พฤติกรรมทางความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อจัตุรัสที่ติดตั้งปีกบางขวางแนวการไหล Thermal Characteristics in a Square-Duct Heat Exchanger with Winglets Placed in Central Core Flow

> สุริยา โชคเพิ่มพูน¹ สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์² โชติวุฒิประสพสุข³ และพงษ์เจต พรหมวงศ์⁴

Suriya Chokphoemphun¹, Supattarachai Suwannapan², Chotiwut Prasopsuk³ andPongjet Promvonge⁴

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 199 หมู่ 3 ถนนพังโคน-วาริชภูมิ ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160 E-mail : <u>chok_suriya_@hotmail.com</u> ²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น 150 หมู่ 6 ถนนศรีจันทร์ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 30000E-mail : <u>oak_su@hotmail.com</u> ³สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 321 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลซุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000 E-mail :<u>sompop2525@gmail.com</u> ⁴สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520E-mail :<u>kppongje@kmitl.ac.th</u>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวสร้างความ ปั่นป่วนแบบปีกบางที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนและ สมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดท่อจัตุรัสปีกบางที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะที่ แตกต่างกันของมุมปะทะการไหล (**α**=30° 45° และ 60°) และอัตราส่วนความสูงปีก (BR=e/H=0.05 0.10 และ 0.15)ที่อัตราส่วนระยะพิตต์คงที่ (PR=P/H=1.0) ซึ่งปีกบาง จะถูกสอดใส่ในช่วงท่อทดสอบตามแนวทแยงมุมของหน้า ตัดและให้ปีกบางลอยอยู่บริเวณกลางหน้าตัดท่อทำการ ทดลองภายใต้เงื่อนไขสภาวะฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ มี อากาศเป็นของไหลทำงานในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนที่ เลขเรย์โนลด์มีค่าระหว่าง6000 ถึง 26,000ผลการศึกษา ของกรณีศึกษาทั้งหมดจะทำการเปรียบเทียบกับท่อผิว เรียบ พบว่าการใช้ปีกบางช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและ ทำให้เกิดการสูญเสียความดันที่สูงกว่าท่อผิวเรียบและมีค่า เพิ่มขึ้นเมื่อมุมปะทะการไหลและอัตราส่วนความสูงปีกมีค่า สูงขึ้นภายใต้เงื่อนไขการศึกษานี้ ค่าการถ่ายเทความร้อน และตัวประกอบความเสียดทานเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจากท่อผิว เรียบประมาณ 1.55–2.29และ 2.27–8.48 เท่า ตามลำดับ ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.49 เกิดขึ้นในกรณีการใช้ปีกบางที่ Re=6500, **α**=30° และ BR=0.10.

คำสำคัญ: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, ท่อจัตุรัส, ปีกบาง

Abstract

This work presents the effect of winglet vortex generators on heat transfer and thermal performance enhancement of a square-duct heat exchanger. In the present work, the winglet with a three different attack angle ($\mathbf{\alpha}$ =30° 45° and 60°) and three different winglet-height or blockage ratios (BR=e/H=0.05 0.10and 0.15) atfixed winglet (PR=P/H=1.0)were inserted pitch ratios diagonallyand placed in the core flow area into the test duct. The experiment was carried out in a uniform wall heat flux tube by varying turbulent airflow for Reynolds number (Re) ranging from 6000-26,000. The experimental results for the winglet at various parameters were evaluated and compared with those for the smooth tube. The measurement reveals that the winglet provides a considerable increase in the Nusselt number(Nu) and friction factor (f) above the smoothduct. The Nu and f increase with the increment of $\boldsymbol{\alpha}$ and BR. The average Nu and for the winglet with various parameters are in the range of 1.55-2.29 and 2.27-8.48 times above the plain tube, respectively. The maximum thermal enhancement factor for using winglet tabulators is 1.49 at Re=6500, *Q*=30° and BR=0.1.

Keywords: heat exchanger, square-duct, winglets

1. บทนำ

การศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนนับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการ นำไปประยุกต์ใช้กับ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดต่าง ๆ ที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในระบบอุตสาหกรรม โดยหากสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนของ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ ทำให้กระบวนการในการ แลกเปลี่ยนความร้อนสั้นลงหรืออาจช่วยลดขนาดของ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนลงได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวย่อม ส่งผลดีในแง่ของการประหยัดพลังงานและในแง่ของการ ลงทุน

ชุดทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่นิยมใช้ใน การศึกษาวิจัยสามารถจำแนกตามลักษณะรูปร่างหน้าตัด ท่อได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ท่อหน้าตัดกลมและท่อหน้าตัด สี่เหลี่ยมซึ่งมีลักษณะผิวภายในท่อที่แตกต่างกัน ดังนั้นตัว สร้างความปั่นป่วนที่นำมาใช้สำหรับการเพิ่มสมรรถนะของ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจึงมีลักษณะความแตกต่าง กันตามความเหมาะสมของลักษณะผิวภายในของท่อโดย พบว่าวิธีการที่เป็นที่นิยมสำหรับการเพิ่มการถ่ายเทความ ร้อนในกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อหน้าตัด กลมคือการสอดใส่ใบบิดและขดลวดในรูปแบบต่างๆ Eiamsa-ard และคณะ [1] น้ำเสนอถึงผลของมุมปะทะของ ป้กบนใบบิดและผลของการบิดสลับแกนของใบบิดที่มีต่อ การถ่ายเทความร้อน Murugesan และคณะ [2] ศึกษา อิทธิพลใบบิดที่มีการตัดขอบเป็นช่องสี่เหลี่ยมที่อัตราส่วน การบิดค่าต่าง ๆ ต่อการเพิ่มสมรรถนะเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน Promvonge [3] นำเสนอผลศึกษาเปรียบเทียบ ระหว่างการใช้ขดลวดหน้าตัดสี่เหลี่ยมกับขดลวดหน้าตัด ้วงกลมที่มีต่อสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ส่วน ในกรณีชนิดท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม ตัวสร้างการหมุนควงที่ นิยมนำมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ ครีบ ปีกและแผ่นกั้นการไหล รูปแบบต่าง ๆ Zhou และ Ye [4] ทำการทดลองเพื่อศึกษา ถึงอิทธิพลของรูปทรงปีกลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ปีกสี่เหลี่ยม ปีกสามเหลี่ยม ปีกสี่เหลี่ยมคางหมูและปีกสี่เหลี่ยมคางหมู แบบผิวโค้งที่มีต่อคุณลักษณะทางความร้อน Tanda [5] ศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยการใช้ครีบวางขวาง แบบต่อเนื่องและแบบแยกตัว ครีบวางทำมุมแบบแยกตัว

Chompookham และคณะ [6] น้ำเสนออิทธิพลของการ ใช้ครีบและปีกที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและ สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสำหรับการไหลแบบ ้ ปั่นป่วนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบช่องขนาน Promvonge และคณะ [7] น้ำเสนอถึงพฤติกรรมทาง ความร้อนในในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นวาง เอียงมุมปะทะการไหลเท่ากับ 45° ที่ผนังด้านเดียวด้วย วิธีการเชิงตัวเลขจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการ ใช้ตัวสร้างความปั่นป่วนหรือตัวสร้างการหมุนควงที่มี รูปแบบแตกต่างกันนั้นส่งผลต่อคุณลักษณะทางความร้อน และพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไป แต่สำหรับ ในงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นข้อดีของการใช้ปีกบางซึ่งสามารถ ้ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ดีและก่อให้เกิดความ สูญเสียความดันในระบบค่อนข้างต่ำ ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ จึงได้นำแนวคิดการใช้ปีกบางเป็นตัวสร้างการหมุนควงมา ประยุกต์ในท่อจัตุรัสโดยทำการติดตั้งบริเวณกลางหน้าตัด ท่อทดสอบเพื่อขวางการไหลหลัก ซึ่งเป็นการประยุกต์ ลักษณะการติดตั้งจากงานวิจัยอื่นๆ ที่มักนิยมจะติดตั้งปีก บางบนพื้นผิวภายในของท่อทดสอบ เพื่อช่วยเพิ่มค่าการ ถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความ ร้อน ภายใต้สภาวะการไหลแบบปั่นป่วนของอากาศภายใต้ เงื่อนไขฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ โดยศึกษาถึงอิทธิพลของ ความเร็วในการไหล มุมปะทะการไหลและอัตราส่วนความ สูงปีก

2. ทฤษฎี

2.1. การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เกิดจาก กระบวนการพาความร้อนที่ใช้อากาศเป็นของไหลทำงาน ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนที่ได้รับโดยของไหล ทำงานกับปริมาณการพาความร้อนที่เกิดขึ้นในการหาค่า สัมประสิทธิ์การพาความร้อน และทำการนำเสนอค่าการ ถ่ายเทความร้อนที่คำนวณได้ในรูปตัวแปรไร้มิติคือ เลขนัสเซิลท์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนการพาความร้อนต่อการนำ ความร้อนภายในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใดๆ แสดงดัง สมการที่ (1)

$$N u = h D_h / k \tag{1}$$

เมื่อ *k* คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, *D_h* คือเส้นผ่าน ศูนย์กลางไฮดรอลิกของท่อจัตุรัส และ *k* คือค่าการนำความ ร้อนของของไหลทำงาน

2.2. ตัวประกอบความเสียดทาน

Ν

ค่าตัวประกอบความเสียดทานเป็นตัวแปรไร้มิติของ ค่าความดันตกคร่อมสำหรับการไหลภายในท่อที่ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางและความยาวท่อใดๆ ด้วยความเร็วของของ ไหลค่าหนึ่ง ดังแสดงสมการที่ (2)

$$f = \frac{2}{\left(L/D_h\right)} \frac{\Delta P}{\rho U^2} \tag{2}$$

เมื่อ ΔP คือความดันตกคร่อมบริเวณท่อทดสอบ, L คือความ ยาวท่อช่วงทดสอบ, ρ คือความหนาแน่นของของไหล ทำงานและ U คือความเร็วเฉลี่ยในแนวแกน โดยคุณสมบัติ ของอากาศพิจารณาที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศขาเข้าและ ขาออก (T_b)

2.3. สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

การหาค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน (η) พิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อนและ การสูญเสียจากความเสียดทานของอุปกรณ์ซึ่งเกิดขึ้นควบคู่ กันไป โดยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถอธิบาย ได้ด้วยอัตราส่วนของเลขนัสเซิลท์จากท่อที่มีการติดตั้ง อุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนตัวเลขต่อตัวเลข เซลท์จากท่อที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มการถ่ายเท ความร้อน (Nu/Nu_0) ในทำนองเดียวกันอัตราส่วนตัว ประกอบความเสียดทานสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราส่วน ของตัวประกอบความเสียดทานจากท่อที่มีการติดตั้ง อุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนต่อตัวประกอบ ความเสียดทานจากท่อที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่ม การถ่ายเทความร้อน (f/f_0) อัตราส่วนทั้งสองถูกนำไป ประยุกต์สำหรับค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมกำลังทำงานของปั้มคงที่ สามารถ แสดงสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ว่า

$$\eta = \frac{h}{h_0}\Big|_{\rm pp} = \left(\frac{\rm Nu}{\rm Nu}_0\right)\left(\frac{f}{f_0}\right)^{-1/3} \tag{3}$$

2.4 เลขเรย์โนลด์

เลขเรย์โนลด์เป็นตัวแปรที่ใช้แสดงเกี่ยวกับพฤติกรรม การไหลของของไหลทำงาน ซึ่งสามารถแสดงในรูปตัวแปร ไร้มิติได้ดังนี้

$$Re=UD_{h}/v \tag{4}$$

3. อุปกรณ์การทดลอง

3.1. ปีกบาง

ปีกบางทำจากแผ่นอะลูมิเนียมมีความหนา 0.3 มิลลิเมตร ติดตั้งบนโครงลวดและสอดชิ้นงานตามแนว ทแยงมุมของหน้าตัดท่อเพื่อให้ชิ้นงานลอยอยู่บริเวณ กึ่งกลางหน้าตัดท่อทดสอบ โดยทำการศึกษาอิทธิพลของ มุมปะทะการไหล (**0**) จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 30° 45° และ 60° อัตราส่วนความสูง (BR=e/H) จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 0.1 0.15 และ 0.2 ที่มีอัตราส่วนระยะพิตต์คงที่ (PR=P/H) เท่ากับ 1.0 ดังแสดงในภาพที่ 1 3.2. ชุดทดสอบการแลกเปลี่ยนความร้อน

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบ การแลกเปลี่ยนความร้อนประกอบด้วยชุดท่อแลกเปลี่ยน ความร้อนชนิดท่อจัตุรัสเป็นท่ออะลูมิเนียมหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดหน้าตัดท่อกว้าง 45 มิลลิเมตร ความยาว ช่วงท่อทดสอบ 1000 มิลลิเมตรผนังด้านนอกของท่อช่วง ทดสอบทำการติดตั้งฮีตเตอร์สำหรับให้ความร้อนภายใต้ สภาวะเงื่อนไขฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่และมีการติดตั้ง เทอร์โมคลัปเปิ้ลชนิด K จำนวน 28 ตัว ที่ผนังด้านบน ด้านล่างและด้านข้าง สำหรับวัดอุณหภูมิที่ผิวของท่อช่วง ทดสอบ บริเวณทางเข้าและออกจากท่อช่วงทดสอบมีการ ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิชนิด RTD ตำแหน่งละหนึ่งตัว สำหรับวัดอุณหภูมิทางเข้าและออกจากท่อช่วงทดสอบของ อากาศที่ใช้เป็นสารทำงาน ผนังด้านนอกของท่อช่วง ทดสอบมีการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนสูญเสียออก จากระบบ สายวัดอุณหภูมิทั้งหมดจะต่อเข้าเครื่อง Data Loger และเชื่อมต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึก และแสดงผลอากาศถูกจ่ายจากพัดลมความดันสูงขนาด 1.45 kW มีอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของพัด ้ลมเพื่อให้ได้ปริมาณของอากาศตามที่ต้องการ อัตราการ ไหลของอากาศคำนวณได้จากการวัดค่าความดันตกคร่อม แผ่นออริฟิคที่สร้างตามมาตรฐาน ASME [8] โดยใช้มานอ มิเตอร์แบบเอียง (Inclined manometer) การทดสอบ กำหนดอยู่ในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนที่ค่าเลขเรย์โนลดส์ ระหว่าง 6000-26.000 ค่าความดันตกคร่อมช่วงท่อ ทดสอบวัดค่าโดยเครื่องวัดความดันแตกต่างแบบดิจิตอล (Digital manometer)





4.1. การทวนสอบท่อผิวเรียบ



ภาพที่ 1 ท่อช่วงทดสอบติดตั้งปีกบาง



ภาพที่ 2 ชุดทดสอบการแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดท่อจัตุรัส

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu และ f กับ Re ของการทวนสอบท่อผิวเรียบ

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการติดตั้งชุดทดสอบ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกรณีท่อผิวเรียบค่าการถ่ายเท ความร้อนจะแสดงในพจน์ของเลขนัสเซิลท์สำหรับนำไป เปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของ Dittus-Boelter และ ค่าการสูญเสียความดันจะแสดงในพจน์ตัว Gnielinski ประกอบเสียดทานสำหรับนำไปเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ ของ Petukhov และ Blasius ตามอ้างอิงเอกสาร [9] พบว่าแนวโน้มของเลขนัสเซิลท์และตัวประกอบเสียดทาน สอดคล้องกับผลจากสหสัมพันธ์ เลขนัสเซิลท์มีค่า คลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ ±4% และ ±5% เมื่อ เปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของ Dittus-Boelter และ Gnielinsk เตามลำดับในขณะที่ตัวประกอบเสียดทานเมื่อ เปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของ Petukhov และ Blasius มี ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ ±3% และ ±5% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3

4.2. เลขนัสเซิลท์

ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซิลท์กับเลขเรย์โนลด์แสดงใน ภาพที่ 4 พบว่าแนวโน้มค่าเลขนัสเซิลท์ของกรณีศึกษา ทั้งหมดรวมทั้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเลขเรย์โนลด์ที่เพิ่มขึ้นหมายถึงความเร็วในการ ไหลที่เพิ่มสูงสุดย่อมส่งผลลักษณะความปั่นป่วนที่รุนแรงขึ้น นอกจากนี้ยังแสดงถึงปริมาณการไหลของอากาศเย็นเข้าสู่ ระบบที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีของไหลทำงานสำหรับรับการ แลกเปลี่ยนความร้อนที่มากขึ้น



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu กับ Re



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Nu/Nu₀ กับ Re

ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของการถ่ายเท ความร้อนของกรณีติดตั้งปีกบางต่อกรณีท่อผิวเรียบ พบว่า การติดตั้งปีกบางทุกกรณีให้ค่าเลขนัสเซิลท์ที่สูงกว่ากรณี ท่อผิวเรียบ เนื่องจากปีกบางทำใหเกิดการไหลแบบหมุน ควงตามแนวยาวส่งผลให้เกิดผสมผสานของของไหลที่ดี ระหว่างกระแสของไหลกับผิวร้อนของท่อและระหว่าง กระแสของไหลร้อนกับกระแสของไหลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ภายท่อช่วงทดสอบ จึงช่วยให้เกิดกระบวนการการ แลกเปลี่ยนความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นค่าเลขนัสเซิลท์มีค่า เพิ่มขึ้นตามขนาดมุมปะทะการไหลและอัตราส่วนความสูง ปีกเพราะว่าลักษณะปีกบางที่มีมุมปะทะการไหลและ อัตราส่วนความสูงปีกมีค่าสูงกว่าจะขัดขวางการไหลได้ มากกว่า ทำให้การไหลแบบหมุนควงและการไหลแบบ ปั่นป่วนที่รุนแรงกว่า โดยพบว่าที่ **0**=60° ให้ค่าการถ่ายเท ความร้อนเฉลี่ยที่สูงกว่า \pmb{lpha} =45° และ 30° ประมาณ 2% และ 6% ตามลำดับ และภายใต้มุมปะทะการไหลเดียวกัน จะเห็นว่า BR=0.15 ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยที่สูง และ BR=0.05 ประมาณ 5% และ กว่า BR=0.10 13%,9% และ 14% และ 11% และ 15% สำหรับ **0**=30°, 45° และ 60°ตามลำดับ

4.3. ตัวประกอบความเสียดทาน

อิทธิพลผลของการติดตั้งปีกบางต่อการสูญเสียความ ดันภายในท่อทดสอบแสดงในภาพที่ 6 พบว่าการติดตั้งปีก บางส่งผลให้ค่าตัวประกอบเสียดทานมีแนวโน้วลดลงเมื่อ ความเร็วในการไหลเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความปั่นป่วนใน การไหลที่เพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วในการไหลนั้นจะทำให้ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายของไหลที่ค่าลดลง วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH ปีที่ 10 ฉบับที่ 13 กรกฎาคม-ธันวาคม 2558



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง *f/f*₀ กับ Re

ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของตัวประกอบ ความเสียดทานของกรณีติดตั้งปีกบางต่อกรณีท่อผิวเรียบ พบว่าการติดตั้งปีกบางทุกกรณีให้ค่าตัวประกอบความ เสียดทานที่สูงกว่ากรณีท่อผิวเรียบเช่นเดียวกับผลของการ ถ่ายเทความร้อนเพราะการติดตั้งปีกบางเข้าไปภายในท่อ ทดสอบจะทำให้พื้นที่ในการไหลของของไหลลดลงและปีก บางที่ติดตั้งจะเข้าไปขัดขวางการไหลเป็นปัจจัยให้เกิดการ สูญเสียความดันที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการสูญเสียความดันนั้นจะ ส่งผลโดยตรงกับค่าตัวประกอบความเสียดทานขนาดมุม ปะทะการไหลและอัตราส่วนความสูงปีกที่เพิ่มสูงขึ้นจะให้ ค่าตัวประกอบความเสียดทานที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากลักษณะ ทางกายภาพของปีกบางที่มุมปะทะการไหลและอัตราส่วน ความสูงปีกมีค่าสูงกว่าจะขัดขวางการไหลได้มากกว่าและ ลดพื้นที่การไหลให้น้อยลงทำให้เกิดการสูญเสียความดันที่ สูงมากกว่าโดยพบว่าค่าตัวประกอบความเสียดทานเฉลี่ยที่ $\pmb{\alpha}$ =60° มีค่าสูงกว่า $\pmb{\alpha}$ =45° และ 30° เท่ากับ 23%, 26% และ 41% และ 77%, 91% และ 141% สำหรับ BR=0.05, 0.10 และ 0.15 ตามลำดับและภายใต้มุมปะทะ การไหลเดียวกันจะเห็นว่า BR=0.15 ให้ค่าตัวประกอบ ความเสียดทานเฉลี่ยที่สูงกว่า BR=0.10 และ BR=0.05 ประมาณ 20% และ 33%, 36% และ 61% และ 52% และ 82% สำหรับ $\pmb{\alpha}$ =30°, 45° และ 60°ตามลำดับ

4.4. สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ Re

ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนจากการศึกษา อิทธิพลขนาดมุมปะทะการไหลอัตราส่วนความสูงปีกและ อัตราเร็วของการไหลนำเสนอในภาพที่ 8 พบว่าค่า

สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่อ เลขเรย์โนลด์เพิ่มสูง อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากที่เลขเรย์ โนลด์เพิ่มสูงอัตราส่วนของการถ่ายเทความร้อนของกรณี ติดตั้งปีกบางต่อกรณีท่อผิวเรียบมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ อัตราส่วนของตัวประกอบความเสียดทานมีแนวโน้มเพิ่ม ้สูงขึ้น เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนความสูงปีกเดียวกันสำหรับ แต่ละมุมปะทะการไหล จะได้ว่า **0**=30° ให้ค่าสมรรถนะ การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงสุดและมีค่าลดลงเมื่อขนาด มุมปะทะเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาภายใต้มุมปะทะการไหล เดียวกัน พบว่าค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน **ต**=30° เกิดขึ้นที่ BR=0.10 ในขณะที่ **ต**=45° สงสดที่ และ60° เกิดขึ้นที่ BR=0.05 ทั้งสองกรณีและจะมีค่าลดลง ถ้าอัตราส่วนความสูงปีกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อขนาดขนาดมุมปะทะการไหลเพิ่มมากขึ้นค่าอัตราส่วน ความสูงปีกที่ใช้จะต้องมีค่าลดลง เพื่อลดปัจจัยที่ทำให้เกิด การสูญเสียความดันจากการขัดขวางการไหล ภายใต้ เงื่อนไขและขอบเขตการศึกษาวิจัยนี้ พบว่าค่าสมรรถนะ การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.49 เกิดขึ้นในกรณีมุมปะทะการไหลเท่ากับ 30° อัตราส่วน ความสูงปีกเท่ากับ 0.10 และที่เลขเรย์โนลด์ประมาณ 6500

5. สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ปีกบางสำหรับเป็นตัวสร้างความปั่นป่วน โดยทำการศึกษาถึงอิทธิพลของขนาดมุมปะทะการไหลและ อัตราส่วนความสูงปีกที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน การ สูญเสียความดันและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความ ร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อจัตุรัสในช่วงการ ไหลแบบปั่นป่วนที่เลขเรย์โนลด์ตั้งแต่ 6000 ถึง 26,000 ภายใต้เงื่อนไขสภาวะฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ พบว่าการ ใช้ปีกบางให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความ ดันที่สูงกว่าท่อผิวเรียบมีค่าระหว่าง 1.55–2.29 และ 2.27–8.48 เท่าของท่อผิวเรียบ ตามลำดับขึ้นอยู่กับแต่ละ กรณีศึกษาโดยค่าการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสีย ความดันจะแปรผันกับขนาดมุมปะทะการไหลและ อัตราส่วนความสูงปีก ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเท ความร้อนซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการ เพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความและอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของ ตัวประกอบเสียดทานที่ได้จากกการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึง ความสัมพันธ์ระหว่างมุมปะทะการไหลกับอัตราส่วนความ สูงปีก โดยค่าสูงสุดเกิดขึ้นในกรณีมุมปะทะการไหลเท่ากับ 30° อัตราส่วนความสูงปีกเท่ากับ 0.10 และที่เลขเรย์โนลด์ ประมาณ 6500 มีค่าเท่ากับ 1.49

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการ ปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Eiamsa-ard, K. Wongcharee, P. Eiamsa-ard, C. Thianpong, "Thermohydraulic investigation of turbulent flow through a round tube equipped with twisted tapes consisting of centre wings and alternate-axes," Experimental Thermal and Fluid Science, 34, 1151-1161, 2010.
- [2] P. Murugesan, K. Mayilsamy, S. Suresh, "Turbulent Heat Transfer and Pressure Drop in Tube Fitted with Square-cut Twisted Tape," Chinese Journal of Chemical Engineering, 18(4), 609-617, 2010.
- [3] P. Promvonge, "Thermal performance in circular tube fitted with coiled square wires,"

Energy Conversion and Management,49(5), 980–987, 2008.

- [4] G. Zhou, Q. Ye, "Experimental investigations of thermal and flow characteristics of curved trapezoidal winglet type vortex generators," Applied Thermal Engineering, 37, 241–248, 2012.
- [5] G. Tanda, "Heat transfer in rectangular channel with transverse and V-shaped broken ribs," International Journal of Heat and Mass Transfer, 47, 229-243, 2004.
- [6] T. Chompookham, C. Thianpong, S. Kwankaomeng, P. Promvonge, "Heat transfer augmentation in a wedge-ribbedchannel using winglet vortex generators," International Communications in Heat and Mass Transfer, 37, 163–169, 2010.
- [7] P. Promvonge, S. Sripattanapipat, S. Tamna, S. Kwankaomeng, C. Thianpong, "Numerical investigation of laminar heat transfer in a square channel with 45 inclined baffles," International Communications in Heat and Mass Transfer, 37(2), 170-177, 2010.
- [8] ASME, Standard Measurement of fluid flow in pipes using orifice, nozzle and venture. ASME MFC–3M-1984, United Engineering Center 345 East 47thStreet, New York, 1–56,1984.
- [9] Incropera FP, Witt PD, Bergman TL, Lavine AS. Fundamentals of Heat and Mass Transfer.John-Wiley & Sons, 2006.