ME-NETT23
The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

TSF-020308

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานในท่อกลม ที่ติดตั้งแผ่นตรงที่มีปีกแบบไหลตาม/ทวนการไหล

Studies on Heat Transfer and Friction Factor in a Circular Tube with Forward/Backward Winglet Tape Insert

คณิต ธารานุกูล*, ขวัญชัย หนาแน่น และ สมิทธ์ เอี่ยมสอาด

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ 10530

*ผู้ติดต่อ: k.tharanugool@hotmail.com, โทรศัพท์: 0-2988-3661, โทรสาร: 0-2988-3661

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานในท่อกลมกรณีที่มีการใส่แผ่นตรงที่มีปีกทำมุมตามการไหลและทวนการไหล ปีกที่ติดตั้งทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการสร้างความปั่นป่วนให้กับของไหลเพื่อเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อน โดยใช้น้ำเป็นของไหลในการทดลอง และทำการทดลองที่เลขเรย์โนลดส์ (Re) ระหว่าง 5000 ถึง 15 000 ภายใต้เงื่อนไขต่างๆดังนี้ (1) การติดตั้งปีกแบบไหลตามและทวนการไหล (2) ค่าสัดส่วนระยะพิทช์ของปีกต่อขนาดความกว้างของแผ่นตรง (WR=P/W) เท่ากับ 1 , 1.5 และ 2 ตามลำดับ โดยศึกษาผลของการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกต่อการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทาน เมื่อเทียบกับกรณีท่อเปล่า จากผลการทดลองพบว่าแผ่นตรงที่มีการติดตั้งปีกแบบทวนการไหลและค่าสัดส่วนระยะพิทช์ของปีกต่อขนาดความกว้างของแผ่นตรง (WR) เท่ากับ 1 ให้ค่าเลขนัสเซลท์และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด โดยค่าเลขนัสเซลท์และตัวประกอบความเสียดทานมีค่าสูงกว่าท่อเปล่าประมาณ 106 เปอร์เซนต์ และ 750 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

คำหลัก: การถ่ายเทความร้อน, ความเสียดทาน, แผ่นตรงที่มีปีก

Abstract

In this paper, heat transfer and friction factor behaviors in a circular tube with forward and backward winglet tape inserts are investigated. The winglet tape is used as turbulence promoter/turbulator which plays a useful role as heat transfer enhancer in a circular tube. The tests are conducted for the Reynolds numbers ranging from 5000 to 15,000 by using water as the working fluid. The studied parameters of the present study consisted of (1) winglet arrangement (forward and backward) (2) winglet

pitch ratio, defined as winglet pitch to tape width (WR = P/W = 1, 1.5 and 2). The experiments using plain tube under similar operation conditions are also performed, for comparison. Over the studied range, the maximum heat transfer rate and friction factor are found with the use of backward winglet tape, at the smallest winglet pitch ratio of WR = 1.0, which are higher than those in the plain tube around 106% and 750%, respectively.

Keywords: Heat Transfer, Friction Factor, Winglet tape

สัญลักษณ์

A	= พื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อน (m^2)	Q_{conv}	= อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพา (W)
$C_{p,w}$	= ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ(J/kg K)	Re	= เลขเรย์โนลดส์
D	= เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (mm)	T_b	= อุณหภูมิน้ำทดสอบเฉลี่ย ($^\circ C$)
f	= ตัวประกอบความเสียดทาน	T_i	= อุณหภูมิที่ทางเข้า ($^\circ C$)
h	= สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (w/m^2 K)	T_o	= อุณหภูมิที่ทางออก ($^\circ C$)
I	= กระแสไฟฟ้า (A)	T_w	= อุณหภูมิที่ผิวท่อ ($^\circ C$)
k	= สภาพการนำความร้อน (W/m K)	$\tilde{T}_w$	= อุณหภูมิที่ผิวท่อเฉลี่ย ($^\circ C$)
L	= ความยาวท่อทดสอบ (m)	U	= ความเร็วของไหล (m/s)
$\dot{m}$	= อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)	V	= แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
Nu	= เลขนัสเซลท์	ρ	= ความหนาแน่นของไหล (kg/m^3)
P	= ความดัน (Pa)	ν	= ความหนืดจลน์ของไหล (m^2/s)
Q_{water}	= อัตราการถ่ายเทความร้อนของน้ำ (W)	μ	= ความหนืดสัมบูรณ์ (Pa s)

1. บทนำ

ในภาคอุตสาหกรรมนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนมีความสำคัญมาก เนื่องจากงานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น มีใช้กันมากไม่ว่าจะเป็นงานทำความเย็น งานโรงไฟฟ้า งานด้านยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งงานด้านต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก สำหรับการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนไม่เพียงแต่ช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างพลังงานเท่านั้น ยังเป็นการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย

การเพิ่มประสิทธิภาพข องเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีมากมายหลายวิธี วิธีหนึ่งในนั้นก็คือการสอดใส่อุปกรณ์เข้าไปภายในท่อเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน เช่น การสอดใส่แผ่นบิด [1] การติดตั้งอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควง [2-3] การสอดใส่แผ่นที่ติดตั้งปีก [4-5] เป็นต้น โดยการใส่อุปกรณ์เข้าไปภายในท่อนั้นเป็นการช่วยสร้างการไหลหมุนวน ซึ่งการไหลหมุนวน นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การไหลแบบหมุนควงต่อเนื่อง (continuous swirl flow) และการไหลแบบหมุนควงเฉพาะช่วง (decaying swirl flow) ในการไหลแบบหมุนควงต่อเนื่องจะเกิดการไหลแบบหมุนควงตลอดความยาวของท่อ โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานจะคงที่ตลอดช่วงความยาวท่อ ในขณะที่การไหลแบบหมุนควงเฉพาะช่วงจะ ทำให้ เกิดการไหลหมุนควงเฉพาะช่วงเริ่มต้นการไหลและจะค่อยๆ ลดลงตามแนวความยาว ของท่อ

ขณะเดียวกันค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานจะค่อย ๆลดลงตามลงมา

ในบทความนี้ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนภายในท่อกลมที่มีการพันขดลวดไว้รอบท่อเพื่อทำหน้าที่สร้างความร้อนให้กับท่อ โดยท่อทดสอบทำจากทองแดงที่มีการหุ้มฉนวนโดยรอบเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และภายในท่อมีการสอดใส่แผ่นอลูมิเนียมตรงที่มีการสร้างปีกเพื่อสร้างความปั่นป่วนให้กับของไหล โดยมีระยะพิทช์ ต่างกัน 3 ค่า และทิศทางของปีกเมื่อทำมุมไหลตามและทวนการไหล เพื่อ หาผลของการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีท่อเปล่า

2. ทฤษฎีในการวิเคราะห์

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายในท่ อและค่า อัตราการถ่ายเทความร้อนหรือเลขนัสเซลท์เฉลี่ยสามารถหาได้ดังนี้

$$Q_{water} = Q_{conv} \quad (1)$$

$$Q_{water} = \dot{m}C_{p,w}(T_0 - T_i) = VI \quad (2)$$

โดยค่าการพาความร้อนที่ผิวสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_{conv} = hA(\tilde{T}_w - T_b) \quad (3)$$

เมื่อ

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

และ

$$\tilde{T}_w = \sum T_w /12 \quad (5)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยและค่าเลขนัสเซลท์เฉลี่ย สามารถหาได้จากสมการที่ (6) และ (7) ดังนี้

$$h = \dot{m}C_{p,w}(T_o - T_i)/A(\tilde{T}_w - T_b) \quad (6)$$

$$Nu = hD/k \quad (7)$$

สำหรับของไหลที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ ค่าเลขเรย์โนลดส์หาได้จากสมการด้านล่าง

$$Re = UD/v \quad (8)$$

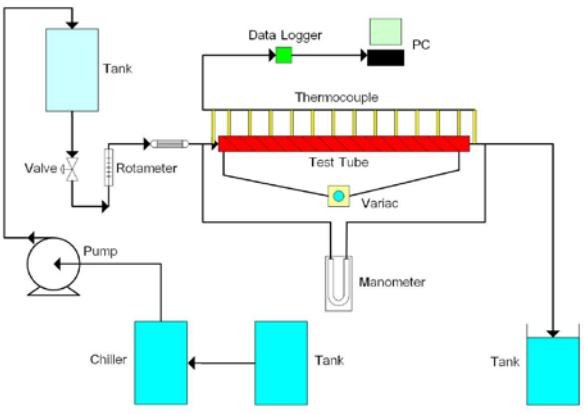
และค่าตัวประกอบความเสียดทานหาได้จาก

$$f = \frac{\Delta P}{\left(\frac{L}{D}\right)\left(\rho\frac{U^2}{2}\right)} \quad (9)$$

3. การทดลอง

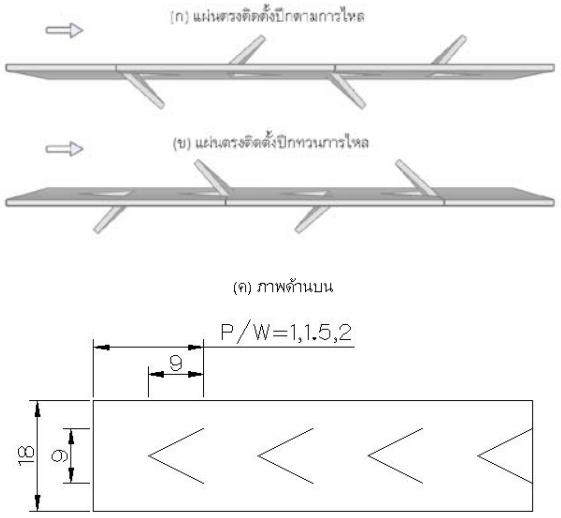
3.1 อุปกรณ์

ในการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนและ ค่าตัวประกอบความเสียดทาน ในท่อกลมโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมตรงที่มีปีก สำหรับ ท่อที่ ใช้ทดลองทำจากทองแดงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน 19.5 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1.2 เมตร โดย รอบ ๆท่อ ถูก พัน ด้วย ขดลวดที่ถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า (Variac) เพื่อทำหน้าที่สร้างความร้อนให้แก่ท่อและ ที่ด้านนอกสุดของท่อถูกหุ้มด้วย ฉนวน เพื่อป้องกันการสูญเสีความร้อน ในขณะ ที่ผิวท่อ ถูกแบ่งเป็นช่วง ๆ จำนวน 12 ช่วง เพื่อทำการติดตั้งเทอร์โมคัพเพิ้ลสำหรับ วัดอุณหภูมิ โดย เจาะ ที่ผิวท่อ ลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร เพื่อฝังหัวเทอร์โมคัพเพิ้ล โดยต่อ เข้า กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Logger) นอกจากนี้ยัง มีการวัดอุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของน้ำ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดความดัน ตกคร่อมของชุดทดสอบ แผ่นตรงที่มีปีกทำจากอลูมิเนียมมีความกว้าง 18 มิลลิเมตร ยาว 1,11 8 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร โดย เจาะแผ่นอลูมิเนียม ตามรูปที่ 2(ค) แล้ว พับแผ่นที่เจาะขึ้นประมาณ 45° เพื่อสร้างเป็นปีก สลับกันไปทั้ง 2 ด้าน ตลอด ความ



รูปที่ 1 ระบบการทำงานชุดทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ยาวของแผ่น โดยค่าสัดส่วนระยะพิทช์ของปีกต่อขนาดความกว้างของแผ่นตรง (WR) มีขนาด 1 , 1.5 และ 2 น้ำที่ใช้ในการทดลองถูกรักษาอุณหภูมิให้คงที่ด้วย เครื่องปรับอุณหภูมิ (Chiller) และไหลผ่านโรตามิเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการไหลที่ค่าการไหลต่างๆ



รูปที่ 2 ขนาดแผ่นตรงที่มีปีกแบบตามการไหล (ก) ทวนการไหล (ข) และภาพแสดงขนาดของแผ่น (ค)

3.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองเริ่ม จากน้ำจากถังถูกจ่ายเข้าสู่เครื่องปรับลดอุณหภูมิแล้วส่งไปยังถังน้ำด้านบน จากนั้นเนื่องจากความสูงของระดับน้ำในถังด้านบนทำให้น้ำไหลเข้าชุดทดสอบผ่านโรตามิเตอร์โดยการปรับวาล์วเพื่อควบคุมค่าการไหลที่ต้องการ เพื่อให้ได้ ค่าเลขเรย์โนลดส์ระหว่าง 5000 ถึง 15,000 น้ำจะเริ่มไหลเข้าสู่ช่วงท่อ ทดลอง ที่ให้ความร้อนผ่านขดลวดความร้อนที่พันไว้รอบๆท่อ ในแต่ละการทดลองที่ค่าการไหลแต่ละค่าจะใช้เวลาประมาณ 30 นาทีเพื่อให้ระบบการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วจึงทำการบันทึกอุณหภูมิและค่าความดันตกคร่อมทุกจุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ สำหรับค่าที่บันทึกได้ถูกนำมาหาการถ่ายเทความร้อนและ ค่าตัวประกอบความเสียดทานเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองกรณีอื่นๆเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

สิ่งสำคัญในการทดลองนี้ก็คือการหาค่าการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นและความเสียทานภายในท่อโดยการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกภายในท่อเพื่อสร้างการไหลแบบปั่นป่วน เบื้องต้นค่าการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทาน ในกรณีท่อเปล่า ถูกนำมาเทียบกับสหสัมพันธ์ในอดีตของการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานในกรณีท่อเปล่าสำหรับการไหลตามแนวแกน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทดลองดังเงื่อนไขของสหสัมพันธ์ต่างๆดังนี้

สหสัมพันธ์ของ Disttus & Boelter เขียนอยู่ในรูป

$$Nu = 0.023\,\mathrm{Re}^{0.8}\,\mathrm{Pr}^{0.4} \qquad (10)$$

สำหรับใช้ในช่วง $Re > 10{,}000$ และ $0.5 < Pr \le 120$

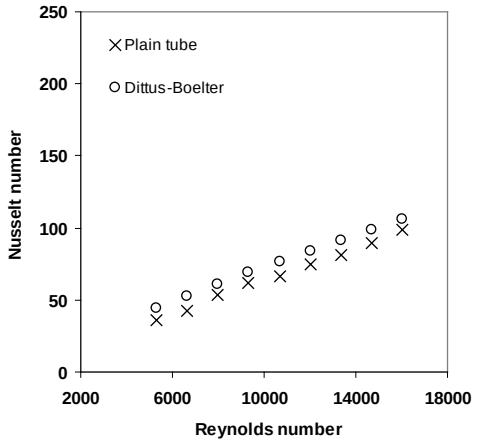
สหสัมพันธ์ของ Blasius เขียนอยู่ในรูป

$$f = 0.316\,\mathrm{Re}_D^{-0.25} \qquad (11)$$

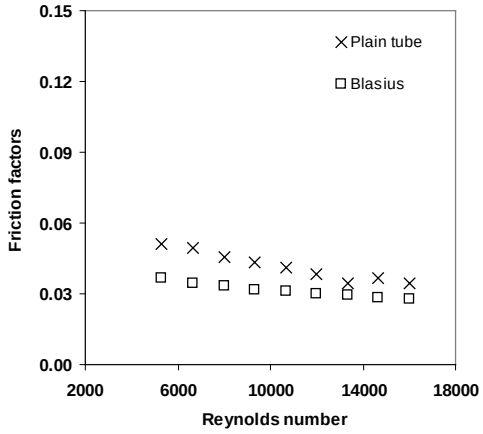
สำหรับในช่วง $Re \le 20{,}000$

4.1 การตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนและแรงเสียดทานในกรณีท่อเปล่า

จากผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานในกรณี ของท่อเปล่าพบว่า ทั้งค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าค่าตัวประกอบความเสียดทานในท่อเปล่าสอดคล้องกันดีกับสหสัมพันธ์ที่ได้มีการทดลองมาแล้วในอดีต โดยค่า การถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการทดลองในรูปของเลขนัสเซลท์มีค่าน้อยกว่าเลขนัสเซลท์ที่ได้จากสหสัมพันธ์ของ Disttus & Boelter ดังแสดงในรูปที่ 3 ประมาณ 12.4 เปอร์เซ็นต์ และจากรูปที่ 4 ตัวประกอบความเสียดทานในกรณีของ ท่อเปล่าที่ได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่าตัวประกอบความเสียดทานที่ได้จากสหสัมพันธ์ของ Blasius ประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์



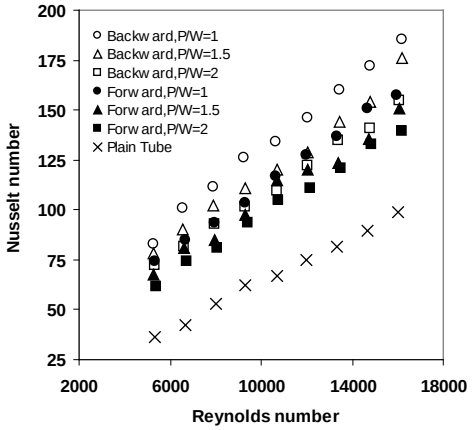
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์และค่าเลขเรย์โนลดส์ในกรณีท่อเปล่า



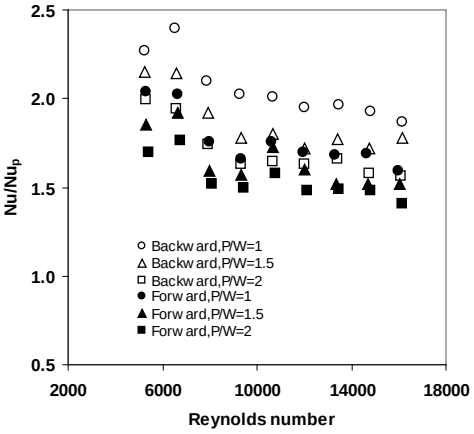
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียดทานและค่าเลขเรย์โนลดส์ในกรณีท่อเปล่า

4.2 ผลของการสอดใส่ แผ่นตรงที่มีปีกแบบไหลตาม/ทวนการไหลต่อการถ่ายเทความร้อน

ผลการทดลองการถ่ายเทความร้อน ในท่อเปล่าและในท่อที่ได้รับการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกแสดงดังรูปที่ 5 โดยเขียนในรูปความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์และค่าเลขเรย์โนลดส์ในช่วงระหว่าง 5000 ถึง 15,000 ซึ่งพบว่าท่อทดสอบที่มีการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าในท่อเปล่า อันเนื่องมากจาก แผ่นตรงที่มีปีก ช่วยเพิ่ม ความปั่นป่วนให้กับน้ำที่ไหลในท่อ ทำให้ชั้นชิดผิวบางลง นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นตรง ที่ระยะพิทช์แคบๆ ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า แผ่นตรงที่มีปีกที่ระยะพิทช์กว้างกว่า เนื่องจากทำให้ของไหลเกิดความปั่นป่วนที่บริเวณผนังท่อมากกว่าและมีการผสมผสานของไหลได้ดี



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์และค่าเลขเรย์โนลดส์



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของเลขนัสเซลท์ของท่อที่มีการสอดใส่แผ่นปีกเทียบกับท่อเปล่า (Nu/Nu_p) และค่าเลขเรย์โนลดส์

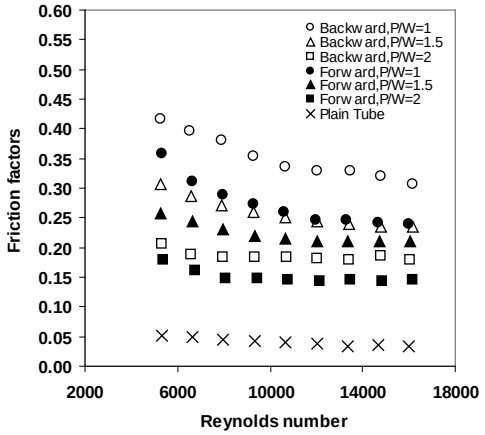
จากรูปที่ 5 ผลของการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหล ที่มีค่าสัดส่วนระยะพิทช์ของปีกต่อขนาดความกว้างของแผ่นตรง (WR) เท่ากับ 1 , 1.5 และ 2 ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นจากกรณีท่อเปล่าประมาณ 106 , 87 และ 71 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และผลของการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีก ชนิดตามการไหลที่มีค่าระยะ (WR) เท่ากับ 1 , 1.5 และ 2 ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นจากกรณีท่อเปล่าประมาณ 77 , 65 และ 55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อ

เปรียบเทียบระหว่างแผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลและแผ่นตรงที่มีปีกชนิดตามการไหล จะพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนของแผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลมีค่ามากกว่าแผ่นตรงชนิดมีปีกตามการไหล โดยที่ระยะ (WR) เท่ากับ 1 ,1.5 และ 2 ของแผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหล ค่าการถ่ายเทความร้อน จะมากกว่าประมาณ 27 , 25 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

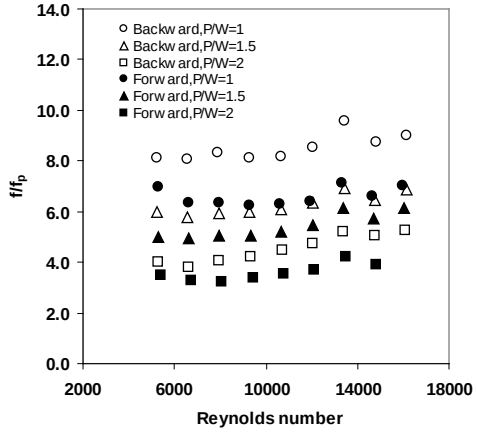
สำหรับรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของ เลขนัสเซลท์ของท่อที่มีการสอดใส่แผ่นที่มีปีกเทียบกับท่อเปล่า(Nu/Nu_p) พบว่าท่อที่ สอดใส่แผ่นตรงที่มีปีก แบบทวนการไหลและระยะ (WR) เท่ากับ 1 ให้ค่าสูงที่สุดโดยสูงกว่าท่อที่ติดตั้งปีกแบบตามการไหลและระยะ (WR) เท่ากับ 1 ประมาณ 27.5 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าท่อที่ติดตั้งปีกแบบทวนการไหลที่ระยะ (WR) เท่ากับ 1.5 และ 2 ประมาณ 18.1 และ 32.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับท่อที่ติดตั้งปีกแบบตามการไหลที่ระยะ (WR) เท่ากับ 1.5 และ 2 มีค่าสูงกว่าประมาณ 38.9 และ 48.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่อัตราส่วนการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน(Nu/Nu_p) จะลดลงตามการเพิ่มของค่าเลขเรย์โนลดส์

4.3 ผลของการสอดใส่ แผ่นตรงที่มีปีกแบบไหลตาม/ทวนการไหลต่อความเสียดทาน

จากรูปที่ 7 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเสียดทานและค่าเลขเรย์โนลดส์พบว่าค่าความเสียดทานจะลดลงตามค่าตัวเลขเรย์ - โนลดส์เพิ่มขึ้น สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกระยะพิทช์กว้างๆ ค่าตัวประกอบความเสียดทานมีค่าน้อยกว่าการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกที่ระยะพิทช์แคบๆ โดยผลของการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีก ชนิดทวนการไหล ที่มีค่าสัดส่วนระยะพิทช์ของปีกต่อขนาดความกว้างของแผ่นตรง (WR) เท่ากับ 1 , 1.5 และ 2 มีค่าความเสียดทานสูงกว่าท่อ เปล่า ประมาณ 7.5 , 5.26 และ 3.52 เท่าตามลำดับ และการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกชนิดตามการไหลที่ระยะ (WR) เท่ากับ 1 , 1.5 และ 2 ให้ค่าความเสียดทานเพิ่มขึ้นจากกรณีท่อเปล่าประมาณ 5.6 , 4.41 และ 2.66 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลและแผ่นตรงที่มีปีกชนิดตาม การไหล พบว่าแผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลให้ค่า ความเสียดทาน มากกว่าแผ่นตรงที่มีปีกชนิดตามการไหลโดยที่ค่า ระยะ (WR) เท่ากับ 1 ,1.5 และ 2 ค่าความเสียดทาน ของแผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลจะมากกว่าประมาณ 25.4 , 16.2 และ 24.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเสียดทานและค่าตัวเลขเรย์โนลด์



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบความเสียดทานของท่อที่มีการสอดใส่แผ่นที่มีปีกเทียบกับท่อเปล่า(f/f_p) และค่าเลขเรย์โนลดส์

ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน ตัวประกอบความเสียดทานของท่อที่มีการสอดใส่แผ่นที่มีปีกเทียบกับท่อเปล่า(f/f_p) พบว่าท่อที่สอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกแบบทวนการไหลและระยะ (WR) เท่ากับ 1 ให้ค่าสูงที่สุดและสูงกว่าท่อที่ติดตั้งปีกแบบตามการไหลและระยะ (WR) เท่ากับ 1 ประมาณ 25.4 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าท่อที่ติดตั้งปีกแบบทวนการไหลที่ระยะ (WR) เท่ากับ 1.5 และ 2 ประมาณ 29.9 และ 53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับท่อที่ติดตั้งปีกแบบตามการไหลที่ระยะ (WR) เท่ากับ 1.5 และ 2 ให้ค่าสูงกว่าประมาณ 41.3 และ 64.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการ สอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลและแผ่นตรงที่มีปีกชนิดตามการไหลสามารถสรุปได้ว่า การสอด ใส่ แผ่นตรงที่มีปีกระยะพิทช์แคบ ๆ ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าการสอดใส่ แผ่นตรงที่มีปีก ระยะพิทช์กว้างกว่า และการสอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหล ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าการสอดใส่ แผ่นตรงที่มีปีกชนิดตามการไหล ในขณะเดียวกัน การ สอดใส่แผ่นตรงที่มีปีกชนิดทวนการไหลและ ระยะพิทช์แคบ ๆ ให้ค่าความเสียดทานสูงด้วยเช่นกัน อันเนื่องมากจากแผ่นตรงที่มีปีก ช่วยเพิ่ม ความปั่นป่วน ให้กับ น้ำที่ไหลในท่อ ทำให้ชั้นชิดผิวบางลง น้ำมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับผิวท่อได้มากขึ้น และ ของไหลเกิดการผสมผสานกันได้ดี ซึ่งท่อที่มีการ สอดใส่แผ่นตรงที่มีปีก ชนิดทวนการไหลและค่าสัดส่วนระยะพิทช์ของปีกต่อขนาดความกว้างของแผ่นตรง (WR) เท่ากับ 1 ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุด ขณะที่ค่า ตัวประกอบความเสียดทาน ก็สูงสุดด้วยเช่นกัน

ที่ค่าระยะ (WR) เท่ากับ 1 แบบทวนการไหลให้ค่าสูงที่สุดทุกกรณีเนื่องจากลักษณะของแผ่นที่ติดตั้งทำให้ของไหลเกิดการปั่นป่วนเพิ่มขึ้นเป็นการทำลายชั้นชิดผิวภายในท่อ ทำให้เกิดการรับความร้อนได้ดียิ่งขึ้น ขณะที่ความปั่นป่วนที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ของไหลผสมผสานกันได้ดีด้วย ซึ่งความปั่นป่วนที่เกิดขึ้นนี้เนื่องจากของไหลชนเข้ากับปีกที่กีดขวางการไหลอยู่ มีผลทำให้ของไหลมีความเสียดทานเพิ่มขึ้น

7.เอกสารอ้างอิง

[1] Manglik R.M., and Bergles, A.E. (1992). Heat Transfer and Pressure Drop Correlations for Twisted-Tape Inserts in isothermal Tubes: Part II-Transition and Turbulent Flows, *Heat Transfer*, Vol. 115(4), November 1993, pp. 890-896.

[2] Yilmaz, M., Comakli O., and Yapici, S.(1999). Enhancement of heat transfer by turbulent decaying swirl flow, *Energy Conversion and Management*, Vol. 40(13), September 1999, pp. 1365-1376.

[3] Aydın Durmus, Ayla Durmus and Mehmet Esen (2002). Investigate of heat transfer and pressure drop in a concentric heat exchanger with snail entrance," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 22(3), March 2002, pp. 321-332.

[4] Kernan Yakut, Bayram Sahin, Cafer Celik, Nihal Alemdaroglu, Aslihan Kurnuc (2007). Effect of tapes eith double sided delta-winglets on heat and vortex characteristics, *Applied Energy*, vol. 50(25-26), *December* 2007, pp. *5065-5072*.

[5] Smith Eiamsa-ard, Somsak Pethkool, Chinaruk Thianpong, Pongjet Promvonge (2008). Turbulent flow heat transfer and pressure loss in double pipe heat exchanger with louvered strip inserts, *Heat and Mass Transfer*, vol. 35(2), *February 2008*, pp. 120-129.