

การทดสอบค่าความต้านทานความร้อนของกาวซิลิโคนสำหรับซีพียู

The thermal resistance test of the thermal compound for CPU

ธนาพล สุขชนะ*, ไพโรจน์ ลิ้มปพยอม, สราวุฒิ สิริเกษมสุข, อนุวัฒน์ บำรุงกิจ

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการถ่ายโอนความร้อน

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี จ.ปทุมธานี 12000

*ติดต่อ: E-mail: Ton0019@hotmail.com., Tel.: +66-2975-6999; fax: +66-2979-6728.

บทคัดย่อ

การทดสอบค่าความต้านทานความร้อนของกาวซิลิโคนสำหรับซีพียู เป็นการศึกษาคูณภาพของกาวซิลิโคนสำหรับซีพียูที่มีขายอยู่ในท้องตลาด โดยเลือกตัวอย่างในการทดสอบมา 5 ยี่ห้อที่มีราคาแตกต่างกัน ทำการทดสอบกับชุดสำหรับทดสอบการนำความร้อนของโลหะแบบความร้อนเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งขนาด 200 W ใช้วัสดุนำความร้อนสำหรับทดสอบเป็นทองแดงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm กำหนดความหนาของกาวซิลิโคนเท่ากับ 1, 3 และ 5 mm ทดสอบหาปริมาณความร้อนที่สามารถไหลผ่านวัสดุทดสอบ และวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อนตามหลักการนำความร้อนชั้นพื้นฐานตามนิยามของฟูเรียร์ ผลการทดลองพบว่ากาวซิลิโคนสำหรับซีพียูที่ทำทดสอบมีค่าความต้านทานความร้อนที่แตกต่างกัน โดยยี่ห้อที่มีราคาถูก (ราคา / มวล) มีแนวโน้มของค่าความต้านทานความร้อนสูงมากกว่ายี่ห้อที่มีราคาแพง ทั้งนี้ยี่ห้อที่มีราคาแพงมักมีส่วนประกอบเป็นโลหะผงชนิดต่างๆ (nanoparticles)

คำหลัก: กาวซีพียู, ค่าความต้านทานความร้อน, สภาพการนำความร้อน, ซีพียู, นาโนพาร์ทิเคิล

Abstract

This paper aims to investigate the thermal resistance of thermal compound for CPUs of computers that there are sold in the market. Five brands name of the thermal compound with different of prices was sampling for tests. Testing with the thermal conductivity apparatus of metal with the vertical down of input power of 200W. The 25 mm of diameter of cylindrical copper is a conductor metal use for tests. The thickness of CPUs thermal compound for tests of 1, 3 and 5 mm, and analyzing the thermal resistance with the basic definition of the Fourier transform with the amount of heat transfer from the thermal conductivity apparatus. The results showed that the thermal compound of CPUs have the thermal resistance is different. The cheaper price of the thermal compound (price to mass) will be have the thermal resistance more than the expensive price. This is because the expensive price of the thermal compound are contains with the metal powder (Nanoparticles).

Keywords: Thermal compound, Thermal resistance, Conductivity, CPU, Nanoparticles

1. บทนำ

รอยต่อระหว่างโลหะ ของระบบการระบายความร้อน มักก่อให้เกิดปัญหาในการระบายความร้อน ของอุปกรณ์ โดยเฉพาะในการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังเช่น คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการประมวลผลด้วย CPU ในการทำงานของ CPU นั้นจะต้องมีการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการทำงาน แต่การ

ระบายความร้อนด้วยวิธีการใดๆ ก็ตามจะต้องอาศัยการนำความร้อนผ่านหน้าสัมผัสของโลหะ CPU และโลหะของระบบระบายความร้อน ซึ่งหน้าสัมผัสดังกล่าวต้องมีความราบเรียบอย่างมาก เพื่อให้เกิดค่าความต้านทานความร้อนของหน้าสัมผัสหรือรอยต่อให้น้อยที่สุด ในทางปฏิบัติจริงได้มีเทคโนโลยีในการสร้างของเหลวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหน้าสัมผัสรอยต่อที่มีชื่อเรียกกันว่า กาวซิลิโคน หรือ

TSF-32

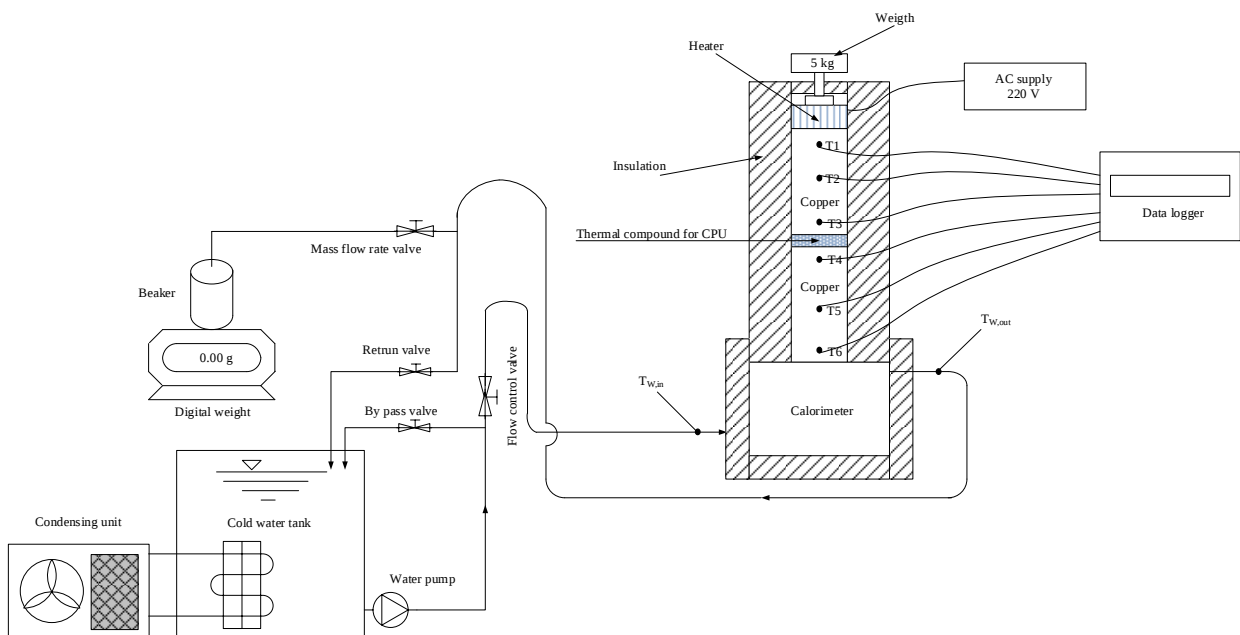
thermal compound ที่มีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดีและไม่แข็งตัว งานวิจัยส่วนใหญ่มีมุ่งเน้นวิธีการและการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อน CPU ดังเช่น [1] นำเสนอการระบายความร้อนให้กับ CPU ด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับท่อความร้อน ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 70°C ด้วยปริมาณความร้อน 84W , [2] นำเสนอการออกแบบการระบายความร้อน CPU ด้วยครีบบนระบายความร้อนร่วมกันกับท่อความร้อน โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิของ CPU ให้อยู่ในช่วง $45 - 55^{\circ}\text{C}$ ด้วยความสามารถในการถ่ายโอนความร้อนเท่ากับ 130W , [3-5] ได้ศึกษาทดสอบเกี่ยวกับสารทำงานในท่อความร้อนที่นำมาใช้กับระบบการระบายความร้อน CPU ซึ่งพบว่าสารทำงานต่างชนิดกัน มีผลต่อประสิทธิภาพในการถ่ายโอนความร้อนแตกต่างกัน, [6] ทดลองและเสนอเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการระบายความร้อน CPU ด้วยน้ำโดยการเพิ่มช่องทางเล็กๆ ให้กับช่องทางการไหลของน้ำ, [7] เพิ่มประสิทธิภาพให้กับครีบบระบายความร้อน โดยการทำให้อากาศเกิดการหมุนวน ก่อนเข้าสัมผัสกับครีบบระบายความร้อน, [8] ได้ศึกษาคุณลักษณะในการถ่ายโอนความร้อนของครีบบระบายความร้อนแบบตัดขวาง พบว่าประสิทธิภาพในการถ่ายโอนความร้อนดีกว่าแบบแผ่นที่ไม่ตัดขวาง

ทั้งงานวิจัยที่กล่าวมา และงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้ศึกษาไม่พบว่ามีการศึกษาผลของวัสดุที่ใช้กับหน้าสัมผัสของ CPU กับครีบบระบายความร้อนหรือแผ่นโลหะ การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของกาวซิลิโคนสำหรับซีพียูต่อค่าความต้านทานความร้อนรวม

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

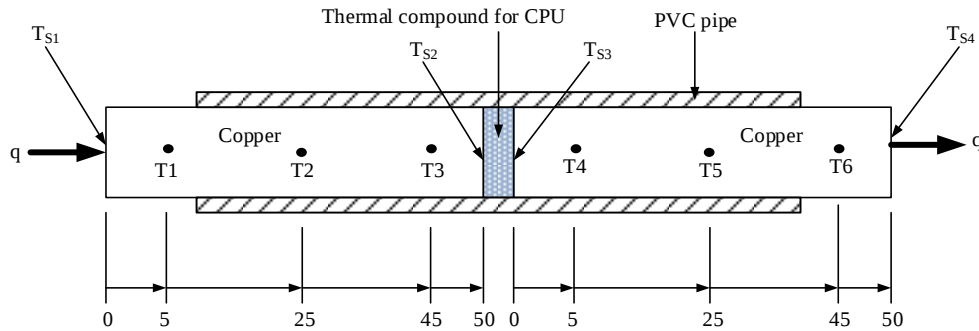
2.1 อุปกรณ์ทดสอบการนำความร้อนของโลหะ

อุปกรณ์สำหรับใช้ทดสอบ การนำความร้อนของโลหะแท่ง ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย ส่วนการทดสอบใช้ทองแดงเป็นโลหะในการนำความร้อน ให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า 220V ขนาด 200W ให้ความร้อนจากด้านบนลงล่างเพื่อไม่ให้เกิดการพา และการแผ่รังสีความร้อนมีผลกระทบต่อผลในการทดลอง วัดอุณหภูมิที่แท่งทองแดงจำนวน 6 จุดบนที่กอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกแบบตัวเลข ระหว่างแท่งทองแดงทั้งสองบรรจุกาวซิลิโคนสำหรับซีพียู (Thermal compound) ตามเงื่อนไขในการทดลอง เพื่อทดสอบค่าความต้านทานความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านแท่งทองแดงและถูกระบายออกด้วยน้ำหล่อเย็น ในขณะที่น้ำหล่อเย็นจะไหลเข้าสู่ชุดทดสอบด้วยปั้มน้ำ จากระบบทำน้ำเย็นที่สามารถควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ได้ $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ และตรวจสอบอัตราการไหลเชิงมวลด้วยเครื่องชั่งแบบตัวเลข ร่วมกับการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 1 ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดทดลอง

TSF-32



รูปที่ 2 ไตอะแกรมชุดทดสอบและตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ

2.2 การทดลองและเงื่อนไขการทดลอง

จากรูปที่ 2 ชุดทดสอบประกอบด้วยแท่งทองแดงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ยาว 50 mm จำนวน 2 ชิ้น เจาะรูลึก 3 mm เพื่อฝังเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่ตำแหน่ง T1 ถึง T6 สำหรับวัดอุณหภูมิตั้งรูปแท่งทองแดงประกอบอยู่ในท่อ PVC เพื่อให้สามารถควบคุมความหนาของ Thermal compound สำหรับการทดลองที่ความหนา 1, 3 และ 5 mm โดยใช้ Thermal compound ในการทดสอบจำนวน 5 ยี่ห้อ โดยแยกตามราคาต่อมวลดังตารางที่ 1 เริ่มทำการทดสอบโดยนำแท่งทองแดงยาว 100 mm หนึ่งแท่ง และแท่งทองแดงยาว 50 mm สองแท่งประกอบเป็นชุดทดลอง แล้วทดสอบเพื่อหาค่าสภาพการนำความร้อน ของแท่งทองแดงทั้งที่มีและไม่มีรอยต่อ เพื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าสภาพการนำความร้อนของทองแดงบริสุทธิ์ จากตารางสมบัติของวัสดุที่อุณหภูมิ 20 °C ซึ่งมีค่าเท่ากับ 386 W/m.K หลังจากนั้นทดสอบ Thermal compound ทั้งห้ายี่ห้อด้วยความหนาตามเงื่อนไขที่กำหนด และนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ หาค่าความต้านทานความร้อนของ Thermal compound ด้วยสมการหลักการนำความร้อนขึ้นพื้นฐานตามนิยามของฟูเรียร์

ตารางที่ 1 Thermal compound ที่ใช้ในการทดสอบ

ยี่ห้อ	ราคาเฉลี่ยต่อมวล (บาท/กรัม)
A	200.00
B	85.70
C	50.00
D	10.00
E	1.00-2.00

3. ผลการทดลอง

การคำนวณผลการทดลองด้วยสมการสำหรับการนำความร้อนขึ้นพื้นฐานตามนิยามของฟูเรียร์

$$q = -kA \frac{dT}{dX} \quad (1)$$

$$\text{จะได้ } k = \frac{q.dX}{A.dT} \quad (2)$$

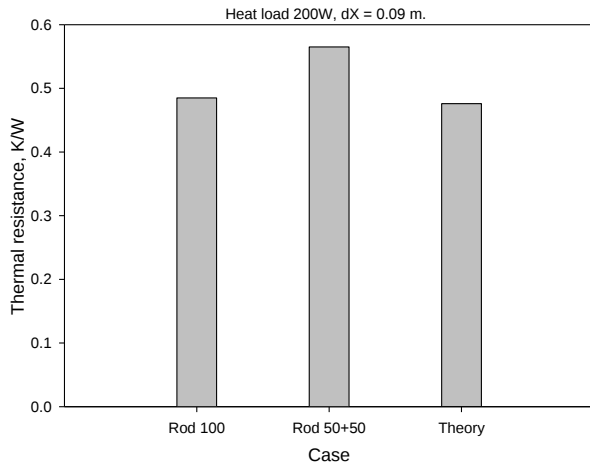
$$\text{จาก } R = \frac{dX}{kA} \quad (3)$$

$$\text{จะได้ } q = \frac{dT}{R} \text{ หรือ } R = \frac{dT}{q} \quad (4)$$

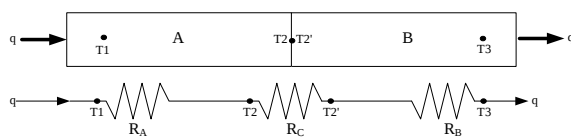
รูปที่ 3 เป็นการทดสอบค่าความต้านทานความร้อนของแท่งทองแดงสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์การทดสอบ โดยใช้อุณหภูมิจุดวัดที่ 1 และ 6 จะทำให้ได้ความยาวของแท่งทองแดงเท่ากับ 0.09 m. ซึ่งคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนจาก ค่าของความร้อนจากการแลกเปลี่ยนความร้อนในสมการที่ (5) โดยที่นำหล่อเย็นอุณหภูมิคงที่ 20°C อัตราการไหล 2.50×10^{-3} kg/s (150 g/min) ให้ความร้อนคงที่ 200W จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานความร้อนของแท่งทองแดงทดสอบสูงกว่าค่าทางทฤษฎี นอกจากนี้ยังพบว่าแท่งทดสอบแบบสองแท่งต่อชนกัน (Rod 50+50) มีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่า ทองแดงแบบยาวท่อนเดียว ซึ่งเป็นไปตามหลักการของค่าความต้านทานความร้อนหน้าสัมผัสดังรูปที่ 4 ด้วยสมการที่ (6) และ (7)

TSF-32

$$q = \dot{m}C_p\Delta T \quad (5)$$



รูปที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของแท่งทองแดง



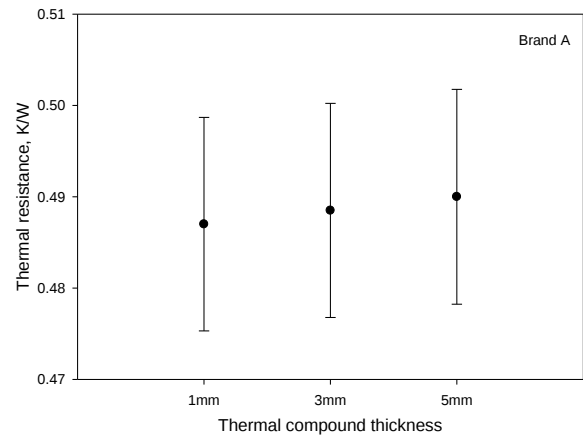
รูปที่ 4 ทฤษฎีค่าความต้านทานความร้อนหน้าสัมผัส

$$q = \frac{dT}{\sum R} = \frac{dT}{R_A + R_c + R_B} \quad (6)$$

$$\text{หรือ } q = \frac{dT}{\left(\frac{dX_A}{k_A A}\right) + \left(\frac{1}{h_c A}\right) + \left(\frac{dX_B}{k_B A}\right)} \quad (7)$$

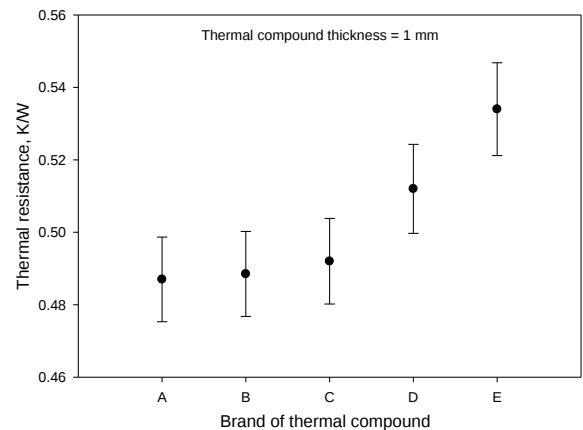
$$\text{โดยที่ } h_c = \frac{1}{L_g} \left[\frac{A_c}{A} + \frac{2k_A \cdot k_B}{k_A + k_B} + \frac{A_v}{A} k_f \right] \quad (8)$$

รูปที่ 5 ผลของ Thermal compound ยี่ห้อ A ต่อค่าความต้านทานความร้อนรวม โดยการทดสอบที่ความหนาเท่ากับ 1, 3 และ 5 mm จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานความร้อนรวมเพิ่มขึ้นเมื่อความหนา กาวซิลิโคนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (3)



รูปที่ 5 ผลของ Thermal compound ยี่ห้อ A ค่าความต้านทานความร้อนรวม

รูปที่ 6 ผลของ Thermal compound ต่อค่าความต้านทานความร้อนรวม โดยการทดสอบที่ความหนาของ Thermal compound เท่ากับ 1 mm จำนวน 5 ยี่ห้อตามตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานความร้อนรวมมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้กาวซิลิโคนราคาถูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าราคาของกาวซิลิโคน มีผลต่อคุณภาพด้านค่าสภาพการนำความร้อน โดยที่ราคาถูกจะมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำลงตามไปด้วย

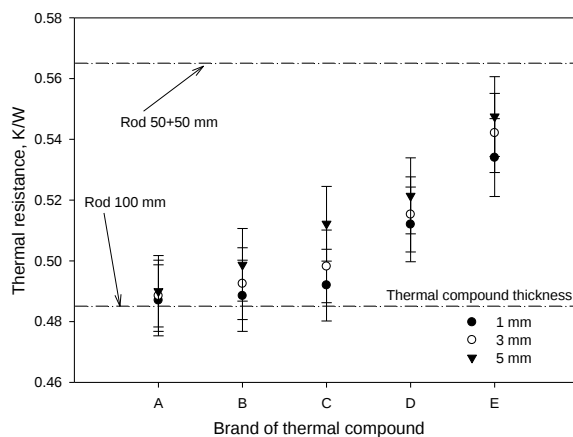


รูปที่ 6 ผลของ Thermal compound ที่ความหนา 1 mm. ต่อค่าความต้านทานความร้อนรวม

รูปที่ 7 ผลของ Thermal compound ทั้ง 5 ยี่ห้อต่อค่าความต้านทานความร้อนรวม โดยการทดสอบที่ความหนาเท่ากับ 1, 3 และ 5 mm เปรียบเทียบกับผลการทดสอบแบบทองแดงแท่งเดี่ยว (Rod 100) และแบบสองแท่งต่อ

TSF-32

เช่นกัน จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานความร้อนรวมเมื่อใช้ กาวซิลิโคนยี่ห้อ A ทั้ง 3 ความหนาไม่แตกต่างกัน และยัง มีค่าใกล้เคียงกับค่าความต้านทานความร้อน ของแท่ง ทองแดงแบบแท่งยาว 100 mm แสดงว่ากาวซิลิโคนยี่ห้อ A มีค่าสภาพการนำความร้อนสูงกว่ายี่ห้ออื่นๆ และเมื่อ พิจารณายี่ห้อที่ถูกที่สุดพบว่า ค่าความต้านทานความร้อน สูงกว่ายี่ห้ออื่นๆ โดยมีค่าเข้าใกล้ค่าความต้านทานความร้อนของทองแดงแบบสองแท่งต่อเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า กาวซิลิโคนยี่ห้อ E มีค่าสภาพการนำความร้อนแย่ที่สุด แต่ทั้งนี้ยังไม่แน่เท่ากับไม่ใช้กาวซิลิโคนบริเวณรอยต่อ



รูปที่ 7 ผลของ Thermal compound ทั้ง 5 ยี่ห้อต่อค่า ความต้านทานความร้อนรวม

4. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบค่าความต้านทานความร้อน ของซิลิโคน สำหรับซีพียู ด้วยชุดทดสอบการนำความร้อนของโลหะ ทรงกระบอก ผลการทดสอบพบว่าทั้งชนิดยี่ห้อและความ หนาฟิล์ม มีผลต่อค่าความต้านทานความร้อนรวม โดย ยี่ห้อที่มีราคาแพงมีผลกระทบน้อยสุด แสดงว่ามีค่าสภาพ การนำความร้อนสูงกว่า ทั้งนี้กาวซิลิโคนสำหรับซีพียูที่ทำ การทดสอบมีส่วนผสมต่างๆ ดังนี้ กากเพชร, ผงเงิน, ผงทองแดง และ ผงคาร์บอน สำหรับยี่ห้อ A, B, C และ D ตามลำดับ แต่ไม่ได้รับปริมาณของส่วนผสม ในส่วนของ ยี่ห้อ E ไม่ระบุส่วนผสมของโลหะใดๆ นอกจากซิลิโคนที่ เป็นส่วนผสมหลัก นอกจากนี้ยังพบอีกว่าไม่ว่าส่วนผสมจะ เป็นโลหะที่มีค่าสภาพการนำความร้อนที่ดีเพียงใด ก็ไม่ สามารถทำให้ค่าความต้านทานความร้อนลดลง ได้มากไป กว่า การนำความร้อนผ่านโลหะแท่งที่ไม่มีรอยต่อ ดังนั้นใน การเลือกใช้งานควรเลือกกาวซิลิโคนที่มีส่วนผสมที่เหมือน

หรือใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้ในการนำความร้อน ออกมาจาก แหล่งความร้อนสำหรับการระบายความร้อน และในการ ติดตั้งควรทากาวซิลิโคนให้เป็นฟิล์มให้บางจึงจะได้ผลดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ต่อห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการ ถ่ายโอนความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี สำหรับการสนับสนุนทางการเงิน เทคโนโลยี และความ ช่วยเหลือทางด้านเทคนิคต่างๆ จนทำให้การศึกษาวิจัย ในครั้งนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

6. รายการสัญลักษณ์

A	พื้นที่ภาคตัด (m^2)
A_c	พื้นที่หน้าสัมผัส (m^2)
A_v	พื้นที่ช่องว่าง (m^2)
c_p	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ($kJ/kg.K$)
h_c	สัมประสิทธิ์ของหน้าสัมผัส ($W/m^2.K$)
k	ค่าสภาพการนำความร้อน ($W/m.K$)
k_f	ค่าสภาพการนำความร้อนของของไหล ($W/m.K$)
L_g	ความหนาช่องว่าง (m)
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)
q	อัตราความร้อน, พลังงาน (W, kW)
R	ค่าความต้านทานความร้อน (K/W)
T	อุณหภูมิ ($^{\circ}C, K$)
X	ความหนา (m)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Di Liu, Fu-Yun Zhao, Hong-Xing Yang, Guang-Fa Tang. (2015). Thermoelectric mini cooler coupled with micro thermosiphon for CPU cooling system, Energy, Vol.83 pp. 29-36.
- [2] J. Choi, M. Jeong, J. Yoo, M. Seo. (2012). A new CPU cooler design based on an active cooling heatsink combined with heat pipes, Applied Thermal Engineering, Vol. 44 pp. 50-56.
- [3] B.P. Whelan, R. Kempers, A.J. Robinson. (2012). A liquid-based system for CPU cooling implementing a jet array impingement waterblock and a tube array

TSF-32

remote heat exchanger, Applied Thermal Engineering, Vol.39 pp. 86-94.

[4] M. Nazari, M. Karami, M. Ashouri. (2014). Comparing the thermal performance of water, Ethylene Glycol, Alumina and CNT nanofluids in CPU cooling: Experimental study, Experimental Thermal and Fluid Science, Vol.57 pp. 371–377.

[5] T. Yousefi, S.A. Mousavi, B. Farahbakhsh, M.Z. Saghir. (2013). Experimental investigation on the performance of CPU coolers: Effect of heat pipe inclination angle and the use of nanofluids, Microelectronics Reliability, Vol.53 pp.1954–1961.

[6] P. Naphon, S. Wiriyaart, S. Wongwises. (2015). Thermal cooling enhancement techniques for electronic components, International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol.61 pp. 140–145.

[7] Hung-Yi Li, Ci-Lei Chen, Shung-Ming Chao, Gu-Fan Liang. (2013). Enhancing heat transfer in a plate-fin heat sink using delta winglet vortex generators, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.67 pp. 666–677.

[8] Tae Young Kim, Sung Jin Kim. (2009). Fluid flow and heat transfer characteristics of cross-cut heat sinks, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.52 pp. 5358–5370.