

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านครีบบั่กกลมด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสแทนซ์ กรณีปลายครีบบั่กมีการถ่ายเทความร้อน

Calculating Heat Transfer through a Circular Fin by Finite Resistance Method

Case: Heat Transfer Tip Condition

ประเสริฐ อินประเสริฐ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10163

โทร. 457-0068 ต่อ 121, โทรสาร 457-3982, อีเมล Prasert_Inp@yahoo.com

Prasert Inprasert

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Siam University

235 Petkasem Road, Phasicharoen, Bangkok 10163

Tel: 457-0068 Ext 121, Fax: 457-3982, E-Mail: Prasert_Inp@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการคำนวณการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสแทนซ์ โดยแบ่งครีบบั่กกระจายความร้อนเป็นชิ้นเล็ก ๆ รูปทรงกระบอกกลวงมีความยาวเท่ากับความหนาแผ่นครีบบั่กและวางซ้อนกันในแต่ละชั้นเป็นจำนวนมาก แต่ละชั้นประกอบขึ้นด้วยตัวต้านทานการนำความร้อน 1 ตัวและตัวต้านทานการพาความร้อน 2 ตัว โดยใช้โปรแกรมจำลองค่าแบบจำลองตัวต้านทานนี้เปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านครีบบั่กกลมที่มีการสูญเสียความร้อนส่วนปลายครีบบั่กว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันเพียงใด เนื่องจากการคำนวณตามทฤษฎีใช้วิธีปรับแก้ความยาวจากกรณีไม่มีการสูญเสียความร้อนที่ส่วนปลาย การคำนวณเปรียบเทียบกำหนดให้ครีบบั่กกลมทำด้วยอลูมิเนียม 2024-T6 รัศมีใน 25 mm, รัศมีนอก 45 mm, หนา 6 mm, ติดอยู่กับท่ออุณหภูมิมี 500 K ระบายความร้อนด้วยอากาศไหลผ่านที่อุณหภูมิ 300 K มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยเฉลี่ย $50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ และค่าสภาพการนำความร้อนแผ่นครีบบั่กโดยเฉลี่ย $186 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ เมื่อทำการแบ่งครีบบั่กกระจายความร้อนเป็นชิ้นเล็กจำนวน 40 ชิ้น ปรากฏว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนแตกต่างจากทฤษฎี 2.37% จะเห็นได้ว่าแบบจำลองความต้านทานทางความร้อนนี้สามารถคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสแทนซ์ได้ใกล้เคียงทฤษฎีแต่ให้ความแม่นยำมากกว่า เนื่องจากใช้ค่าความยาวจริงของแผ่นครีบบั่กโดยมีการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนปลายตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่ในทฤษฎีใช้ค่าปรับแก้ความยาวของแผ่นครีบบั่ก

คำสำคัญ: ครีบบั่กกลม, ไฟไนต์รีซิสแทนซ์, ทรงกระบอกกลวง

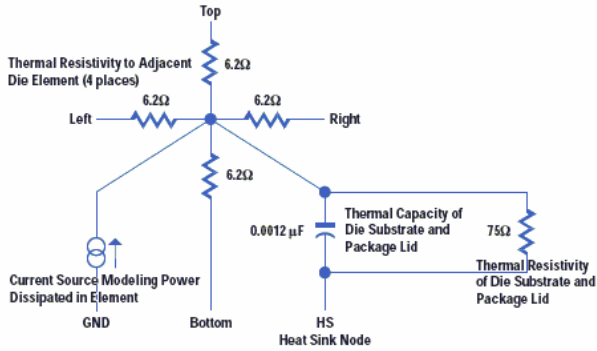
Abstract

This paper presents the calculation of heat transfer through a fin by using finite resistance method. A circular fin is divided into many small hollow cylindrical elements which cylindrical length equal to fin thickness, the elements lay on radial direction and each element consist of 1 conduction resistance and 2 convection resistances. MultiSim™ software is used to calculate this resistance model and compare with analytical circular fin heat transfer method with heat transfer tip condition to find a difference of heat transfer rate because the calculating method followed the theory uses length adjusting method from the case of no heat transfer at the tip. The comparative calculation let a circular fin made from aluminum 2024-T6, with inner radius 25 mm, outer radius 45 mm and thickness 6 mm. The fin is fixed on a tube which has temperature 500 K, and cooled by air flow at temperature 300 K. A value of its convection heat transfer coefficient is $50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ and average fin conduction heat transfer coefficient is $186 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$. Investigation by dividing the fin length into 40 elements shows that heat transfer rate is different from the theory 2.37%. From this thermal resistance model show that it can be calculated by finite resistance method, moreover it is more trustful than the theory because of using the true length of fin followed by the condition of heat transfer at the tip which is difference from the theory that uses the adjust length of fin.

Keyword: Circular Fin, Finite Resistance, Hollow Cylindrical

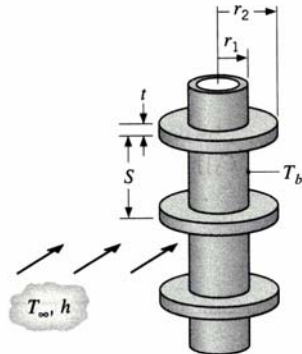
1. บทนำ

บทความนี้นำเสนอการคำนวณการถ่ายความร้อนซึ่งผสมผสานแนวคิดมาจากวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์และเทอร์มอลรีซิสแทนซ์[6,7] ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เช่นจากรูปที่ 1 เป็นการคำนวณโดยใช้ Thermal Tools ที่ให้มาพร้อมกับโปรแกรม SPICE คำนวณการถ่ายเทความร้อนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 1 การจัดโหนดแบบหนึ่งในการคำนวณ 2 มิติ ในโปรแกรม SPICE [3]

โดยการนำตัวต้านทานความร้อนประกอบเข้าด้วยกันมาคำนวณครีบบรรายความร้อนแผ่นกลมดังรูปที่ 2 กรณีที่มีการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนปลาย เพื่อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎี โดยใช้โปรแกรมมัลติซิม ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการคำนวณวงจรทางไฟฟ้าทั่วไป



รูปที่ 2 ลักษณะครีบบรรายความร้อนแผ่นกลม[4]

2. ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านครีบบรรายความร้อน

ในที่นี้จะกล่าวถึงการคำนวณการถ่ายเทความร้อนสำหรับแผ่นครีบบรรายความร้อนที่มีการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

2.1 ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแผ่นครีบบ

ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนอ่านได้จากกราฟในรูปที่ 3

เมื่อ η_f - ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแผ่นครีบบ (%)

t - ความหนาแผ่นครีบบ (m)

r_1, r_2 - รัศมีวงในและรัศมีวงนอกแผ่นครีบบ (m)

r_{2c} - รัศมีปรับแก้(Corrected radius) กรณีที่มีการถ่ายเทความร้อน

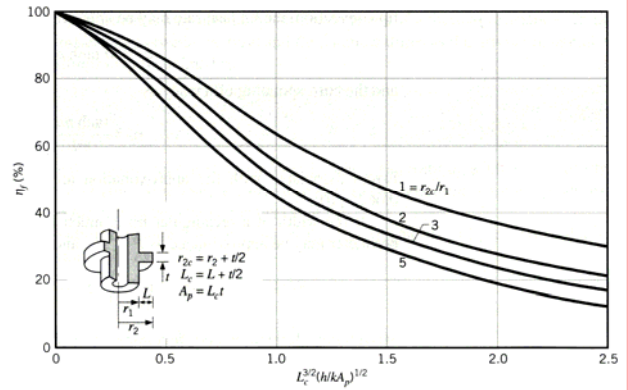
ปลายแผ่นครีบบ (m)

L_c - ความยาวแผ่นครีบบปรับแก้(Corrected length) กรณีที่มีการถ่ายเทความร้อนปลายแผ่นครีบบ (m)

A_p - พื้นที่หน้าตัดแนวยาวแผ่นครีบบ (m^2)

h - สัมประสิทธิ์การพาความร้อนแผ่นครีบบ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

k - สภาพการนำความร้อนแผ่นครีบบ ($W/m \cdot ^\circ C$)



รูปที่ 3 กราฟประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแผ่นครีบบ [4]

2.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านฐานครีบบ

หาค่าได้ดังนี้[4]

$$\dot{Q}_f = \eta_f h A_f (T_b - T_\infty) \quad (1)$$

$$A_f = 2\pi(r_2^2 - r_1^2) + 2\pi r_2 t \quad (2)$$

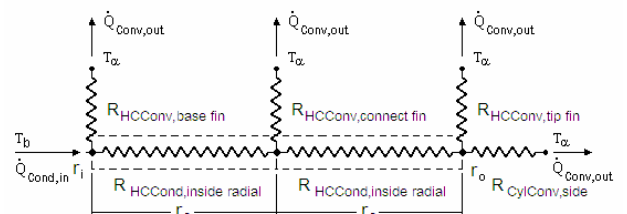
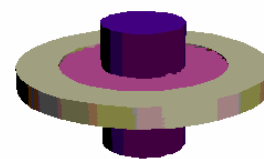
เมื่อ \dot{Q}_f - อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านแผ่นครีบบ (W)

A_f - พื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนแผ่นครีบบ (m^2)

T_b - อุณหภูมิฐานครีบบที่รัศมี r_1 ($^\circ C$)

T_∞ - อุณหภูมิของไหล ($^\circ C$)

3. การวิเคราะห์แบบวิธีไฟไนต์รีซิสแทนซ์



รูปที่ 4 ครีบบรรายความร้อนแผ่นกลมแบ่งออกเป็น 2 ชั้น

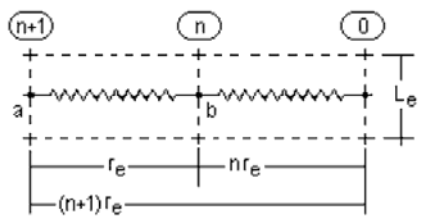
การคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสแทนซ์[6,7] โดยแบ่งครีบบรรายความร้อนแผ่นกลมออกเป็นชั้นเล็กๆ รูปทรงกระบอกกลวงมีความยาว (L_e) เท่ากับความหนาแผ่นครีบบ(t) และวางซ้อนกันในแนวรัศมีเป็นจำนวนมาก ให้ความหนาทรงกระบอกกลวงทุกชั้นมีขนาด(r_o)เท่ากัน

หมด แต่ละชั้นประกอบขึ้นด้วยตัวต้านทานการนำความร้อนในแนวรัศมี แผ่นครีป 1 ตัวและตัวต้านทานการพาความร้อน 2 ตัว

จากรูปที่ 4 แผ่นครีปมีรัศมีใน(r_i)และรัศมีนอก(r_o) ได้ทำการแบ่งแผ่นครีปออกเป็นทรงกระบอกกลางชั้นย่อย 2 ชั้น แต่ละชั้นมีความหนา ทรงกระบอกเท่ากัน(r_e) สามารถแทนได้ด้วยตัวต้านทานการนำความร้อนในแนวรัศมีทรงกระบอก 2 ตัว, ตัวต้านทานการพาความร้อนผิว ด้านบนและด้านล่าง 3 ตัว และตัวต้านทานการพาความร้อนปลายแผ่น ครีป 1 ตัว

สำหรับตัวต้านทานการนำความร้อนแนวแกนทรงกระบอกไม่ พิจารณาในที่นี้ เนื่องจากแผ่นครีประบายความร้อนมักทำมาจากโลหะ เพื่อให้มีการถ่ายเทความร้อนที่ดี และเป็นแผ่นบางเพื่อให้ติดตั้งจำนวน แผ่นครีปได้มากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิที่ระยะครึ่งความหนาแผ่นครีปจะ ใกล้เคียงอุณหภูมิที่ผิวแผ่นครีปมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าแม้ทฤษฎีการ ถ่ายเทความร้อนผ่านแผ่นครีปก็ไม่ได้พิจารณาถึงความแตกต่างของ อุณหภูมินี้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามถ้าใช้วัสดุที่มีค่าสภาพการนำความ ร้อนต่ำที่ทำมาจากฉนวนหรือเซรามิกส์ ถึงแม้ว่าจะเป็นแผ่นบาง อุณหภูมิที่ผิวย่อมแตกต่างจากอุณหภูมิที่ระยะครึ่งความหนาแผ่นครีป อย่างมีนัยสำคัญอย่างแน่นอน

3.1 ตัวต้านทานความร้อนในเนื้อวัสดุทรงกระบอกกลาง ชั้นที่ n



รูปที่ 5 การถ่ายเทความร้อนในเนื้อวัสดุทรงกระบอกกลางชั้นที่ n

พิจารณาการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวทรงกระบอกด้านนอก แนวที่ n+1 ที่จุด a และผิวทรงกระบอกด้านในแนวที่ n ที่จุด b ในรอบ เส้นประระหว่าง a กับ b ของทรงกระบอกชั้นที่ n ในรูปที่ 5 เพื่อหา ค่าความต้านทานความร้อน ได้ค่าดังนี้ [1][8]

$$R_{HCCond,inside\ radial} = \frac{\ln(r_{n+1}/r_n)}{2\pi k L_e} = \frac{\ln[(n+1)/n]}{2\pi k L_e} \quad (3)$$

เมื่อ $R_{HCCond,inside\ radial}$ - ความต้านทานความร้อนในเนื้อวัสดุของทรง กระบอกกลางในแนวรัศมี($^{\circ}C/W$)

r_{n+1} , r_n - รัศมีด้านนอก และรัศมีด้านใน Element (m) ชนิด ทรงกระบอกกลางที่ n

n - หมายเลขทรงกระบอกกลาง ดูรูปที่ 3

k - สภาพการนำความร้อน ($W/m \cdot ^{\circ}C$)

L_e - ความยาว Element (m) ในที่นี้คือความหนาแผ่นครีป ดังนั้น $L_e = t$

3.2 ตัวต้านทานการพาความร้อน

ตัวต้านทานการพาความร้อนเกิดขึ้นบริเวณผิวด้านข้างหรือปลาย ทรงกระบอก สามารถแยกตัวความต้านทานการพาความร้อนออกเป็น 4 ประเภทคือด้านข้างทรงกระบอกกลางชั้นนอกสุด, ปลายรอยต่อ ทรงกระบอกกลางกับฐานแผ่นครีป, ปลายรอยต่อระหว่างทรงกระบอก และปลายทรงกระบอกกลางชั้นนอกสุด โดยการหาค่าพื้นที่ผิวการพา ความร้อน(A_s) แล้วแทนค่าในตัวต้านทานการพาความร้อน[4]

3.2.1 ด้านข้างทรงกระบอกกลางชั้นนอกสุด

การถ่ายเทความร้อนที่บริเวณนี้เป็นด้านข้างปลายบริเวณแผ่นครีป หาค่าได้ดังนี้[2]

$$A_s = 2\pi r_o L_e$$

$$R_{CylConv,side} = \frac{1}{h 2\pi r_o L_e} \quad (4)$$

เมื่อ $R_{CylConv,side}$ - ความต้านทานการพาความร้อนด้านข้างทรงกระ บอก ($^{\circ}C/W$)

A_s - พื้นที่ผิววัสดุที่สัมผัสกับของไหล (m^2)

r_o - รัศมีนอกที่ปลายแผ่นครีป (m)

3.2.2 ปลายรอยต่อทรงกระบอกกลางกับฐานแผ่นครีป

การถ่ายเทความร้อนที่บริเวณนี้เป็นผิวด้านบนและด้านล่างแผ่น ครีปติดกับฐานแผ่นครีป โดยคำนวณบนพื้นที่จากรัศมีในสุด(r_i) ถึงครึ่ง ความหนาผนังกลาง($r_i+r_o/2$) หาค่าได้ดังนี้[2]

$$A_s = 2\pi(r_{n+1/2}^2 - r_n^2) = 2\pi r_o^2(n+1/4)$$

$$R_{HCCConv,base\ fin} = \frac{1}{2h\pi r_o^2(n+1/4)} \quad (5)$$

เมื่อ $R_{HCCConv,base\ fin}$ - ความต้านทานการพาความร้อนปลายทรงกระ บอกกลางรัศมีในผิวด้านบนและด้านล่าง ($^{\circ}C/W$)

3.2.3 ปลายรอยต่อระหว่างทรงกระบอก

การถ่ายเทความร้อนที่บริเวณนี้เป็นผิวด้านบนและด้านล่างแผ่น ครีปรอยต่อระหว่างทรงกระบอกของแผ่นครีป โดยคำนวณบนพื้นที่ผิวที่ นับจากรัศมีทรงกระบอกที่ n-1 บวกครึ่งหนึ่งของความหนา ทรงกระบอก($r_{n-1}+r_o/2$) หรือ $(r_n-r_o/2)$ ถึงรัศมีทรงกระบอกที่ n บวก ครึ่งหนึ่งของความหนาทรงกระบอก $(r_n+r_o/2)$ หาค่าได้ดังนี้[2]

$$A_s = 2\pi(r_{n+1/2}^2 - r_{n-1/2}^2) = 2\pi r_o^2(2n)$$

$$R_{HCCConv,connect\ fin} = \frac{1}{2h\pi r_o^2(2n)} \quad (6)$$

เมื่อ $R_{HCCConv,connect\ fin}$ - ความต้านทานการพาความร้อนรอยต่อทรง กระบอกกลางผิวด้านบนและด้านล่าง ($^{\circ}C/W$)

3.2.4 ปลายทรงกระบอกกลางชั้นนอกสุด

การถ่ายเทความร้อนที่บริเวณนี้เป็นผิวด้านบนและด้านล่างปลาย แผ่นครีป โดยคำนวณบนพื้นที่จากรัศมีนอกสุด(r_o) เข้ามาครึ่งความหนา ผนังทรงกระบอกกลาง($r_o-r_o/2$) หาค่าได้ดังนี้[2]

$$A_s = 2\pi(r_o^2 - r_{o-1/2}^2) = 2\pi r_o^2(n-1/4)$$

$$R_{HCCConv,tip\ fin} = \frac{1}{2h\pi r_o^2(n-1/4)} \quad (7)$$

เมื่อ $R_{HCConv,tip\ fin}$ – ความต้านทานการพาความร้อนปลายทรงกระบอก กลวงรัศมีนอกผิวด้านบนและด้านล่าง ($^{\circ}C/W$)

4. การคำนวณเปรียบเทียบ

กำหนดเงื่อนไขในการคำนวณเปรียบเทียบ โดยให้ครีบระบายความร้อนแบบแผ่นกลมทำด้วยอลูมิเนียมมีรัศมีใน(r_1) 25 mm รัศมีนอก(r_2) 45 mm หนา(t) 6 mm ติดอยู่กับท่ออุณหภูมิ(T_b) 500 K ระบายความร้อนด้วยอากาศอุณหภูมิ(T_{∞}) 300 K ไหลผ่านแผ่นครีบ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบบังคับโดยเฉลี่ย(Average force convection heat transfer coefficient, h) $50\ W/m^2\cdot^{\circ}C$ [4] และค่าสภาพการนำความร้อนแผ่นครีบอลูมิเนียม 2024-T6 โดยเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 400 K (k_f) $186\ W/m\cdot^{\circ}C$ [4]

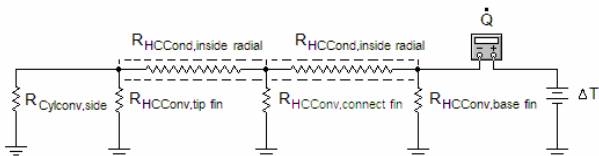
4.1 คำนวณด้วยทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านแผ่นครีบ

ขั้นตอนการคำนวณกรณีมีการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนปลาย ซึ่งจะต้องปรับแก้รัศมีนอกและความยาวแผ่นครีบ เสมือนให้มีความยาวเพิ่มขึ้น ดังนี้

1. r_{2c} (รัศมีนอกปรับแก้) = $r_2 + t/2 = 0.048\ m$
2. L (ความยาวแผ่นครีบ) = $r_2 - r_1 = 0.020\ m$
3. L_c (ความยาวแผ่นครีบปรับแก้) = $L + t/2 = 0.023\ m$
4. A_p (พื้นที่หน้าตัดแนวยาวแผ่นครีบ) = $L_c \cdot t = 0.000138\ m^2$
5. อ่านค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแผ่นครีบจากกราฟดังรูปที่ 3 เมื่อ $L_c^{3/2} / (h \cdot k \cdot A_p)^{1/2} = 0.1539503714$
จะได้ $\eta_f = 0.9561$
6. คำนวณพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนแผ่นครีบจาก (2)
 $A_f = 1.049291946 \times 10^{-2}\ m^2$
7. คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนจาก (1)
 $\dot{Q}_f = 100.323\ W$

4.2 คำนวณด้วยวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์

เริ่มต้นโดยแบ่งครีบระบายความร้อนแผ่นกลมออกเป็นรูปทรงกระบอกกลวง 2 ชั้น ดังรูปที่ 4 แล้วคำนวณและเขียนตัวต้านทานลงใน Electronic work sheet ในโปรแกรมมัลติซิม แสดงดังรูปที่ 6 แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอื่นๆได้เช่นกัน



รูปที่ 6 วงจรไฟฟ้าในโปรแกรมมัลติซิม สำหรับการแบ่งความยาวครีบ 2 Element และมีการพาความร้อนที่ส่วนปลาย

ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากทฤษฎีมาก จึงต้องแบ่งครีบระบายความร้อนออกเป็นจำนวนชั้นที่มากขึ้น เพื่อดูการลู่เข้าคำตอบ(Convergent)

เมื่อแบ่งออกเป็นจำนวน 40 ชั้น จะให้คำตอบเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการคำนวณอย่างละเอียดดังนี้

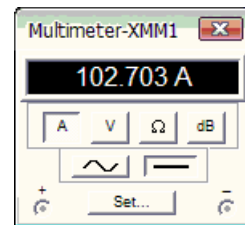
1. แบ่งครีบระบายความร้อนออกเป็นชั้นทรงกระบอกกลวงมีความยาวเท่ากับความหนาแผ่นครีบ($L_e=t$) 6 mm. เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ กำหนดให้การเพิ่มรัศมีทรงกระบอกแต่ละชั้นที่วางซ้อนกันในแนวรัศมีมีค่าคงที่ตลอดโดยมีความหนาทรงกระบอกกลวง($r_i=r_o$) 0.5 mm. ทุกชั้น ดังนั้นแบ่งแผ่นครีบได้จำนวน 40 ชั้น($(r_2-r_1)/r_e=L/r_e=40$) โดยกำหนดให้ทรงกระบอกกลวงที่จะใช้ในการคำนวณชั้นแรกเป็นทรงกระบอกชั้นที่ 50 (r_1/r_o) จะได้ $r_{50} = 25\ mm$. (รัศมีใน), $r_{51}=r_{50}+r_e = 25.5\ mm$. (รัศมีนอก), ทรงกระบอกกลวงชั้นสุดท้ายเป็นชั้นที่ 89 จะได้ $r_{89}=r_{50}+39 \cdot r_e = 44.5\ mm$. (รัศมีใน), ที่ปลายแผ่นครีบ $r_{90}=r_{50}+40 \cdot r_e = 45\ mm$. (รัศมีนอก) เมื่อมองเป็นชั้นทรงกระบอกกลวงจะได้ชั้นทรงกระบอกกลวงที่มีรัศมีนอกมากกว่ารัศมีใน 0.5 mm. ทุกชั้น และมีความยาวทรงกระบอก (L_e) 6 mm.

2. คำนวณค่าความต้านทานการนำความร้อนในแนวรัศมีของแต่ละชั้นย่อย จาก(3) เช่น $R_{HCCond50-51,inside\ radial} = 2.8240914161(10^{-3})\ ^{\circ}C/W$, $R_{HCCond89-90,inside\ radial} = 1.5934462552(10^{-3})\ ^{\circ}C/W$

3. คำนวณความต้านทานการพาความร้อนบริเวณผิววัสดุที่รอยต่อแต่ละชั้นย่อย จาก(6) เช่น $R_{HCConv51,connect\ fin} = 124.8274063466\ ^{\circ}C/W$, $R_{HCConv89,connect\ fin} = 71.5303115020\ ^{\circ}C/W$

4. คำนวณความต้านทานการพาความร้อนบริเวณผิววัสดุแต่ละชั้นย่อย ที่ด้านข้างปลายแผ่นครีบ จาก(4) $R_{CylConv90,side} = 11.7892550438\ ^{\circ}C/W$, ที่ฐานแผ่นครีบ จาก(5) $R_{HCConv50,base\ fin} = 253.3810039274\ ^{\circ}C/W$, ที่ปลายแผ่นครีบ จาก(7) $R_{HCConv90,tip\ fin} = 141.8651303326\ ^{\circ}C/W$

5. เขียนตัวต้านทานลงใน Electronic work sheet ในโปรแกรมมัลติซิม



รูปที่ 7 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมัลติซิม

6. ให้โปรแกรมคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อน (\dot{Q}_f) ได้ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 7 ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้คืออัตราการถ่ายเทความร้อนนั่นเอง มีค่าเท่ากับ 102.703 W

5. วิเคราะห์ผล

จากค่าที่คำนวณได้ด้วยวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ซึ่งมีความแตกต่างจากทฤษฎี(%Difference) 2.373 % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในเชิงวิศวกรรม แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองความต้านทานทางความร้อนนี้ใช้ค่าความยาวจริงของแผ่นครีบ โดยมีการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนปลายตามเงื่อนไขที่กำหนดทุกประการ แต่ในทฤษฎีใช้ค่าปรับแก้ความยาวของแผ่นครีบให้เพิ่มขึ้นไปอีกแล้วจึงแทนค่าลงในสูตรที่ได้จากการที่ไม่มีถ่ายเทความร้อน

ร้อนที่ปลายแผ่นครีป เนื่องจากกรณีมีการถ่ายเทความร้อนที่ปลายแผ่นครีปไม่สามารถแก้สมการดิฟเฟอเรนเชียลจากทฤษฎีได้ ดังนั้นการคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสมแทนซ์กรณีนี้ให้ความมั่นใจในผลลัพธ์มากกว่าค่าที่ได้จากทฤษฎีที่มีอยู่

[8] Jack P. Holman, 2002. Heat transfer, Southern Methodist University, U.S.A., Ninth Edition, McGraw-Hill. Inc, New York, pp. 29.

6. สรุป

การคำนวณเปรียบเทียบกำหนดให้ครีประบายความร้อนแบบแผ่นกลมทำด้วยอลูมิเนียม 2024-T6 รัศมีใน 25 mm รัศมีนอก 45 mm หนา 6 mm ติดอยู่กับท่ออุณหภูมิ 500 K ระบายความร้อนด้วยอากาศไหลผ่านที่อุณหภูมิ 300 K มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยเฉลี่ย $50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ และค่าสภาพการนำความร้อนแผ่นครีปโดยเฉลี่ย $186 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ เมื่อทำการแบ่งครีประบายความร้อนเป็นชั้นเล็กจำนวน 40 ชั้น ปรากฏว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจากแบบจำลองมีความแตกต่างจากทฤษฎี 2.373% จะเห็นได้ว่าแบบจำลองความต้านทานทางความร้อนนี้สามารถคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสมแทนซ์ได้ใกล้เคียงทฤษฎีแต่ให้ความมั่นใจมากกว่า เนื่องจากใช้ค่าความยาวจริงของแผ่นครีปโดยมีการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนปลายตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่ในทฤษฎีใช้ค่าปรับแก้ความยาวของแผ่นครีป

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประเสริฐ อินประเสริฐ, การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของแผ่นกลมวางบนพื้นโดยวิธีไฟไนต์รีซิสมแทนซ์ด้วยชิ้นส่วนแบบทรงกระบอกกลวง, ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20, ปากช่อง, นครราชสีมา, 18-20 ตุลาคม 2549
- [2] ประเสริฐ อินประเสริฐ, การคำนวณผลการตอบสนองอุณหภูมิภายในทรงกระบอกสั้นด้วยวิธีไฟไนต์รีซิสมแทนซ์-คาปาซิแทนซ์, ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, พัทยา, ชลบุรี, 17-19 ตุลาคม 2550
- [3] Jeffery L. Deeney, C. Michael Ramsey, Comparison of Finite-Difference and SPICE Tools for Thermal Modeling of the Effects of Nonuniform Power Generation in High-Power CPUs, <http://www.hpl.hp.com/hpjournal/98nov/nov98a6.pdf>
- [4] Frank P. Incropera, David P. DeWitt, 1993. Fundamental of Heat and Mass Transfer, 6th, U.S.A., Purdue University, John Wiley&Sons, Inc., pp. 150-156, A-3.
- [5] Frank W. Schmidt, Robert E. Henderson, Carl H. Wolgemuth, 1993. Introduction to Thermal Sciences, U.S.A., The Pennsylvania State University, Second edition, John Wiley&Sons, Inc, Singapore, pp. 388.
- [6] Jan F. Kreider, Ari Rabl, 1994. Heating and Cooling of Buildings, New York, University of Colorado at Boulder, McGraw-Hill, inc., pp. 370-378.
- [7] Satish P. Ketkar, Ph.D., 1999. Numerical thermal analysis, The MacNeal-Schwendler Corporation, U.S.A., ASME Press; New York, pp. 59-70.