



Simulación en CFD de un Disipador de Calor Empleando un Novedoso Relieve Superficial para Mayor Remoción de Energía

Vazquez-Bedolla Erik I. (1),
Luviano-Ortiz J. Luis (2), Hernández-Guerrero Abel (3)
1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica | Dirección de correo electrónico:
erik_odst@hotmail.com]
2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus
Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo
electrónico: luis.luviano@ugto.mx]
3 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus
Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo
electrónico: abel@ugto.mx]

Resumen

Hoy en día los equipos de cómputo son más compactos, ligeros, novedosos y fáciles de transportar, sin embargo, esto tiene como consecuencia que la temperatura disipada principalmente por el procesador sea mayor debido a la reducción de área de disipación, lo cual trae como consecuencia que se reduzca el tiempo de vida útil y que los equipos fallen por sobrecalentamiento. Aunado a esto, la reducción de área trae consigo el problema de que el aire ya no es capaz de enfriar estos dispositivos, es por lo que se requiere implementar fluidos con un mayor coeficiente convectivo de transferencia de calor. En base a lo anterior, en este trabajo se presenta el análisis numérico fluidodinámico de una nueva propuesta de un disipador de calor para dispositivos de cómputo, por lo tanto, en este trabajo se propone un nuevo disipador de calor con una topología no convencional, la cual usa agua como fluido para la remoción de calor.



Introducción

En este trabajo se presenta un análisis numérico termo-hidrodinámico de un disipador de calor empleado en el enfriamiento de procesadores computacionales, que disipan grandes cantidades de calor y en los cuales es necesario contar con equipos de cómputo que lleven a cabo operaciones computacionales de manera rápida, precisa y eficiente. Debido a esto, en este trabajo se propone una nueva geometría del disipador de calor, en la cual se implementan protuberancias sobre la superficie generadora de calor, cabe señalar que esto se hace con la finalidad de incrementar el área de transferencia de calor, además de desestabilizar el flujo con la finalidad de romper la capa límite. Para ello, se considera un flujo másico del fluido refrigerante, que en este caso es agua, de 7.6 g/s. Los resultados muestran que es posible reducir la temperatura en varios grados centígrados, lo cual permitirá alargar el tiempo de vida de los disipadores de calor.

Palabras clave: Disipación de Calor, Enfriamiento por Líquido, Placa Disipadora, Disipadores de CPU.

Objetivos

Los objetivos principales de este trabajo de investigación son estudiar y analizar el comportamiento termo-hidrodinámico de un nuevo disipador de calor, el cual tiene relieves en la placa disipadora, esto se hace con la finalidad de analizar el efecto que se tiene al incrementar el área de transferencia de calor. De igual forma, se desea determinar el efecto que tiene el incrementar el área de transferencia de calor en relación con el aumento en la caída de presión.

Justificación

La justificación de este proyecto se basa en las siguientes tres consideraciones principales:

Disipadores de calor con refrigeración líquida para procesadores computacionales. Con el avance de la tecnología se ha llegado al punto en que los equipos de



cómputo son capaces de procesar una gran cantidad de información y a su vez tienden a tener dimensiones más compactas y un alto desempeño, sin embargo, es debido a esto que la generación de calor en dispositivos electrónicos es una gran problemática ya que se deben buscar diferentes métodos para la disipación de calor. Generalmente se pueden clasificar dos métodos de disipación de calor: sistemas de refrigeración por aire y sistemas con refrigerantes líquidos, es bien sabido que el coeficiente de transferencia de calor de un líquido es mayor que el de aire, por lo que en este trabajo se opta por construir y analizar sistemas de refrigeración por líquido.

Procesador. El procesador (CPU) es el componente que tiene como funciones principales el manejo del sistema operativo, efectuar diversas actividades computacionales y la coordinación de los diferentes dispositivos que componen el equipo [3]. Es una pequeña pastilla de silicio la cual está recubierta de un encapsulado, éste a su vez se inserta en la placa base (también nombrada placa madre) sobre un conector que se denomina socket para computadoras desktop (de escritorio o de sobremesa), aunque no siempre es así, como es el caso de una laptop o portátil lo normal es que se suelde directamente sobre la placa base [1].

Refrigeración líquida. La eficiencia presentada por el enfriamiento líquido con respecto a la disipación por aire es en varios órdenes de magnitud mejor debido a que el líquido transporta el calor de manera más eficiente. Esto es debido a que los líquidos poseen un coeficiente convectivo mayor que el del aire, es por lo que se han logrado avances importantes en cuanto a las placas disipadoras de calor desde que comenzaron a ser estudiadas, aunado al concepto de microcanales que fue introducido por Tukerman y Peace [2].

El aumento en el área en un disipador se ve beneficiada para llevar a cabo mejor la transferencia de calor, sin embargo, se tiene una penalización en la caída de presión la cual depende de la velocidad del fluido tomando como parámetros el



número de Reynolds, en donde por lo general se implementan Reynolds bajos ($Re < 2000$) [5].

En base a lo anterior, en este trabajo se analiza y compara el comportamiento termo-hidrodinámico para dos tipos de geometrías, una basada en un intercambiador tipo alberca y otra aumentando el área de transferencia de calor por medio de la implementación de relieves en la placa disipadora.

Metodología

Como se mencionó anteriormente, este trabajo presenta un análisis numérico de la transferencia de calor en un disipador de calor, por lo tanto, para llevar a cabo el análisis se requirió de la implementación de un software especializado en análisis fluido-dinámico computacional y transferencia de calor (CFD). Dicho software tiene diversas opciones de seleccionar distintos métodos numéricos para la solución del problema, como son el método de volúmenes finitos, elementos finitos entre otros. Para este caso se utilizó el Método de Volumen Finito, el cual involucra el esquema SIMPLE para la solución de las ecuaciones gobernantes y es de Segundo Orden para la Presión y el Momento.

Para la simulación de la placa disipadora se utilizó cobre debido a que tiene una gran conductividad térmica [3], aunado a esto, se utilizó un flujo másico constante de 7.6 g/s, de agua como fluido de trabajo a $T=298$ K en ambas geometrías.

Primeramente, se hizo una simulación del disipador de calor sin relieves en la superficie para un flujo de calor constante de 200 W en un área de 37.5 mm x 37.5 mm que representa el área del procesador, por lo que se consideró en una placa disipadora de tipo alberca con un distribuidor de flujo basado en la teoría constructal [3], de la cual la geometría se muestra en la IMAGEN 1, posteriormente, se realizó un mallado lo suficientemente fino para garantizar la confiabilidad en los resultados, por lo que se tuvo una calidad del elemento aceptable, lo cual aseguró que los datos arrojados por el software se asemejaran a los datos reales, el número de elementos considerados para la malla del



disipador tipo alberca son de 823 497 elementos mientras que para el mallado del disipador con relieves es de 1 141 754 elementos debido a que el área aumentada se analiza con mayor detalle, obteniendo así un mayor número de elementos en la malla.

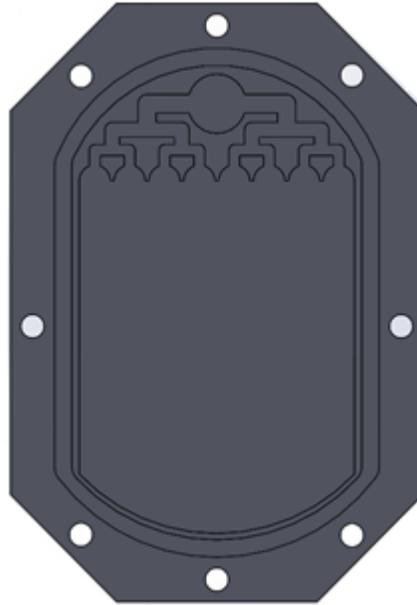


IMAGEN 1: Modelo de placa del disipador de cobre de tipo alberca.

Con la finalidad de incrementar el área de transferencia de calor, se implementó un relieve sobre la placa disipadora de calor, dicho relieve consistió en semiesferas con una altura de $h=0.25D$, donde el diámetro D fue de 2 mm [4], esto se realizó además con la finalidad de desestabilizar el comportamiento del fluido, lo cual genera que se tenga desprendimiento de la capa límite hidrodinámica, así como desprendimiento en la capa límite térmica.

Cabe señalar que el incremento en el área se hizo en el área de interés, en este caso en la ubicación del área del flujo de calor, para esto, se generó una matriz de semiesferas, las cuales estuvieron espaciadas e intercaladas una de otra, por lo tanto, se tuvo una distribución uniforme.



Resultados

Al finalizar la simulación se obtuvieron y analizaron los contornos de temperaturas y presión para ambos disipadores. En las IMÁGENES 2 y 3 se muestran los contornos de temperatura y presión, respectivamente, para el disipador tipo alberca.

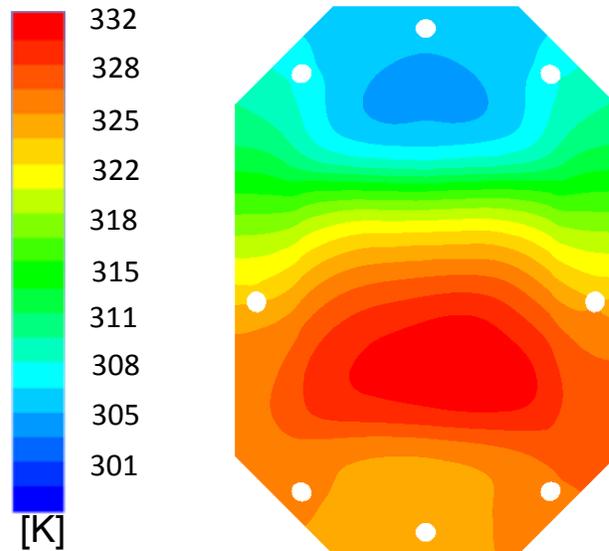


IMAGEN 2: Contornos de temperatura del disipador tipo alberca, vista inferior.

Se puede observar en la IMAGEN 2 que la temperatura máxima del disipador es

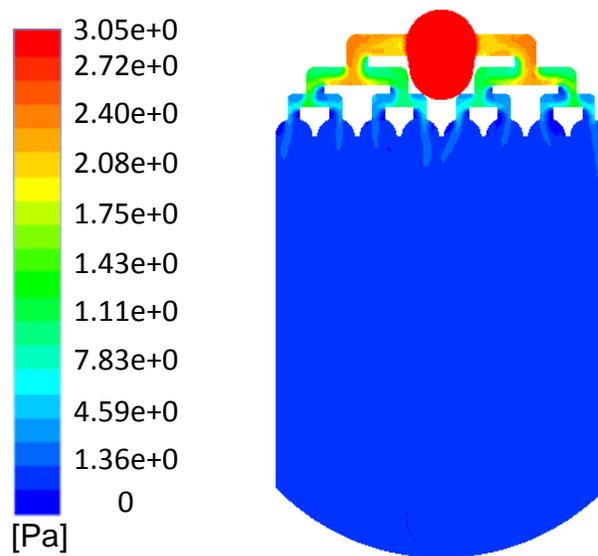


IMAGEN 3: Contornos de presión en el fluido del disipador tipo alberca, vista superior.



de 332 K, por lo que se espera que, al implementar el aumento del área de transferencia, esta temperatura sea menor y haga más eficiente la remoción de calor, a su vez se espera que la caída de presión no tenga un efecto tan abrupto ya que esto se ve afectado en la potencia de bombeo. En la IMAGEN 3 se observa que la caída de presión máxima es de $3.05e+03$.

En las IMÁGENES 4 y 5 se muestran los contornos de temperatura y presión, respectivamente, para el caso del dissipador con relieve sobre la superficie en la placa dissipadora. La IMAGEN 4 muestra que la temperatura máxima es de 330 K, afirmando que el aumento en el área de transferencia sí ayuda a la remoción de calor en el dissipador, mientras que la IMAGEN 5 muestra la penalización en la caída de presión que se tiene para lograr esta remoción de calor.

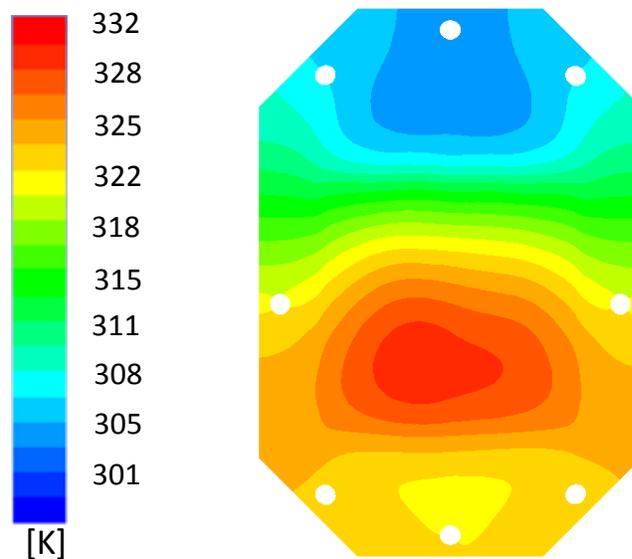


IMAGEN 4: Contornos de temperatura del dissipador con relieves, vista inferior.

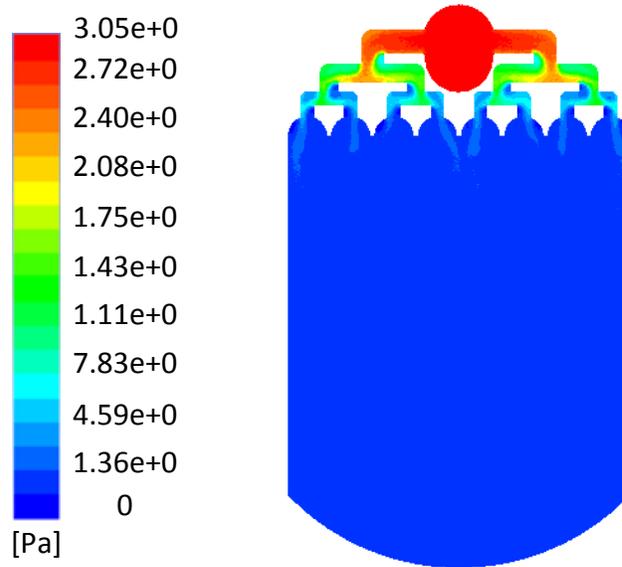


IMAGEN 5: Contornos de presión en el fluido del dissipador con relieves, vista superior.

Como se puede apreciar en las IMÁGENES 2-5, el dissipador tipo alberca tiene mayor temperatura tomando en cuenta que el valor de su temperatura máxima es de 332 K mientras que para el dissipador con relieves la temperatura es menor dando un valor de temperatura máxima de 330 K aproximadamente, para el caso de los contornos de la presión total se tiene que la caída de presión es mayor para el dissipador con relieves dando una presión de 3030.4 Pa a la entrada mientras que para el dissipador tipo alberca su presión es de 3011.8 Pa por lo que los efectos hidrodinámicos dentro del intercambiador con relieves afectan el comportamiento del fluido dando diferencia en la caída de presión de 0.6%, indicando que se tiene que tener mayor potencia de bombeo para llevar a cabo el proceso de transferencia y no afectar el flujo masico que se tiene.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que aumentando el área de transferencia de calor se disminuye la temperatura en el dissipador, pero hacer este aumento perjudica a la caída de presión total ya que ésta disminuye alrededor del 0.6% con respecto al dissipador tipo alberca, sin embargo, se consigue el objetivo principal que es lograr transferir más calor al fluido de trabajo, por lo tanto, se considera



que el incremento en la caída de presión es mínimo, por lo que se debe realizar un estudio más a fondo para buscar disminuir este incremento en la caída de presión.

Cabe resaltar que la temperatura máxima en el disipador tipo alberca fue de 331.6 K mientras que para el disipador con relieve es de 329.5 K, obteniendo una diferencia de 2 K, indicando que el aumento en el área beneficia a la transferencia de calor. Se considera continuar con este trabajo, ya que el aumento puede tener otras dimensiones así como diferentes tipos de geometrías, el espaciado que se tiene en el área de interés o el aumento en el volumen del fluido, ya que sólo se consideró aumentar el área del disipador, por lo que si se aumenta el volumen del fluido ocupado por el aumento en el área, se disminuyen los efectos de caída de presión que se pudieran tener haciendo que el seguimiento de este trabajo sea significativo para aumentar la eficiencia en la disipación de calor que se tienen en los dispositivos de cómputo.

Referencias

- [1] Rebollo M. (2009) *El procesador*, Universitat Politècnica de València. Facultad de Administración y Dirección de Empresas, pp. 1-11 recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10673/El_procesador.pdf.
- [2] Tuckerman, D.B., and Pease, R.F.W. (1981) *High-performance heat sinking for VLSI*. *IEEE Electron Device Letters*, Vol. 2, No. 5, pp. 126-129. DOI: 10.1109/EDL.1981.25367.
- [3] Chen, Y. and Cheng, P. (2005) *An experimental investigation on the thermal efficiency of fractal tree-like microchannel nets*. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. Vol. 32, No. 7, pp. 931-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2005.02.001>.
- [4] Hwang, S. D., Kwon, H. G., and Cho, H. H. (2010) *Local heat transfer and thermal performance on periodically dimple-protrusion patterned walls for compact heat exchangers*. *Energy Journal*. Vol. 35, No. 12, pp. 5357–5364. DOI:10.1016/j.energy.2010.07.022.



- [5] Xie, Y., Shen, Z., Zhang, D., & Ligrani, P. (2015). *Numerical Analysis of Flow Structure and Heat Transfer Characteristics in Dimpled Channels With Secondary Protrusions*. *Journal of Heat Transfer*, Vol. 138, No. 3, pp. 031901-1. doi:10.1115/1.4031787