

Tema A4 Termofluidos: Simulación numérica.

“Simulación numérica del flujo laminar por convección forzada y mixta sobre una aleta perforada”

Guillén-Cancino Iván Alberto^{a*}, Barbosa-Saldaña Juan Gabriel^a, Jiménez-Bernal José Alfredo^a, Gutiérrez-Torres Claudia del Carmen^a, Quinto-Diez Pedro^a

^aInstituto Politécnico Nacional, ESIME UPALM, LABINTHAP, Av. Instituto Politécnico Nacional s/N, Laboratorios Pesados 3, Col. Lindavista, C.P. 07738, Ciudad de México.

*Autor contacto. Dirección de correo electrónico: cancinof1@hotmail.com

RESUMEN

Se analiza numéricamente el flujo convectivo forzado y mixto a través de una aleta perforada dispuesta en un ducto horizontal para un régimen laminar. El análisis se llevó a cabo para dos números de Reynolds (Re_H) en función de la altura del canal: $Re_H = 100$ y 150 , y número de Richardson (Ri): $0.5 \leq Ri \leq 2.37$. Los resultados que aquí se presentan son las distribuciones de velocidad y temperatura, las estructuras del flujo y parametrización de las zonas de recirculación cercanas a las paredes del canal y de la aleta. En los resultados se observan que las fuerzas de flotación permiten una mayor transferencia de calor y que la perforación de la aleta promueve la transferencia de calor y que los resultados de la presente investigación pudieran tener implicaciones directas, para aplicaciones de enfriamiento de equipos electrónicos compactos.

Palabras Clave: Simulación numérica, Aleta perforada, Número de Richardson, Flujo laminar.

ABSTRACT

Forced and mixed convective flow is analyzed numerically through a perforated fin in a horizontal duct for a laminar regime. The analysis was carried out for two Reynolds number (Re_H) as a function of channel height: $Re_H = 100$ and 150 , and Richardson number (Ri): $0.5 \leq Ri \leq 2.37$. Velocity and temperature distributions, the flow structures and parameterization of the recirculation zones close to the channel walls are reported. Buoyancy forces and perforations allow a greater heat transfer and the results of this research could have direct implications for cooling applications of compact electronic equipment.

Keywords: Numerical simulation, Perforated fin, Richardson number, Laminar flow.

Nomenclatura			
		s_1	Posición de la perforación [m]
		T	Temperatura [K]
		T_0	Temperatura inicial [293 K]
		T_w	Temperatura de la pared [303 K, 313 K]
C_p	Calor específico [1005 J/kg·K]	u	Componente de velocidad en la coordenada x [m/s]
e	Diámetro de la perforación [m]	u_0	Velocidad inicial [m/s]
g	Aceleración de la gravedad [9.81 m/s ²]	U	Vector velocidad [m/s]
Gr	Número de Grashof [$g\beta\rho^2\Delta Ts^3/\mu^2$]	v	Componente de velocidad en la coordenada y [m/s]
H	Ancho de canal [m]	x	Coordenada horizontal
k	Conductividad térmica [W/m·K]	Xr	Longitud de la zona de recirculación
L	Longitud del canal [m]	Xs	Longitud de la zona de recirculación primaria
p	Presión [Pa]	y	Coordenada vertical
Re_H	Número de Reynolds basado con el ancho de canal [$\rho u_0 H/\mu$]		
Ri	Número de Richardson [Gr/Re^2]		
REX	Relación de expansión		
s	Longitud de la aleta [m]		

Símbolos griegos

β	Coefficiente de expansión volumétrica [1/K]
μ	Viscosidad dinámica [Ns/m ²]
ΔT	Diferencia de temperatura
ρ	Densidad [kg/m ³]
ϕ	Variable para la condición de frontera [u, v, p, T]

1. Introducción

Las superficies extendidas o aletas son usadas ampliamente en equipos para disipar calor. En los dispositivos electrónicos es de gran importancia el control de su temperatura ya que en la actualidad manejan grandes cantidades de información a grandes velocidades y el aumento de la temperatura en estos dispositivos provoca errores de estancamiento y reinicio del sistema, por mencionar algunos de los problemas más significativos. El diseño de enfriamiento de los dispositivos electrónicos ha sido un gran reto por el manejo de geometrías compactas y uso prolongado del usuario. Estudios recientes han determinado que las superficies extendidas con perforaciones tienen mayor eficiencia, menos pérdidas por fricción y menor peso, comparado con una aleta sólida con las mismas dimensiones [1 - 5].

De acuerdo con los criterios de diseño se deben considerar una disipación elevada del calor, menor pérdida por fricción y un costo razonable para su manufactura [6]. El incremento de la razón de transferencia de calor en el sistema normalmente se asocia a un incremento del coeficiente de fricción sobre las superficies [7], el reto es diseñar una configuración que pueda maximizar la razón de transferencia de calor con el mínimo de pérdidas por fricción o reducir la razón de flujo [8]. Sara et al. [9], realizaron un trabajo experimental para determinar la influencia de las pérdidas por fricción utilizando un arreglo de perforaciones sobre una placa plana, así pudieron mejorar la razón de transferencia de calor colocando la placa de 0 a 45° y reportaron la eficiencia de la aleta para los rangos mencionados. Una experimentación en una configuración mediante el uso de baffles perforadas fue presentada por Karwa et al. [10]. Buscaban mejorar la transferencia de calor en un ducto rectangular, bajo las condiciones del número de Reynolds entre 2850 y 11500, concluyen que el factor de fricción puede disminuir si aumenta el número de perforaciones. Por otro lado, Tari et al. [11, 12] conformaron un estudio numérico para convección natural y simular el enfriamiento de un dispositivo electrónico mediante el empleo de un bloque aletado, usando diferentes ángulos de inclinación, determinaron las estructuras de flujo además de obtener una correlación del número de Nusselt para distintas posiciones.

Cuando el flujo pasa a través de una aleta, su estructura cambia y se acelera drásticamente generando zonas de

recirculación. Las zonas de recirculación que se forman, luego que pasan el segmento de aletas, son las encargadas de mejorar la transferencia de calor, donde diversos trabajos fueron efectuados para su análisis. Uno de ellos fue el estudio numérico en tres dimensiones de Buyruk et al. [13], analizaron la transferencia de calor en un intercambiador con aletas rectangulares con un ángulo de 90° y 30°, reportaron los contornos de velocidades y contornos de temperaturas, resolviendo las ecuaciones de Navier – Stokes y la ecuación de la energía, en estado estacionario. Usando la plataforma de análisis computacional Fluent. Sus resultados son para un número de Reynolds de 400 a la entrada, y presentan un incremento de la transferencia de calor del 10% a la salida del canal con aletas dispuestas a 30° con respecto a las aletas de 90°. Por otra parte, Shaeri et al. [14] por medio de un estudio numérico sobre una aleta perforada estiman la efectividad de la transferencia de calor a razón del número de perforaciones, además determinan el coeficiente de fricción y la reducción del peso al utilizar las perforaciones respecto a una aleta sólida, el análisis se efectuó en tres dimensiones con un número de Reynolds $100 \leq Re_D \leq 350$, utilizando una temperatura a la entrada de 25° C y 70° C en toda la aleta. Concluyen que la transferencia de calor es reducida al implementar perforaciones en la aleta, resultando que la aleta sólida presenta un mayor valor del número de Nusselt.

Respecto al análisis de convección mixta se pueden citar diversos trabajos. Por ejemplo, Yang et al. [15] realizaron el estudio numérico por convección mixta de una aleta dispuesta en un canal rectangular con paredes isotérmicas. Utilizando una combinación del radio de aspecto para diferentes valores del número de Reynolds, Richardson, inclinación del canal y valores del coeficiente de conductividad térmica, pudieron determinar el valor óptimo de la transferencia de calor en la aleta sólida. Concluyeron que para cierta dimensión de la aleta existe una relación de aspecto apropiada para disipar la máxima transferencia de calor, la relación de aspecto óptima de una aleta decrece cuando la conductividad térmica incrementa en un flujo bajo régimen de convección mixta y axial al canal rectangular. Dogan y Sivrioglu [16] realizan una investigación experimental para conocer los efectos de la magnitud del flujo de calor, tamaño de aleta y espacio que existe entre una aleta y otra. Diseñan un banco de pruebas para analizar la transferencia de calor por convección mixta, colocando un arreglo de aletas rectangulares con flujo de calor constante en un canal horizontal y una velocidad del fluido constante a la entrada entre 0.15 y 0.16 m/s, los experimentos fueron realizados para un rango del número de Raleigh $3 \times 10^7 \leq Ra \leq 8 \times 10^8$ y número de Richardson $0.4 < Ri < 5$. Mediante su metodología experimental pudieron obtener el valor óptimo de espacio que debe existir entre las aletas ($S = 8-9\text{mm}$), para mejorar la transferencia de calor. La motivación del presente trabajo es simular la transferencia de calor en un canal

