

Análisis térmico hidráulico de disipadores de calor de área variable con flujo laminar

Octavio Sierra Laguna (1), Carlos Alberto Rubio Jiménez (2)

¹ [licenciatura en Ingeniería Mecánica] | Dirección de correo electrónico: [tav018_azul@hotmail.com]

² [DICIS, División de Ciencias de la Vida, Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [caalrubio@gmail.com]

Resumen

Este trabajo muestra un análisis computacional de disipadores de calor tipo microcanal con una sección transversal cuadrada y una configuración tipo laberinto, sujeto a un flujo de calor constante, teniéndolo en cuenta para aplicaciones de disipación de calor en dispositivos electrónicos de alto desempeño. El agua como fluido de trabajo entra al dispositivo por medio de un actuador de flujo, considerándose las propiedades térmicas del mismo como constantes. Los resultados muestran los perfiles de temperatura a lo largo del disipador de calor, así como los perfiles de velocidad y presión presentes en el fluido.

Abstract

This paper presents a computational analysis of type microchannel heat sinks with a square cross section and maze-like configuration, subject to a constant heat dissipation in high-performance electronic device via an actuator flow, considering the thermal properties of the fluid as constants. The results show the temperature profiles along the heat sink and the velocity and pressure profiles in the fluid.

Palabras Clave

Microcanal ; Tipo laberinto; CFD; Dispositivos electrónicos;

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas tecnologías en sistemas electrónicos ha generado procesadores cada vez más poderosos. Teniendo entre muchas consecuencias un incremento en la generación de calor, Dicho incremento térmico se debe principalmente a la alta densidad de transistores dentro de los circuitos integrados y su alta frecuencia de operación. Este calentamiento afecta la vida útil del procesador así como su eficiencia.

Según la ley de Moore (Figura 1), el número de transistores de un circuito integrado se duplica aproximadamente cada dos años, como resultado de la reducción de su tamaño, lo que genera un aumento en la densidad de transistores por unidad de área y esto a su vez un aumento en la generación de calor, lo cual lleva a una creciente necesidad de nuevas y más eficientes tecnologías de enfriamiento, actualmente la tecnología de renfriamiento por aire está llegando a sus límites y la refrigeración por liquido representa una amplia oportunidad de diseño con un mucho mayor coeficiente de transferencia[1].

Tuckerman y Pease[2] introdujeron el concepto de microcanal y demostraron que estos canales de flujo podían remover arriba de 790 W/cm^2 , después de este artículo, un gran número de investigaciones fueron desarrolladas en base a los alcances mostrados por[3,4].

Actualmente existen muchos estudios enfocados a proponer y analizar configuraciones para los sistemas de enfriamiento.

En la presente investigación una geometría basada en una configuración tipo laberinto, será analizada por medio de Volúmenes finitos, El material base del disipador es cobre y Agua es usada como refrigerante.

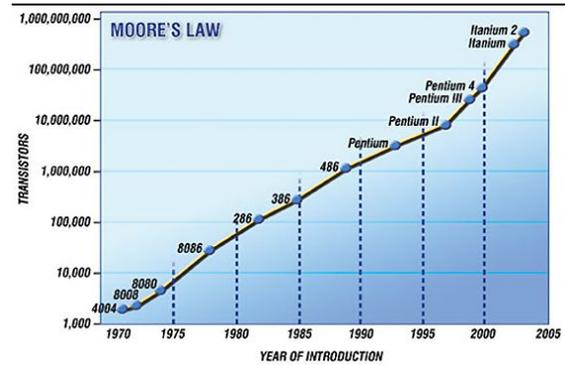


Figura 1: Grafica de la ley de Moore.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Figura 2 muestra la geometría del disipador de calor propuesta y analizada numericamente. Las dimensiones del canal de flujo, están determinadas por (W_b) la longitud de la base del canal, (H_c) la longitud de la altura del canal.

La Figura 3 muestra una vista lateral del disipador y los elementos faltantes en la Figura 2, donde los valores de todos los elementos son mostrados en la Tabla 1.

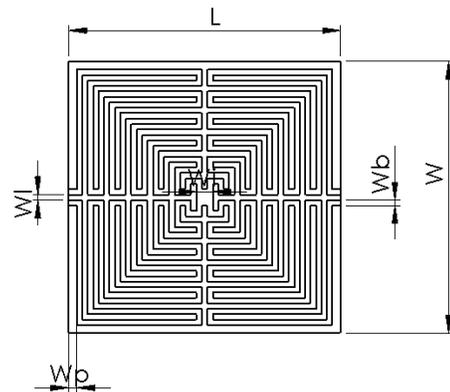


Figura 2: Vista lateral del disipador de calor.



FIGURA 3: Vista lateral del disipador de calor.

Tabla 1: Tabla de valores de los parámetros del disipador de calor.

Elementos	(mm)
	Valor
1. H	4
2. Hc	1
3. W	25
4. Wb	1
5. WI	1
6. Wp	1.5
7. Wi	3
8. L	25

Formulación matemática

Para la solución de este problema se hicieron las siguientes consideraciones:

- 1) Análisis en estado estacionario.
- 2) Fluido laminar e incompresible.
- 3) La transferencia de calor por radiación es despreciable.
- 4) Las propiedades del fluido son consideradas constantes.
- 5) Se desprecian los efectos capilares.

Considerando las previas suposiciones de nuestro modelo, las ecuaciones de conservación de masa y momento del fluido en coordenadas cartesianas son:

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

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

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

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

La ecuación de la conservación de la energía para el fluido es:

$$\rho f C_{pf} \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = k_f \nabla^2 T$$

Condiciones de frontera

El fluido de trabajo es agua a 297 K y entra al dispositivo con un flujo másico de 0.01 kg/s, las paredes donde el sólido y el líquido interactúan, es donde se define la interface, las paredes laterales y superiores del dispositivo se consideran adiabáticas.

Se considera un flujo constante de calor de 100Kw/m², que entra a través de la base del disipador.

Procedimiento computacional

La herramienta computacional usada para el análisis, fue CFD (Computational Fluid Dynamics), en donde fue realizado el análisis numérico de la geometría previamente mallada en ICEM, la cual contaba con un total de elementos de mallado de 481160 elementos desglosados en los siguientes:

Nodo – 560

Líneas-17616

Hexaédricos- 362557

Cuadrados- 100427

Con un total de puntos nodales de 395136

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los perfiles de temperatura son por supuesto una de las partes más importantes de este análisis, en la Figura 4 podemos observar el comportamiento de la temperatura en la base de el disipador, por otra parte la Figura 5 muestra cómo cambia el perfil de temperatura a lo largo del canal

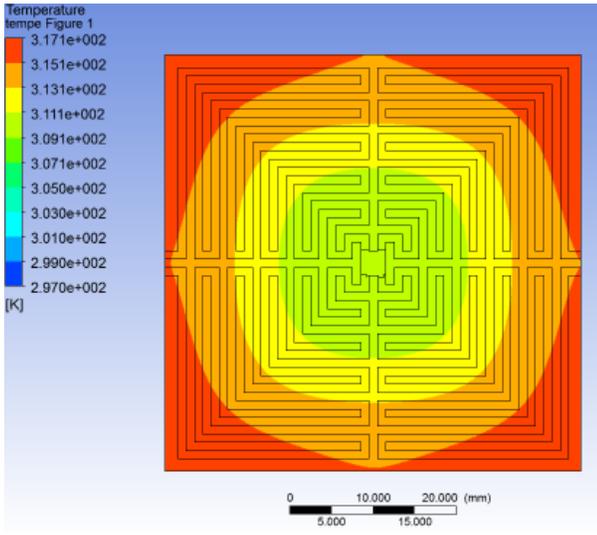


Figura 4: Perfiles de temperatura en la base.

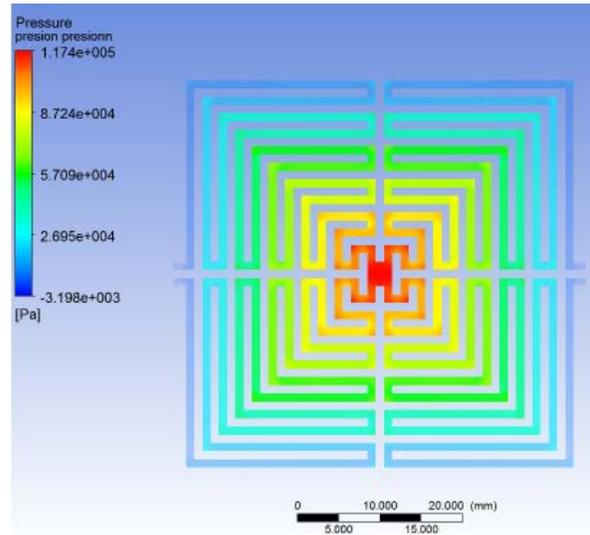


Figura 6: Variación de la presión en el dissipador.

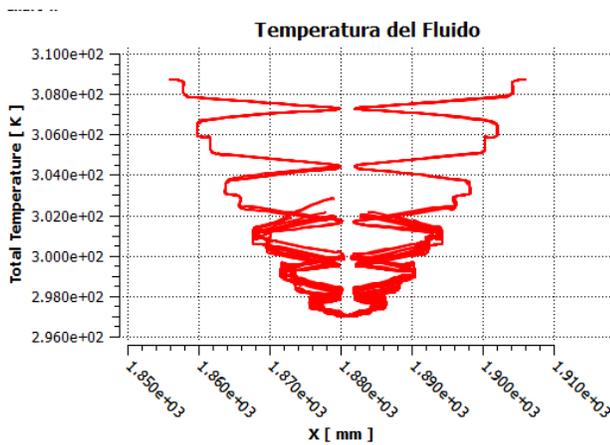


Figura 5: Gráfica de variación de la temperatura a través de los microcanales.

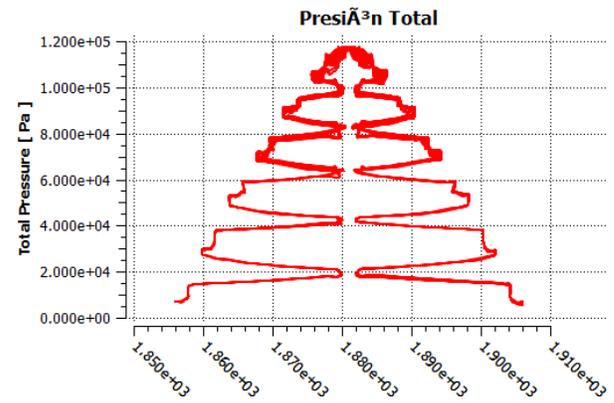


Figura 7: Gráfica de la variación de la presión a lo largo de los microcanales.

La presión sufre una caída máxima de 110 kPa (Figura 6) la cual es debida a la gran longitud de los canales, también podemos observar el comportamiento de la presión a lo largo de los canales mostrado en la Figura 7.

En los resultados de nuestro análisis de velocidad (Figura 8) podemos observar que en los vértices de la geometría se generan ligeras zonas de estancamiento de fluido, pero en general el flujo es muy uniforme.

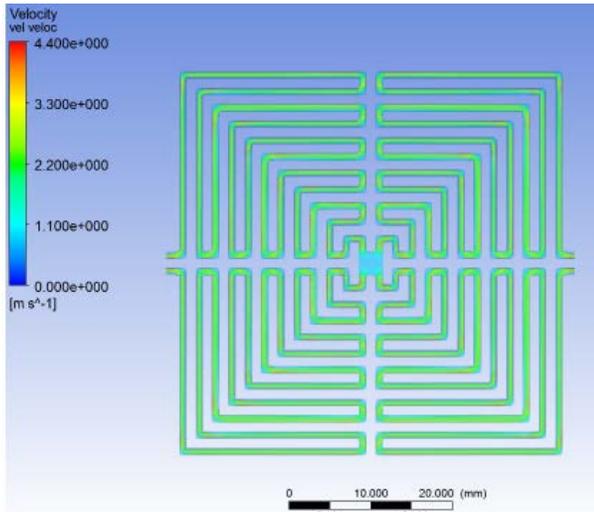


Figura 8: Velocidad del fluido a lo largo de los microcanales .

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la parte térmica del presente trabajo muestran satisfactoriamente una buena disipación de calor obteniendo un pico máximo de temperatura de 317K y una variación en la placa no mayor a 8K.

La mayor presión se presenta en la entrada del fluido la cual es de aproximadamente 120 Kpa, debido a la simetría del disipador, la presión cae de la misma manera a lo largo de los 4 canales por los cuales fluye el refrigerante.

La velocidad de fluido se observa muy uniforme a lo largo de su paso por el disipador a excepción del ligero estancamiento en las aristas de la geometría del microcanal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de una manera inmensa a la Universidad de Guanajuato y sus directivos, por la oportunidad que otorga de participar en los veranos de investigación, De igual manera se agradece al Dr. Abel Hernández Guerrero, a su grupo de investigación y a mi asesor Dr. Carlos Alberto Rubio Jiménez.

REFERENCIAS

- [1] S.G. Kandlikar, High Flux Heat Removal with Microchannels –A Roadmap of Challenges and Opportunities, Heat Transfer Engineering, 26 (8), 2005, 5-14
- [2] D.B Tuckerman, R.F.W Pease, High-Performance heat sinking for VLSI, IEEE Electron Devices Lett, EDI-2 (5), 1981, 126- 129.
- [3] R.J Goldstein, W.E Ibele, S.V . Patankar, T.W. Simon, T.H Kuehn, P.J Strykowski, K. K. Tamma, J.V.R. Heberlein, J.H Daidson, J. Bischof, F.A Kullacki, U. Kortshagen, S. Garrick, V. Srinivasan, Heat transfer- A review of 2003 literature, Int. J. Heat Mass Transf. 2006 49, 451-534.
- [4] S. G Kandlikar, Microchannels: Rapid Growth of a Nascent Technology, Guest Editorial, Trans. ASME J. Heat Transfer, April 2010, 132, 040301-1, 2