

CST-56

การศึกษาเชิงตัวเลขของการถ่ายเทความร้อน, ความดันสูญเสียและสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin and tube ด้วยตัวสร้างการไหลแบบหมุนวนแบบปีกสามเหลี่ยม

Numerical study on heat transfer, pressure loss and thermal performance of fin and tube heat exchangers with delta wing vortex generators

ภควันต์ ทองเกิด, วิฑาดา เจษฎารัตนชัย*, และ พงษ์ศักดิ์ คำมูล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
*ติดต่อ: E-mail: kjwithad@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้นำเสนอการศึกษาเชิงตัวเลขแบบสามมิติของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin and tube ที่มีการเพิ่มปีกสร้างการไหลแบบหมุนวนแบบสามเหลี่ยม โดยศึกษาอิทธิพลของเลขเรย์โนลด์, $Re = 300 - 2100$, มุมปะทะการไหล, $\beta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ และ 90° ของปีกสามเหลี่ยม ผลที่ได้จากการศึกษาจะนำเสนอค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทานสูญเสีย โดยเปรียบเทียบผลกับครีปเปลาผิวเรียบ ในรูปของอัตราส่วนเลขนัสเซลและอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทาน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มปีกสามเหลี่ยมส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าตัวประกอบเสียดทาน เมื่อเทียบกับกรณีศึกษาพื้นฐานเนื่องจากติดตั้งปีกสามเหลี่ยมส่งผลให้เกิดกระแสการไหลกระทบที่บริเวณผิวท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้เกิดการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของเลขเรย์โนลด์และมุมปะทะการไหลส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย

คำหลัก: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin and tube, การไหลแบบหมุนวน, ปีกสามเหลี่ยม

Abstract

In this present study the three-dimensional numerical simulations of fin and tube heat exchangers with delta winglets vortex generators are performed. The effect of Reynolds number, $Re = 300 - 2100$, the flow attack angle, $\beta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ and 90° , of the delta winglet vortex generators are examined. The results are presented on both heat transfer rate and friction loss in terms of the Nusselt number ratio, Nu/Nu_0 and the friction factor ratio, f/f_0 , respectively, and also compared with the plain fin. The numerical results show that the use of delta winglet vortex generators gives higher on both the heat transfer rate and the friction factor over the base case. The impingement jet of delta winglets vortex generators flow on the tube wall is important reasons of heat transfer enhancement for fin and tube heat exchangers. In addition, the increasing Reynolds number and the flow attack angle lead to the rising heat transfer rate and also increasing pressure loss in the heat exchangers.

CST-56

Keywords: fin and tube heat exchangers, vortex generators, delta winglets.

1. บทนำ

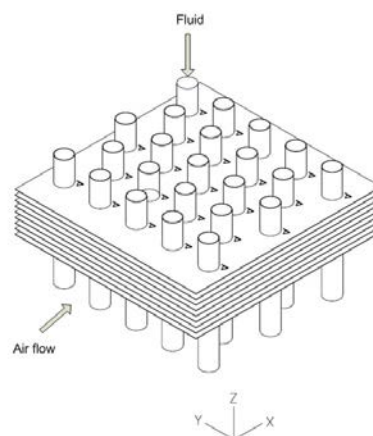
ปัจจุบันอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความจำเป็นอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่พบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันอย่างเช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น หม้อน้ำรถยนต์ เป็นต้น ดังนั้นนักวิจัยต่างๆจึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำไปสู่การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังช่วยลดพลังงานได้อีกด้วย ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่น คุณสมบัติของของไหล ความเร็วของของไหล คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน ลักษณะของพื้นผิวที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อน การจัดเรียงตัวของชิ้นส่วน ขนาด และปัจจัยอื่นๆอีกมากมาย เป็นต้น ในการวิจัยในแต่ละครั้งได้มีการสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อช่วยในการวิจัย และยังรวมถึงการวัดค่าต่างๆ ที่จะต้องใช้เครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งบางอุปกรณ์มีราคาสูงมาก ทำให้การวิจัยในแต่ละครั้งของนักวิจัยต้องใช้งบประมาณสูงอยู่พอสมควร ดังนั้นในการศึกษาด้วยแบบจำลองทางตัวเลขจึงเป็นที่สนใจและนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถลดเวลาและค่าใช้จ่าย รวมถึงสามารถแสดงผลในรูปแบบกราฟิกซึ่งช่วยในการวิเคราะห์และพัฒนาออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้ตรงจุดมากขึ้น

โดยทั่วไปอุปกรณ์หลักที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนคือ ท่อ ซึ่งใช้เป็นตัวลำเลียงของไหลจากต้นทางไปยังปลายทาง และรูปแบบของท่อที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมักจะเป็นท่อกลม และท่อวงรี Leu และ wang [1] ได้ศึกษาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนด้านอากาศในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน fin and tube ของท่อกลม และท่อวงรีที่มีการติดตั้งแบบเกร็ด (louver) ด้วยการจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีการเปรียบเทียบผลกระทบของ มุมเกร็ด ระยะห่าง และความยาว ซึ่ง

พบว่าผลของการถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศแบบท่อวงกลมให้ผลที่ดีกว่าท่อวงรี และยังพบว่าเมื่อมุมกรีดแบบเกร็ด (louver) เพิ่มขึ้นค่าความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

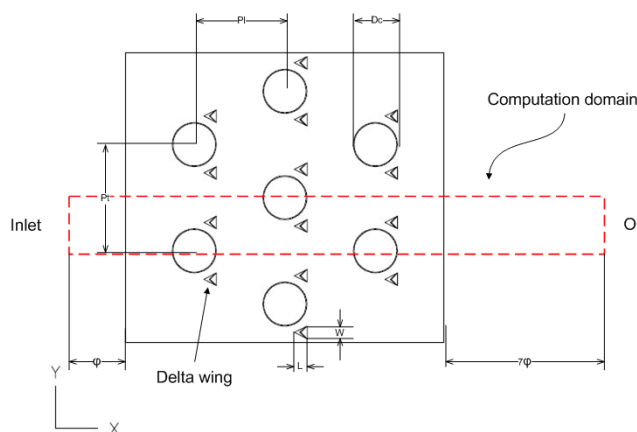
ส่วนประกอบที่สำคัญต่อมาคือ fin เป็นส่วนประกอบที่ช่วยในการเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้น *et.al* ได้ศึกษาเชิงตัวเลขของการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนโดยการเจาะปีก (winglet) เพื่อให้เกิดการไหลวนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin and tube โดยกำหนดองศาของปีกเท่ากับ 10° , 20° และ 30° และความเร็วของการไหลเมื่อนำมาเทียบกับแผ่นเรียบแล้วพบว่าผลกระทบของปีกช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนอย่างมีนัยสำคัญถึง 43.4-97.2% ในกรณี 30° และความดันตกคร่อมก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

การจัดเรียงของท่อเมื่อเทียบกับการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุด สำหรับท่อที่มีการจัดเรียงแบบ staggered และการจัดเรียงแบบ in-line โดย *et.al* ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแบบ fin and tube ที่มีการติดตั้งรูปทรงคลื่น wavy และมีการเจาะปีก (delta winglet) โดยมีการจัดเรียงท่อแบบ staggered และ in-line ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่างกันซึ่งพบว่า การจัดเรียงแบบ staggered ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมที่สูงกว่าการจัดเรียงแบบ in-line

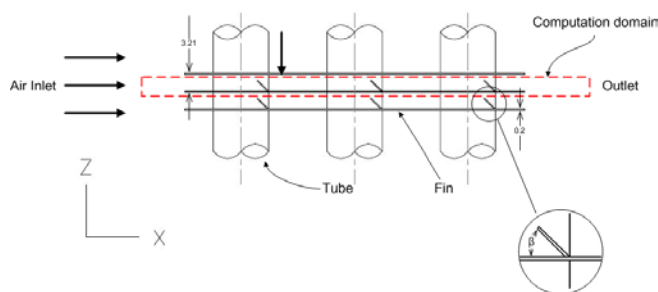


รูปที่ 1 แสดงลักษณะของ fin and tube

CST-56



รูปที่ 2 ขอบเขตที่นำมาคำนวณในมุมมอง top view



รูปที่ 3 ขอบเขตที่นำมาคำนวณในมุมมอง side view

2. แบบจำลองและสมการที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองสำหรับการศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin and tube มีการจัดเรียงของท่อแบบ staggered ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 โดยภายในท่อมีของไหลที่มีอุณหภูมิเท่า 100°C และภายนอกเป็นอากาศที่อุณหภูมิ 30°C การแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นการไหลแบบ cross flow ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2 domain ที่จะใช้ในการคำนวณแสดงให้เห็นในด้าน top view โดยมีขนาด $P_t = 25.4 \text{ mm}$, $P_f = 21.65 \text{ mm}$, $D_c = 10.55 \text{ mm}$ บริเวณรอบท่อเป็นการเจาะเป็นปีก (delta winglet) มีความกว้างเท่ากับ $W = 3 \text{ mm}$ และ $L = 3 \text{ mm}$ รูปที่ 3 แสดง domain ที่นำมาใช้ในการคำนวณแสดงในด้าน side view มีอากาศไหลผ่านในแนวแกน x ระยะห่างระหว่าง fin $F_p = 3.21 \text{ mm}$ ความหนาของ fin เท่ากับ 0.2 mm ปีก (delta wing) ทำมุมปะทะ $\beta = 5^{\circ}, 10^{\circ}, 15^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ และ 90° ตามลำดับ ทางเข้าเว้นช่วงระยะก่อนถึง domain ที่

สนใจเท่ากับ D_c เพื่อให้การไหลเป็นแบบ uniform และทางออกให้ยาวเท่ากับ $7D_c$

2.1 สมการที่เกี่ยวข้อง

การไหลและการถ่ายเทความร้อนในแบบจำลองจะคำนวณในรูปแบบ 3 มิติ ในสถานะ steady และเนื่องจากการไหลของอากาศภายใต้แผ่น fin ที่มีระยะห่างน้อยมากจึงสมมติให้เป็นการไหลแบบราบเรียบ คุณสมบัติของของไหลอัดตัวไม่ได้ และกำหนดให้คุณสมบัติของของไหลคงที่ โดยไม่คำนึงแรงวัตถุ, การสูญเสียเนื่องจากความหนืดและการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งสมการที่เกี่ยวข้องจะประกอบไปด้วยสมการความต่อเนื่อง สมการนาเวียร์-สโตก และสมการพลังงาน โดย สามารถเขียนในรูปเทนเซอร์ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนดังนี้

สมการความต่อเนื่อง:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

สมการโมเมนตัม:

$$\frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2)$$

สมการพลังงาน:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i T) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) \quad (3)$$

เมื่อ Γ คือ การแพร่ทางความร้อน กำหนดโดย

$$\Gamma = \frac{\mu}{Pr} \quad (4)$$

สมการควบคุมทั้งหมดจะถูก discretize โดยแบบแผนวิธีผลต่าง second-order upwind แล้วทำการคำนวณหาผลเฉลยตามระเบียบวิธีปริมาตรสี่เหลี่ยม [4] โดยแผนผังวิธีแบบ SIMPLE (Semi-implicit method for pressure-linked equations) ในการหาคำตอบจะพิจารณาที่ความแตกต่างของการแปรความเร็วต่ำกว่า 10^{-5} และเกณฑ์การหาคำตอบของพลังงาน จะพิจารณาที่ความแตกต่างของการแปรน้อยกว่า 10^{-8}

ในงานวิจัยนี้มีตัวแปรที่ให้ความสนใจอยู่ 4 ตัวแปรคือ เลขเรย์โนลด์ , ตัวประกอบเสียตทาน ,

CST-56

เลขนัสเซลและสมรรถนะเชิงความร้อน ซึ่งค่าเลขเรย์
โนลต์นิยามโดย

$$Re = \frac{\rho u_m D_C}{\mu} \quad (5)$$

ตัวประกอบเสียดทาน, f คำนวณได้จากความดันตก
คร่อม

$$f = \frac{\Delta P}{0.5 \rho u_m^2} \cdot \frac{A_C}{A_0} \quad (6)$$

การถ่ายเทความร้อนคำนวณหาจากค่าเลขนัสเซลที่
จุดใด ๆ ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$Nu = \frac{h D_C}{k} \quad (7)$$

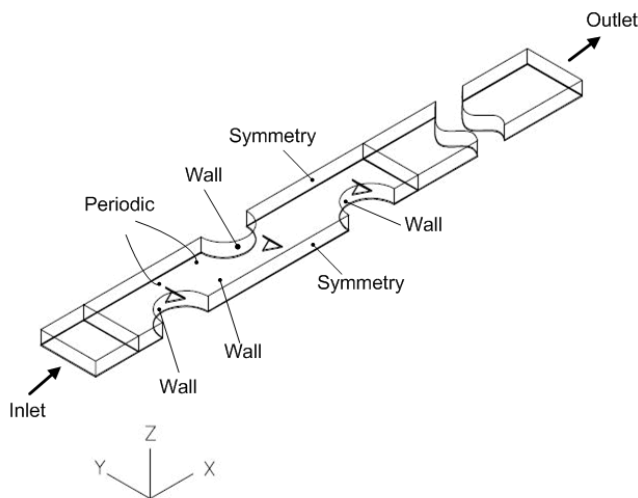
ค่าเลขนัสเซลที่เฉลี่ยสามารถคำนวณได้จาก

$$Nu = \frac{1}{A} \int Nu_x dA \quad (8)$$

สมรรถนะเชิงความร้อน, TEF

$$TEF = (Nu / Nu_0) / (f / f_0)^{1/3} \quad (9)$$

เมื่อ Nu_0 และ f_0 คือ เลขนัสเซลที่และตัวประกอบเสียด
ทานของท่อผิวเรียบ ตามลำดับ



รูปที่ 4 แสดงขอบเขตเงื่อนไขของ domain

2.2 เงื่อนไขขอบเขต

จากรูปที่ 4 แสดงเงื่อนไขขอบเขตดังต่อไปนี้

2.2.1 พิจารณาขอบเขตทางเข้า

- ที่ขอบเขตทางเข้าแนวแกน x

$$u = u_{in} = const, v = w = 0, T = T_{in} \quad (10)$$

- ที่บริเวณขอบเขต top และ bottom

$$\text{Periodic condition: } u_{up} = u_{down} \quad (11)$$

$$\text{Temperature: } T_{up} = T_{down} \quad (12)$$

- บริเวณขอบเขตด้านข้าง

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial y} = 0, v = 0, \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (13)$$

2.2.2 พิจารณาขอบเขตทางออก

- ที่บริเวณขอบเขต top และ bottom

$$\text{Periodic condition: } u_{up} = u_{down} \quad (14)$$

$$\text{Temperature: } T_{up} = T_{down} \quad (15)$$

- บริเวณขอบเขตด้านข้าง

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial y} = 0, v = 0, \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (16)$$

- บริเวณขอบเขตทางออก

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (17)$$

2.2.3 พิจารณาขอบเขต fin coil

- ที่บริเวณขอบเขต top และ bottom

$$\text{Periodic condition: } u_{up} = u_{down} \quad (18)$$

$$\text{Temperature: } T_{up} = T_{down} \quad (19)$$

- บริเวณขอบเขตด้านข้าง

ขอบเขตของของไหล:

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial y} = 0, v = 0, \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (20)$$

ขอบเขตของ surface:

$$u = v = w = 0, \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (21)$$

ขอบเขตของท่อ:

$$u = v = w = 0, T = T_w = const \quad (22)$$

ตารางที่ 1 ผลเปรียบเทียบผลกระทบทจำนวนกริด

Grid no.	Nu	ΔP
87,000	26.46	11.45
120,000	28.06	11.71
200,000	29.53	12.20
310,000	29.65	12.36

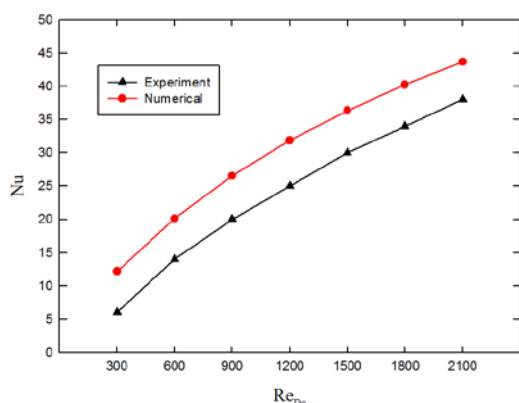
CST-56

410,000	30.97	12.63
540,000	31.87	12.78
600,000	31.68	12.96
700,000	31.72	12.99

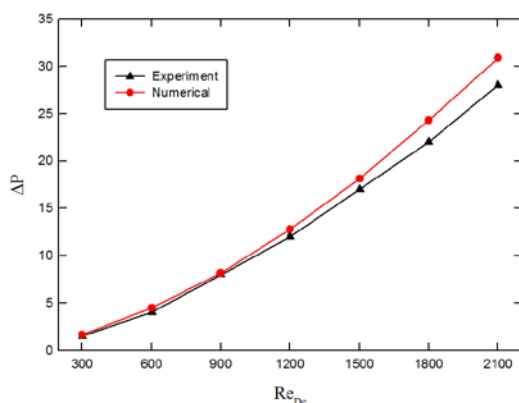
3. ผลพิสูจน์ความถูกต้องของ Model

3.1 พิสูจน์ความถูกต้องของจำนวนกริด

จากตารางที่ 1 แสดงตารางผลเปรียบเทียบจำนวนกริดตั้งแต่ 8700, 12000, 200000, 310000, 410000, 540000, 600000 และ 7000000 จากตารางสรุปได้ว่าจำนวนกริด 8700, 12000, 200000, 310000 และ 410000 ค่า Nu มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับและเมื่อเข้าสู่จำนวนกริด 540000, 600000 และ 700000 จะเห็นว่าค่า Nu มีค่าใกล้เคียงกันมาก ค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 0.6% จึงเลือกใช้กริดจำนวน 540000 ในการศึกษาครั้งนี้



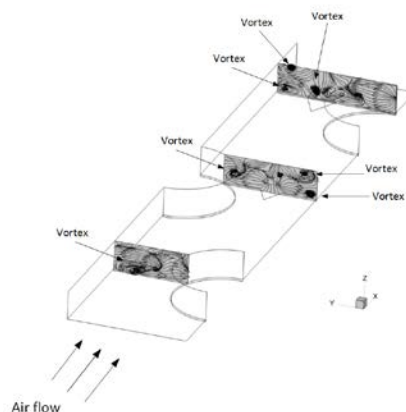
รูปที่ 5 การแสดงผลการถูกต้องแสดงค่า Nu เทียบกับการทดลอง



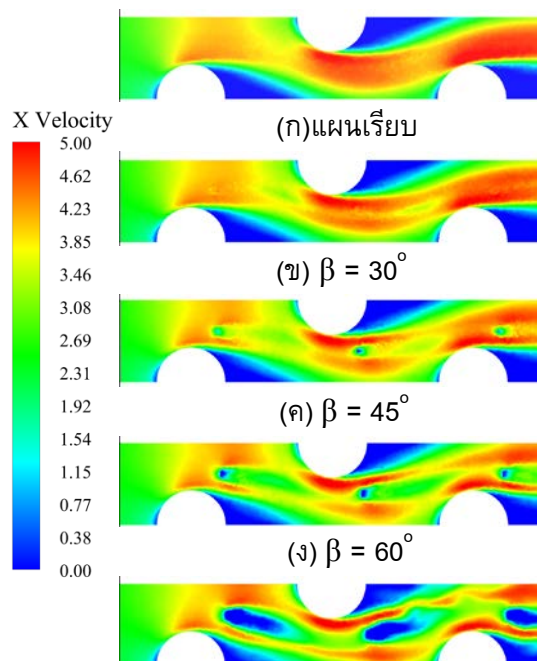
รูปที่ 6 การแสดงผลการถูกต้องแสดงค่า ΔP เทียบกับการทดลอง

3.2 พิสูจน์ความถูกต้องเทียบกับการทดลอง

ในความพิสูจน์ความถูกต้องได้ทำการกำหนดค่าต่างๆ จึงจำเป็นโดยเทียบกับผลการทดลอง *et.al* ได้ศึกษาการไหลในรูปแบบการปั่นป่วนของแผ่นคลื่นและมีตัวสร้างความปั่นป่วนแบบปีก (delta winglet) ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน รูปที่ 5 และ 6 ได้แสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณเชิงตัวเลขและผลที่ได้จากการทดลองของค่า Nu และความดันตกคร่อม ของการไหลในผิวเรียบที่ค่าเรย์โนลด์ต่างๆ ซึ่งผลที่ได้พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณเชิงตัวเลขมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 13% และ 10.2% ตามลำดับ



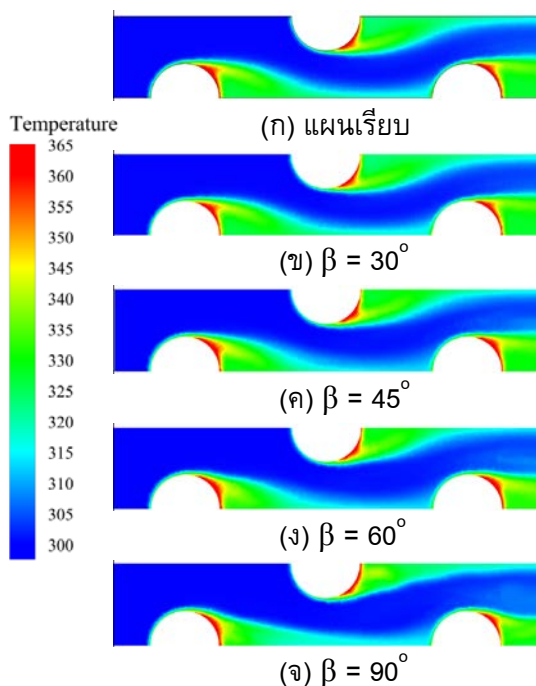
รูปที่ 7 โครงสร้างการไหลในระนาบขวางการไหลสำหรับ $\beta = 45^\circ$ และ $Re=1200$



CST-56

(จ) $\beta = 90^\circ$

รูปที่ 8 การกระจายตัวของความเร็วที่ $Re = 1200$



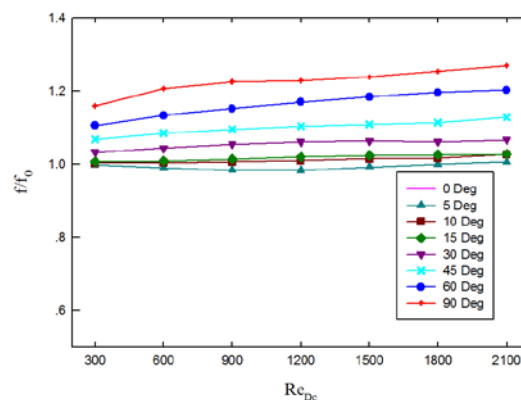
รูปที่ 9 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ $Re = 1200$

4. ผลการทดลอง

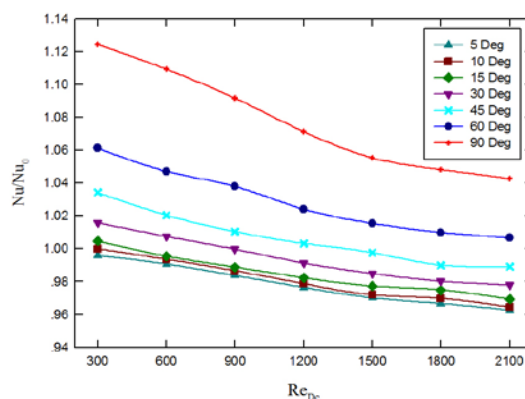
4.1 พฤติกรรมการไหลและการสูญเสียความดัน

จากรูปที่ 7 แสดงการกระจายตัวของความเร็วและพฤติกรรมการไหลในแนวแกน x เปรียบเทียบใน 4 กรณี จากรูปที่ 8 (ก) พบว่าลักษณะการไหลบนผิวเรียบเป็นลักษณะการไหลแบบราบเรียบตามแนวแกน เมื่อเทียบกับกับรูปที่ 8 (ข), (ค), (ง) และ (จ) ที่ทำการเจาะเพื่อสร้างปีก (delta wing) ทำมุมปะทะ 30° , 45° , 60° และ 90° จะเห็นได้ว่ากระแสการไหลมีการหมุนวนมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า delta wing เป็นปัจจัยในการสร้างความปั่นป่วน เกิดการหมุนวน จากรูปที่ 7 จะพบว่าเมื่อกระแสการไหลไหลมาชนเข้ากับตัวปีกทำให้กระแสไหลในระนาบตัดขวางไหลไปยัง domain ชั้นล่าง ส่งผลให้เกิดการหมุนวนบริเวณหลัง delta wing และบริเวณท่ที่มีความต่างของอุณหภูมิ ทำให้เป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

จากรูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูญเสียแรงดันกับเลขเรย์โนลด์จะเห็นได้ว่าเมื่อในกรณีเจาะ delta wing ความดันตกคร่อมจะมากขึ้นแปรผันตามเลขเรย์โนลด์ในกรณีเดียวกัน และเมื่อเทียบทุกกรณีจะเห็นได้ว่าจะมีความแตกต่างของความดันตกคร่อมที่ delta wing ทำมุมปะทะ 30° เป็นต้นไป ส่วนมุมปะทะที่ 5° , 10° และ 15° ค่าความแตกต่างน้อยมากเมื่อเทียบกับแผ่นเรียบ มุมปะทะที่มีความดันตกคร่อมมากที่สุดก็คือ 90° ที่เลขเรย์โนลด์ 2100 เป็นมุมปะทะตั้งฉากกับการไหล มีค่ามากกว่าในกรณีท่เรียบถึง 26.95%



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์ของปีกสามเหลี่ยมที่ทำมุมปะทะ 5° , 10° , 15° , 30° , 45° , 60° และ 90° ที่ค่า $Re=300 - 2100$



รูปที่ 11 ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลต่อเลขเรย์โนลด์ของปีกสามเหลี่ยมทำมุมปะทะ 5° , 10° , 15° , 30° , 45° , 60° และ 90° ที่ค่า $Re = 300 - 2100$

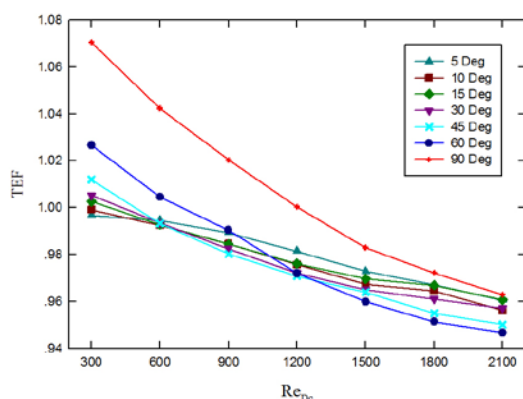
CST-56

4.2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

จากรูปที่ 9 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิพิจารณาจากรูปแล้วพบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมิที่มี delta wing ทำมุมปะทะ 90° มีการกระจายอุณหภูมิที่ดีกว่าแผ่นเรียบ อันเนื่องมาจากการหมุนวนของของไหล รูปที่ 11 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลท์กับเลขเรย์โนลด์ ของปีกสามเหลี่ยมทำมุมปะทะการไหล $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ และ 90° พบว่า เมื่อเลขเรย์โนลด์ ส่งผลให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลท์ลดลง และเมื่อทำการเพิ่มมุมปะทะการไหลทำให้เลขนัสเซลท์มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมุมปะทะที่มีปัจจัยทำให้เลขนัสเซลท์เพิ่มขึ้นคือ 90° ที่ $Re=300$ มีค่าเท่ากับ 1.12 คิดเป็น 12% เมื่อเทียบกับแผ่นเรียบ

4.3 สมรรถนะการถ่ายเทความร้อน

จากรูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะเชิงความร้อนกับเลขเรย์โนลด์ของปีก delta wing ที่มีมุมปะทะ $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ และ 90° พบว่าค่าเลขเรย์โนลด์ที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อการลดลงของสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในช่วงเลขเรย์โนลด์ที่สูงสุดมีสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.96 ที่เลขเรย์โนลด์ 2100 มุมปะทะ 90° และสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่มากที่สุดเท่ากับ 1.07 ที่เลขเรย์โนลด์ 300 มุมปะทะ 90°



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะเชิงความร้อนกับเลขเรย์โนลด์ของปีกสามเหลี่ยมที่ทำมุมปะทะ 5° ,

$10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ และ 90° ที่ค่า $Re = 300 - 2100$

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาแบบจำลองเชิงตัวเลขของการถ่ายเทความร้อน ความดันสูญเสีย และสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin and tube ด้วยตัวสร้างการไหลแบบหมุนวน แบบปีกสามเหลี่ยมโดยการปรับเปลี่ยนมุมปะทะการไหล $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ และ 90° เลขเรย์โนลด์ $Re = 300 - 2100$ พบว่าเมื่อเพิ่มมุมปะทะการไหลจะทำให้เกิดการไหลแบบหมุนวนและเกิดการกระแทกของของไหลไปยังตำแหน่งผนังท่อ ด้วยปัจจัยนี้เป็นตัวช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน 0.7% ถึง 3.0 % เมื่อเปรียบเทียบกับผิวเรียบ และสมรรถนะเชิงความร้อนมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเร็ว อยู่ในช่วง 0.96 ถึง 1.07 สำหรับท่อที่เจาะปีกสามเหลี่ยม แต่ในทางกลับกันค่าความดันตกคร่อมที่เกิดขึ้นสูงกว่ามากเมื่อเทียบกับผิวเรียบมีค่ามากถึง 26.95% จึงทำให้สมรรถนะในการถ่ายเทความร้อนน้อยลง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J.S. Leu, M.S. Liu, J.S. Liaw, and C.C Wang, "A numerical investigation of louvered fin and tube heat exchangers having circular and oval tube configurations," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 44, 2001, pp. 4235-4243.
- [2] Y.L. He, H. Han, W.Q. Tao and Y.W. Zhang, "Numerical study of heat-transfer enhancement by punched winglet-type vortex generator arrays in fin-and-tube heat exchangers" International Journal of Heat and Mass Transfer, vol 55, 2012, pp. 5449-5458.

CST-56

- [3] Liting Tian, Yaling He, Yubing Tao and Wenquan Tao, "Acomparative study on air-side performance of wavy fin-and-tube heat exchangers with punched delta winglets in staggered and in-line arrangements", International Journal of Thermal Sciences, vol 48, 2009, pp. 1765-1776.
- [4] Patankar, S.V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGraw-Hill, New York, (1980).
- [5] G. Biswas, N.K. Mitra, M. fiebig, "Heat transfer enhancement in fin-tube heat exchanger by winglet type vortex generators", International Journal of Heat and Mass Transfer, vol 37, 1994, pp.238-291.