

การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่องอุ่นอากาศด้วยแสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นกั้นบาง Heat Transfer Enhancement in a Solar Air Heater with Baffles

ภาณุวัฒน์ หนูพงษ์, สมพล สกกุลหลง, พงษ์ศักดิ์ คำมูล และ พงษ์เจต พรหมวงศ์*

*สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520, E-mail: kppongje@kmitl.ac.th,
โทรศัพท์ (662) 329-8350-1, โทรสาร (662) 329-8352

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันในช่องขนานที่มีอากาศเป็นของไหลทดสอบ ในสภาวะผิวเป็นแบบฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ โดยใช้แผ่นกั้นบางติดตั้งในช่องขนานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สัดส่วนความกว้างต่อความสูงของช่องขนาน (Aspect Ratio, $AR = 10$) ความสูงช่องขนาน ($H = 30$ มิลลิเมตร แผ่นกั้นบาง มีสัดส่วนความสูงแผ่นกั้นต่อความสูงช่องขนาน ($e/H = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ และ 0.25 สัดส่วนระยะพิตต์ต่อความสูงช่องขนาน $PR = 3$ โดยทำการติดตั้งแผ่นกั้นบางที่ผิวบนของส่วนทดสอบ มีมุมปะทะ ($\alpha = 45^\circ$) การทดลองใช้ความเร็วอากาศในระดับต่างๆ กัน โดยค่าเลขเรย์โนลด์ส์ (Re) อยู่ในช่วง 5000 ถึง 23,000 เพื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อน และการสูญเสียความดัน จากการทดลองพบว่าการใช้แผ่นกั้นบางให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันเพิ่มสูงมากขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบกับช่องขนานที่มีผนังเรียบ การติดตั้งแผ่นกั้นบางที่ $e/H = 0.25$ ให้ค่าเลขนัสเซลท์สูงสุด ตามด้วย $e/H = 0.2, e/H = 0.15, e/H = 0.1$ และ $e/H = 0.05$ ตามลำดับ แต่ตัวประกอบเสียดทานก็เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน จึงส่งผลให้ช่องขนานที่ $e/H = 0.1$ มีค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีอื่น

คำสำคัญ: แผ่นกั้นบาง, ตัวสร้างความปั่นป่วน, การเพิ่มสมรรถนะความร้อน, เครื่องอุ่นอากาศแสงอาทิตย์

Abstract

The paper presents the study of heat transfer and friction loss behaviors for air flow through a constant heat flux channel fitted with baffles. The baffle used to generate reverse/recirculation flow are placed on the upper plates of the tested channel. Measurements are carried out for the channel of aspect ratio, $AR=10$ and height, $H = 30$ mm and the baffle to channel height ratios, $e/H = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ and 0.25 with baffle pitch to channel height ratios, $PR = 3$. The baffles are mounted on the upper channel walls with the attack angle, α of 45° pointing downstream. The flow rate is in terms of Reynolds numbers based on the inlet hydraulic diameter of the channel ranging from 5000 to 23,000. The experimental results show that the use of the baffles leads to a considerable increase in heat transfer coefficient and friction factor in comparison with the smooth channel. The baffle with $e/H = 0.25$ provides higher heat transfer and friction loss than that with $e/H = 0.2, e/H = 0.15, e/H = 0.1$ and $e/H = 0.05$ respectively, but the $e/H = 0.1$ shows better thermal enhancement factor over the others.

Keywords: baffle, turbulator, thermal enhancement, solar air heater

1. บทนำ

ความต้องการระบบทางความร้อนประสิทธิภาพสูงในงานต่าง ๆ ด้านวิศวกรรมประยุกต์ กระตุ้นให้เกิดความสนใจค้นหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อพัฒนาระบบการถ่ายเทความร้อน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบการ

พา โดยทั่วไปการพัฒนาในปัจจุบันใช้เทคนิคการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยใช้รูปแบบการเพิ่มพื้นผิวแบบต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ช่วยให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น โดยความเสียดทานมีค่าเพิ่มไม่มาก ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าว คือ (1) การลดการสร้างเงื่อนไขขอบเขต

และเพิ่มระดับความแรงของการไหลแบบปั่นป่วน, (2) เพิ่มพื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อน และ (3) สร้างการหมุนวนและการไหลแบบชั้นที่สอง ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบช่องขนาน ตัวสร้างความปั่นป่วนแบบปีกถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนเป็นผลให้ได้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีขนาดกะทัดรัดและมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่สูงขึ้น การใช้ตัวสร้างความปั่นป่วนแบบปีก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลซึ่งเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการถ่ายเทความร้อน การเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน, เพิ่มระดับความปั่นป่วน แต่ผลของการไหลกระแทกซ้ำส่งผลต่อการสูญเสียความดันด้วยเช่นกัน ตัวสร้างความปั่นป่วนแบบปีก ยังช่วยเพิ่มสมรรถนะของการถ่ายเทความร้อนในระบบทางความร้อนแบบใหม่ โดยปีกเป็นตัวสร้างความหมุนวนและลดความเสถียรของการไหลหลัก ทำให้การสูญเสียความดันน้อยลงด้วย

ตัวแปรของครีป ที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน และตัวประกอบเสียดทานที่พื้นผิวสองด้านของชุดทดสอบ การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบช่องขนานที่ติดแผ่นกันรูปคลื่น ทำการศึกษาโดย สกูลหลง และคณะ [1] โดยมีขอบเขตการศึกษาในช่วงเลขเรโนลด์ 5000 - 25,000 ติดแผ่นกันทำมุม 30 องศา ในแนวปีกตรงกัน และแนวปีกเอียงกัน จากการทดลองแผ่นกันแนวตรงให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าแผ่นกันแบบครีปเอียง เพราะว่าแผ่นกันครีปตรงกันช่วยเพิ่มพื้นที่การตกกระทบของการไหลแบบหมุนวนได้ดีกว่า Benlu and Pei-Xue Jiang [2] ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและคุณสมบัติการเสียดทานของแผ่นโซลาร์ฮีตเตอร์ ชนิดครีปเอียงทำมุม 0° ถึง 90° กับทิศทางการไหล โดยทำการศึกษาในช่วงอัตราการไหลอากาศ 0.001-0.0018 kg/s ครีปมีระยะพิตต์ 4 มิลลิเมตร ความสูง 0.8 มิลลิเมตร กว้าง 1 มิลลิเมตร พบว่าที่มุม 60° ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมมากที่สุด แต่ที่มุม 20° ให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการถ่ายเทความร้อนดีที่สุด Promvongse and Thianpong [3] ทำการศึกษาสมรรถนะความร้อนของครีปสามเหลี่ยมมุมฉากด้านตั้งรับลมและด้านเอียงรับลม ครีปสามเหลี่ยมหน้าจั่วและสี่เหลี่ยม ที่ค่า $e/H = 0.3$ และ $P/e = 6.67$ ติดตั้งที่ผิวบนและล่างของช่องขนานที่มี $AR = 15$ พบว่าการจัดวางครีปสามเหลี่ยมมุมฉากด้านตั้งรับลมจัดวางแบบแนวเดียวกันให้การถ่ายเทความร้อนสูงสุดแต่ครีปสามเหลี่ยมหน้าจั่วจัดวางแบบเอียงกันให้สมรรถนะความร้อนสูงสุด Thianpong et. al [4]

ทำการศึกษาสมรรถนะความร้อนของครีปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่ค่า $e/H = 0.13, 0.2, 0.26$ เท่ากันทั้งแผ่นและแบบไม่เท่ากันโดยสลับค่าระหว่าง $e/H = 0.13$ และ 0.2 โดยที่ $P = 40$ มิลลิเมตร ติดตั้งที่ผิวบนและล่างของช่องขนานที่มี $AR = 10$ พบว่าครีปแบบความสูงเท่ากันให้สมรรถนะความร้อนสูงกว่าแบบความสูงไม่เท่ากัน การจัดวางครีปแบบแนวตรงกันให้การถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมมากกว่าแบบเอียงกัน ครีปที่ความสูงมากที่สุดให้การถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมสูงสุด แต่ครีปที่มีความสูงต่ำสุดจัดวางแบบเอียงกันให้สมรรถนะความร้อนสูงสุด และมีงานวิจัยอีกหลาย ๆ งานที่ให้ความสนใจในการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน โดยใช้ปีกแบบสามเหลี่ยม Gentry and Jacobi [5], Wu and Tao [6], Joardar and Jacobi [7], Chu et. al [8] ซึ่งปีกถูกออกแบบมาเพื่อสร้างการหมุนวนเพิ่มระดับความปั่นป่วนและเพิ่มการพาความร้อน เป็นผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีขึ้น และให้การสูญเสียความดันอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก Gentry and Jacobi [5] นำเสนอการเพิ่มสมรรถนะความร้อน โดยการใช้ตัวสร้างการหมุนวนแบบต่าง ๆ ซึ่งพบว่า สามารถเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยได้ 50-60% เมื่อเปรียบเทียบกับผนังเรียบ ใช้ตัวสร้างการหมุนวนแบบปีก รูปทรงเหมือนสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ติดตั้งแบบสมมาตรกับการไหล โดยมุมปะทะเป็นมุมที่วัดเทียบกับการไหลหลัก ปรับค่ามุมปะทะตั้งแต่ 25° ถึง 55° โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดเกิดขึ้นที่มุมปะทะ 40°

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานในช่องขนานสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีอากาศเป็นของไหลทดสอบ ในสภาวะผิวแบบพลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ โดยใช้แผ่นกันบาง มีค่าสัดส่วนแผ่นกันบางต่อความสูงช่องขนาน $e/H = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ และ 0.25 สัดส่วนระยะพิตต์ต่อความสูงช่องขนาน $PR = 3$ โดยทำการติดตั้งแผ่นกันบางที่ผิวบนของส่วนทดสอบ มุมปะทะ $\alpha = 45^\circ$ การทดลองใช้ความเร็วอากาศในระดับต่างๆ กัน โดยค่าเลขเรย์โนลด์ส์ Re อยู่ในช่วง 5000 ถึง 23,000 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

2. ทฤษฎี

เป้าหมายของงานวิจัยนี้เพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนในช่องขนานในเทอมของเลขนิสเซลท์ โดยเลขเรย์โนลด์ส์ในเทอมของเส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก (D_h) สามารถเขียนได้เป็น

$$Re = UD_h / \nu, \quad (1)$$

เมื่อ U และ V เป็นความเร็วเฉลี่ยและความหนืดเชิงจลน์ของอากาศตามลำดับ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (h) หาได้จากอัตราการวัดอุณหภูมิและความร้อนที่ป้อนเข้าระบบ ความร้อนที่ให้กับอากาศ (Q_{air}) และความแตกต่างของอุณหภูมิผนังกับอุณหภูมิอากาศ ($T_w - T_b$), สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยหาได้จากข้อมูลทดลองดังสมการ

$$Q_{air} = Q_{conv} = \dot{m}C_p(T_o - T_i) = VI, \quad (2)$$

$$h = \frac{Q_{conv}}{A(\tilde{T}_s - T_b)}, \quad (3)$$

โดยที่ $T_b = (T_o + T_i) / 2,$ (4)

และ $\tilde{T}_s = \sum T_s / 10$ (5)

เทอม A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อนแบบการพาของผนังด้านบนของช่องขนานที่ถูกให้ความร้อน เมื่อ \tilde{T}_s คือ อุณหภูมิผิวเฉลี่ยที่ได้จากอุณหภูมิผิวในแต่ละจุด (T_s) ตามแนวยาวของช่องขนาน, T_i , T_o คือ อุณหภูมิทางเข้าและทางออกตามลำดับ โดยเทอม \dot{m} , C_p , V และ I คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าตามลำดับ เลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Nu) เขียนได้เป็น

$$Nu = \frac{hD_h}{k} \quad (6)$$

ตัวประกอบเสียดทาน (f) หาได้จาก

$$f = \frac{2}{(L/D_h)} \frac{\Delta P}{\rho U^2} \quad (7)$$

เมื่อ ΔP คือ ค่าความดันตกคร่อม และ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศถูกกำหนดที่อุณหภูมิของไหลเฉลี่ย (T_b) จากสมการ (4) ที่สถานะกำลังขับ (Pumping power) เดียวกัน

$$(\dot{V}\Delta P)_0 = (\dot{V}\Delta P), \quad (8)$$

เมื่อ \dot{V} อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศและเขียนในเทอมตัวประกอบเสียดทานและเลขเรย์โนลด์ส์ ได้เป็น

$$(f Re^3)_0 = (f Re^3), \quad Re_0 = Re(f/f_0)^{1/3} \quad (9)$$

สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน (η) คือ อัตราส่วนของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของพื้นผิวทดสอบ (h) เทียบกับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนพื้นผิวเรียบ (h_0) ที่กำลังขับเดียวกัน

$$\eta = \frac{h}{h_0} \Big|_{pp} = \frac{Nu}{Nu_0} \Big|_{pp} = \left(\frac{Nu}{Nu_0} \right) \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-1/3} \quad (10)$$

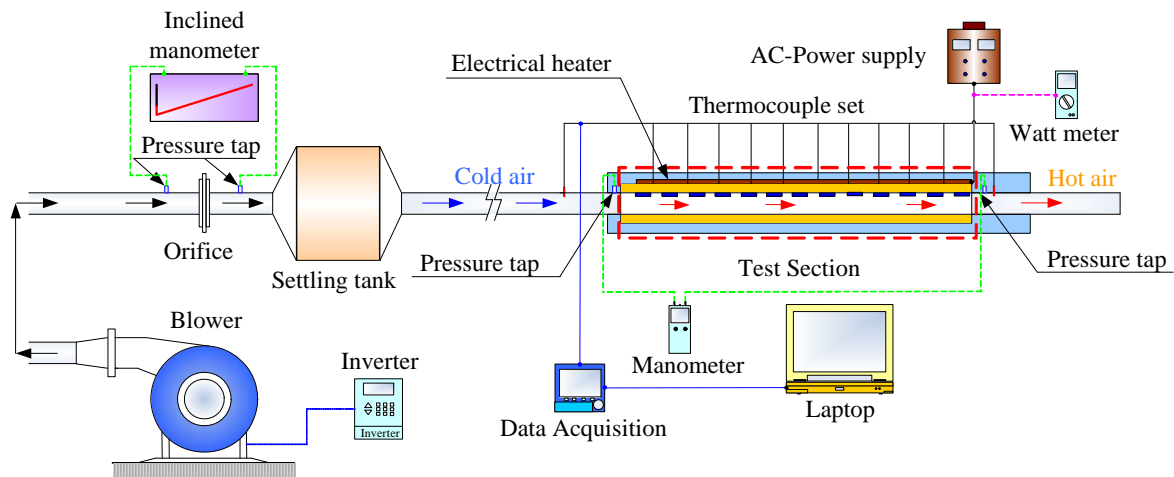
3. อุปกรณ์ทดลอง

อุปกรณ์ทดลอง ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ แสดงในรูปที่ 1 ช่องขนานสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 2000 มิลลิเมตร มีสัดส่วนความกว้างต่อความสูงของช่องขนาน (AR) = 10, ความสูงช่องขนาน (H) = 30 มิลลิเมตร, ส่วนทดสอบ ยาว (L) = 420 มิลลิเมตร กว้าง (W) = 300 มิลลิเมตร, มีสัดส่วนความสูงแผ่นกั้นบางต่อความสูงช่องขนาน (e/H) = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.25 สัดส่วนระยะพิชิตต่อความสูงช่องขนาน $PR = 3$ ทำการติดตั้งแผ่นกั้นบางที่ผิวบนของส่วนทดสอบ มีมุมปะทะ (α) = 45° ซึ่งใช้เป็นตัวสร้างการไหลแบบหมุนวน ดังแสดงในรูปที่ 2 พัดลม (Blower) ขนาด 1.5 kW เป็นแหล่งกำเนิดการไหลของอากาศ, Control valve ควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ส่วนทดสอบ, Orifice meter ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศที่ทางเข้าชุดทดลอง, Manometer ใช้วัดความแตกต่างของความดัน เพื่อใช้หาอัตราการไหลของอากาศ ความแตกต่างของความดัน โดยการอ่านค่าจากความแตกต่างของระดับน้ำ Inclined manometer, Settling tank ซึ่งมีหน้าที่จัดระเบียบการไหลของอากาศให้มีการไหลปั่นป่วนน้อยที่สุด, ช่องขนานปรับรูปการไหล เพื่อให้อากาศที่ไหลก่อนเข้าสู่ชุดทดลองมีลักษณะเป็น Fully develop และไหลเข้าสู่ส่วนทดสอบ, แผ่นช่องขนานถูกทำให้ร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ติดตั้งที่แผ่นด้านบนของช่องขนาน, เครื่องควบคุมความร้อนแผ่นฮีตเตอร์ แบบปรับค่าโวลท์เตจ TDGC 2-3 kVA CAPACITY : 3000 VA MAX. 12 Amp เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมความต่างศักย์ที่ให้กับแผ่น

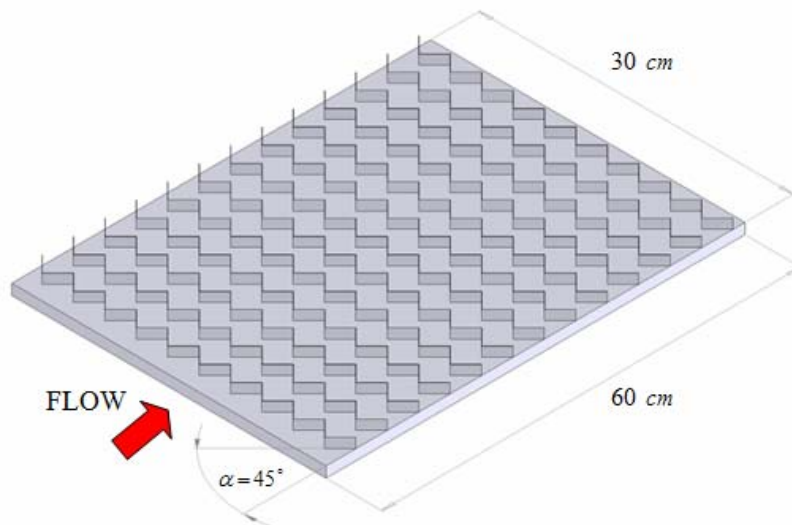
ฮีตเตอร์ ในการควบคุมฟลักซ์ความร้อนของแผ่นฮีตเตอร์ ให้ได้ตามที่กำหนด, Data Logger FLUKE 2680A เป็นอุปกรณ์เก็บและแสดงข้อมูลอุณหภูมิผิว 10 ตำแหน่ง, อุณหภูมิทางเข้าและอุณหภูมิทางออก เชื่อมต่อข้อมูลจากเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ทั้งหมด 12 ตัว, เครื่องวัดความดันตกคร่อม TESTO 350-M/XL เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันตกคร่อมระหว่างตำแหน่งทางเข้าและตำแหน่งทางออกของส่วนทดสอบ, คอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลที่ได้รับจาก Data Logger และเครื่องวัดความดันตกคร่อม โดยส่วนทดสอบต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากแผ่นฮีตเตอร์ไหลออกสู่บรรยากาศภายนอก

4. วิธีการทดลอง

วิธีการทดลอง เริ่มโดยการเปิดพัดลม ปรับอัตราการไหลของอากาศให้ได้ตามที่กำหนด ควบคุมความเร็วอากาศให้อยู่ในช่วง 0.20 ถึง 2.20 เมตรต่อวินาที ซึ่งที่ความเร็วดังกล่าวครอบคลุมค่าเลขเรย์โนลด์ส์ระหว่าง 5000 ถึง 23,000 ในแต่ละช่วงความเร็วอากาศที่ทดสอบก่อนทำการบันทึกค่าต้องให้อุณหภูมิผิวภายในส่วนทดสอบและอุณหภูมิทางเข้า-ออกมีค่าคงที่ก่อน โดยอุณหภูมิผิวของส่วนทดสอบ วัดค่าทั้งหมด 10 จุด และอุณหภูมิอากาศทางเข้าและทางออกของส่วนทดสอบ 2 จุด ขณะเดียวกันก็ทำการบันทึกค่าความดันตกคร่อมส่วนทดสอบด้วย



รูปที่ 1 ชุดทดลองสี่เหลี่ยมผืนผ้า



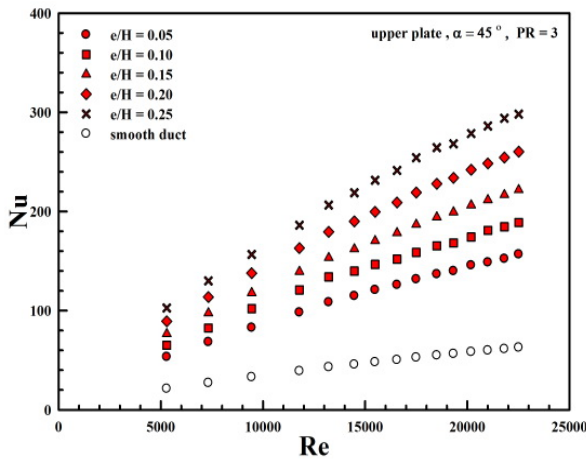
รูปที่ 2 แผ่นกั้นบาง



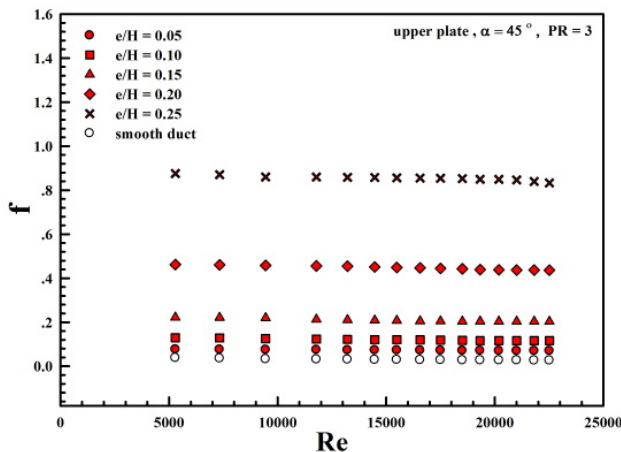
5. ผลการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันของช่องขนานโดยใช้แผ่นกั้นบาง ผลการทดลองที่ได้แสดงดังนี้

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซิลท์กับเลขเรย์โนลด์ส พบว่าเมื่อเลขเรย์โนลด์สเพิ่มขึ้น ให้ค่าเลขนัสเซิลท์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน การติดตั้งแผ่นกั้นบางให้ค่าเลขนัสเซิลท์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับช่องขนานผนังเรียบ เนื่องจากตัวสร้างความปั่นป่วนแบบแผ่นกั้นบาง ส่งผลต่อการลดปริมาณการสร้างชั้นขอบเขตและเพิ่มระดับความปั่นป่วนของการไหล



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซิลท์และเลขเรย์โนลด์ส

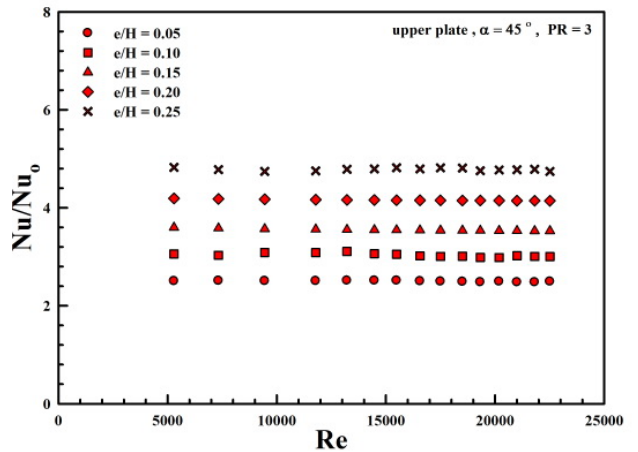


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเสียดทานและเลขเรย์โนลด์ส

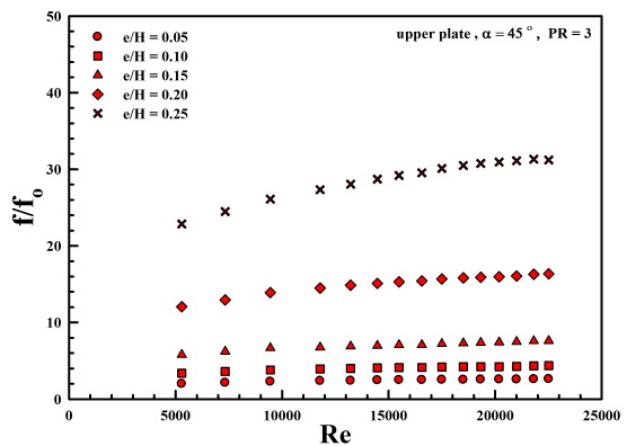
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเสียดทานและเลขเรย์โนลด์ส พบว่าเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์สเพิ่มขึ้นที่ทุกความสูงของแผ่นกั้นบางมีค่าตัวประกอบ

เสียดทานลดลงเล็กน้อย ช่องขนานที่ $e/H = 0.25$ ให้ค่าตัวประกอบเสียดทานสูงสุด ตามด้วย $e/H = 0.2, 0.15, 0.1, 0.05$ และช่องขนานที่มีผนังเรียบตามลำดับ เนื่องมาจากการขวางการไหล (Flow Blockage) และพื้นผิวสัมผัสที่สูงกว่า เป็นผลให้เกิดการไหลย้อนกลับ (Reverse Flow)

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนเลขนัสเซิลท์กรณีทดสอบต่อเลขนัสเซิลท์ของผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์ส จากการทดลองพบว่าค่าสัดส่วนเลขนัสเซิลท์ต่อเลขนัสเซิลท์ของผนังเรียบมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเลขเรย์โนลด์สเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้แผ่นกั้นบางที่ $e/H = 0.25$ ให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซิลท์สูงสุด ตามด้วย $e/H = 0.2, 0.15, 0.1,$ และ 0.05 ตามลำดับ



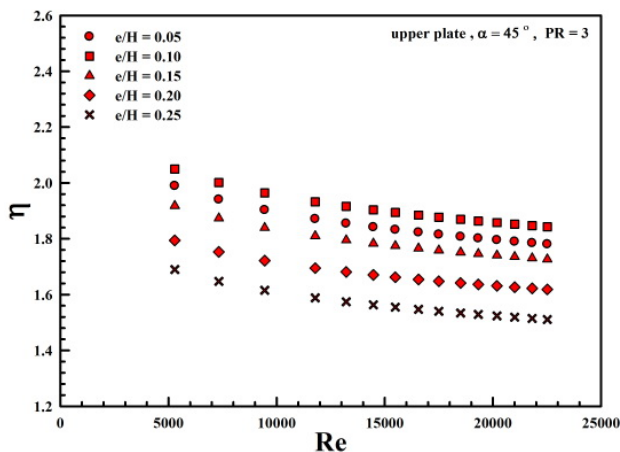
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลท์กรณีทดสอบต่อเลขนัสเซิลท์ของผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์ส



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานกรณีทดสอบต่อตัวประกอบเสียดทานของผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์ส

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนตัวประกอบเสียดทานติดแผ่นกั้นต่อตัวประกอบเสียดทานของผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์ส์ พบว่าสัดส่วนตัวประกอบเสียดทานติดแผ่นกั้นต่อตัวประกอบเสียดทานของผนังเรียบมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเลขเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้น แผ่นกั้นบางที่ $e/H = 0.25$ ให้ค่าสัดส่วนตัวประกอบเสียดทานสูงสุด ตามด้วย $e/H = 0.2, 0.15, 0.1$ และ 0.05 ตามลำดับ

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน (η) กับเลขเรย์โนลด์ส์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากค่าเลขนัสเซิลท์และค่าตัวประกอบเสียดทานที่กำลังขับเดียวกัน พบว่าสมรรถนะความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเลขเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้น การติดตั้งแผ่นกั้นบางที่ $e/H = 0.1$ ให้ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมากกว่า $e/H = 0.05, 0.15, 0.2$ และ 0.25 ที่ทุกเลขเรย์โนลด์ส์ โดยค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.1, 2, 1.9, 1.8 และ 1.7



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและเลขเรย์โนลด์ส์

6. สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันในช่องขนานที่มีสัดส่วนความกว้างต่อความสูงของช่องขนาน, $AR = 10$ โดยใช้แผ่นกั้นบางติดตั้งที่ผิวบนของส่วนทดสอบ มุมปะทะ $\alpha = 45^\circ$ โดยทดสอบในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน ที่เลขเรย์โนลด์ส์ตั้งแต่ 5000 ถึง 23,000 พบว่าการใช้แผ่นกั้นบางที่ $e/H = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ และ 0.25 ให้การสูญเสียความดันเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะที่ $e/H = 0.25$ แต่ให้สัดส่วนการถ่ายเทความร้อนเมื่อเทียบกับผนังเรียบมีค่าสูง

มากด้วย โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนเมื่อเทียบกับผนังเรียบมีแนวโน้มเกือบคงที่เมื่อเลขเรย์โนลด์ส์เพิ่มสูงขึ้น แต่ช่องขนานที่มี $e/H = 0.1$ ให้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน (η) สูงกว่ากรณีอื่นอันเนื่องมาจากการสูญเสียความดันที่น้อยกว่า จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้แผ่นกั้นบาง ให้ค่าสมรรถนะความร้อนสูงขึ้นโดยพบค่าสูงสุดที่เลขเรย์โนลด์ส์ค่าต่ำสุด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพล สกุลหลง, กิติธัญ คำพันธ์มัย และ พงษ์เจต พรหมวงศ์. (2552). พฤติกรรมความร้อนในช่องแผ่นขนานที่มีแผ่นกั้นรูปคลื่น. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 23*.
- [2] Benlu, Jiang P.X. (2006). Experimental and numerical investigation of convection heat transfer in a rectangular channel with angled ribs, *Experimental Thermal and Fluid science*, vol. 30, pp. 513–521.
- [3] Promvong, P., Thianpong, C. (2008). Thermal performance assessment of turbulent channel flows over different shaped ribs, *International Communication Heat Mass Transfer*, vol. 35, pp. 1327–1334.
- [4] Thianpong, C., Chompookham, T., Skullong, S., Promvong, P. (2009). Thermal characterization of turbulent flow in a channel with isosceles triangular ribs, *International Communication Heat Mass Transfer*, vol. 36, pp. 712–717.
- [5] Gentry, M.C. and Jacobi, A.M. (1997). Heat transfer enhancement by delta-wing vortex generators on a flat plate: vortex interactions with the boundary layer, *Experimental Thermal and Fluid science*, vol. 14, pp. 231–242.
- [6] Wu, J.M., Tao W.Q. (2007). Investigation on laminar convection heat transfer in fin-and-tube heat exchanger in aligned arrangement with longitudinal vortex generator from the viewpoint of field synergy principle, *Applied Thermal Engineering*, vol. 27, pp. 2609–2617.



[7] Joardar A., Jacobi A.M. (2008). Heat transfer enhancement by wingle-type vortex generator arrays in compact plain-fin-and-tube heat exchangers, *International Journal refrigeration*, vol. 31, pp. 87–97.

[8] Chu P., He Y.L., Lei Y.G., Tian L.T., Li R. (2009). Three-dimensional numerical study on fin-and-oval-tube heat exchanger with longitudinal vortex generators, *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, pp. 859–876.