

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับประสิทธิภาพของครีบนาม 4 ชนิด ในสภาวะลดความชื้น Mathematical Models for Fin Efficiencies of 4 Spines under Dehumidifying Conditions

ธนวัฒน์ จีใจเหล่า, รชต อมรพัฒน์วาทย์, วริศรา จินดารุ่งเรือง, อตุลย์ โพธิ์แก้ว, โสภณ ตันติภูษานนท์,
และวรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

*ติดต่อ: worapiro@gmail.com, 0818048996

บทคัดย่อ

ครีบนามจะถูกประยุกต์ใช้ในการเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนในกระบวนการถ่ายเทความร้อนต่างๆ โดยถ้าอุณหภูมิของผิวครีบทั้งหมดต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ครีบจะอยู่ในสภาวะผิวเปียกทั้งหมด ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายและศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของครีบนาม 4 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก 4 ลักษณะ คือ ครีบนามหน้าตัดสามเหลี่ยม ครีบนามกรวยตรง ครีบนามพาราโบลาโค้งเว้า และครีบนามพาราโบลาโค้งนูน จากแบบจำลองที่ได้ พบว่า ครีบนามหน้าตัดสามเหลี่ยม จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุด แต่จะมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ในขณะที่ ครีบนามพาราโบลาโค้งเว้าจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำที่สุด นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ ยังได้ศึกษาถึงผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของครีบอกด้วย

คำหลัก: ครีบนาม, ประสิทธิภาพของครีบ, สภาวะผิวเปียก

Abstract

Fins are widely used in many applications of heat exchange processes. If the dew point temperature is higher than the fin tip temperatures, the fully wet surface condition is present. In this study, the mathematical models were developed and the heat transfer rates and fin efficiencies for the spines of rectangular, triangular, concave parabolic, and convex parabolic profiles under dehumidifying condition were presented. From the results, it can be noted that the uniform spine gives the highest heat transfer rate but for the fin efficiency is lowest. Contrarily, the fin efficiency of concave parabolic spine is highest. Nevertheless, it gives the lowest heat transfer rate. Moreover, the effects of fin geometry are also presented.

Keywords: Spine fin, Fin efficiency, Wet surface conditions

1. บทนำ

ครีบ เป็นชิ้นส่วนที่ถูกใช้ในการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลายชนิด โดยเมื่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ใน

สภาวะผิวแห้ง การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะมีแต่ความร้อนสัมผัสเท่านั้น แต่เมื่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในสภาวะผิวเปียก การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะมีทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง

TSF-197

ในการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านครีบนั้น ประสิทธิภาพของครีบ เป็นตัวแปรที่มักจะถูกใช้ในสมการถ่ายเทความร้อน โดยประสิทธิภาพของครีบที่อยู่ในสภาวะแห้งนั้น ได้ถูกนำเสนออย่างต่อเนื่อง Kraus et al. [1] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบลักษณะต่างๆ เช่น ครีบตามแนวยาว ครีบนาม ครีบบงกลม หลังจากนั้น Arslanturk [2], Joneidi et al. [3], Kulkarni and Joglekar [4] ได้นำเสนอวิธีการคำนวณประสิทธิภาพของครีบแห้ง และศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพของครีบ นอกจากนี้ สำหรับประสิทธิภาพของครีบที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกนั้น Threlkeld [5] ได้นำเสนอวิธีศักย์เอนทัลปี (Enthalpy potential method) สำหรับเป็นพื้นฐานในการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวเปียก พร้อมทั้งนำเสนอประสิทธิภาพของครีบสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามแนวยาวที่อยู่ในสภาวะเปียกอีกด้วย หลังจากนั้น Wang et al. [6] ได้นำเสนอประสิทธิภาพของครีบบงกลมที่อยู่ในสภาวะเปียกเพื่อประยุกต์ใช้กับครีบแผ่นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีบ ในปี พ.ศ. 2556 รชตและคณะ [7] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบตามแนวยาว 4 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก [7] คือ ครีบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ครีบสามเหลี่ยม ครีบบาราโบลาคันเว้า และครีบบาราโบลาค้างหนู นอกจากนี้ Pirompugd and Wongwises [8,9] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบเปียกบางส่วนสำหรับครีบตามแนวยาว 4 ชนิด และครีบนาม 4 ชนิด พร้อมทั้งนำเสนอสมการสำหรับคำนวณหาระยะครีบที่เกิดการควบแน่นอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาเพื่อสร้างสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบนาม 4 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกทั้งหมด คือ ครีบที่มีหน้าตัดสามเหลี่ยม ครีบที่มีลักษณะเป็นกรวยตรง ครีบที่มีลักษณะเป็นกรวยพาราโบลาค้างหนู และครีบที่มี

ลักษณะเป็นกรวยพาราโบลาค้างหนู โดยอยู่บนพื้นฐานของศักย์เอนทัลปี

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณสมรรถนะของครีบนามทั้ง 4 ชนิด คือ ครีบนามที่มีหน้าตัดสามเหลี่ยม ครีบนามที่มีลักษณะเป็นกรวยตรง ครีบนามที่มีลักษณะเป็นกรวยพาราโบลาค้างหนู และครีบนามที่มีลักษณะเป็นกรวยพาราโบลาค้างหนู ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก

2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะของครีบนามทั้ง 4 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ครีบนาม คือ ครีบที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กๆ และยาวเป็นแนวออกไปในลักษณะที่ตั้งฉากกับฐานครีบ โดยสมการที่จะใช้อธิบายรูปร่างของครีบจะเป็นไปตามสมการที่ 1 ดังนี้

$$f_1(x) = \frac{t}{2} \left(\frac{x}{b} \right)^{\left(\frac{1-2n}{2-n} \right)} \quad (1)$$

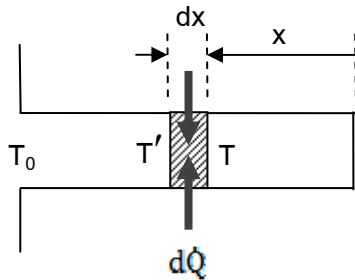
จากสมการที่ (1) เมื่อ $n=0.5$ จะได้ครีบนามหน้าตัดคงที่ ดังรูปที่ (1.1) เมื่อ $n=-1$ จะได้ครีบนามกรวยตรง ดังรูปที่ (1.2) เมื่อ $n=\infty$ จะได้ครีบนามพาราโบลาค้างหนู ดังรูปที่ (1.3) และเมื่อ $n=0$ จะได้ครีบนามพาราโบลาค้างหนู ดังรูปที่ (1.4)

เมื่อผิวของครีบนามในรูปที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ ก็จะทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศมาเกาะที่ผิวของครีบ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงไปพร้อมๆ กัน ดังนั้น อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาที่เกิดขึ้น จึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศกับผิวของครีบแต่เพียงอย่างเดียว หากแต่ขึ้นอยู่กับผลต่างของความชื้นสัมบูรณ์อีกด้วย และเมื่อนำอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งสองส่วนนี้มารวมกันแล้ว ก็จะได้พบว่า อัตราการ

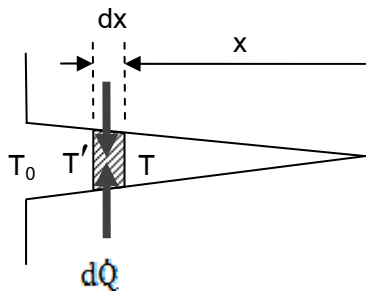
TSF-197

ถ่ายเทความร้อนที่ได้ จะขึ้นอยู่กับผลต่างของเอนทัลปี
นั่นเอง

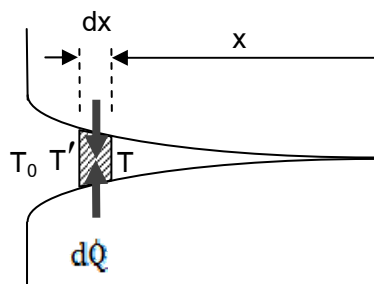
เมื่อพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อน
โดยการนำและการพาผ่านพื้นที่ส่วนเล็กๆ จะสามารถ
สร้างสมการอนุพันธ์ได้ดังนี้



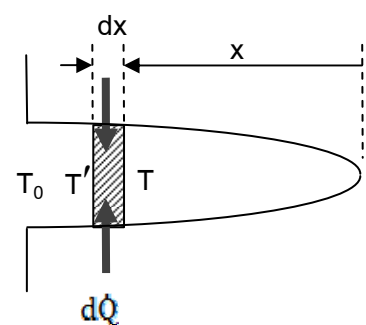
(1.1) ครีบนามหน้าตัดคงที่ ($n=0.5$)



(1.2) ครีบนามกรวยตรง ($n=-1$)



(1.3) ครีบนามพาราโบลาโค้งเว้า ($n=\infty$)



(1.4) ครีบนามพาราโบลาโค้งนูน ($n=0$)

รูปที่ 1 ครีบนามทั้ง 4 ชนิด

ครีบนามหน้าตัดคงที่ :

$$\frac{d^2\gamma}{dx^2} - m_T\gamma = 0 \quad (2)$$

$$\text{โดย } m_T^2 = \frac{hP}{kA_c} \frac{b_w}{C_p} \quad (3)$$

ครีบนามกรวยตรง :

$$2x \frac{d^2\gamma}{dx^2} + x^2 \frac{d\gamma}{dx} - m_T^2 b \gamma = 0 \quad (4)$$

ครีบนามพาราโบลาโค้งเว้า

$$\frac{d^2\gamma}{dv^2} + 3 \frac{d\gamma}{dv} - 2m_T^2 b^2 \gamma = 0 \quad (5)$$

$$\text{โดย } v = \ln x \quad (6)$$

ครีบนามพาราโบลาโค้งนูน

$$x \frac{d^2\gamma}{dx^2} + \frac{d\gamma}{dx} - 2m_T^2 b^2 x^2 \gamma = 0 \quad (7)$$

สำหรับครีบนามกรวยตรง ครีบนามพาราโบลา
โค้งเว้า และครีบนามพาราโบลาโค้งนูน m_T คำนวณ
ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$m_T^2 = \frac{2h}{kt} \frac{b_w}{C_p} \quad (8)$$

โดยมีเงื่อนไขขอบเขต คือ

$$\text{เมื่อ } x = b \quad \text{แล้ว } \gamma = \gamma_0 \quad (9)$$

$$\text{เมื่อ } x = 0 \quad \text{แล้ว } \frac{d\gamma}{dx} = 0 \quad (10)$$

จากสมการที่ (2), (4), (5), (7) และเงื่อนไขขอบเขต
ตามสมการที่ (9) และ (10) จะสามารถหาคำตอบของ
สมการ ได้ดังนี้

ครีบนามหน้าตัดคงที่ :

$$\gamma(x) = \left(\frac{\gamma_0}{(e^{m_T b} + e^{-m_T b})} \right) (e^{m_T x} + e^{-m_T x}) \quad (11)$$

ครีบนามกรวยตรง :

$$\gamma = \gamma_0 \left(\frac{b}{x} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{I_1(2m_T \sqrt{x})}{I_1(2m_T \sqrt{b})} \quad (12)$$

TSF-197

ครีบนามพาราโบลาค้างเว้า

$$\gamma = \gamma_0 \left(\frac{x}{b} \right)^{-\frac{3}{2} + \sqrt{\frac{9+4M_T^2}{2}}} \quad (13)$$

ครีบนามพาราโบลาค้างนูน

$$\gamma = \frac{\gamma_0 I_0 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b^{\frac{1}{4}} x^{\frac{3}{4}} \right)}{I_0 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b \right)} \quad (14)$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่ครีปได้รับนั้นสามารถหาได้จากอัตราการนำความร้อนผ่านฐานครีปซึ่งจะเป็นไปตามสมการ ดังต่อไปนี้

ครีบนามหน้าตัดคงที่ :

$$q_0 = \frac{ktLM_T\gamma_0}{b_w} \tanh M_T b \quad (15)$$

ครีบนามกรวยตรง :

$$q_0 = \frac{\pi k t^2 \gamma_0 m_T^3 \sqrt{b}}{4 \sqrt{b}} \left[\frac{I_2(2m_T \sqrt{b})}{I_1(2m_T \sqrt{b})} \right] \quad (16)$$

ครีบนามพาราโบลาค้างเว้า

$$q_0 = \frac{\pi k t^2 \gamma_0}{4b} \left[\frac{-3 + \sqrt{9+4M^2}}{2} \right] \quad (17)$$

ครีบนามพาราโบลาค้างนูน

$$q_0 = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi k t^2 \theta_0 m_T \frac{I_1 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b \right)}{I_0 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b \right)} \quad (18)$$

ประสิทธิภาพของครีป (Fin efficiency) คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริง ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการสมมติให้อุณหภูมิผิวครีปทั้งหมดมีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่ฐานครีป เพราะฉะนั้น ประสิทธิภาพของครีป สามารถถูกคำนวณได้ ดังต่อไปนี้

ครีบนามหน้าตัดคงที่ :

$$\eta = \frac{\tanh M_T b}{M_T b} \quad (19)$$

ครีบนามกรวยตรง :

$$\eta = \frac{\sqrt{2} I_2(2\sqrt{2} M_T b)}{(M_T b) I_1(2\sqrt{2} M_T b)} \quad (20)$$

ครีบนามพาราโบลาค้างเว้า

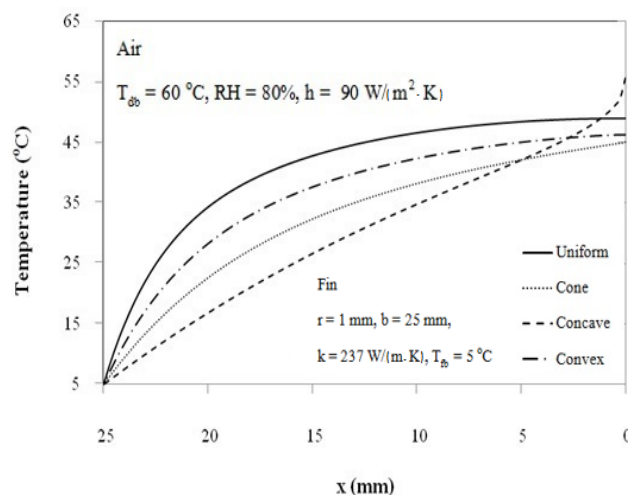
$$\eta = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{4}{8} M_T^2 \right)}} \quad (21)$$

ครีบนามพาราโบลาค้างนูน

$$\eta = \frac{1}{(2\sqrt{2}/3) m_T b I_0 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b \right)} \frac{I_1 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b \right)}{I_0 \left(\frac{4}{3} \sqrt{2} m_T b \right)} \quad (22)$$

4. ผลลัพธ์และการวิเคราะห์

จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีป จะพบว่า อุณหภูมิของครีบนามหน้าตัดสม่ำเสมอจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือครีบนามพาราโบลาค้างนูน ครีบนามกรวยตรง ครีบนามพาราโบลาค้างเว้า ตามลำดับ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก ครีปที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากกว่า จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่านั่นเอง โดยสามารถสังเกตได้จาก ความชันของอุณหภูมิที่ฐานครีปซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนของครีปนั่นเอง



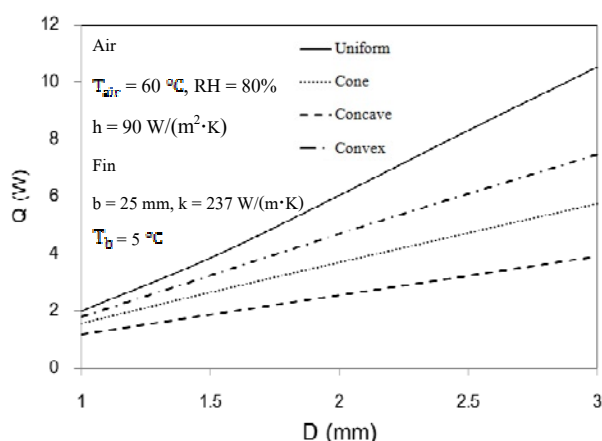
รูปที่ 2 การกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีป

นอกจากนี้ จากรูปที่ 2 จะพบว่า แนวโน้มของอุณหภูมิที่ปลายครีป ($x=0$ mm) ของครีบนามพาราโบลาค้างเว้า จะมีลักษณะแตกต่างจากครีปนามชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ เนื่องจากการแก้สมการที่ (5) เพื่อหาค่า γ จะไม่ได้อาศัยเงื่อนไขขอบเขตตาม

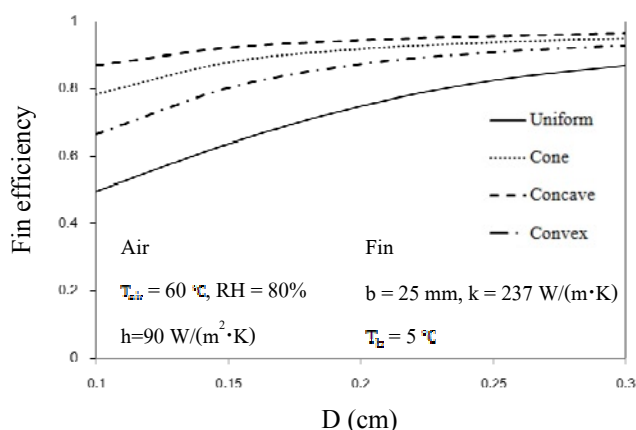
TSF-197

สมการที่ (10) แต่จะอาศัยการกำจัดเทอมที่หาค่าไม่ได้เมื่อ $x = 0$

จากรูปที่ 3 ซึ่งแสดงอิทธิพลของเส้นผ่านศูนย์กลางของครีบนามที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน จะพบว่า ครีบนามที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่า จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า และในทำนองเดียวกัน ครีบนามที่ยาวกว่า ก็ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตาม หากครีบนามมีความยาวจนถึงระยะหนึ่งแล้ว พื้นที่บริเวณปลายครีบนาม อาจจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งจะทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวอยู่ในสภาวะผิวแห้ง ครีบนามก็จะอยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน ซึ่งจะต้องอาศัยสมการของ Pirompugd and Wongwises [9] ในการวิเคราะห์สมรรถนะของครีบนามดังกล่าว

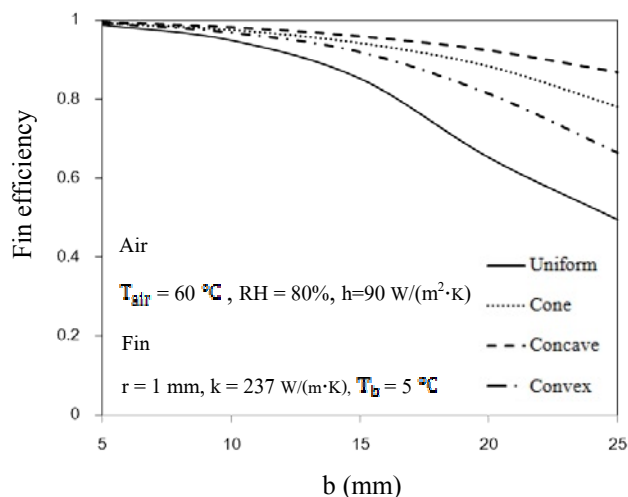


รูปที่ 3 อิทธิพลของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานครีบนามที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4 อิทธิพลของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานครีบนามที่มีต่อประสิทธิภาพของครีบนาม

จากรูปที่ 4 ซึ่งแสดงอิทธิพลของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานครีบนามที่มีต่อประสิทธิภาพของครีบนาม จะพบว่า ประสิทธิภาพของครีบนามจะแปรผันตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางครีบนาม แต่เมื่อถึงขนาดหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพของครีบนามจะเพิ่มขึ้นไม่มากนัก นอกจากนี้ จะพบว่า ประสิทธิภาพของครีบนามพาราโบลาโค้งจะสูงที่สุด รองลงมาคือ ครีบนามกรวยตรง ครีบนามพาราโบลาโค้งนูน และครีบนามหน้าตัดสามเหลี่ยม ตามลำดับ ทั้งนี้ ก็เนื่องมาจากอัตราการถ่ายเทความร้อนในทางอุดมคติซึ่งแปรผันตามพื้นที่ผิวของครีบนามที่มีอิทธิพลมากกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริงนั่นเอง



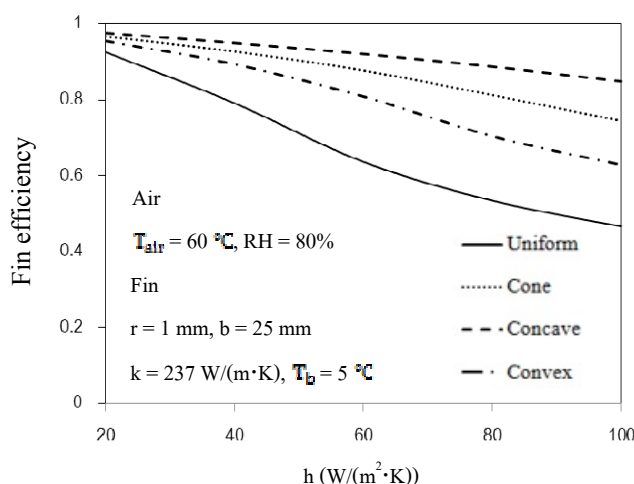
รูปที่ 5 อิทธิพลของความยาวครีบนามที่มีต่อประสิทธิภาพ

จากรูปที่ 5 ซึ่งแสดงอิทธิพลของความยาวครีบนามที่มีต่อประสิทธิภาพ จะพบว่า เมื่อครีบนามมีความยาวจนถึงขนาดหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายครีบนามกับอุณหภูมิที่ฐานครีบนามเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ นั่นเอง

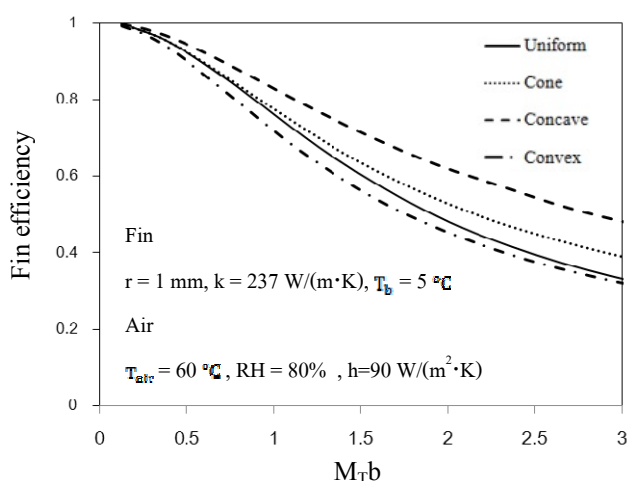
จากรูปที่ 6 ซึ่งแสดงอิทธิพลของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างอากาศกับครีบนามชนิดต่างๆ จะพบว่า ประสิทธิภาพของครีบนามจะลดลง

TSF-197

เมื่อสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะเป็นผลทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายครีบกับอุณหภูมิที่ฐานครีบกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพของครีบลดลงนั่นเอง



รูปที่ 6 อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีต่อประสิทธิภาพของครีบก



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพของครีบกทั้ง 4 ชนิด

ในรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของครีบก กับตัวแปร $m_T b$ ซึ่งจะพบว่า ประสิทธิภาพของครีบกจะแปรผกผันกับ $m_T b$ โดยประสิทธิภาพของครีบกพาราโบลาโค้งจะ

มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ครีบกหนามกรวยตรง ครีบกหนามหน้าตัดสามเหลี่ยม และครีบกหนามพาราโบลาโค้งนูน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกต คือ m_T สำหรับครีบกหน้าตัดสามเหลี่ยมจะแตกต่างจาก m_T สำหรับครีบกอีกสามชนิดที่เหลือ

5. สรุป

5.1 ในงานวิจัย ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณหาสมรรถนะของครีบก 4 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะลดความชื้น คือ ครีบกหนามหน้าตัดสามเหลี่ยม ครีบกหนามกรวยตรง ครีบกหนามพาราโบลาโค้งนูน ครีบกหนามพาราโบลาโค้ง

5.2 ประสิทธิภาพของครีบกพาราโบลาโค้งนูนจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ครีบกหนามกรวยตรง ครีบกหนามพาราโบลาโค้งนูน และครีบกหนามหน้าตัดสามเหลี่ยม ตามลำดับ

5.3 ครีบกหนามหน้าตัดสามเหลี่ยมจะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือ ครีบกหนามพาราโบลาโค้งนูน ครีบกหนามกรวยตรง ครีบกหนามพาราโบลาโค้งนูน ตามลำดับ

5.4 ประสิทธิภาพของครีบกจะแปรผกผันกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางครีบก แต่จะแปรผกผันกับความยาวของครีบกและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้จนสามารถพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาได้

7. รายการสัญลักษณ์

- A_c พื้นที่หน้าตัดของครีบก (m^2)
- b ความยาวของครีบก (m)
- b_w อัตราส่วนของผลต่างของเอนทัลปีต่อผลต่างของอุณหภูมิ ($J kg^{-1} K^{-1}$)

TSF-197

C_p	ความจุความร้อนจำเพาะ ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)
D	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานครีป (m)
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W\ m^{-2}\ K^{-1}$)
i	เอนทัลปีของอากาศ ($J\ kg^{-1}$)
k	ค่าการนำความร้อน ($W\ m^{-1}\ K^{-1}$)
P	เส้นขอบเปียก (m)
r	รัศมีที่ฐานครีป (m)

RH	ความชื้นสัมพัทธ์
t	ความหนาที่ฐานครีป (m)
T	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)
x	ระยะตามความยาวของครีป โดยเริ่มวัดจากปลายครีป (m)
γ	ผลต่างระหว่างเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่ผิวครีปและเอนทัลปีของอากาศ ($J\ kg^{-1}$)
η	ประสิทธิภาพของครีป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] A.D. Kraus, A. Aziz, J.R. Welty, Extended Surface Heat Transfer, John Wiley, New York, 2001.
- [2] C. Arslanturk, A decomposition method for fin efficiency of convective straight fins with temperature-dependent thermal conductivity, International Journal of Heat and Mass Transfer 32 (2005) 831–841.
- [3] A.A. Joneidi, D.D. Ganji, M. Babaelahi, Differential transformation method to determine fin efficiency of convective straight fins with temperature dependent thermal conductivity, International Communications in Heat and Mass Transfer, 36 (2009) 757–762.
- [4] D.B. Kulkarni, M.M. Joglekar, Residue minimization technique to analyze the efficiency of convective straight fins having temperature-dependent thermal conductivity,

Applied Mathematics and Computation 215 (2009) 2184–2191.

- [5] J.L. Threlkeld, Thermal environmental engineering, Prentice-Hall, Inc., New-York, NY, 1970.
- [6] C.C. Wang, Y.C. Hsieh, Y.T. Lin, Performance of plate finned tube heat exchangers under dehumidifying conditions, Journal of Heat Transfer 119 (1997) 109–117.
- [7] รชต อมรพัฒน์วาทย์, ณัฐวัฒน์ วรพรพงศ์, พงศกร รัตนวิเชียรวงศ์, ร้อยทิศ ญาติเจริญ, วริศรา จินดารุ่งเรือง, อุดุลย์ โพธิ์แก้ว, วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี, ประสิทธิภาพของครีปตามแนวยาว 4 ชนิด ในสภาวะลดความชื้น, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, 16-18 ตุลาคม 2556, มหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัดชลบุรี.
- [8] W. Pirompugd, S. Wongwises, Partially wet fin efficiency for the longitudinal fins of rectangular, triangular, concave parabolic, and convex parabolic profiles, Journal of the Franklin Institute, 350 (2013): 1424–1442.
- [9] W. Pirompugd, S. Wongwises, Efficiencies for partially wetted spine fins: uniform cross section, conical, concave parabolic, and convex parabolic spines, ASME Journal of Heat Transfer, 135(8) (2013) 11 pages.