

ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นโดยใช้ลวดสปริง

Heat Transfer Effectiveness of Concentric Tube Heat Exchanger with Coiled Wires

ณัฐ ชาญ โสกา (Nut Hansopa)* จุฬารัตน์ เบญจปิยะพร (Julaporn Benjapiyaporn)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงค่าประสิทธิภาพและคุณลักษณะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นชนิดไหลสวนทางกัน ยาว 1.5 เมตร โดยการสอดใส่สปริงที่ท่อชั้นในที่แตกต่างกัน 4 ค่า คือ สปริงสี่เหลี่ยมจัตุรัส 1.96 ตารางมิลลิเมตร สปริงสี่เหลี่ยมจัตุรัส 1.0 ตารางมิลลิเมตร สปริงวงกลมขนาด 1.0 ตารางมิลลิเมตร และไม่ใส่สปริง อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางท่อชั้นในต่อท่อชั้นนอก 0.65 ช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ 3000-14000 อัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็นปรับเปลี่ยนอยู่ในช่วง 1 ลิตร/นาที ถึง 4 ลิตร/นาที ทำการควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนและน้ำเย็นที่ 60 °C และ 30 °C ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า การสอดใส่สปริงที่ระยะพิทเท่ากันส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม จำนวนหน่วยการถ่ายเทความร้อน และค่าประสิทธิภาพ มีค่าเพิ่มขึ้นและสปริงขนาดใหญ่สุดให้ผลสูงสุด

ABSTRACT

This paper presents the effect of inserted coiled wire on the effectiveness and thermal characteristics of the counter flow concentric tube heat exchanger having 1.5 m long with coiled wires. Four different coiled wires are square cross section 1.96 mm², square cross section 1 mm², circular cross section 1 mm² and none. The inner to outer diameter tube ratio is 0.65. Reynolds numbers is in a range of 3000 to 14000 by controlling hot and cold water flow rate from 1 liter/min to 4 liter/min. The hot water and cold water inlet heat exchanger at constant temperature of 60 °C and 30 °C respectively. The experimental results reveal that the overall heat transfer coefficient, Number of transfer unit and effectiveness increases with the rise of equivalent pitches coiled wires and effectiveness for the largest equivalent pitches coiled wires is maximum.

คำสำคัญ: การถ่ายเทความร้อน แลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

Keywords: Heat Transfer, Heat Exchanger, Double Tube Heat Exchanger

*นักศึกษาลัทธิวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนมีการออกแบบและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นองค์ประกอบ เช่นในโรงอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมน้ำมัน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ รวมทั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน แม้แต่เครื่องปรับอากาศ ก็ยังมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นส่วนประกอบ มีการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเพิ่มอุณหภูมิลดอุณหภูมิหรือหมุนเวียนความร้อนจากของไหลกลับมาใช้ใหม่ (วศิษฐ์, จิตตินิ, 2555) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมนำมาใช้งานเพราะสร้างง่ายและราคาถูก แต่ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำ การเพิ่มค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถทำได้โดยการปรับอัตราไหลของของไหลที่แลกเปลี่ยนความร้อนกัน การเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน การปรับคุณลักษณะการไหลเป็นแบบปั่นป่วน (สุนันท์, 2545) โดยมีผู้ศึกษาถึงผลกระทบของตัวแปรต่างๆต่อการถ่ายเทความร้อนไว้ดังนี้ Al-Fahed et al. (1999) ศึกษาถึงการถ่ายเทความร้อนของท่อที่มีการสอดใส่แผ่นบีดและท่อที่ทำครีปด้านในท่อ ทดลองในช่วงการไหลแบบราบเรียบ พบว่าการสอดใส่แผ่นบีดและท่อที่ทำครีปด้านในท่อทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นจากท่อเปล่าและการใส่แผ่นบีดสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าท่อที่ทำครีปต่อมา Aydın Durmus (2004) ทำการทดลองใส่กรวยปลายตัดที่เจาะรูด้านข้างเข้ากับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทดลองในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ 15,000 ถึง 60,000 พบว่า กรวยที่ทำมุม 20 องศา ให้ค่าตัวเลขนัสเซิลท์สูงสุด ปีเดียวกัน Kenan, Bayram (2004) ศึกษาการสันสะท้อนของกรวยวงแหวนที่ใช้เพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่า ค่าการสันสะท้อนและค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น

เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าตัวเลขเรย์โนลด์และสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนจากเดิม 250% Pongjet, Smith (2007) ทดลองสอดใส่หัวฉีดทรงกรวย (conical-nozzle) ในท่อชั้นในของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อสร้างความปั่นป่วนในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ 8,000 ถึง 18,000 พบว่า การสอดใส่หัวฉีดสามารถการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ท่อเปล่า 236-344% Paisarn (2007) ศึกษาพบว่าอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็น รวมทั้งอุณหภูมิน้ำร้อนที่เข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลอย่างมากต่อค่าประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซด Pongjet (2008a) ทดลองสอดใส่แผ่นบีดและลวดสปริงในท่อชั้นในของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ 3,000 ถึง 18,000 พบว่าสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ 200-350% ของท่อเปล่าและการสอดใส่แผ่นบีดร่วมกับลวดสปริงให้ค่าการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าการสอดใส่แผ่นบีดหรือการสอดใส่ลวดสปริงเพียงอย่างเดียว ปีเดียวกัน Pongjet (2008b) ทดลองสอดใส่ลวดสปริงหน้าตัดวงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมในท่อชั้นในของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศ 5,000 ถึง 25,000 พบว่าสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าท่อเปล่าที่ระยะพิดและขนาดพื้นที่หน้าตัดเดียวกัน การใส่ลวดสปริงหน้าตัดสี่เหลี่ยมให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าการใส่ลวดสปริงหน้าตัดวงกลม ที่ขนาดและชนิดของการสอดใส่ลวดสปริงเดียวกัน กรณีที่ระยะพิดน้อยกว่าจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า สาธิต และคณะ (2554) ทดลองปรับอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางในต่อท่อชั้นนอกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าทุกๆอัตราส่วนท่อที่เพิ่มขึ้น ค่าของการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นด้วย

ที่กล่าวมานี้ ส่วนแล้วแต่เป็นการศึกษาที่มุ่งหวังจะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนมากขึ้น แต่การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่ใช้ของไหลเป็น

อากาศไม่ค่อยมีผลการศึกษาที่ใช้ของไหลเป็นน้ำ ซึ่งน้ำกับอากาศมีค่าความหนืดที่แตกต่างกันหลายเท่า ทั้งยังเป็นการศึกษาที่มองในด้านของการรับความร้อนเพียงด้านเดียว ดังนั้น การศึกษาที่เลือกที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น โดยการสอดใส่สปริงเพื่อเพิ่มการปั่นป่วนและใช้ของไหลเป็นน้ำ ผลการศึกษาที่ได้จะแตกต่างออกไปจากผลของค่าความหนืด อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งด้านที่รับความร้อนและด้านที่ระบายความร้อน ช่วงตัวเลขเรโนลด์ที่ต่ำกว่าเป็นการลดการใช้พลังงานจากการใช้ปั๊มที่เล็กลง ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นโดยการใส่สปริงหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส สปริงหน้าตัดวงกลม และไม่ใส่สปริง

ขอบเขตและข้อจำกัดของงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สาธิตการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นสอดใส่สปริงที่ท่อชั้นในมีพื้นที่หน้าเป็นตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 ขนาด คือ 1.0 และ 1.96 ตารางมิลลิเมตรและสปริงที่มีพื้นที่หน้าเป็นตัดวงกลมขนาด 1.0 ตารางมิลลิเมตรและไม่ใส่สปริง

2. ทำการทดลองเพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อสองชั้น โดยใช้สปริงที่มีพื้นที่หน้าเป็นตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 ขนาด คือ 1.0 และ 1.96 ตารางมิลลิเมตรและสปริงที่มีพื้นที่หน้าเป็นตัดวงกลมขนาด 1.0 ตารางมิลลิเมตรและไม่ใส่สปริง

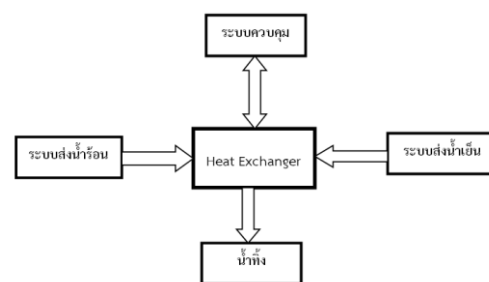
3. ใช้ของไหลเป็นน้ำและควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) อัตราการไหลน้ำร้อน 1000, 2000, 3000, 4000 cc/min อุณหภูมิของน้ำเย็นที่อุณหภูมิห้อง อัตราการไหลคงที่ 4000 cc/min และอัตรา

การไหลน้ำเย็น 1000, 2000, 3000, 4000 cc/min อัตราการไหลน้ำร้อนคงที่ 4000 cc/min น้ำร้อนไหลในท่อนชั้นใน น้ำเย็นไหลในท่อนชั้นนอก ไหลแบบสวนทางกัน

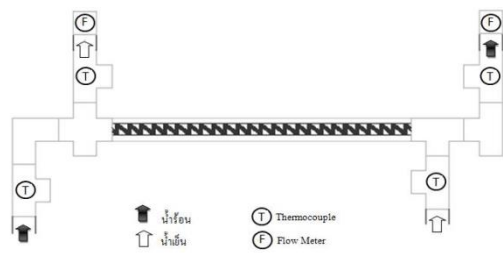
4. ทำการวัดที่สภาวะคงตัว

วิธีการวิจัย

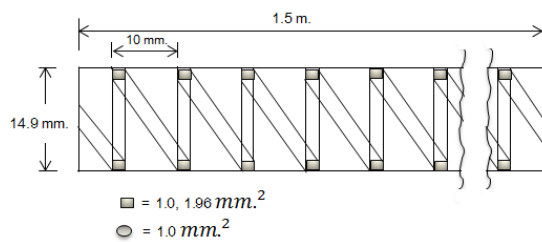
ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สาธิตการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น ดัง แสดงในภาพที่ 1 การออกแบบอุปกรณ์สาธิตการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น โดยท่อน้ำร้อนใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0149 เมตร ความยาว ท่อน้ำเย็นใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0227 เมตร ความยาว 1.5 เมตรอัตราส่วนท่อชั้นในต่อท่อชั้น 0.65 จำนวน 4 ชุด ชุดที่ 1 ใส่สปริงที่มีพื้นที่หน้าเป็นตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1.96 ตารางมิลลิเมตร ระยะพิต 10 มิลลิเมตร ชุดที่ 2 ใส่สปริงที่มีพื้นที่หน้าเป็นตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1.00 ตารางมิลลิเมตร ระยะพิต 10 มิลลิเมตร ชุดที่ 3 ใส่สปริงที่มีพื้นที่หน้าเป็นตัดวงกลมขนาด 1.0 ตารางมิลลิเมตร ระยะพิต 10 มิลลิเมตร และชุดที่ 4 ไม่ใส่สปริง ดังแสดงในภาพที่ 2 แผนภาพอุปกรณ์การทดลอง และภาพที่ 3 แสดงการใส่สปริงในท่อน้ำร้อน



ภาพที่ 1 การออกแบบอุปกรณ์สาธิตการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น



ภาพที่ 2 แผนภาพอุปกรณ์การทดลอง



ภาพที่ 3 แสดงการใส่สปริงในท่อน้ำร้อน

ทำการทดลองเพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อน และหาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของการไหลแบบสวนทาง ทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์ ดังนี้

อัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลร้อนและของไหลเย็นหาได้จากการทำสมดุลพลังงาน โดยสมมติให้มีการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมหาได้จากสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_c &= \dot{m} C_p (T_{c,o} - T_{c,i}) \\ \dot{Q}_h &= \dot{m} C_p (T_{h,i} - T_{h,o}) \\ \dot{Q}_{he} &= \frac{\dot{Q}_c + \dot{Q}_h}{2} \end{aligned} \quad (1)$$

การวิเคราะห์ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยเชิงลอการิทึม (The log mean temperature difference method; LMTD) ซึ่งพิจารณาจากทิศทางการไหลระวางของไหลในท่อชั้นนอกและท่อชั้นใน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (2)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient :U) ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หาได้จากสมการที่ (3)

$$U = \frac{\dot{Q}_{he}}{A_s \Delta LMTD} \quad (3)$$

เมื่อ A_s คือพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

ค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเท (Number of transfer unit: NTU) ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หาได้จากสมการที่ (4)

$$NTU = \frac{A_s \Delta U}{(\dot{m} C_p)_{\min}} \quad (4)$$

ค่าประสิทธิภาพ (Effectiveness: ϵ) ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หาได้จากสมการที่ (5)

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}_{he}}{(\dot{m} C_p)_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} \quad (5)$$

เมื่อ

$$\dot{m}_c C_{pc} < \dot{m}_h C_{ph}$$

$$\text{จะได้ } (\dot{m} C_p)_{\min} = \dot{m}_c C_{pc}$$

หรือ

$$\dot{m}_c C_{pc} > \dot{m}_h C_{ph}$$

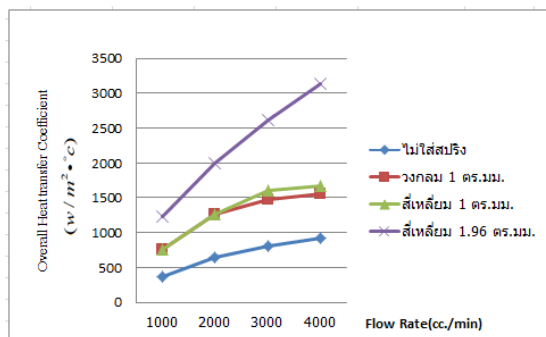
$$\text{จะได้ } (\dot{m} C_p)_{\min} = \dot{m}_h C_{ph}$$

ผลการวิจัย

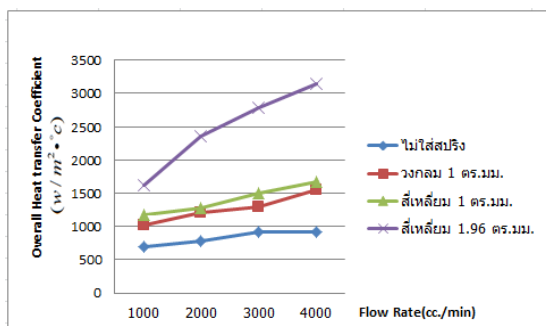
จากการทดลองพบว่า การสอดใส่สปริงที่ระยะพิตเท่ากัน ขนาดของสปริงและลักษณะของสปริงส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับการใส่สปริงแต่ละขนาดและไม่ใส่สปริงที่อัตราการไหลต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5 การใส่สปริงเข้าไปภายในท่อสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมได้ โดยการสอดใส่สปริงขนาดใหญ่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมเพิ่มขึ้นสูงสุดการใส่สปริงขนาดเท่ากันทั้งหน้าตัดวงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมได้ผลใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษา Pongjet (2008b) ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้ของไหลที่ตัวกลางพาความร้อนต่างกัน ค่าตัวเลขเรโนลด์ที่ต่างกัน ความสามารถในการกระจายโมเมนตัม

การกระจายความร้อน ผลของความหนืดจากค่าตัวเลขเพรานดิน (Prandtl Number:Pr) ของอากาศและน้ำที่แตกต่างกันถึง 10 เท่า ค่าความหนาแน่นต่างกัน 1,000 เท่าและค่าความจุความร้อนที่แตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้เลยแตกต่างกันออกไป ท่อที่ไม่ได้สอดใส่สปริงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจะต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการไหลที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังเห็นว่า ทุกๆอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมก็จะเพิ่มขึ้นตาม ทั้งนี้เป็นเพราะ อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นก็จะสามารถนำความร้อนได้มากขึ้น

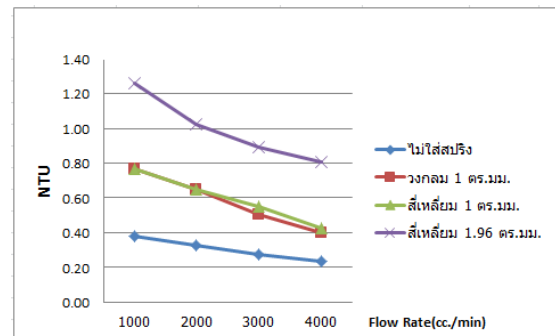


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับการใส่สปริงแต่ละขนาดและไม่ใส่สปริงที่อัตราการไหลน้ำเย็นคงที่ 4,000 cc/min

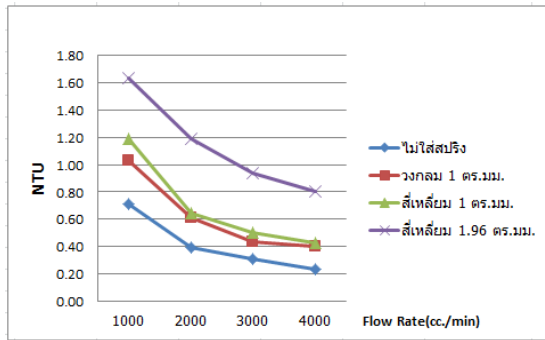


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับการใส่สปริงแต่ละขนาดและไม่ใส่สปริงที่อัตราการไหลน้ำร้อนคงที่ 4,000 cc/min

ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าจำนวนหน่วยการถ่ายเทกับการใส่สปริงแต่ละขนาดและไม่ใส่สปริงที่อัตราการไหลต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7 การใส่สปริงเข้าไปภายในท่อทำให้ค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเทเพิ่มขึ้น โดยการสอดใส่สปริงขนาดใหญ่ทำให้ค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเทเพิ่มขึ้นสูงสุดการใส่สปริงขนาดเท่ากันทั้งหน้าตัดวงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมได้ผลใกล้เคียงกัน ท่อที่ไม่ได้สอดใส่สปริงค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเทต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการไหลที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังเห็นว่า ทุกๆอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น ค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเทจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ถึงแม้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเทียบสัดส่วนกับอัตราการไหลและค่าความจุความร้อนที่เพิ่มตามด้วยค่าแตกต่างกันมาก ค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเทจึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการไหล

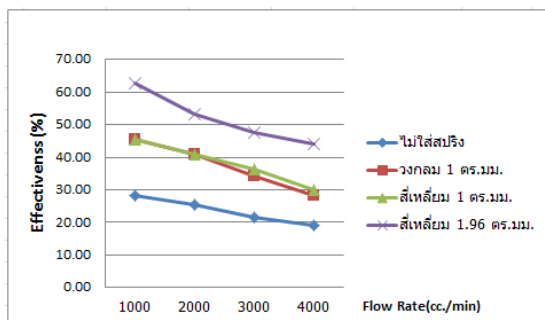


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง NTU กับการใส่สปริงแต่ละขนาดและไม่ใส่สปริงที่อัตราการไหลน้ำเย็นคงที่ 4,000 cc/min

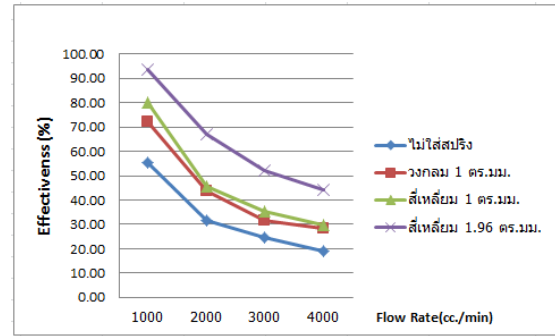


ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง NTU กับการใส่สปริงแต่
 ละขนาดและไม่มีใส่สปริงที่อัตราการไหลน้ำ
 ร้อนคงที่ 4,000 cc/min

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ ของเครื่อง
 แลกเปลี่ยนความร้อนกับการใส่สปริงแต่ละขนาดและ
 ไม่มีใส่สปริงที่อัตราการไหลต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 8
 และภาพที่ 9 การใส่สปริงเข้าไปภายในท่อทำให้ค่า
 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยการสอดใส่สปริงขนาดใหญ่ทำ
 ให้ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นสูงสุดการใส่สปริงขนาด
 เท่ากันทั้งหน้าตัดวงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมได้ผล
 ใกล้เคียงกัน ท่อที่ไม่ได้สอดใส่สปริงค่าประสิทธิภาพจะ
 ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราการไหลที่เท่ากัน



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของ
 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับการใส่สปริงแต่
 ละขนาดและไม่มีใส่สปริงที่อัตราการไหลน้ำเย็น
 คงที่ 4,000 cc/min



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่อง
 แลกเปลี่ยนความร้อนกับการใส่สปริงแต่ละขนาด
 และไม่มีใส่สปริงที่อัตราการไหลไหลน้ำร้อนคงที่
 4,000 cc/min

นอกจากนี้ยังเห็นว่า ทุกๆอัตราการไหลที่
 เพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพก็จะค่อยๆลดลง ทั้งนี้เพราะ
 อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นของไหลก็จะสามารถนำความ
 ร้อนได้มากขึ้น แต่เวลาที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความ
 ลดลงค่าประสิทธิภาพจึงแนวโน้มค่อยๆลดลงเมื่ออัตรา
 การไหลเพิ่มขึ้น

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองการสอดใส่สปริงให้น้ำไหล
 ปั่นป่วน (Turbulence) มากขึ้น ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การ
 ถ่ายเทความร้อนรวม ค่าจำนวนหน่วยของการถ่ายเทและ
 ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยสปริงที่มีขนาดใหญ่กว่า
 ให้ผลสูงกว่าสปริงที่มีขนาดเล็กที่ระยะพิดเท่ากัน ท่อไม่
 ใส่สปริงให้ผลต่ำสุด นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่สปริง
 หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสกับสปริงหน้าตัดวงกลมขนาด 1.0
 มิลลิเมตร ได้ผลใกล้เคียงกัน ส่วนค่า NTU จะมีค่าลดลง
 ที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้น และลดลงตามขนาดของสปริง
 ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า
 เพิ่มขึ้นเมื่อมีการสอดใส่สปริงและสปริงที่มีขนาดใหญ่
 สุดส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงกว่าสปริงที่มีขนาดเล็กกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่
สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุนันท์ ศรีณนิตย์. การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ:

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น);

2545

วชิษฐ์ ประเสริฐ, จิตินิ แดงเที่ยง. การนำความร้อน
ปล่อยทิ้งจากระบบทำน้ำเย็นร่วมกับการใช้ฮีต
ปั๊มในการผลิตน้ำร้อน. วารสารวิจัยพลังงาน
2555; 9(2): 48-59.

สาธิต ทูลไชสง. อัตราส่วนขนาดของท่อที่มีผลต่อค่า
ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
แบบท่อสองชั้น. วิศวกรรมสาร มช. 2554;
38(2): 139-146.

Aydın Durmus. Heat transfer and exergy loss in cut out
conical turbulators. Energy Conversion and
Management 2004; 45(5): 785-796.

Kenan Yakut, Bayram Sahin. Flow-induced vibration
analysis of conical rings used of heat transfer
enhancement in heat exchanger. Applied
Energy 2004; 78(3): 273-288.

Paisarn Naphon. Thermal performance and pressure
drop of the helical-coil heat exchangers with
and without helically crimped fins.
International Communications in Heat and
Mass Transfer 2007; 34(3): 321-330.

Pongjet Promvonge. Thermal augmentation in circular
tube with twisted tape and wire coil
turbulators. Energy Conversion and
Management 2008; 49(11): 2949-2955.

Pongjet Promvonge. Thermal performance in circular
tube fitted with coiled square wires. Energy
Conversion & Management 2008; 49(5):
980-987.

Pongjet Promvonge and Smith Eiamsa-ard. Heat
transfer and turbulent flow friction in a
circular tube fitted with conical-nozzle
turbulators. International Communications in
heat and mass transfer 2007; 34(1): 72-82.

S. Al-Fahed, L.M. Chamra, W. Chakroun. Pressure
drop and heat transfer comparison for both
microfin tube and twisted-tape inserts in
laminarflow. Experimental Thermal and Fluid
Science 1999; 18(4): 323-333.