

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในท่อที่มีครีบน้ำตาลเล็กร่วมกับแผ่นบิดเกลียว Heat transfer behavior of water inside the micro fin tube combined with twisted tape

กิตติ นิลผึ่ง^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 19/1 ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

*ติดต่อ: nilpueng@yahoo.com, 02-8074500, 02-8074528

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอผลการทดลองของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันตกของน้ำที่ไหลผ่านท่อมีครีบน้ำตาลเล็กร่วมกับแผ่นบิดเกลียว ท่อทองแดงที่ใช้ทดสอบมีขนาดความยาว 1.2 m เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 9.53 mm หนา 0.3 mm มุมเอียงของครีบน้ำตาลเล็ก 18° แผ่นบิดเกลียวทำจากแผ่นทองแดงกว้าง 8.5 mm หนา 1 mm และ อัตราส่วนการบิดระหว่าง 3.53 – 5.88 สภาวะการทดลองของอัตราการไหลน้ำระหว่าง 2 – 8 LPM อุณหภูมิน้ำร้อนและน้ำเย็นเท่ากับ 40 °C และ 25 °C ผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันตกของน้ำที่ไหลผ่านท่อมีครีบน้ำตาลเล็กร่วมกับแผ่นบิดเกลียวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) มีค่ามากขึ้น ในทางตรงกันข้ามกันพบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนการบิดมีผลให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและความดันตกมีค่าลดลง โดยพบว่ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่าง 55.84% และ 84.80% เมื่อเปรียบเทียบกับท่อเรียบ

คำหลัก: การเพิ่มความสามารถการถ่ายเทความร้อน, เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนท่อสองชั้น, สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, ความดันที่ลดลง

Abstract

This article presents the heat transfer coefficient and pressure drop of water in the micro fin tube combined with twisted tape. The copper tube with length of 1.2 m, outside diameter of 9.53 mm, thickness of 0.3 mm, and groove angle of 18° are used. The twisted tape with width of 8.5 mm, thickness of 1 mm and twist ratio ranging between 3.53 – 5.88 are used. The experiment is performed at water flow rate ranging between 2 LPM and 8 LPM. The hot and cold water temperature is controlled at 40 °C and 25 °C. The experimental results showed that heat transfer coefficient and pressure drop of water in the micro fin tube combined with twisted tape are enhanced with increasing Reynolds number. On the other hand, the increase of twisted tape pitches results in the decrease of heat transfer coefficient and pressure drop. The heat transfer coefficient increased 55.84% and 84.80% comparing with the smooth tube.

Keywords: Heat transfer enhancement, Double tube heat exchanger, Heat transfer coefficient, Pressure drop

1. บทนำ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ(Tubular Heat Exchanger) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านวิศวกรรมความร้อนอย่างแพร่หลายเช่น เตาปฏิกรณ์ปรมาณู เครื่องกำเนิดไอน้ำ หม้อน้ำ คอนเดนเซอร์ และฮีวโปเรเตอร์ ในปัจจุบันเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีขนาดเล็กและมี

สมรรถนะทางความร้อนสูงเป็นที่ต้องการของภาคอุตสาหกรรม ทำให้ที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักคือเทคนิคแอคทีฟ (Active Techniques) ซึ่งใช้กำลังงานจากภายนอกในการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน

TSF-03

เช่นการสั่นสะเทือนของของไหล (Fluid Vibration) หรือการใช้สนามไฟฟ้า (Electrostatic Fields) และเทคนิคแพสซีฟ (Passive Techniques) ซึ่งได้ออกแบบลักษณะทางโครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเสริมอัตราการถ่ายเทความร้อนเช่นการใช้ท่อที่มีพื้นผิวลักษณะพิเศษกล่าวคือท่อที่เป็นลอน (Corrugated tube) หรือท่อที่มีครีبد้านใน (Inner groove tube) หรือการแทรกแผ่นบิด (Twisted tape insert) เข้าไปในท่อเพื่อบังคับให้เกิดการไหลวน (Swirl Flow) ภายในท่อ โดยการเพิ่มความสามารถการถ่ายเทความร้อนโดยการใช้ท่อที่มีครีبد้านใน และการแทรกแผ่นบิดในท่อกำลังได้รับความสนใจ โดยในอดีตได้มีผู้ศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้ Eiamsa-ard et al. [1] ได้ศึกษาการถ่ายเทความร้อนและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นที่มีการติดตั้งแผ่นบิดเว้นระยะอย่างสม่ำเสมอ โดยทดสอบที่อัตราส่วนของระยะการเว้นต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 1, 2, และ 3 ผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการบิดและอัตราส่วนของระยะการเว้นต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเพิ่มขึ้น และได้นำเสนอสมสัมพันธ์ของตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียดทานเพื่อใช้ในการออกแบบใช้งาน Chang et al. [2] ศึกษาการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แผ่นบิดที่มีหยัก โดยมีการหยักทั้งสองด้านของแผ่นบิด อัตราส่วนการบิดเท่ากับ 1.56, 1.88, และ 2.81 ผลการทดลองพบว่าในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ส (Reynolds number) ระหว่าง 5,000-25000 พบว่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น 250 -480% ในลักษณะเดียวกันพบว่าตัวประกอบความเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับท่อเรียบ S. Eiamsa-ard and P. Promvonge [3] ศึกษาผลกระทบของเทปบิดที่มีหยักที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายโอนความร้อนและความดันลดในท่อที่มีสภาวะของฟลักความร้อนคงที่ โดยแผ่นบิดถูกแทรกอยู่เต็มท่อและทดสอบในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์สระหว่าง 4000 -20000 ผลการทดลองพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น 72.2% และ 27 % เมื่อเปรียบเทียบกับท่อเรียบและท่อที่แทรกแผ่นบิดแบบธรรมดา ตัวประกอบสมรรถนะทางความร้อน (Thermal performance factor) ได้ถูกใช้สำหรับวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อน และแสดงให้เห็นว่าท่อที่มีการแทรกเทปบิดที่มีหยักมีข้อได้เปรียบเหนือท่อที่มีการแทรกเทปบิดธรรมดา และท่อ

เรียบ K. Wongcharee and S. Eiamsa-ard [4] ได้ศึกษาผลกระทบของการแทรกแผ่นบิดที่มีปีกแบบต่างๆ การทดลองได้ดำเนินการที่อัตราส่วนปีกคอर्ड (wing-chord ratios) เท่ากับ 0.1, 0.2 and 0.3 ผลการทดลองพบว่าการแทรกแผ่นบิดที่มีปีกให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการแทรกแผ่นบิด ตัวประกอบสมรรถนะทางความร้อน (Thermal performance factor) มีค่าสูงสุดเมื่อปีกมีรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู S. Eiamsa-ard and K. Wongcharee [5] ศึกษาการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนของของไหลนาโนโดยใช้แผ่นบิดคู่ภายในท่อที่มีครีบนขนาดเล็กมาก ของไหลนาโนเป็นทองแดงออกไซด์ (CuO) และน้ำที่มีความเข้มข้น 0.3 และ 1% โดยปริมาตร ผลการทดลองพบว่าการใช้แผ่นบิดคู่ภายในท่อที่มีครีบนขนาดเล็กมากทำให้ตัวประกอบสมรรถนะทางความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ แผ่นบิดเดี่ยว และการใช้ท่อที่มีครีบนขนาดเล็กมากเพียงอย่างเดียว

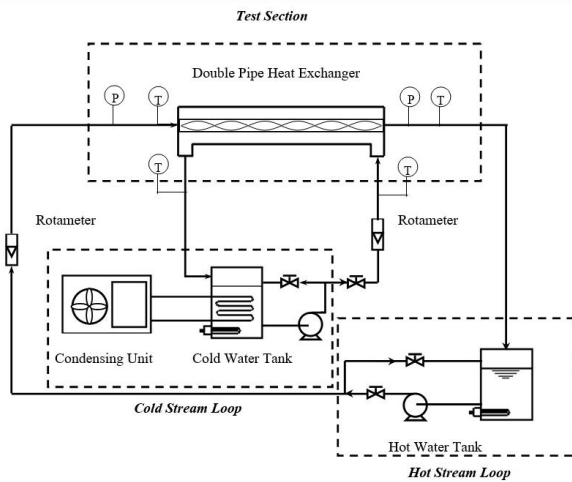
งานวิจัยในอดีตพบว่าได้มีการศึกษาการเพิ่มความสามารถการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วยเทคนิคแพสซีฟ โดยการใช้ท่อที่มีพื้นผิวเพิ่ม (Enhanced surface) และการแทรกแผ่นบิดในท่ออยู่พอสมควร อย่างไรก็ตามเมื่อไม่นานนี้ได้มีการศึกษานำท่อที่มีพื้นผิวเพิ่มร่วมกับการแทรกแผ่นบิดในท่อสำหรับการเพิ่มความสามารถการถ่ายเทความร้อน ซึ่งเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ เนื่องจากจะส่งผลให้ประหยัดการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมได้ อย่างไรก็ตามพบว่างานวิจัยดังกล่าวยังมีผู้ศึกษาไม่มากนัก ทำให้ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความดันลดที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของอัตราการไหลและอัตราส่วนการบิดที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน ความดันลด และสมรรถนะเชิงความร้อน และทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับท่อเรียบ

2. อุปกรณ์การทดลอง

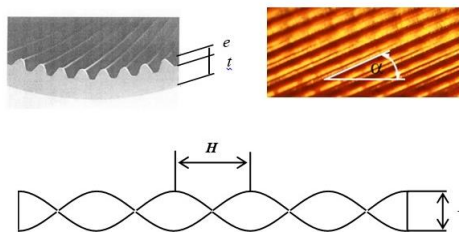
อุปกรณ์การทดลองพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความดันที่ลดลงของน้ำที่ไหลในท่อชนิดที่มีครีบนขนาดเล็กด้านในร่วมกับแผ่นบิดเกลียวแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ วงจรสายของไหลร้อน (Hot Stream Loop) วงจรสายของไหลเย็น (Cold Stream Loop) และชุดทดสอบ (Test section) วงจรสายของไหล

TSF-03

ร้อนประกอบด้วยถังพักทรงกระบอกซึ่งทำจากสแตนเลสขนาด 40 ลิตรภายในติดตั้งตัวทำความร้อน (Heater) ขนาด 4 kW เพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้สูงขึ้นและมีชุดควบคุมให้น้ำภายในถังพักมีอุณหภูมิคงที่ โดยน้ำร้อนจะไหลจากถังพักด้วยปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) ผ่านโรตาริเตอร์ ไปยังชุดทดสอบและไหลกลับมายังถังพัก ส่วนวงจรการไหลของสายของไหลเย็นประกอบด้วยถังพักทรงกระบอกซึ่งทำจากสแตนเลสขนาด 40 ลิตรภายในติดตั้งคอยล์เย็น (Cooling Coil) เพื่อลดอุณหภูมิน้ำภายในถังพักให้มีอุณหภูมิคงที่ ซึ่งน้ำเย็นจะถูกส่งจากถังพักด้วยปั๊มหอยโข่งผ่านอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบโรตาริเตอร์ ไปยังชุดทดสอบและไหลกลับมายังถังพัก



รูปที่ 1 แผนภาพของชุดอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของท่อที่มีร่องด้านในและแผ่นบิดเกลียว

ในศึกษานี้ได้ทำการทดลองภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลางซึ่งวางอยู่ในแนวระดับ ท่อนอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 มิลลิเมตร ยาว 1.2 เมตร โดยท่อในที่ใช้ในการทดสอบเป็นท่อชนิดมีครีبد้านในมุมเอียงของครีป (Spiral angle of fin, α) เท่ากับ 18° ความสูงครีป (Fin height, e) 0.2 mm จำนวนครีป (Number of fin, n) เท่ากับ 60 แผ่นบิดเกลียวทำจากทองแดงกว้าง 8.5 mm หนา 1 mm

ระยะพิตช์เท่ากับ 30 และ 50 mm อัตราส่วนการบิด (Twisted ratio, H/D_i) เท่ากับ 3.53 และ 5.88 (รูปที่ 2) น้ำร้อนจะไหลอยู่ภายในท่อและไหลสวนทางกับน้ำเย็นที่ไหลอยู่ในช่องทางรูวงแหวน อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ระหว่าง 2 – 8 LPM อุณหภูมิน้ำร้อนและน้ำเย็นเท่ากับ 40°C และ 25°C ตามลำดับ ชุดทดสอบได้ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ชนิดที่ เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำร้อนและน้ำเย็นที่ตำแหน่งทางเข้าและออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และได้ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ชนิดที่ 3 ตัวที่ผนังของท่อ โดยมีระยะห่าง 0.3 m , 0.6 m และ 0.9 m จากตำแหน่งทางเข้าของท่อในเพื่อวัดอุณหภูมิของผนังท่อ ค่าความดันลดภายในท่ออ่านค่าได้จากเครื่องมือวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transducer) ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งทางเข้าและออกจากท่อ โดยขณะที่เก็บผลการทดลองระบบจะต้องอยู่ในสภาวะคงตัว (Steady Condition)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองได้ถูกนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) ตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียดทาน (f) ตามสมการดังนี้

(1) สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

$$h = \frac{Q_{ave}}{A(T_{h,ave} - T_{w,ave})} \quad (1)$$

โดยที่

$$Q_{ave} = \frac{Q_h + Q_c}{2}$$

$$Q_h = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o})$$

$$Q_c = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,o} - T_{c,i})$$

เมื่อ Q_{ave} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย (W)

Q_h คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของน้ำร้อน (W)

Q_c คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของน้ำเย็น (W)

A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อน (m^2)

$\dot{m}_h$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำร้อน (kg/s)

$\dot{m}_c$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเย็น (kg/s)

T_{hi} T_{ho} และ $T_{h,ave}$ คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนด้านทางเข้า ทางออก และค่าเฉลี่ย ($^\circ\text{C}$)

T_{ci} และ T_{co} คือ อุณหภูมิของน้ำเย็นด้านทางเข้าทางออก ($^\circ\text{C}$)

$T_{w,ave}$ คือ อุณหภูมิของผนังท่อเฉลี่ย ($^\circ\text{C}$)

(2) ตัวเลขนัสเซล (Nu)

TSF-03

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad (2)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

k คือ ค่าการนำความร้อนของของไหล (W/m °C)

(3) ตัวประกอบความเสียดทาน (f)

$$f = \frac{\Delta p}{(L/D)(\rho u^2/2)} \quad (3)$$

L คือ ความยาวของท่อ (m)

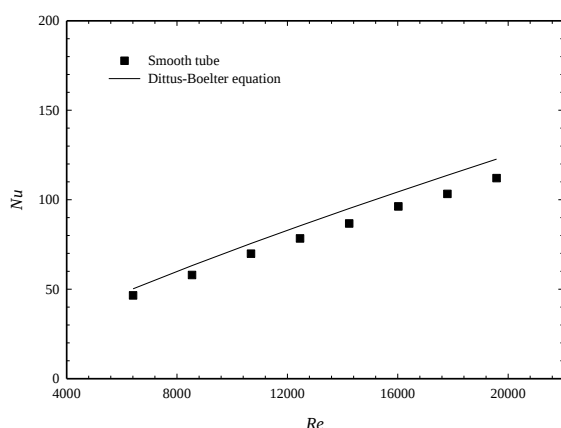
u คือ ความเร็วของของไหล (m/s)

Δp คือ ความดันที่ลดลง (Pa)

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m³)

4. ผลการทดลอง

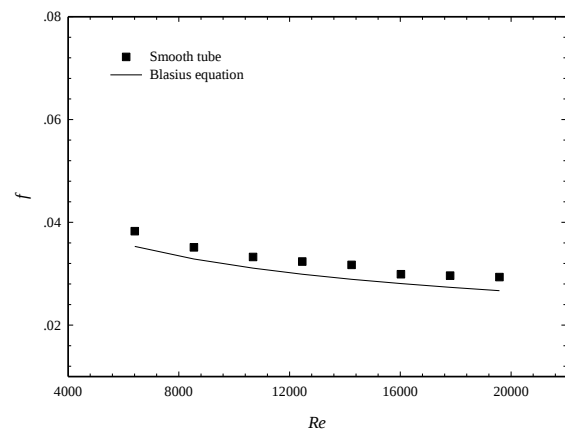
ความสัมพันธ์ของตัวเลขนัสเซล และตัวประกอบความเสียดทานเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) เปลี่ยนแปลงไปสำหรับการไหลของน้ำผ่านท่อเรียบได้ถูกนำเสนอในรูปที่ 3 และ 4 พบว่าการเพิ่มตัวเลขเรย์โนลด์มีผลให้ตัวเลขนัสเซล และตัวประกอบความเสียดทานมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ผลการทดลองจากการศึกษานี้ได้ถูกเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ที่นำเสนอในอดีตของ Dittus-Boelter และ Blasius [6] พบว่าแนวโน้มของข้อมูลทั้งสองชุดมีความสอดคล้องกันดี โดยมีค่าเบี่ยงเบนระหว่างผลการทดลอง และสหสัมพันธ์เท่ากับ $\pm 8.23\%$ และ $\pm 12.10\%$ สำหรับตัวเลขนัสเซล และตัวประกอบความเสียดทานตามลำดับ



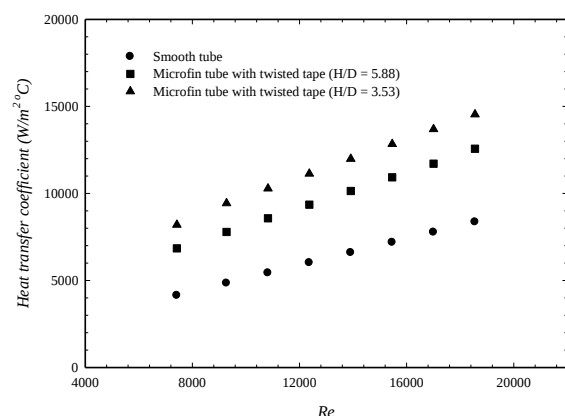
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขนัสเซลและตัวเลขเรย์โนลด์สำหรับท่อเรียบ

ในรูปที่ 5 แสดงผลการทดลองของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสำหรับท่อเรียบและท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิตที่มีอัตราส่วนการบิดต่างกัน ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิตมีค่าสูงกว่าท่อ

เรียบ และพบว่าท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิตที่มีอัตราส่วนการบิดลดลงมีผลให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้น โดยสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิตมีค่าเพิ่มขึ้น 55.84% และ 84.80% สำหรับอัตราส่วนการบิด 5.88 และ 3.53 เมื่อเปรียบเทียบกับท่อเรียบ ซึ่งอธิบายได้ว่าการไหลของน้ำผ่านท่อที่มีครีบริ่วมกับแผ่นบิตจะทำให้เกิดการไหลวนของของไหลภายในท่อ และอัตราส่วนการบิดของแผ่นบิตที่ลดลงจะทำให้การไหลวนของของไหลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบให้ของไหลภายในท่อเกิดการผสมกันได้ดีขึ้น ดังนั้นสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสำหรับท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิตจึงสูงกว่าท่อเรียบ และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนการบิดลดลง



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเสียดทานและตัวเลขเรย์โนลด์สำหรับท่อเรียบ

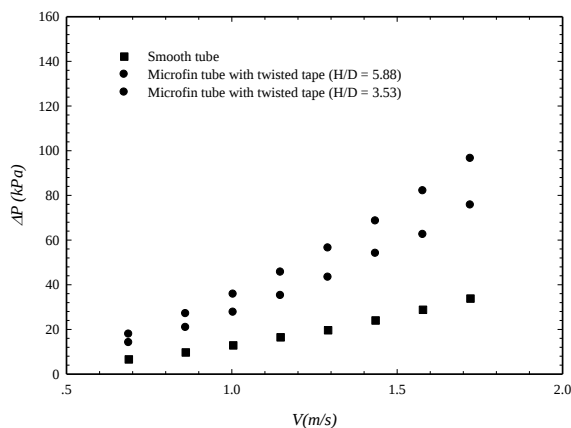


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและตัวเลขเรย์โนลด์สำหรับท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิต

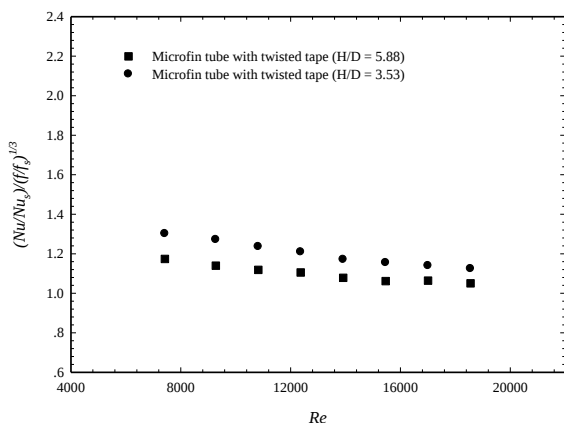
เมื่อพิจารณาผลกระทบของความเร็วของของไหลที่มีต่อความดันตกภายในท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิต (รูปที่ 6) พบว่าความดันตกมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้น และความดันตกของของไหลภายในท่อมีครีบริ่วมกับแผ่นบิตมีค่าสูงกว่าท่อเรียบ

TSF-03

ร่วมกับแผ่นบิตมีค่าสูงกว่าท่อเรียบ และมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนการบิดลดลง เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับท่อเรียบพบว่าความดันลดของของไหลที่ผ่านท่อมีครีบและแผ่นบิตมีค่าเพิ่มขึ้น 1.17 และ 1.80 เท่า สำหรับอัตราส่วนการบิด 5.88 และ 3.53 ตามลำดับ ซึ่งเหตุผลที่ความดันลดมีค่าเพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้ว่าของไหลที่ไหลผ่านท่อมีครีบจะทำให้ความเสียหายในการไหลเพิ่มขึ้น ส่วนการไหลวนของของไหลซึ่งเกิดจากแผ่นบิตมีผลให้ความต้านทานการไหลและความปั่นป่วนในการไหลเพิ่มขึ้น ซึ่งผลกระทบดังกล่าวทำให้ความดันลดมีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลดและความเร็วของของไหล



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียหายสำหรับท่อมีครีบร่วมกับแผ่นบิต

เพื่อทำการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อน (Heat trans) ในการไหลผ่านท่อที่มีครีบด้านในร่วมกับแผ่นบิตภายใต้สภาวะกำลังงานของปั๊มเดียวกัน ได้ถูกนำเสนอในเทอมของอัตราส่วนตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียหาย $(Nu/Nu_s) / (f/f_s)^{1/3}$ [7] โดยเปรียบเทียบกับท่อเรียบดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าผลการ

ทดลองทั้งหมดในการศึกษานี้มีค่ามากกว่าหนึ่ง และการเพิ่มตัวเลขเรย์โนลด์มีผลให้อัตราส่วนตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียหายลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าการลดลงของอัตราส่วนการบิดของแผ่นบิตทำให้อัตราส่วนตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียหายมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อนของของไหลที่ผ่านท่อที่มีครีบด้านในร่วมกับแผ่นบิตมีค่าสูงในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์และที่มีอัตราส่วนการบิดต่ำ หรือกล่าวได้ว่าสภาวะทำงานดังกล่าวมีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากายภาพความร้อนและความดันลดของน้ำที่ไหลผ่านท่อมีครีบขนาดเล็กพร้อมแผ่นบิต โดยได้นำเสนอผลกระทบของอัตราการไหลและอัตราส่วนการบิดของแผ่นบิตที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนและความดันลด ผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและความดันลดของน้ำที่ไหลผ่านท่อมีครีบร่วมกับแผ่นบิตมีค่าสูงกว่าท่อเรียบ และพบว่าท่อมีครีบร่วมกับแผ่นบิตที่มีอัตราส่วนการบิดลดลงมีผลให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนและความดันลดเพิ่มขึ้น โดยสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและความดันลดมีค่าเพิ่มขึ้น 84.80% และ 1.80 เท่า สำหรับอัตราส่วนการบิด 3.53 เมื่อเปรียบเทียบกับท่อเรียบ การเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อนด้วยอัตราส่วนตัวเลขนัสเซลและตัวประกอบความเสียหายพบว่า การเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อนของไหลผ่านท่อที่มีครีบด้านในร่วมกับแผ่นบิตมีค่ามากกว่าหนึ่งและมีค่าสูงขึ้นในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์และอัตราส่วนการบิดต่ำ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Eiamsa-ard, S., Thianpong, C., Promvong, P., (2006). Experimental investigation of heat transfer and flow friction in a circular tube fitted with regularly spaced twisted tape elements, International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 33, pp.1225–1233.
- [2] Chang, S. W., Jan, Y.J., Liou, J. S., (2007). Turbulent heat transfer and pressure drop in tube fitted with serrated twisted tape, International Journal of Thermal Sciences, vol. 46, pp. 506–518.

TSF-03

- [3] Eiamsa-ard, S., Promvonge, P., (2010). Thermal characteristics in round tube fitted with serrated twisted tape, *Applied Thermal Engineering*, vol. 30, pp.1673-1682.
- [4] Wongcharee K., Eiamsa-ard S., (2011). Heat transfer enhancement by twisted tapes with alternate-axes and triangular, rectangular and trapezoidal wings, *Chemical Engineering and Processing*, vol. 50, pp. 211–219.
- [5] Eiamsa-ard S., Wongcharee K., (2012). Single-phase heat transfer of CuO/water nanofluids in micro-fin tube equipped with dual twisted-tapes, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 39, pp.1453–1459.
- [6] Incropera, F.P., Witt, P.D., Bergman, T.L., Lavine, A.S., 2006. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John-Wiley & Sons.
- [7] Eiamsa-ard, S., Promvonge, P., (2010). Performance assessment in a heat exchanger tube with alternate clockwise and counter-clockwise twisted-tape inserts, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 53, pp.1364–1372.