así el estancamiento de fluido mediante un modelo 2D resuelto haciendo uso de CFD.

Abstract

The study of hydrodynamic behavior in grooved channels has been analyzed for decades looking to reach the best setup to improve the fluid distribution inside the channel. This paper reports the analysis of fluid distribution in a channel with a periodic arrangement of spaced blocks, in which air circulates with cooling purposes; diffusers are included in the grooves between the blocks because without them the fluid staggers making the cooling process. The objective is to find, by means of a 2D CFD model, the best position for which the flux is greater having less stagnation.

Palabras Clave

Flujo laminar; Difusores; Caída de presión, Optimización.

INTRODUCCIÓN

La aparición de canales ranurados es común en diferentes sectores industriales, principalmente en aquellos que involucran la disipación de calor proveniente de componentes electrónicos, estos últimos han incrementado sus prestaciones en las últimas décadas pero de igual manera la potencia que disipan, por tal razón es necesario implementar métodos de refrigeración y que la circulación del fluido producida dentro del canal sea la óptima, ya que al mejorar el flujo se mejora la transferencia.

El inconveniente con la configuración del canal es que en los espacios entre cada bloque se produce estancamiento de fluido; frente a este problema se han realizado diversos estudios tanto experimentales como numéricos [1-7] presentando alternativas para mejorar la circulación del fluido y disminuir de forma considerable el estancamiento.

Herman y Kang [1-3] mediante varios análisis encontraron que una forma de reducir el estancamiento era desviando el flujo haciendo uso de diferentes geometrías, como son cilindros, placas paralelas o difusores en forma de arco. También indicaron que la transferencia de calor mejora al crear vórtices al incluir estos elementos en el canal.

Luviano-Ortiz y Lorenzini-Gutierrez [4-5] realizaron un análisis usando deflectores en forma de arcos, variando la posición y dimensiones del mismo. Se destaca el uso de un análisis de múltiples factores para encontrar la configuración óptima de los difusores dentro del canal.

Wu y Perng [6] presentaron un enfoque numérico del análisis del canal utilizando difusores oblicuos para la distribución del flujo y encontraron que la inclusión de un plano oblicuo a diferentes ángulos mejora significativamente la distribución del flujo pero afecta de diferentes formas la caída de presión en el canal.

Beig et al. [7] se enfocaron en el uso de algoritmos genéticos como técnica de optimización en la ubicación de barras triangulares dentro del canal, las cuales separan el flujo dirigiéndolo hacia las ranuras entre bloques.

En cada uno de los artículos consultados la geometría del canal incluía bloques en la parte inferior y los resultados variaban de acuerdo al método utilizado para minimizar el estancamiento. El análisis presentado en este trabajo se enfoca en una geometría en la cual hay bloques presentes tanto en las paredes superior e inferior del canal, donde ambas secciones tendrán difusores en las ranuras. La metodología consistirá en variar la posición de los difusores propuestos tanto en el eje x y y dentro del espacio de la ranura; todo el análisis será realizado usando software especializado en CFD (Mecánica de Fluidos computacional, por sus siglas en inglés).

MATERIALES Y MÉTODOS

La geometría del canal propuesto consiste en un arreglo de 10 bloques iguales y equidistantes colocados a lo largo del canal tanto en la pared inferior como superior. Se emplearon dos tipos de canal, el primero en el que los bloques están en fase y el segundo en el cual hay un desfase entre los bloques inferiores y los superiores. Todas las medidas relevantes están mostradas en la Imagen 1 e Imagen 2 y sus valores listados en la Tabla 1.

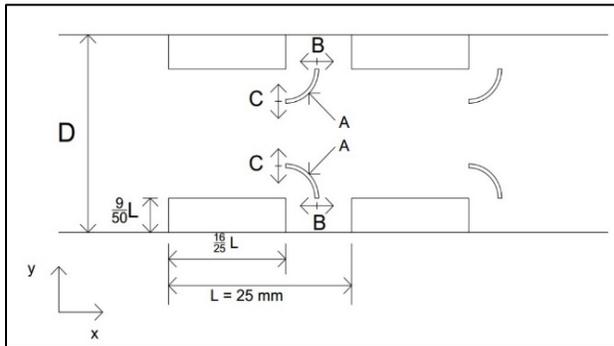


IMAGEN 1: Diagrama del canal en fase.

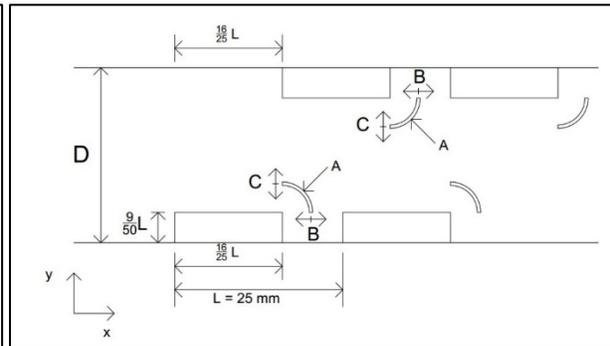


IMAGEN 2: Diagrama del canal desfasado.

Tabla 1: Dimensiones del canal.

Descripción	Valor
Radio del deflector	$4L/25$
Distancia horizontal	$3L/50 - 15L/50$
Distancia vertical	$L/25 - 4L/25$
Altura del canal	$26L/25$

El análisis se centrará en las ranuras ubicadas entre los bloques sexto y séptimo, ya que el flujo se ha desarrollado completamente en este punto, los difusores fueron ubicados en 15 puntos de interés para ambas geometrías, las variaciones utilizadas fueron de 1.5 mm entre en ambos ejes.

Modelo matemático y computacional

Para el análisis del canal, que permitirá determinar la mejor ubicación de los deflectores, se tomara como fluido aire. Las siguientes consideraciones se usaron para el modelo propuesto:

- Estado estable
- Propiedades constantes del fluido
- Flujo laminar e incompresible
- Efectos gravitacionales despreciables

Las ecuaciones gobernantes presentes en el modelo para estado estable y dos dimensiones son las siguientes:

Ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

Ecuaciones de momento en las direcciones x y y para flujo laminar, incompresible y en estado estacionario:

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

Las condiciones de frontera de este problema fueron una entrada de velocidad uniforme de 0.3 m/s, una presión de salida igual a la atmosférica y condición de no deslizamiento en las paredes del canal. La resolución de las ecuaciones y simulación del comportamiento del sistema se realizó una Simulación de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD por sus siglas en inglés). El sistema de ecuaciones generado por el programa fue resuelto por el algoritmo SIMPLE ya que ofrece una calidad de resultados aceptable sin exigir demasiado poder de cómputo. Dado que el flujo era estacionario, el criterio de convergencia fue de 1×10^{-5} en los valores residuales.

A partir de los datos de la simulación se exportaron los datos de velocidad en las ranuras de los bloques 6 y 7 tanto en la parte superior como inferior y se procesaron los datos para obtener los datos de flujo másico en cada ranura de interés.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posterior al análisis de los datos obtenidos en las simulaciones de las ranuras seleccionadas, las posición B = 3.0 mm y C = 4.0 mm para los canales en fase y desfase ofrecen el mayor flujo másico entre el resto de los puntos propuestos al inicio de la investigación. Es notable el efecto de la disminución del estancamiento en las ranuras en comparación con el canal sin difusores.

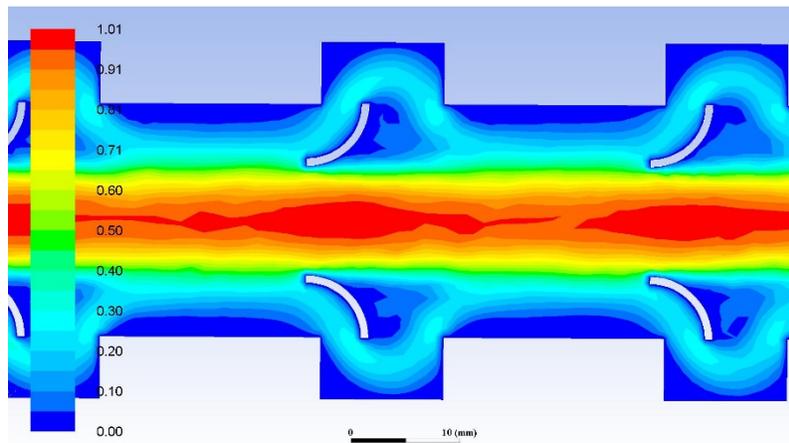


IMAGEN 3: Posición con mayor circulación para el canal en fase.

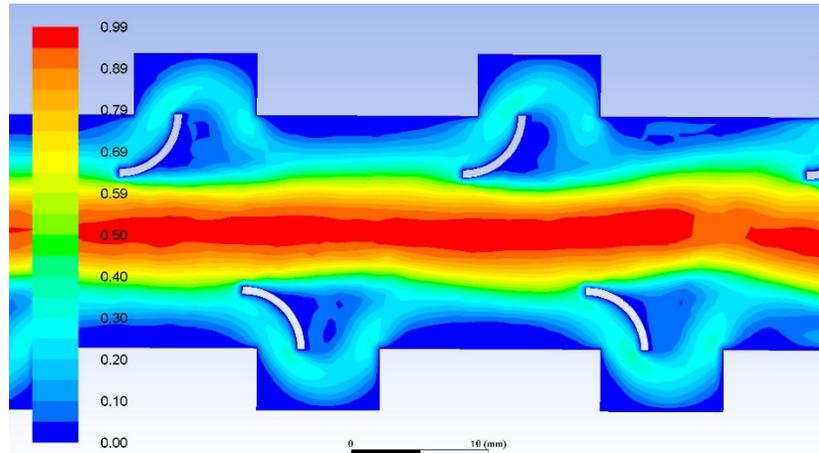


IMAGEN 4: Posición con mayor circulación para el canal en desfase.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de la comparación de los datos en cada una de las diferentes simulaciones se puede destacar que las configuraciones en las cuales el flujo másico es mayor, aportaran una disminución al estancamiento de fluido en las ranuras del canal, generando una mayor difusión del fluido lo con lo cual se pueden obtener mejores resultados en un estudio relativo a la transferencia de energía en las zonas de interés. A pesar de existir similitudes en el comportamiento hidrodinámico en ambas configuraciones, hay variación en los valores reportados para las mismas posiciones del difusor ya que ciertas posiciones funcionan mejor para el canal en fase o el caso desfasado.

REFERENCIAS

- [1] C. Herman & E. Kang. (2001). Comparative evaluation of three heat transfer enhancement strategies in a grooved channel. *Heat Mass Transfer*, 37, pp 563-575.
- [2] C. Herman & E. Kang. (2002). Heat transfer enhancement in a grooved channel with curved vanes. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 45, pp 3741-3757.
- [3] C. Herman (2001). Experimental visualization of temperature fields and study of heat transfer enhancement in oscillatory flow in a grooved channel. *Heat and Mass Transfer*, 37, pp 87-99.
- [4] L. Luviano-Ortiz, A. Hernandez-Guerrero, C. Rubio-Arana & R. Romero-Mendez. (2008). Heat transfer enhancement in a horizontal channel by the addition of curved deflectors. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 51, pp 1609-1917.
- [5] D. Lorenzini-Gutierrez, et al. (2015). Numerical and experimental analysis of heat transfer enhancement in a grooved channel with curved flow deflectors. *Applied Thermal Engineering*, 75, pp 800-808.
- [6] H. W. Wu & S. W. Perng. (1999). Effect of an oblique plate on the heat transfer enhancement of mixed convection over heated blocks in a horizontal channel. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 42, pp 1217-1235.
- [7] S. A. Beig, E. Mirzakhaili & F. Kowsari. (2011). Investigation of optimal position of a vortex generator in a blocked channel for heat transfer enhancement of electronic chips. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 54, pp 4317-4324.