

การหารูปร่างเรขาคณิตที่เหมาะสมในการระบายความร้อนของครีบบั่แผ่นที่ เรียงตัวแบบสลับแถว

Geometrical Optimization of Staggered Plate Fin Heat Sinks

เด่นพงษ์ สุตภักดี¹ นายกฤษฎา ภาวะคงบุญ² ฉัตรชัย เบญจปิยะพร³
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทร 0-43393917 E-mail : denpong@kku.ac.th¹, dog_cat_rat@hotmail.com², chaban@kku.ac.th³

Denpong Soodphakdee¹ Kissada Pawakongbun² Chatchai Benjapiyaporn³
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University
Tel : 0-43393917 E-mail : denpong@kku.ac.th¹, dog_cat_rat@hotmail.com², chaban@kku.ac.th³

1. บทคัดย่อ

การหารูปร่างที่เหมาะสมในการระบายความร้อนของครีบบั่แผ่นที่เรียงตัวแบบสลับแถวใช้การสร้างรูปร่างแบบจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และหาค่าโดยใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) โดยให้อุณหภูมิคงที่ที่ฐานครีบบั่ (Heatsink Base) และที่ครีบบั่ระบายความร้อน (Heatsink) โดยให้ค่าความหนาของครีบบั่ระบายความร้อน (Fin Thickness) มีค่าคงที่ ทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วของอากาศ (Air Velocity) ค่าความยาวครีบบั่ระบายความร้อน (Fin Length) ค่าระยะห่างระหว่างครีบบั่ระบายความร้อน (Fin Pitch) และค่าความสูงของครีบบั่ระบายความร้อน (Fin High) โดยนำค่าที่ได้จากการคำนวณค่าโดยใช้ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณมาวิเคราะห์เพื่อหารูปร่างที่ให้อุณหภูมิคงที่ในการถ่ายโอนความร้อนที่ดีที่สุด ซึ่งจะออกมาในรูปแบบของตัวแปรไร้มิติ เช่น $Nu = aRe^bPr^c$

To find the best geometrical optimization of staggered plate fin heat sinks in transferring heat using computational fluid dynamic; assigning is isothermal wall at base and Heatsink with fin thickness is constant. However, varying air velocity, fin length, fin pitch and changing fin height. The values from Computational Fluid Dynamics (CFD) will be used to analyze the best geometrical optimization of staggered plate fin heat sinks in transferring heat which will give out results in the form of dimensionless variables, for example $Nu = aRe^bPr^c$

2. หลักการคิด

การหารูปร่างที่เหมาะสมในการระบายความร้อนของครีบบั่แผ่นที่เรียงตัวแบบสลับแถว จะใช้ทฤษฎีของครีบบั่ระบายความร้อนที่ไม่คิดการถ่ายโอนความร้อนที่ปลายครีบบั่ระบายความร้อน (Fins with Negligible Heat Loss at Fin Tip) [1] ในการคำนวณ ซึ่งเป็นการสมดุลระหว่างการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อน (Conduction) กับการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อน (Convection) โดยไม่พิจารณาการถ่ายโอนความร้อนโดยการแผ่รังสี (Radiation) เนื่องจากการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อนที่เกิดขึ้นในครีบบั่ระบายความร้อนมีค่าที่ต่ำกว่า [2]

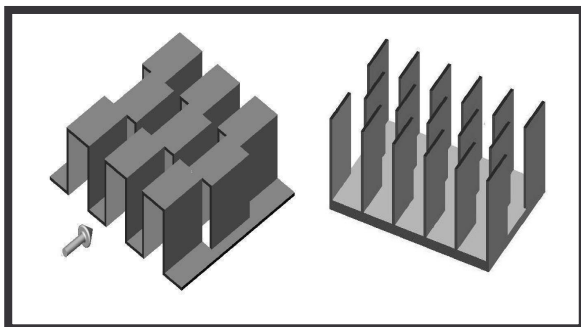
ซึ่งแหล่งที่ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นในระบบคือ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในระยะเวลาหนึ่งๆ ($P = I^2R = IV$) และกระแสไฟฟ้านี้จะไหลผ่านความต้านทานในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อน (Heat Dissipation) ขึ้นที่อุปกรณ์นั้นๆ และส่งผ่านไปยังฐานครีบบั่ระบายความร้อนต่อไป ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกส่งผ่านไปยังฐานครีบบั่ระบายความร้อนจะเป็นประเด็นสำคัญในการพิจารณา และออกแบบในการหาจุดที่เหมาะสมในการระบายความร้อน

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นการถ่ายโอนความร้อนในครีบบั่แผ่นที่ใช้ในการระบายความร้อนจะทำการวิเคราะห์โดยไม่พิจารณาผลของการแผ่รังสี เนื่องจากครีบบั่ระบายความร้อนแต่ละตัวอยู่ไม่ห่างกันมากทำให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิไม่มากนัก เมื่อนำมาคิดแล้วผลจากการแผ่รังสีจึงมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับผลการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อน และเนื่องด้วยการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อนที่เกิดขึ้นตลอดครีบบั่ระบายความร้อนมีค่าคงที่ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ผลิตครีบบั่ระบายความร้อน (เช่น อลูมิเนียม)

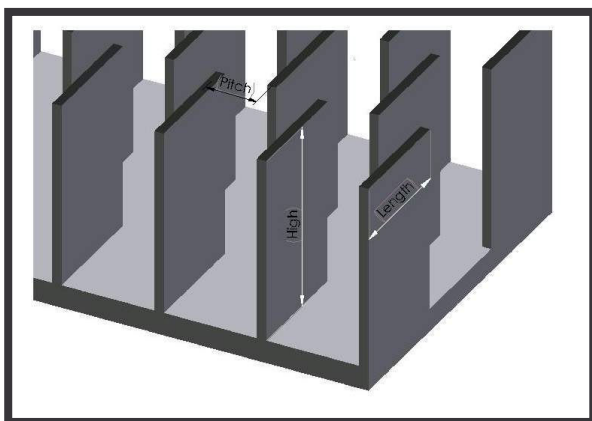
จึงพิจารณาได้ว่าความสามารถในการถ่ายโอนความร้อนของครีบริบายความร้อนโดยการพาความร้อนแบบบังคับ จะขึ้นอยู่กับค่าการถ่ายโอนความร้อนโดยการพาความร้อนเป็นหลัก โดยพิจารณาการไหลของของไหลให้เป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ที่ไหลผ่านครีบริบายความร้อนที่มีรูปร่างสม่ำเสมอ (Symmetry Model) และลักษณะการไหลของของไหลมีลักษณะการไหลซ้ำๆ เดิม (Periodic Flow) [3] โดยพิจารณาให้ของไหลนั้นๆ มีการพัฒนา ลักษณะการไหล และอุณหภูมิเต็มรูปแบบแล้ว (Fully Developed Flow and Temperature) เนื่องจากระยะในการพัฒนาของของไหล และอุณหภูมิ (Hydrodynamic and Thermal Entry Lengths) มีระยะ น้อยมาก หรือเรียกว่าเป็นการไหลแบบซ้ำๆ ที่มีการพัฒนาตัวเต็มที่ แล้ว (Periodically Fully Developed Flow) ส่วนครีบริบายความร้อน และฐานครีบริบายความร้อนถูกพิจารณาเป็นผนังที่มีการส่งผ่านความร้อนที่คงที่ (Isothermal Model)

3. รูปทรงที่ใช้คำนวณ

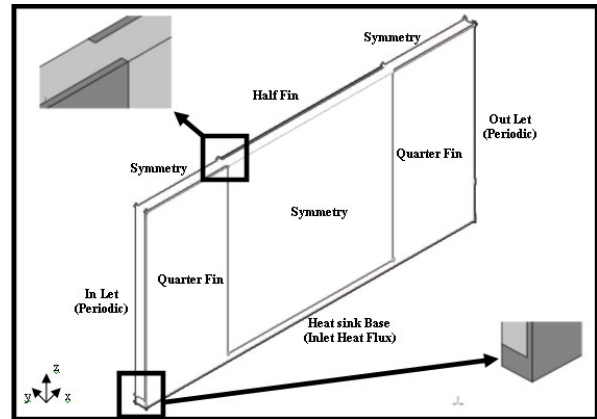
ในการใช้โปรแกรม GAMBIT ในการสร้างรูปร่างจำลองทั้งสองแบบดังภาพที่ 3 และ 4 จะเห็นว่าในภาพที่ 3 มีความซับซ้อนมากกว่าภาพที่ 4 ซึ่งเมื่อนำมาแบ่งกริด (Grid) แล้วจะเห็นว่าภาพที่ 3 ต้องใช้ทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์มากกว่าภาพที่ 4 และจะส่งผลต่อการคำนวณค่าตอบอย่างมาก ดังนั้นเราจึงใช้แบบจำลองดังภาพที่ 4 ในการวิเคราะห์หาคำตอบ



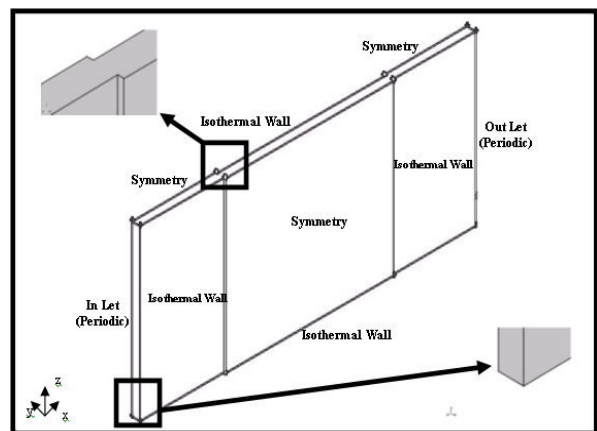
ภาพที่ 1 ครีบริบายความร้อนที่ใช้ทั่วไป และครีบริบายความร้อนที่ใช้ในการวิเคราะห์



ภาพที่ 2 ขนาดของครีบริบายความร้อนที่ใช้ในการวิเคราะห์



ภาพที่ 3 แบบจำลองแบบคอนจูเกต (Conjugate Model)



ภาพที่ 4 แบบจำลองแบบอุณหภูมิคงที่ (Isothermal Model)

และทำการกำหนดชนิดของเงื่อนไขขอบเขต กริดที่สร้างขึ้นมาจะส่งเข้าโปรแกรม FLUENT โดยไฟล์นามสกุล .msh เพื่อใช้ในการคำนวณ ในโปรแกรม FLUENT นี้จะทำการกำหนดค่าทางกายภาพ คุณสมบัติของวัสดุ สภาวะในการทำงานเริ่มต้น และชนิดของเงื่อนไขขอบเขต และทำการคำนวณผลต่อไป

4. สมการคำนวณ

สมการที่ใช้เป็นสมการอนุรักษ์มวล สมการโมเมนตัม และสมการพลังงาน หรือเรียกรวมๆว่าสมการควบคุม (Governing Equation)

$$\text{div}(\rho \mathbf{U}) = 0 \quad (1)$$

$$\text{div}(\rho \mathbf{u} \mathbf{U}) = S_{Mx} - \frac{\partial P}{\partial x} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) \quad (2)$$

$$\text{div}(\rho \mathbf{v} \mathbf{U}) = S_{My} - \frac{\partial P}{\partial y} + \text{div}(\mu \text{ grad } v) \quad (3)$$

$$\text{div}(\rho \mathbf{w} \mathbf{U}) = S_{Mz} - \frac{\partial P}{\partial z} + \text{div}(\mu \text{ grad } w) \quad (4)$$

$$\text{div}(\rho i \mathbf{U}) = S_i + \Phi - P \text{div} \mathbf{U} + \text{div}(k \text{ grad } T) \quad (5)$$

โดยที่

$$P = P(\rho, T) \text{ and } i = i(\rho, T)$$

$$\text{e.g. perfect gas } P = \rho RT \text{ and } i = C_v T$$

$$\mathbf{U} = u\mathbf{i} + v\mathbf{j} + w\mathbf{k}$$

5. สภาวะเริ่มต้น

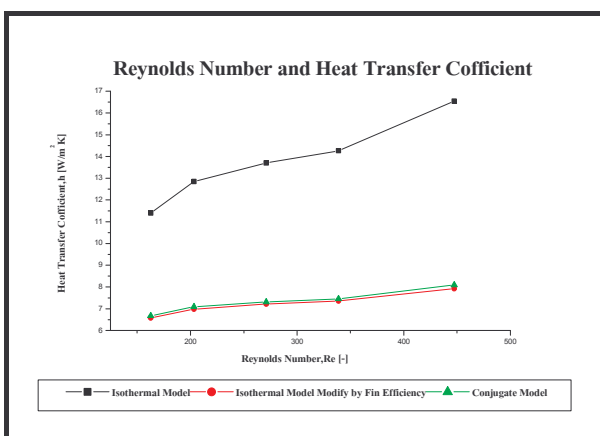
จากภาพที่ 4 เป็นส่วนหนึ่งของครีบริบายความร้อน (Heatsink) ที่ได้นำมาวิเคราะห์ โดยกำหนดค่าความเร็วของอากาศที่ทางเข้า (inlet) ในช่วง 1.0 ถึง 2.8 m/s โดยอากาศเข้ามีอุณหภูมิ 300 K และลักษณะการไหลของอากาศเป็นแบบการไหลซ้ำๆ เดิม (Periodic Flow) ที่ทางเข้า (Inlet) และทางออก (outlet) เนื่องจากครีบริบายความร้อนที่มีรูปร่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงทำการแบ่งแบบจำลองได้ดังรูป และค่าความร้อนที่ให้มีค่า 320 K ใช้เป็นแบบอุณหภูมิคงที่ (Isothermal) ที่ฐานครีบริบาย (Heatsink Base) และที่ครีบริบายความร้อน (Heatsink) ส่วนผิวด้านบนของแบบจำลองกำหนดให้เป็นฉนวน (Insulate)

6. ผลการทดลอง

จากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer Coefficient) ที่ได้จากผลการคำนวณของแบบจำลองในภาพที่ 4

$$\eta_F = \frac{\tanh(mH)}{mH} \quad (6)$$

$$\text{โดยที่ } mH = \sqrt{\frac{hP}{kA}} H = \sqrt{\frac{2h(L+t)}{kLt}} H$$

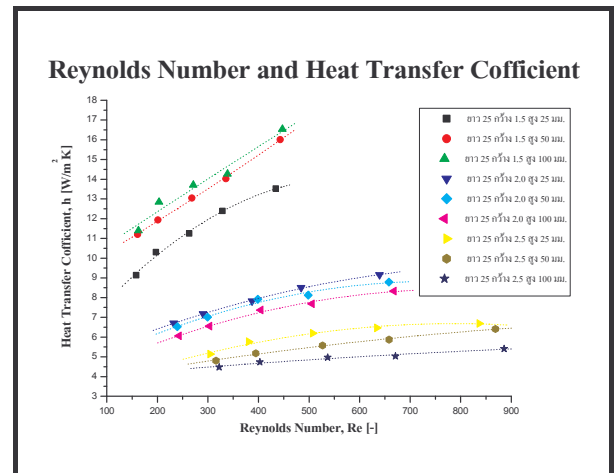


ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนของแบบจำลองคอนจูเกต และแบบจำลองแบบอุณหภูมิคงที่

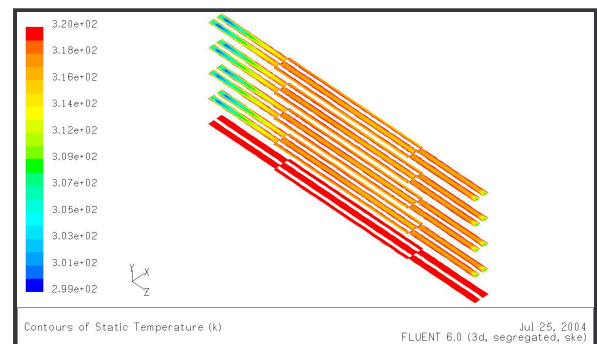
เมื่อนำมาคูณเข้ากับค่าประสิทธิภาพของครีบริบายความร้อน (Fin Efficiency) ที่ไม่คิดการถ่ายโอนความร้อนที่ปลายครีบริบายความ

ร้อน (Fins with Negligible Heat Loss at Fin Tip) แล้วจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าการถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer Coefficient) ที่ได้จากผลการคำนวณของแบบจำลองในภาพที่ 3 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5

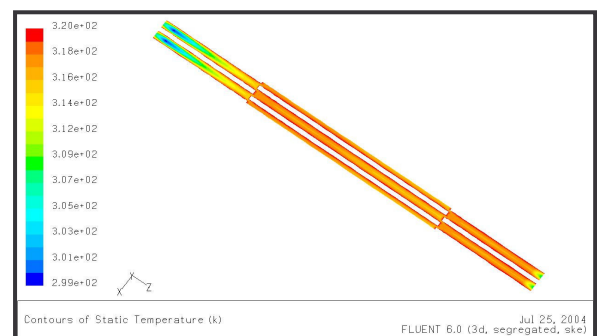
7. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ของค่า Reynold number กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน ที่มีความยาวครีบริบายเท่ากัน



ภาพที่ 7 รูประดับชั้นอุณหภูมิของแบบจำลองตามแนวแกน y



ภาพที่ 8 รูประดับชั้นอุณหภูมิของแบบจำลอง

จากค่าความสัมพันธ์ของค่าความยาวของครีบริบาย (L) ค่าระยะห่างระหว่างครีบริบาย (p) ค่าความสูงของครีบริบาย (H) และค่าความเร็วของอากาศ (v) ที่เปลี่ยนไปจะพบว่า

7.1 ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างครีบลีมีค่าน้อยจะทำให้ค่าการถ่ายโอนความร้อน และค่าความดันตกที่สูงกว่ากรณีที่ระยะห่างระหว่างครีบลีมีค่ามาก ซึ่งค่าการถ่ายโอนความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะก่อให้เกิดค่าความดันตกที่สูงขึ้นตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

7.2 ในกรณีที่ครีบลีมีความสูงมาก หรือน้อยไม่ส่งผลมากนักต่อค่าการถ่ายโอนความร้อน

7.3 ในกรณีที่ครีบลีมีความยาวน้อยจะทำให้ค่าการถ่ายโอนความร้อนที่สูงกว่ากรณีที่ครีบลีมีความยาวมาก เนื่องจากกรณีที่ครีบลีมีความยาวน้อยจะส่งผลให้เกิดค่าความปั่นป่วนขึ้นภายในระบบมากกว่ากรณีที่ครีบลีมีความยาวมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Necati Ozisik, Heat Transfer : a basic approach. : McGraw-Hill, 1998.
- [2] Y.A. Cengel, Heat Transfer : a practical approach. Boston Mass. : WCB/Mcgraw-Hill, 1998.
- [3] H.K. Versteeg and W. Malalasekera, An Introduction to Computational Fluid Dynamics : the Finite Volume Method. : Pearson Education Limited, 1995.