



แผนภาพสำหรับเลือกขนาดครีบตามแนวยาวที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมและพาราโบลาโค้งเว้าที่อยู่ใน สภาวะลดความชื้น

Selection Charts of Longitudinal Fins of Rectangular and Concave Parabolic Profiles under Dehumidifying Conditions

<u>ณัฐพล เงินเจือ,</u> ธนวัฒน์ จี้ใจหล้า, ศิรินทิพย์ กีทีปกูล, โสภณ ตันติภูษานนท์, ธันยพัฒน์ ธุระทำ, ธนวันต์ กังวลกิจ, และวรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดิ์*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131 *ติดต่อ: worapiro@gmail.com, 0818048996

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเชิงทฤษฎีเพื่อสร้างแผนภาพสำหรับเลือกขนาดครีบตามแนวยาว 2 ชนิด คือ ครีบสี่เหลี่ยมและครีบพาราโบลาโค้งเว้า ที่อยู่ในสภาวะลดความชื้น โดยอาศัยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับ ทำนายสมรรถนะของครีบตามแนวยาวทั้ง 2 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก ซึ่งถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยคณะผู้วิจัยนี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น จะอยู่บนพื้นฐานของวิธีศักย์เอนทัลปี ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่ใช้ในการทำนายสมรรถนะ ของการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นผิวเปียกที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศมาเกาะที่ผิวครีบ ทำให้เกิดการถ่ายเท ความร้อนแฝงไปพร้อมกับการถ่ายเทความร้อนสัมผัส ในปัจจุบัน มีงานวิจัยน้อยมากที่นำเสนอสมการสำหรับทำนาย สมรรถนะของครีบที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก และยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำเสนอสมการ แผนภาพ หรือวิธีการเลือกขนาดของครีบ ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกที่เหมาะสมกับสภาวะต่าง ๆ หากมีแต่สมการ แผนภาพ หรือวิธีการเลือกขนาดของครีบที่อยู่ในสภาวะ ผิวแห้งเท่านั้น ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงเป็นการพัฒนาแบบจำลองและนำเสนอแผนภาพสำหรับการเลือกขนาดครีบตามแนว ยาว 2 ชนิด คือ ครีบสี่เหลี่ยมและครีบพาราโบลาโค้งเว้า ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกหรือสภาวะลดความชื้น

คำหลัก: ครีบโค้งเว้า, ครีบตามแนวยาว, ครีบสี่เหลี่ยม, สภาวะลดความชื้น

Abstract

This research presents the theoretical study for selection charts of 2 longitudinal fins of rectangular and concave parabolic profiles under dehumidifying conditions. The mathematical models for evaluating the performance of 2 longitudinal fins under wet surface condition were continuously developed by our research team. The developed models are based on the method of enthalpy potential. It is a method used to calculate the sensible and latent heat transfer rates from the moist air to the fully wet fin surface. From the reviews, there is a few literature presented the method for predicting the heat transfer performance of the wet fin. Moreover, the equation, method or chart for sizing the wet fin can not be found. Thus, this study presents the mathematical models for sizing charts of 2 longitudinal fins of rectangular and concave parabolic profiles under dehumidifying conditions.

Keywords: Concave fin, Longitudinal fin, Rectangular fin, Dehumidifying conditions

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 **พศาทธารอา** 1-3 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

TSF-08

1. บทน้ำ

ครีบ เป็นชิ้นส่วนที่ถูกใช้ในการเพิ่มอัตราการถ่ายเท ความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลายชนิด โดยเมื่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในสภาวะผิวแห้ง การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะมีแต่ความร้อนสัมผัส เท่านั้น แต่เมื่ออุณหภูมิที่ผิวของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อนต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ไอน้ำที่อยู่ในอากาศก็ จะควบแน่นมาเกาะที่ผิวของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในสภาวะผิวเปียก การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะมีทั้งความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ทำให้การคำนวณหาอัตราการถ่ายเท ความร้อนที่เกิดขึ้นมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ในการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่าน ้ครีบเปียกนั้น ประสิทธิภาพของครีบ เป็นตัวแปรที่สำคัญที่ จะปรากฏอยู่ในสมการสำหรับคำนวณหาสัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมเสมอ โดยประสิทธิภาพของครีบ ที่อยู่ในสภาวะแห้งนั้น ได้ถูกนำเสนออย่างต่อเนื่องใน งานวิจัยและในตำราต่างๆ Kraus et al. [1] ได้นำเสนอ สมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบลักษณะต่างๆ เช่น ครีบตามแนวยาว ครีบหนาม และครีบวงกลม เป็นต้น หลังจากนั้น Arslanturk [2], Joneidi et al. [3], Kulkarni and Joglekar [4] ได้นำเสนอวิธีการคำนวณประสิทธิภาพ ของครีบแห้งและศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อ ประสิทธิภาพของครีบ นอกจากนี้ สำหรับประสิทธิภาพ ของครีบที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกนั้น ในปี ค.ศ. 1970 Threlkeld [5] ได้นำเสนอวิธีศักย์เอนทัลปี (Enthalpy potential method) สำหรับเป็นพื้นฐานในการคำนวณ ้อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวเปียก พร้อมทั้งนำเสนอ ประสิทธิภาพของครีบสี่เหลี่ยมตามแนวยาวที่อยู่ใน สภาวะเปียกอีกด้วย ในปี ค.ศ. 1997 Wang et al. [6] ได้นำเสนอประสิทธิภาพของครีบวงกลมที่อยู่ใน สภาวะเปียกเพื่อประยุกต์ใช้กับครีบแผ่นในเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีบ ในปี พ.ศ. 2556 รชตและคณะ [7] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณ ประสิทธิภาพของครีบตามแนวยาว 4 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะ ้ผิวเปียก คือ ครีบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ครีบสามเหลี่ยม ครีบพาราโบลาโค้งเว้า และครีบพาราโบลาโค้งนูน ในปี พ.ศ. 2557 ธนวัฒน์และคณะ [8] ได้นำเสนอสมการ สำหรับคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนและ ประสิทธิภาพของครีบหนาม 4 ชนิด คือ ครีบที่มีหน้าตัด

้ดงที่ ครีบกรวยตรง ครีบกรวยโค้งเว้า ครีบกรวยโค้งนูน นอกจากนี้ ในปี ค.ศ. 2013 ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก Pirompugd and Wongwises [9,10] ได้นำเสนอสมการ สำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบเปียกบางส่วน สำหรับครีบตามแนวยาว 4 ชนิด และครีบหนาม 4 ชนิด พร้อมทั้งนำเสนอสมการสำหรับคำนวณหาระยะครีบที่เกิด การควบแน่นอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า งานวิจัยใน อดีตจะได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณสมรรถนะของ ครีบในลักษณะต่างๆ ไว้อย่างหลากหลาย แต่สำหรับครีบ ที่อยู่ในสภาวะเปียกตลอดทั้งผิวแล้ว ยังไม่ปรากฏว่ามี งานวิจัยใด ที่นำเสนอแผนภาพหรือสมการสำหรับใช้ใน การเลือกขนาดของครีบที่เหมาะสม

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาเพื่อสร้างสมการ สำหรับคำนวณหาขนาดของครีบตามแนวยาวที่เหมาะสม 2 ชนิด คือ ครีบสี่เหลี่ยมและครีบพาราโบลาโค้งเว้า ที่อยู่ ในสภาวะผิวเปียก โดยอยู่บนพื้นฐานของศักย์เอนทัลปี

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับ 2.1 คำนวณหาขนาดของครีบตามแนวยาวที่เหมาะสม 2 ชนิด ้ คือ ครีบสี่เหลี่ยมและครีบพาราโบลาโค้งเว้า ที่อยู่ใน สภาวะผิวเปียก

2.2 เพื่อสร้างแผนภาพสำหรับเลือกขนาดครีบตาม แนวยาวทั้ง 2 ชนิด ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ครีบตามแนวยาว คือ ครีบที่มีพื้นที่หน้าตัดด้านข้าง เป็นแนวยาวซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 1 ดังนี้



(ก) สี่เหลี่ยมผืนผ้า (n=1/2) (ข) โค้งเว้า (n=∞)





การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 Mathematical กรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 Mathematical 1-3 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

TSF-08

ประสิทธิภาพของครีบถูกนิยามดังต่อไปนี้

$$\eta = \frac{q_{actual}}{q_{ideal}} \qquad \dots (2)$$

พิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาจาก อากาศไปยังผิวครีบ และการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ จากผิวครีบไปยังฐานครีบ ดังรูปที่ 2



รูป 2 การถ่ายเทความร้อนผ่านครีบ

จากรูปที่ 2 จะสามารถหาอุณหภูมิที่ตำแหน่ง x+dx ได้ดังนี้

$$T' = T + \frac{dT}{dx} dx \qquad \dots (3)$$

เพราะฉะนั้น อนุพันธ์ T′เทียบกับ x สามารถหาได้ ดังต่อไปนี้

$$\frac{dT'}{dx} = \frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2}dx \qquad \dots (4)$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เปลี่ยนไประหว่างสอง ตำแหน่ง สามารถหาได้ดังนี้

$$dq = q' - q = [kA\frac{dT'}{dx}] - [kA\frac{dT}{dx}]$$
$$= [kA\frac{dT}{dx} + kA\frac{d^{2}T}{dx^{2}}dx] - [kA\frac{dT}{dx}]$$
$$= kA\frac{d^{2}T}{dx^{2}}dx \qquad \dots (5)$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของครีบ

เมื่อกำหนดให้ $b'_w=rac{di}{dT}$ โดย i คือ เอนทัลปีของ อากาศชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิ T จะได้

$$\frac{\mathrm{dT}}{\mathrm{dx}} = \frac{\mathrm{di}}{\mathrm{di}}\frac{\mathrm{dT}}{\mathrm{dx}} = \frac{\mathrm{dT}}{\mathrm{di}}\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dx}} = \frac{1}{b'_{\mathrm{w}}}\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dx}} \quad \dots (6)$$

$$\frac{d^{2}T}{dx^{2}} = \frac{1}{b'_{w}} \frac{d^{2}i}{dx^{2}} \qquad \dots (7)$$

เพราะฉะนั้นสามารถเขียนสมการ dq ใหม่ได้เป็น

$$dq = \frac{kL\delta_0}{b'_w} \frac{d^2i}{dx^2} dx \qquad \dots (8)$$

กำหนด γ คือ เอนทัลปีของอากาศชิ้นอิ่มตัวที่ อุณหภูมิผิวครีบ (i) - เอนทัลปีของอากาศชิ้น (i_s) เพราะฉะนั้น

$$dq = \frac{kL\delta_0}{b'_w} \frac{d^2\gamma}{dx^2} dx \qquad \dots (9)$$

เมื่อคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไป ยังครีบ โดยอาศัยสมการการพาความร้อนจะได้

$$dq = \frac{hdA}{C_p} (i - i_s)$$

$$= \frac{h}{C_p} (2Ldx + 2\delta_0 dx)(i - i_s)$$

$$= \frac{2hLdx}{C_p} (i - i_s) + \frac{2h\delta_0 dx}{C_p} (i - i_s)$$
... (10)

ในกรณีที่ครีบบางมากๆ $\delta_0 << L$ เพราะฉะนั้น $2h\delta_0 dx(i-i_s) \ll 2hL dx(i-i_s) ซึ่งจะได้$

$$dq = \frac{2hLdx}{C_p} (i - i_s)$$
$$= \frac{2hLdx}{C_p} \gamma \qquad \dots (11)$$

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 1-3 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

TSF-08

อัตราการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังครีบจาก สมการที่ 11 จะต้องมีค่าเท่ากับอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการนำที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วง dx ดังนี้

$$\frac{kL\delta_0}{b'_w}\frac{d^2\gamma}{dx^2}dx = \frac{2hLdx}{C_p}\gamma$$
$$\frac{d^2\gamma}{dx^2} - \frac{2h}{k\delta_0}\frac{b'_w}{C_p}\gamma = 0 \qquad \dots (12)$$

สมการที่ 12 สามารถหาคำตอบทั่วไป ได้ดังนี้

$$\gamma = C_1 e^{M_T x} + C_2 e^{-M_T x} \qquad ... (13)$$

ເນື່ອ
$$M_{_{T}} = \sqrt{\frac{2h}{k\delta_{_{0}}} \frac{b'_{_{w}}}{C_{_{p}}}}$$

โดยมีเงื่อนไขขอบเขต คือ

เมื่อ x = b แล้ว $\gamma = \gamma_0$... (14) เมื่อ x = 0 แล้ว $\frac{d\gamma}{dx} = 0$... (15)

โดย γ_0 คือ เอนทัลปีของอากาศชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิฐาน ครีบ (i_0) - เอนทัลปีของอากาศชื้น (i_s)

เมื่อแทนเงื่อนไขขอบเขตจากสมการที่ 14 และ 15 ลงในสมการที่ 13 จะได้

$$\gamma(\mathbf{x}) = \frac{\gamma_0 \cosh \mathbf{M}_{\mathrm{T}} \mathbf{x}}{\cosh \mathbf{M}_{\mathrm{T}} \mathbf{b}} \qquad \dots (16)$$

เพราะฉะนั้น

$$q_0 = \frac{k\delta_0 LM_T \gamma_0}{b'_w} \tanh M_T b \qquad \dots (17)$$

ประสิทธิภาพของครีบ สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2 ดังนี้

$$\eta = \frac{k\delta_0 LM_T\gamma_0 \tanh M_T b}{2hb'_w bL\gamma_0 / C_p}$$
$$= \frac{\tanh M_T b}{M_T b} \qquad \dots (18)$$

ในทำนองเดียวกัน สำหรับครีบตามแนวยาวที่มี โปรไฟล์พาราโบลาโค้งเว้า ก็สามารถดำเนินการใน ลักษณะเดียวกัน โดยจะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\gamma(\mathbf{x}) = \gamma_0 \left(\frac{\mathbf{x}}{\mathbf{b}}\right)^{=\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(1 + 4M_T^2 \mathbf{b}^2)^{\frac{1}{2}}} \dots (19)$$

$$q_{0} = \frac{k\delta_{0}L\gamma_{0}}{2b_{w}^{'}b}\left[-1 + \sqrt{1 + (2M_{T}b)^{2}} \qquad \dots (20)\right]$$

$$\eta = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + (2M_{\rm T}b)^2}} \qquad \dots (21)$$

เนื่องจากเอนทัลปีและประสิทธิภาพของครีบเป็น ฟังก์ชั่นของ b'_w ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ผิวครีบ ดังนั้น จึง จำเป็นที่จะต้องอาศัยการทำซ้ำ โดยเริ่มการการสมมติ อุณหภูมิเฉลี่ยของครีบ เพื่อให้สามารถคำนวณหา b'_w ได้ แล้วจึงตรวจสอบอุณหภูมิที่ได้หลังจากการคำนวณ ประสิทธิภาพของครีบอีกครั้งหนึ่ง

ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของครีบนั้น จะอาศัย การหาอนุพันธ์ของสมการที่ 17 และ 20 เทียบกับ δ₀ โดยจะกำหนดตัวแปรขึ้นมาใหม่ เพื่อความง่ายใน การคำนวณ ดังนี้

$$\beta = M_T b = A_p \delta_0^{-1.5} \left(\frac{2h b_w}{k C_p} \right)^{0.5}$$
 ... (22)

โดย $A_p = b\delta_0$ สำหรับครีบสี่เหลี่ยม และ $A_p = \frac{b\delta_0}{3}$ สำหรับครีบพาราโบลาโค้งเว้า

เพราะฉะนั้น จะสามารถเขียนสมการที่ 17 และ 22 ใหม่ ได้ดังนี้

$$q_{0} = \frac{k\delta_{0}L\gamma_{0}}{b_{w}} \left(\frac{2hb_{w}}{k\delta_{0}C_{p}}\right)^{0.5} \tanh A_{p} \left(\frac{2hb_{w}}{kC_{p}}\right)^{0.5} \left(\frac{1}{\delta_{0}}\right)^{1.5} \dots (23)$$

$$q_{0} = \frac{kL\gamma_{0}}{6A_{p}b_{w}^{'}} \left(3A_{p} \left(\frac{2hb_{w}^{'}}{kC_{p}} \right)^{0.5} \right)^{4/3} \beta^{-4/3} \left[-1 + (1 + 4\beta^{2})^{0.5} \right] \dots (24)$$



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 1-3 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา



TSF-08

เมื่อหาอนุพันธ์ของสมการที่ 23 และ 24 เทียบกับ δ₀ แล้วกำหนดให้เท่ากับ 0 จะได้ จะได้

- ครีบตามแนวยาวสี่เหลี่ยม

$$b = 1.262 \left(\frac{kC_p A_p}{2hb'_w} \right)^{1/3}$$
 ... (25)

$$\delta_0 = 0.79 \, l \left(\frac{2 h b_w A_p^2}{k C_p} \right)^{1/3} \dots$$
 (26)

- ครีบตามแนวยาวพาราโบลาโค้งเว้า

$$b = 1.817 \left(\frac{kC_p A_p}{2hb'_w} \right)^{1/3}$$
 ... (27)

$$\delta_0 = 1.65 \ln \left(\frac{2hb_w A_p^2}{kC_p} \right)^{1/3}$$
 ... (28)

ในการสร้างแผนภาพสำหรับเลือกขนาดของครีบที่ เหมาะสม จะอาศัยสมการที่ 20, 23, 25-28 ในการสร้าง เส้นโค้งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ขึ้นมา

4. ผลลัพธ์และการวิเคราะห์

ในการตรวจสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ พัฒนาขึ้นนี้ ในเบื้องต้น คณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ ระหว่าง ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ พัฒนาขึ้นโดยใช้สภาวะแห้งซึ่งเป็นสภาวะที่อุณหภูมิที่ ฐานครีบสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง และผลลัพธ์ที่ได้จาก แผนภาพที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน [1] พบว่า มีความใกล้เคียงกัน มาก จึงทำให้มั่นใจได้ว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้ มีความถูกต้องและแม่นยำเพียงพอ

รูปที่ 3 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ความยาว ครีบต่าง ๆ โดยกำหนดให้พื้นที่ผิวด้านข้างของครีบ (A_p) มี ค่าคงที่ เท่ากับ 15 cm² จากรูปที่ได้ จะพบว่า ในช่วงแรก เมื่อความยาวครีบเพิ่มขึ้น อัตราการถ่ายเทความร้อนจะ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนถึง b = 17.71 cm อัตราการถ่ายเท ความร้อนจะมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 489.04 W/m หลังจากนี้ เมื่อความยาวครีบเพิ่มขึ้น อัตราการถ่ายเทความร้อนจะ ลดลง ดังนั้น ความยาวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ A_p = 15 cm² ก็คือ 17.71 cm ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 25 นั่นเอง



จากข้อสังเกตที่ได้จากรูปที่ 3 จะทำให้กล่าวได้ว่า ที่ A_p คงที่ค่าหนึ่ง จะมีความยาวและความหนาของครีบที่ เหมาะสมค่าหนึ่งเช่นกัน โดยจะเป็นไปตามสมการที่ 25 และ 26 สำหรับครีบสี่เหลี่ยม และจะเป็นไปตามสมการที่ 27 และ 28 สำหรับครีบโค้งเว้า



รูปที่ 4 แผนภาพสำหรับเลือกขนาดครีบสี่เหลี่ยม

ในรูปที่ 4 แสดงแผนภาพสำหรับเลือกขนาดของครีบ สี่เหลี่ยม โดยนำเสนออยู่ในรูปของตัวแปรไร้หน่วย คือ $\frac{\mathrm{Qb}'_w}{\mathrm{k}\gamma_0}$ และ $\frac{\mathrm{b}}{\delta_0}$ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าแผนภาพ ดังกล่าวนี้ จะให้ความถูกต้องแม่นยำมาก แต่ก็มีความ ซับซ้อนและยุ่งยากต่อการใช้งาน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ นำเสนอแผนภาพดังรูปที่ 5, 6 และ 7 เพื่อเป็น อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการใช้งานที่ง่ายกว่า

ในรูปที่ 5 แสดงความยาวที่เหมาะสมสำหรับ A_p ต่าง ๆ โดยแยกเส้นกราฟระหว่างครีบสี่เหลี่ยมที่ทำจาก ทองแดงและอลูมิเนียม สภาวะในช่วงที่สามารถใช้งานได้ ถูกแสดงไว้ในแผนภาพ







รูปที่ 5 ความยาวที่เหมาะสมสำหรับครีบสี่เหลี่ยม









โดยตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ จะเป็นสภาวะการใช้งานที่ให้ค่า แม่นยำ 100% ส่วนสภาวะที่แตกต่างจากตัวเลขในวงเล็บ อาจให้ค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดถึง 30% ซึ่งถ้าผู้ใช้งาน ต้องการความถูกต้องแม่นยำ ก็ควรกลับไปใช้แผนภาพใน รูปที่ 4

ในรูปที่ 8 แสดงแผนภาพสำหรับเลือกขนาดครีบ โค้งเว้าที่เหมาะสม หรือแผนภาพแสดงสภาวะการทำงาน ที่เหมาะสมสำหรับครีบโค้งเว้าที่มีขนาดต่าง ๆ โดย นำเสนออยู่ในรูปของตัวแปรไร้หน่วย



รูปที่ 8 แผนภาพสำหรับเลือกขนาดครีบโค้งเว้า

รูปที่ 9-11 แสดงแผนภาพสำหรับเลือกขนาดของ ครีบโค้งเว้าที่เหมาะสม โดยนำเสนอให้อยู่ในรูปของ ตัวแปรอย่างง่ายๆ คือ Q, A_p, h, b ซึ่งทำให้เกิดความง่าย ต่อการใช้งาน















5. สรุป

5.1 ในงานวิจัย ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณหา สมรรถนะและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับครีบสี่เหลี่ยมตาม แนวยาวและครีบพาราโบลาโค้งเว้าตามแนวยาว ที่อยู่ใน สภาวะลดความชื้น

5.2 แผนภาพสำหรับเลือกขนาดของครีบสี่เหลี่ยมและครีบ พาราโบลาโค้งเว้าที่เหมาะสม หรือแผนภาพสำหรับหา สภาวะการทำงานที่เหมาะสมให้กับครีบสี่เหลี่ยมและครีบ พาราโบลาโค้งเว้า ได้ถูกนำเสนอให้อยู่ในรูปของตัวแปรไร้ หน่วย โดยแผนภาพดังกล่าวนี้ จะให้ความถูกต้องแม่นยำ ตามหลักวิชาการ

5.3 แผนภาพสำหรับเลือกขนาดของครีบสี่เหลี่ยมและครีบ พาราโบลาโค้งเว้าที่เหมาะสม หรือแผนภาพสำหรับหา สภาวะการทำงานที่เหมาะสมให้กับครีบสี่เหลี่ยมและครีบ พาราโบลาโค้งเว้า ได้ถูกนำเสนอให้อยู่ในรูปของตัวแปร พื้นฐานอย่างง่าย ๆ อีกชุดหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ แผนภาพดังกล่าวนี้ อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนมาก ถึง 30%

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ จนสามารถพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาได้

7. รายการสัญลักษณ์

- A พื้นที่ผิวสำหรับการพาความร้อนหรือ
 พื้นที่หน้าตัดสำหรับการถ่ายเทความร้อน
 (m²)
- b ความยาวของครีบ (m)
- b_w' อัตราส่วนระหว่างผลต่างของเอนทัลปีต่อ ผลต่างของอุณหภูมิ (J kg⁻¹ K⁻¹)
- C_p ความจุความร้อนจำเพาะ (J kg⁻¹ K⁻¹)
- h สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Wm⁻²K⁻¹)
- i เอนทัลปีของอากาศอิ่มตัว (J kg⁻¹)
- i_s เอนทัลปีของอากาศ (J kg⁻¹)
- k ค่าการนำความร้อน (W m⁻¹ K⁻¹)
- L ความกว้างของครีบ (m)
- q_{actual} อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริง (W)

q_{ideal} อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่เป็นไปได้ (W)

Q อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยความลึก ของครีบ (W m⁻¹)

T อุณหภูมิ (K)

x ระยะตามความยาวของครีบ โดยเริ่มวัดจาก ปลายครีบ (m)

 $\delta_{\scriptscriptstyle 0}$ ความหนาของครีบ (m)

η ประสิทธิภาพของครีบ



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 temperaturedependent 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 อมรพัฒนาวัฑฒ์, ณัฐวัฒน์ วรพรพงศ์, พงศกร รัตนวิเซียรวงศ์, ร้อยทิศ ญาติเจริญ, วริศรา จินดา รุ่งเรือง, อดุลย์ โพธิ์แก้ว, วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดิ์, ประสิทธิภาพของครีบ ตามแนวยาว 4 ชนิด ใน สภาวะลดความชิ้น, การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, 16-18 ตุลาคม 2556, มหาวิทยาลัยบูรพา, จังหวัด ชลบุรี.

- [8] ธนวัฒน์ จี้ใจหล้า, รชต อมรพัฒนาวัฑฒ์, วริศรา จินดารุ่งเรือง, อดุลย์ โพธิ์แก้ว, โสภณ ตันติภูษา นนท์ และวรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดิ์, แบบจำลองทาง คณิตศาสตร์สำหรับการทำนายสมรรถนะของครีบ หนาม 4 ชนิด ในสภาวะลดความชื้น, การประชุม วิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศ ไทย ครั้งที่ 28, 15-17 ตุลาคม 2557, โรงแรมพูล แมน ขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น.
- [9] 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.
- [10] 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.