

อิทธิพลของมุมเอียงของครีบอกการถ่ายเทความร้อนในช่องขนานที่มีครีบอก

Effect of Rib-inclined Angle on Heat Transfer in a Wavy Ribbed Channel

จิตรกร กนกนัยการ, ทวี เทศเจริญ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

*ผู้ติดต่อ: E-mail: kppongje@kmitl.ac.th, โทรศัพท์: (662) 326-4197, โทรสาร: (662) 326-4198

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยช่องขนานที่มีครีบอกโดยทำการทดลองที่สภาวะการถ่ายเทความร้อนที่ผิวแบบคงที่ (constant heat flux) ในการทดลอง โดยปรับใช้ความเร็วลมหลายๆ ค่าในช่วงเลขเรย์โนลด์ $Re = 5000 - 25,000$ และทำการเปรียบเทียบผลของช่องขนานที่มีผนังเรียบ ช่องขนานที่มีครีบอก โดยทำมุม 60° , 45° , 30° และครีบอกตรง (90°) สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงช่องขนาน $PR = 3$ และสัดส่วนความสูงครีบอกต่อความสูงช่องขนาน $e/H = 0.3$ โดยติดครีบอกที่ผิวบนของช่องขนาน เพื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนโดยแสดงในเทอมของเลขนัสเซล (Nusselt number) และการสูญเสียความดันโดยแสดงในเทอมของตัวประกอบเสียดทาน (friction factor) จากการทดลองพบว่าชุดทดลองที่มีครีบอกทำมุม 60° ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าตัวประกอบเสียดทานสูงสุด ตามด้วยช่องขนานที่มีครีบอกทำมุม 45° , 30° และครีบอกตรง (90°) โดยแสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต่อเลขนัสเซลของท่อที่มีผนังเรียบเป็น 4.48 , 3.93, 3.43, 1.78 เท่า สำหรับครีบอกมุม 60° , 45° , 30° และครีบอกตรง (90°) แต่ค่าตัวประกอบเสียดทานก็มีมากด้วยเช่นกันโดยแสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานต่อตัวประกอบเสียดทานของท่อที่มีผนังเรียบเป็น 19.58, 13.83, 8.43, 7.53 เท่า สำหรับครีบอกมุม 60° , 45° , 30° และครีบอกตรง (90°)

คำหลัก: การถ่ายเทความร้อน, ความเสียดทาน, ครีบอก, มุมเอียง

Abstract

An experimental study of heat transfer and friction characteristics of a fully developed turbulent air flow in a rectangular channel with wavy rib is reported. Ribs with angle of 30° , 45° , 60° , and 90° are placed on the upper wall of the channel. The blockage ratios, $e/H=0.3$ and the pitch ratio, $PR=3$. Tests are performed for Reynolds numbers ranging from 5000 to 23,000 at a constant wall heat flux condition. Comparisons are made with the results of smooth channel without ribs. The variations of heat transfer and pressure loss in terms of Nusselt number (Nu) and friction factor (f) are determined. The results show that the channel with wavy rib of 30° , 45° , 60° , and 90° perform higher heat transfer than the smooth channel. It is clear that the 60° wavy rib provides the highest heat transfer while the 45° wavy rib shows better heat transfer than the 30° wavy rib and the 90° rib gives the lowest. The average heat transfer

rates for the 60° , 45° , 30° and 90° ribs are about 4.48, 3.93, 3.43, and 1.78 times while the friction factors are about 19.58, 13.83, 8.43, and 7.53 times over smooth channel, respectively.

Keywords: Heat exchanger, Friction factor, Wavy rib, Inclined Angle

1. บทนำ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็น อุปกรณ์ที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมาก เช่น หม้อไอน้ำ เครื่องทำความเย็น และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่างๆ ในกระบวนการผลิต เป็นต้น และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต่างๆ เหล่านี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานค่อนข้างมากอีกด้วย ดังนั้นการหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิผลในกระบวนการผลิตและยังเป็นการลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตได้อีกด้วย

เทคนิคการใช้ตัวสร้างความปั่นป่วนแบบครีบบตรง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลซึ่งเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าการถ่ายเทความร้อน เพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน, เพิ่มระดับความปั่นป่วน แต่ผลของรีแอสแทกเมนต์ก็ส่งผลต่อการสูญเสียความดันด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงได้มีการใช้ครีบบแบบหยักเพื่อทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มมากขึ้นและให้ระดับของความดันสูญเสียที่ไม่ต่างจากครีบบตรงมากนัก

ผลงานวิจัยจากนักวิจัยหลายๆ ท่านได้มีการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลในการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ไม่ว่าจะเป็นรูปร่าง, มุมของครีบบ, ลักษณะการจัดวาง เป็นต้น ตัวอย่างเช่น Benlu and Jiang [1] ได้ทำการศึกษารายละเอียดการถ่ายเทความร้อนและคุณสมบัติการเสียดทานของแผ่นโซลาร์ฮีตเตอร์สี่เหลี่ยม ชนิดครีบบเฉียงทำมุม 0° ถึง 90° กับทิศทางการไหล โดยมีขอบเขตการศึกษาในช่วงอัตราการไหลอากาศ 0.001-0.0018 kg/s ครีบบระยะพิตต์ 4 มิลลิเมตร ความสูง 0.8 มิลลิเมตร กว้าง 1 มิลลิเมตร พบว่าที่มุมครีบบ 60° ให้การถ่ายเทความร้อน และ ความดันตกคร่อมมากที่สุด แต่ที่มุม 20° ให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการถ่ายเทความร้อนดีที่สุด เมื่อศึกษาต่อที่มุมครีบบ 20°

พบว่าที่ระยะพิตต์น้อยลงให้ การถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมเพิ่มมากขึ้น โดยที่ระยะพิตต์เท่ากับ 1, 2 มิลลิเมตรให้ประสิทธิภาพรวมของการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน Tanda [2] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนโดยการใช้เทคนิคลิวทิดคริสตัล สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการและท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการเพิ่มครีบบมุม 45° และ 60° เพื่อพิจารณาการกระจายตัวของความร้อนและความสัมพันธ์ของมุมกับการไหลของของไหลที่ใช้ในการทดลองทำให้เข้าใจพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนเพิ่มมากขึ้น Wright et al. [3] ได้ทำการทดลองและศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสีย ในช่องขนานที่มีครีบบรูปตัววีและตัวดับบริว โดยทำการทดลองที่ $e/D=0.078$, $P/e=10$ และค่า $AR=10$ สำหรับการทดลองมีการศึกษาอยู่ในช่วงค่า $Re=10,000-40,000$ จากผลการทดลอง พบว่าช่องขนานที่เพิ่มครีบบรูปตัวดับบริวในทุก ๆ กรณีมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนมากกว่าช่องขนานที่มีการเพิ่มครีบบตัววี Layek et al. [4] ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความร้อนและลักษณะการไหลแบบปั่นป่วนในท่อเหลี่ยมที่มีพื้นผิวขรุขระแบบผสมระหว่างครีบบและร่อง โดยทำการศึกษาที่ค่า $Re=3000-21,000$ ค่า P อยู่ในช่วง 4.5-10 มีการตัดมุมของครีบบ $5^\circ-30^\circ$ ที่ $e/D=0.022-0.04$ จากผลการทดลองพบว่าท่อที่มีการใช้ครีบบแบบผสมให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนมากกว่าท่อผิวเรียบหรือท่อเปล่า Chang et al. [4] ทำการวิจัยเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของผิวขรุขระที่มีครีบบรูปตัววีในการวางตัวลักษณะต่าง ๆ ในท่อเหลี่ยม โดยศึกษาในช่วง $Re=1000-30,000$ ผลการศึกษาวินิจฉัยพบว่าการติดตั้งครีบบรูปตัววีแบบ forward ให้ประสิทธิภาพมากกว่าครีบบรูปตัววีที่มีการติดตั้งแบบ backward ซึ่งมีค่ามากกว่าทั้งในช่วงการ

ไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน โดยการไหลในช่วงที่ราบเรียบจะให้ค่าที่แตกต่างกันน้อยกว่า ดังนั้นในการศึกษานี้จะได้พิจารณาการถ่ายเทความร้อนและความดันสูญเสียผ่านช่องขนานที่มีการเพิ่มครีบก้นที่มีมุมเอียงต่าง ๆ กัน คือ มุม 30°, 45° และ 60° และครีบก้นตรง (90°) โดยจะทำการศึกษาในช่วงการไหลปั่นป่วนที่มีค่าเลขเรย์โนลด์ ระหว่าง 5000 ถึง 25,000

2. ทฤษฎี

เป้าหมายของงานวิจัยนี้เพื่อหาการถ่ายเทความร้อนในช่องขนานในเทอมของเลขนัสเซล โดยเลขเรย์โนลด์ในเทอมของเส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก (D_h) สามารถเขียนได้เป็น

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

เมื่อ U และ ν เป็นความเร็วเฉลี่ยและความหนืดเชิงจลน์ของอากาศตามลำดับ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (h) หาค่าได้จากการวัดอุณหภูมิและความร้อนที่ป้อนเข้าระบบ ความร้อนที่ให้กับอากาศ (Q_{air}) และความแตกต่างของอุณหภูมิมัธยกับอุณหภูมิอากาศ ($T_w - T_b$), สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยหาได้จากข้อมูลทดลองดังสมการ

$$Q_{air} = Q_{conv} = mC_p(T_o - T_i) = VI \quad (2)$$

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

โดยที่ $T_b = (T_o + T_i) / 2 \quad (4)$

และ $\bar{T}_s = \sum T_s / 10 \quad (5)$

เทอม A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อนแบบการพาของผนังด้านบนของช่องขนานที่ถูกให้ความร้อน เมื่อ \bar{T}_s คือ อุณหภูมิผิวเฉลี่ยที่ได้จากอุณหภูมิผิวในแต่ละจุด (T_s) ตามแนวยาวของช่องขนาน, T_i , T_o คือ อุณหภูมิทางเข้าและทางออกตามลำดับ โดยเทอม m , C_p , V และ I คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ตามลำดับ เลขนัสเซลเฉลี่ย (Nu) เขียนได้เป็น

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

ตัวประกอบเสียดทาน (f) หาค่าได้จาก

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

เมื่อ ΔP คือ ค่าความดันตกคร่อม และ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศ ถูกกำหนดที่อุณหภูมิของไหลเฉลี่ย (T_b) จากสมการ (4)

ที่สภาวะกำลังขับ (pumping power) เดียวกัน

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

เมื่อ \dot{V} อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศและเขียนในเทอมตัวประกอบเสียดทานและเลขเรย์โนลด์ ได้เป็น

$$\begin{aligned} (f Re^3)_0 &= (f Re^3) \\ Re_0 &= Re(f/f_0)^{1/3} \end{aligned} \quad (9)$$

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

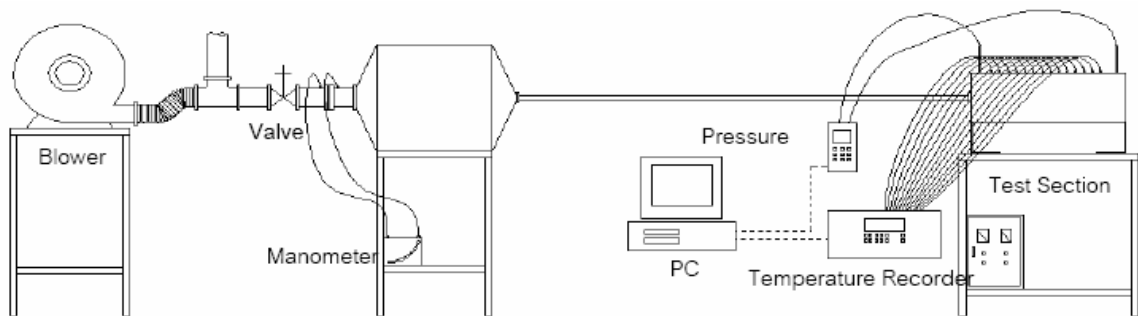
$$\eta = \frac{h}{h_0} \Big|_{pp} = \frac{Nu}{Nu_0} \Big|_{pp} = \left(\frac{Nu}{Nu_0} \right) \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-1/3} \quad (10)$$

3. อุปกรณ์ทดลอง

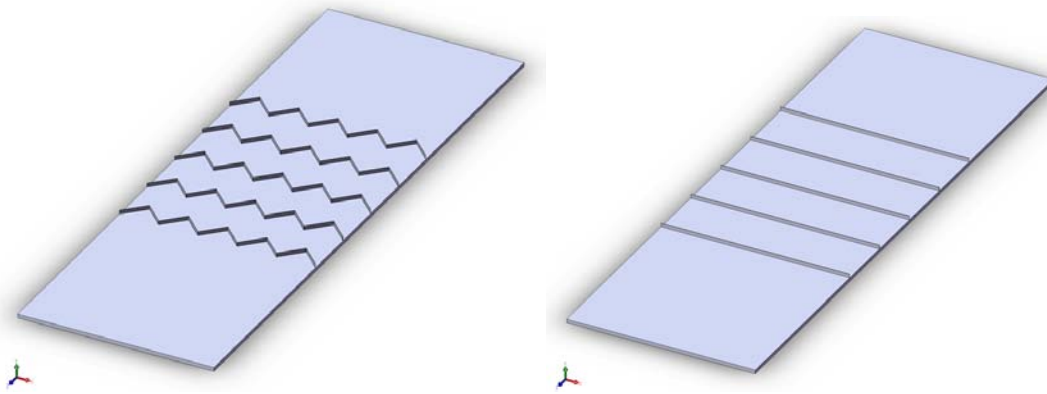
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย อุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปที่ 1 ด้านล่าง โดยใช้พัดลม (blower) ขนาดพิกัด 1.5 kW เป็นแหล่งกำเนิดลม ซึ่งควบคุมปริมาณลมไหลเข้าชิ้นงานทดสอบโดยการปรับหรือวาล์ว โดยปริมาณลมแต่ละครั้งของการทดสอบจะถูกกำหนดโดยค่าความดันตกคร่อมแผ่น orifice อากาศที่ไหลผ่านเข้าสู่ชุดทดลองจะต้องไหลผ่านกล่องลม ซึ่งมีหน้าที่จัดระเบียบการไหลของอากาศให้มีการไหลปั่นป่วนน้อยที่สุด และให้ไหลผ่านท่อปรับสภาพการไหล เพื่อให้อากาศที่ไหลก่อนเข้าสู่ชุดทดลองมีลักษณะเป็น fully develop และไหลเข้าชิ้นงานทดสอบ (test section) ชิ้นงานที่ทดสอบประกอบด้วย

ช่องขนานอลูมิเนียมที่มีครีบก้น ขนาดกว้าง 0.30 เมตร ยาว 0.40 เมตร และระยะความสูงของช่องขนาน (H) กว้าง (t) เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร และระยะพิตต์ (P) คงที่เท่ากับ 90 มิลลิเมตร โดยแผ่นช่องขนานดังกล่าว ถูกทำให้ร้อนด้วย heater ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ โดยอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าออก และอุณหภูมิผิว ภายในถูกวัดด้วยเทอร์โมคัปเปิล type K จำนวนรวมทั้งสิ้น 16 จุด โดยบันทึกค่าที่วัดได้ลงอุปกรณ์ FLUKE

2680A ส่วนค่าความดันตกคร่อมแผ่นช่องขนานตรวจบันทึกค่าที่ได้ลงอุปกรณ์ TESTO 1445 ซึ่งงานที่ใช้ทดสอบจะต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากแผ่น heater ไหลออกสู่บรรยากาศภายนอก รูปที่ 2(a),(b) แสดงลักษณะของครีบก้นและครีบตรงตามลำดับ และรูปที่ 2(c) แสดงตัวแปรต่างๆ ของครีบก้น

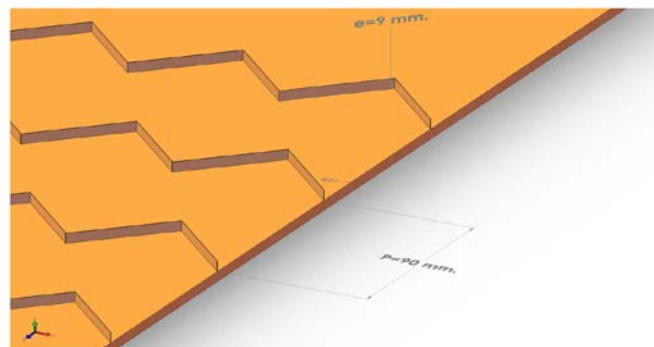


รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง



(a)

(b)



(c)

รูปที่ 2 (a) ครีบก้น, (b) ครีบตรง, (c) ตัวแปรต่างๆ ของครีบก้น

4. วิธีการทดลอง

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของแผ่นช่องทางที่มีครีบกั้น โดยทดลองที่ขนาดความสูงแผ่นช่องทางเท่ากับ 30 มิลลิเมตร โดยลักษณะแผ่นครีบทดลองที่ผิวบนของช่องทาง

การทดลองทำการเปิดพัดลม จากนั้นปรับปริมาณการไหลของลมให้ได้ตามที่ต้องการ โดยควบคุมความเร็วลมให้อยู่ในช่วง 1.5 ถึง 7 เมตรต่อวินาที ซึ่งที่ความเร็วดังกล่าวครอบคลุมค่าตัวเลขเรย์โนลด์ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 5000 ถึง 23,000 ในแต่ละช่วงความเร็วลมที่ทดสอบ จะต้องรอให้อุณหภูมิผิวภายในแผ่นช่องทางและอุณหภูมิอากาศเข้าออก มีค่าคงที่ก่อนจะทำการบันทึกค่า โดยอุณหภูมิแผ่นช่องทางทำการตรวจวัดทั้งหมด 14 จุด และอีก 2 จุดสำหรับอุณหภูมิอากาศเข้าและออกแผ่นช่องทาง ในขณะเดียวกันก็ทำการบันทึกค่าความดันตกคร่อมแผ่นช่องทางดังกล่าวด้วย

5. ผลการทดลอง

การทดลองได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มครีบกั้นต่าง ๆ และครีบกั้นในช่องทาง โดยสามารถแบ่งหัวข้อการอธิบายผลได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย อิทธิพลของลักษณะครีบกั้น, อิทธิพลของมุมเอียงของครีบกั้นและประสิทธิภาพการเพิ่มความร้อน

5.1 อิทธิพลของลักษณะครีบกั้น

ในการทดลองได้ศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อนของครีบกั้นที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป 2 ลักษณะ คือ ครีบกั้นและครีบกั้นตรง เมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนระหว่างครีบกั้นและครีบกั้นตรงซึ่งแสดงในเทอมของค่าเลขนัสเซลดังรูป 3 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าครีบกั้นที่มีมุมต่าง ๆ จะให้การถ่ายเทความร้อนมากกว่าครีบกั้นตรง โดยครีบกั้นจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าครีบกั้นตรงอยู่ในช่วง 1.93 ถึง 2.52 เท่า และครีบกั้นจะมีค่าเฉลี่ยเลขนัสเซลมากกว่าท่อเปล่าเท่ากับ 1.78 เท่า ในขณะที่ครีบกั้นจะมีค่าเฉลี่ยเลขนัสเซลมากกว่าท่อเปล่าเท่ากับ 3.43 ถึง 4.48 เท่า

เมื่อพิจารณาความดันสูญเสียในรูปของค่าตัวประกอบเสียดทานดังรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าครีบกั้นจะให้ค่าตัวประกอบเสียดทานน้อยที่สุดซึ่งแต่มีค่าใกล้เคียงกับครีบกั้นมุม 30° โดยค่าตัวประกอบเสียดทานของครีบกั้นจะมีค่าเท่ากับ 7.53 เท่า เมื่อเทียบกับท่อเปล่า

5.2 อิทธิพลของมุมเอียงของครีบกั้น

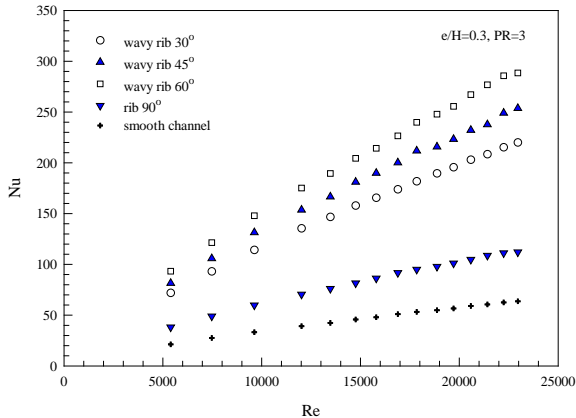
ในรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลกับเลขเรย์โนลด์ กรณีที่ท่อมีครีบกั้นที่มีมุมต่าง ๆ โดยสัดส่วนระยะพิตต์ต่อความสูงช่องทาง $PR=3$ และสัดส่วนความสูงครีบกั้นต่อความสูงช่องทาง $e/H=0.3$ จากการทดลองพบว่าในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน เมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเลขนัสเซลเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ครีบกั้น 60° มีค่าเลขนัสเซลมากที่สุด ในขณะที่ครีบกั้น 45° มีค่าเลขนัสเซลมากกว่าครีบกั้น 30° และครีบกั้นตรง (90°) ซึ่งมีค่าเลขนัสเซลลดลงตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของครีบกั้น 60° มีค่ามากกว่าท่อเปล่าเท่ากับ 4.48 เท่า

ในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันสูญเสียในเทอมของตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์กรณีท่อมีครีบกั้นต่าง ๆ โดยสัดส่วนระยะพิตต์ต่อความสูงช่องทาง, $PR = 3$ และสัดส่วนความสูงครีบกั้นต่อความสูงช่องทาง, $e/H=0.3$ จากการทดลองพบว่าในช่วงการไหลปั่นป่วน ครีบกั้นที่มีมุม 60° จะให้ค่าตัวประกอบเสียดทานมากที่สุดโดยมีค่ามากกว่าท่อเปล่า 15.98 เท่า และครีบกั้น 45° จะให้ค่าตัวประกอบเสียดทานมากกว่าครีบกั้น 30° และครีบกั้นตรง (90°)

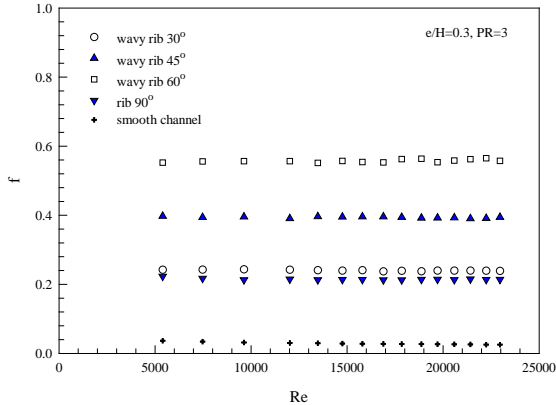
5.3 ประสิทธิภาพการเพิ่มความร้อน

ในรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต่อเลขนัสเซลของท่อที่มีผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์ จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนเลขนัสเซลมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองครีบกั้นที่มีมุม 60° มีค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลมากที่สุด ตามด้วยครีบกั้นที่มีมุม 45° , 30° และ 90° โดยครีบกั้นที่มีมุม 60° มีค่าเลขนัสเซล

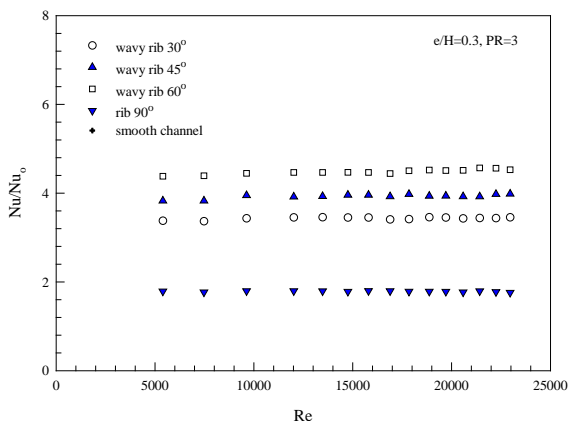
เฉลี่ยมากกว่าผนังเรียบ 4.48 เท่า ครีบริบที่มีมุม 45° มีค่าเลขนัสเซลเฉลี่ยมากกว่าผนังเรียบ 3.93 เท่า ครีบริบที่มีมุม 30° มีค่าเลขนัสเซลเฉลี่ยมากกว่าผนังเรียบ 3.43 เท่า และครีบริบตรง (90°) มีค่าเลขนัสเซลเฉลี่ยมากกว่าผนังเรียบ 1.78 เท่า



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลกับเลขเรย์โนลด์

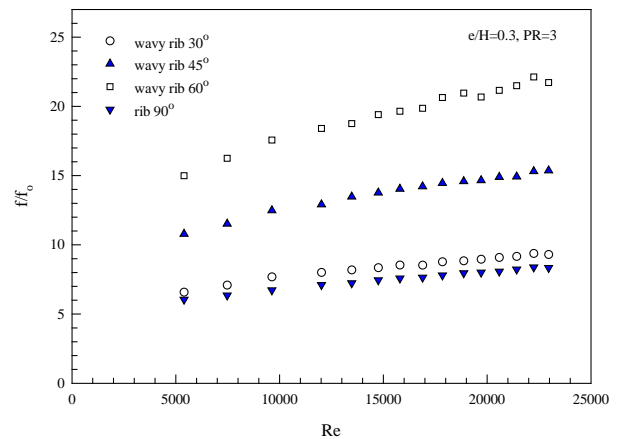


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์

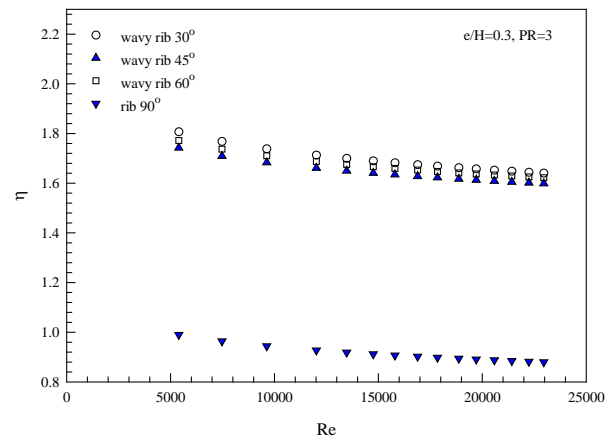


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต่อเลขนัสเซลของท่อที่มีผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์

ในรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานต่อตัวประกอบเสียดทานของท่อที่มีผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์ จากรูปจะเห็นว่าอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น โดยครีบริบที่มีมุม 60° มีค่าอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานมากที่สุด ตามด้วยครีบริบที่มีมุม 45° , 30° และครีบริบตรง (90°) ค่าตัวประกอบเสียดทานของครีบริบมุม 60° , 45° , 30° และ 90° มีค่าเท่ากับ 19.85, 13.83, 8.43 และ 7.53 ตามลำดับ



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานต่อตัวประกอบเสียดทานของท่อที่มีผนังเรียบกับเลขเรย์โนลด์



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนกับเลขเรย์โนลด์

ในรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนกับเลขเรย์โนลด์ จากการทดลองพบว่าแนวโน้มประสิทธิภาพของครีบริบมุมต่างๆ จะมีแนวโน้ม

ลดลงเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น พบว่าครีบบวม 30° จะให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยครีบบวม 30° มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 1.80

6. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าท่อขนานที่มีการเพิ่มครีบบวมทำมุม 60° ให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าตัวประกอบเสียดทานสูงสุดอาจเนื่องมาจากครีบบวม 60° ทำให้ระดับการไหลปั่นป่วนเพิ่มขึ้นแต่อย่างไรก็ตามครีบบวม 60° ก็ทำให้เกิดความดันสูญเสียที่มากขึ้นด้วยจึงทำให้ประสิทธิภาพที่ได้มีค่าน้อยกว่าครีบบวม 30° เพราะฉะนั้นการใช้ครีบบวม 30° จะช่วยลดความดันสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาระหว่างครีบบวมและครีบบวม จะเห็นได้ว่าครีบบวม 90° มีค่าประสิทธิภาพต่ำที่สุด โดยค่าที่ได้มีค่าแตกต่างจากครีบบวมต่างๆ อย่างเห็นได้ชัด เนื่องมาจากค่าการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำกว่าครีบบวม ถึงแม้ว่าจะให้ค่าความดันสูญเสียน้อยก็ตาม แต่ก็มีค่าความดันสูญเสียที่ใกล้เคียงกับครีบบวม 30°

8. เอกสารอ้างอิง

[1] 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.

[2] Giovanni Tanda (2004). Heat transfer in rectangular channels with transverse and V-shaped broken ribs, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.47 (2), pp. 229-243.

[3] Lesley M.Wright, Wen-Lung Fu, Je-Chin Han (2004). Thermal Performance of Angled, V-Shaped, and W-Shaped Rib Turbulators in Rotating Rectangular Cooling Channels, ASME, *Journal of Turbomachinery*, vol.126, pp. 604-614.

[4] Apurba Layek, J.S. Saini, S.C. Solanki (2007). Heat transfer and friction characteristics for artificially roughened ducts with compound turbulators, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.50 (23-24), pp. 4845-4854.