

อิทธิพลของแผ่นกั้นออริฟิตรูปร่างตัววีต่อการไหลแบบราบเรียบและการถ่ายเทความร้อน ในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส

Effect of V-orifice on Laminar Flow Structure and Heat Transfer in Square Duct

วิฑิตดา เจษฎารัตนชัย¹, นันทินี วิทยากุล¹, อำนาจ บุญลอย², วศัญญา ไพโรจน์¹ และพงษ์เจต พรหมวงศ์^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

*ติดต่อ: E-mail, kpongje@kmitl.ac.th

²ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขของการถ่ายเทความร้อนสำหรับการไหลแบบราบเรียบในท่อจัตุรัสที่มีการให้ความร้อนแบบอุณหภูมิผิวดินที่ โดยมีการติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีที่ผนังด้านในของท่อ ซึ่งการจัดวางแผ่นออริฟิตจะมีการจัดวางแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหลและปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลโดยแผ่นออริฟิตทำมุมปะทะการไหลที่ $\alpha = 20^\circ$ และมีค่าอัตราส่วนการบล็อกรการไหล (Blockage ratio, BR) เท่ากับ 0.05 – 0.25 มีอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของแผ่นต่อความสูงของท่อ (Pitch ratio, PR) เท่ากับ 1 ในการคำนวณใช้วิธีปริมาตรสืบเนื่องและเลือกลำดับวิธีหาผลเฉลยแบบ SIMPLE โดยทำการศึกษาในช่วง $Re = 100$ ถึง 2000 จากผลการวิจัยด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลขชี้ให้เห็นว่าเมื่อทำการติดตั้งออริฟิตรูปร่างตัววีที่ผนังของท่อจะทำให้เกิดการไหลแบบหมุนวนและการกระแทกของการไหลที่บริเวณผิวของท่อทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าตัวประกอบเสียดทานเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับท่อที่มีผนังเรียบ และพบว่าเมื่อเพิ่มความสูงของแผ่นออริฟิตจะส่งผลให้เลขนัสเซลและค่าความดันสูญเสียจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย จากผลการศึกษาพบว่าค่าการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมีค่ามากที่สุดในการจัดวางแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหล ที่ $BR = 0.25$ และค่าการสูญเสียความดันมากที่สุดเกิดขึ้นที่กรณีการจัดวางแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหล ที่ $BR = 0.25$ เมื่อทำการเปรียบเทียบการศึกษาทั้ง 2 กรณี พบว่าการจัดวางแผ่นออริฟิตแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลจะให้ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดที่มีค่าเท่ากับ 3.8, ที่ $BR = 0.15$ และ $Re = 2000$

คำหลัก: ท่อจัตุรัส, ออริฟิตรูปร่างตัววี, การไหลแบบราบเรียบ, การถ่ายเทความร้อน

Abstract

This paper present laminar periodic flow and heat transfer in a three dimensional square duct with constant heat flux surfaced of $\alpha = 20^\circ$ V-orifice with V-Upstream and V-Downstream models. In the study, the blockage ratio (b/H), BR is in range from 0.05 to 0.25 with single pitch ratio, PR is investigated numerically. The computations based on the finite volume method, and the SIMPLE algorithm has been carried out. The fluid flow and heat transfer characteristics are presented for Reynolds numbers based on the hydraulic diameter of the square duct ranging from 100 to 2000. The studied found that, the square

CST- 2036

duct with V-orifice affect to vortex flow behavior and impinge of streamline at the surfaces and influence to increasing both of heat transfer and pressure loss are higher than the smooth surface for all Reynolds number values. The increase in orifice heights lead to the rise of Nusselt number and friction factor values and also found that, the V-Orifice pointing upstream (V-Upstream) is maximum heat transfer at $BR = 0.25$, while the pointing downstream (V-Downstream) is maximum pressure loss at $BR = 0.25$. The study results reveal that the optimum thermal enhancement factor of V-Orifice pointing upstream is about 3.8 at $BR = 0.15$ and $Re = 2000$.

Keywords: square channel, V-Orifice, laminar flow, heat transfer

1. บทนำ

ในกระบวนการอุตสาหกรรมต่าง ๆ ระบบการถ่ายเทความร้อนเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก เพื่อพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพระบบแลกเปลี่ยนความร้อน จึงได้มีการคิดค้นเทคนิคและวิธีการต่างๆ สำหรับการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนในระบบ ซึ่งวิธีที่ได้ผลดีมากที่สุดอย่างหนึ่งคือการติดครีบริบหรือแผ่นกั้นบนผนังภายในท่อเพื่อเป็นการสร้างการไหลแบบปั่นป่วน โดยวิธีนี้จะส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน วิธีการดังกล่าวนี้ปัจจุบันได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านวิศวกรรมอย่างมากโดยเฉพาะในระบบการปรับอากาศ, แผงระบายความร้อน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบต่าง ๆ เป็นต้น ตัวอย่างเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการติดตั้งตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนหรือตัวสร้างการไหลหมุนวนที่เรียกว่า *turbulators* เช่น ครีบริบ (ribs) [1], ปีก (winglets) [2], แผ่นขรุขระหรือผิวท่อที่มีการเซาะร่อง (grooves/dimples) [3] และแผ่นกั้น (baffles) [4] โดยตัวสร้างการไหลปั่นป่วนนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นการก่อกวนการไหลให้เกิดการหมุนวนของการไหลตามแนวยาวและเพิ่มการผสมให้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนก็จะทำให้เกิดค่าตัวประกอบเสียดทานหรือค่าความดันตกคร่อมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการค้นคว้าข้อมูลพบว่าการศึกษาทั้งในส่วนของการใช้การทดลองและศึกษาโดยใช้วิธีเชิงตัวเลขหรือการใช้แบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์เพื่อเป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นซึ่ง Han *et al.* [5, 6] ได้ทำการศึกษาโดยการทดลองเพื่อดูค่าการถ่ายเทความร้อนในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการเพิ่มครีบริบทำมุมที่ผนังทั้งสองด้านของท่อ มีค่า $L/b = 10$ และ $b/D = 0.0625$ ซึ่งพบว่าครีบริบทำมุมและครีบริบรูปตัววีทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อนโดยเฉพาะแผ่นครีบริบรูปตัววีมุม 60° และครีบริบขนานมุม 60° ให้ประสิทธิภาพดีกว่า ครีบริบกากบาทมุม 60° และครีบริบขนานมุม 90°

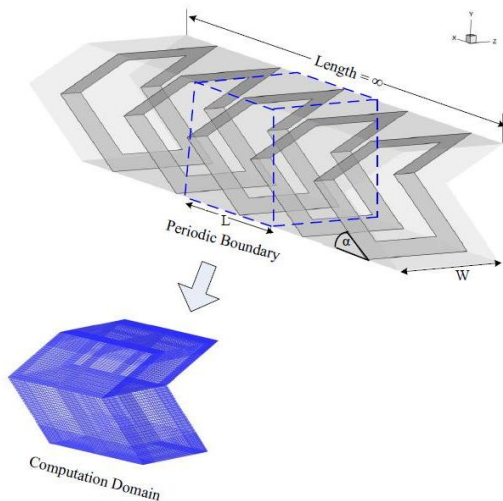
จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าได้มีการศึกษาถึงพฤติกรรมการไหลและค่าการถ่ายเทความร้อนในท่อลักษณะต่าง ๆ โดยการเพิ่มครีบริบและแผ่นกั้นในท่อเหลี่ยมเท่านั้น แต่ยังไม่มีการศึกษาที่มีการเพิ่มแผ่นกั้นที่มีลักษณะเป็นแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการคำนวณเชิงตัวเลขสำหรับการไหลแบบราบเรียบแบบ 3 มิติ โดยพิจารณาลักษณะการไหลเป็นคาบในท่อจัตุรัสที่มีการติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลและปลายวีชี้ตามกระแสการไหลที่ผนังด้านในท่อ โดยศึกษาถึงผลของอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างแผ่นต่อความสูงของท่อ (b/H), BR และการจัดวางของแผ่นออริฟิตที่มุมปะทะ $\alpha = 20^\circ$ ที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน พฤติกรรมการไหลและค่าความเสียดทานที่เกิดขึ้น

CST- 2036

2. โครงร่างการไหลและพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

2.1 รูปทรงของท่อที่มีการติดตั้งออร์ฟิรูปร่างตัววี

ระบบที่ให้ความสนใจเป็นท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสติดตั้งแผ่นออร์ฟิรูปร่างตัววี ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างแผ่นต่อความสูงของท่อ (P/H), PR หรือระยะพิทท์ของมีค่าคงที่เท่ากับ 2H วางเอียงทำมุมปะทะ, $\alpha = 20^\circ$ และอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างแผ่นต่อความสูงของท่อ (b/H), BR ในช่วง 0.05-0.25 ความสูงของท่อหน้าตัดจัตุรัสที่ใช้ในการจำลองนี้มีค่า $H = 0.05$ m และสมมติท่อยาวมาก ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งพิจารณาการไหลเป็นแบบ periodic แบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหล (V-Downstream) และแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหล (V-Upstream)



รูปที่ 1 รูปทรงของท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการติดตั้งแผ่นออร์ฟิรูปร่างตัววี และโดเมนที่ใช้ในการคำนวณโดยคิดการไหลแบบ periodic ที่มีการสร้างตาข่ายสี่เหลี่ยมแบบไม่สม่ำเสมอ

2.2 พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลขสำหรับการไหลของของไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

- การไหลของของไหลและการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบคงตัว 3 มิติ
- การไหลเป็นแบบราบเรียบและเป็นแบบอัดตัวไม่ได้
- คุณสมบัติของของไหลคงที่

- ไม่คำนึงแรงวัตถุนิวตันและการสูญเสียเนื่องจากความหนืด

- ไม่คำนึงการแผ่รังสีความร้อน

จากสมมติฐานข้างต้น สำหรับการไหลในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสสมการควบคุมประกอบไปด้วยสมการความต่อเนื่อง, สมการนาเวียร์-สโตก และสมการพลังงาน 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 โดยใช้โดยแบบแผนวิธีผลต่างคราดิจ (Quadratic upstream interpolation for convective kinetics differencing scheme, QUICK) แล้วทำการคำนวณหาผลเฉลยตามระเบียบวิธีปริมาตรสืบเนื่อง [7] โดยแผนผังวิธีแบบ SIMPLE (Semi-implicit method for pressure-linked equations) ในการลู่ออกค่าตอบจะพิจารณาที่ความแตกต่างของค่าการแปรเปลี่ยนน้อยกว่า 10^{-5} ของทุกตัวแปร

ในงานวิจัยนี้มีตัวแปรที่ให้ความสนใจอยู่ 4 ตัวแปรคือ เลขเรย์โนลด์, ตัวประกอบเสียดทาน, เลขนัสเซลและสมรรถนะเชิงความร้อน ซึ่งค่าเลขเรย์โนลด์นิยามโดย

$$Re = \rho \bar{u} D_h / \mu \quad (5)$$

ตัวประกอบเสียดทาน, f คำนวณได้จากความดันตกคร่อม, Δp ตลอดช่วงความยาว periodic ของท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส, L

$$f = \frac{(\Delta p / L) D_h}{(1/2) \rho \bar{u}^2} \quad (6)$$

CST- 2036

การถ่ายเทความร้อนคำนวณหาจากค่าเลขนัสเซลเฉพาะที่ ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$Nu_x = \frac{h_x D_h}{k} \quad (7)$$

ค่าเลขนัสเซลเฉลี่ยสามารถคำนวณได้จาก

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

สมรรถนะเชิงความร้อน, TEF

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

เมื่อ Nu_0 และ f_0 คือ เลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทานของท่อผิวเรียบ ตามลำดับ

สำหรับการไหลในท่อนี้ โดเมนที่ใช้ในการคำนวณหาผลเฉลยเป็นเอลิเมนต์รูปทรงสี่เหลี่ยมและแบ่งกริดแบบไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform grid) เนื่องจากเหมาะสมกับการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน การหาผลกระทบของกริดที่มีผลต่อคำตอบได้ทำการเปรียบเทียบผลเฉลยโดยใช้จำนวนของกริดที่แตกต่างกันคือที่ 120,000 และ 240,000 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนกริดขึ้นเป็น 240,000 ค่าเลขนัสเซลเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 0.2% ดังนั้นจึงเลือกจำนวนกริดเท่ากับ 120,000 ไปใช้ในการศึกษาอิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ต่อไป

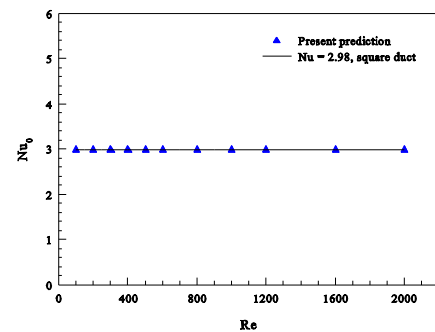
2.3 เงื่อนไขขอบ

- พิจารณาทางเข้าและทางออกเป็นแบบ periodic translation
- สมมติอากาศที่ 300 K และมีค่าเลขพรานด์ 0.7 ไหลเข้าด้วยอัตราการไหลเชิงมวลคงที่ รูปร่างความเร็วทางเข้าและทางออกเหมือนกัน
- สมมติคุณสมบัติทางกายภาพของอากาศมีค่าคงที่ โดยอ้างอิงที่อุณหภูมิเฉลี่ยที่ทางเข้า
- เงื่อนไขขอบเขตไม่มีการสั่นไถลที่ผนัง (no-slip conditions) หรือความเร็วที่ผนังมีค่าเท่ากับศูนย์ เป็นผนังที่อยู่กับที่ (stationary wall)
- กำหนดให้ที่ผนังทุกด้านของท่อจตุรัสมีอุณหภูมิผิวคงที่ 310 K
- สมมติให้ออร์บิฟิครูปตัววีเป็นแผ่นกั้นความร้อนไม่สามารถผ่านได้

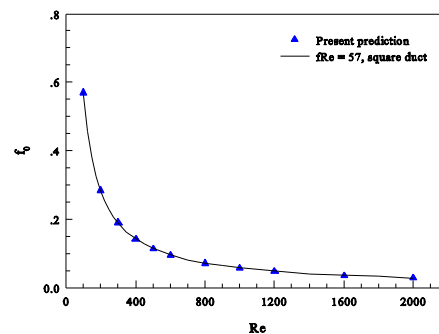
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การพิสูจน์ความถูกต้องของท่ोजตุรัสผิวเรียบ

ในการพิสูจน์ความถูกต้องของการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทานในท่ोजตุรัสผิวเรียบที่ไม่มีการเพิ่มการติดตั้งปีก โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากวิธีเชิงตัวเลขและผลเฉลยแม่นยำภายใต้เงื่อนไขเดียวกันนี้ ซึ่งค่าผลเฉลยแม่นยำนี้สามารถศึกษาได้จากอ้างอิง [8] โดยพบว่าค่าที่ได้จากวิธีเชิงตัวเลขจะมีความคลาดเคลื่อนจากผลเฉลยแม่นยำประมาณ 0.5% ทั้งในส่วนของค่าเลขนัสเซลและค่าตัวประกอบเสียดทาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้โดยวิธีเชิงตัวเลขทั้งมีความสอดคล้องกันกับผลเฉลยแม่นยำอย่างดีและมีความน่าเชื่อถือซึ่งแสดงดังรูปที่ 2(ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก)



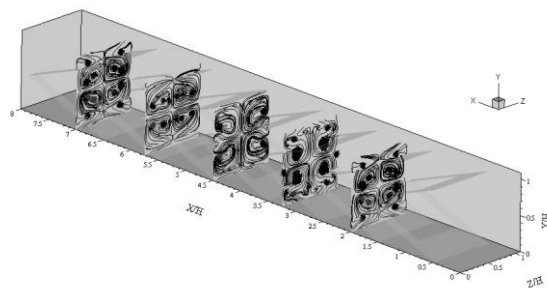
(ข)

รูปที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของ (ก) เลขนัสเซล (ข) ตัวประกอบเสียดทานของท่อสี่เหลี่ยมจตุรัสผิวเรียบ

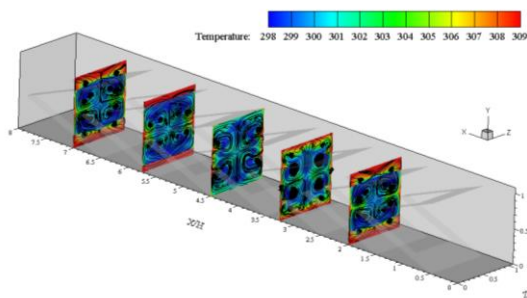
3.2 โครงสร้างการไหลและพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

CST- 2036

โครงสร้างของการไหลในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปตัววีแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหล ทำมุมปะทะ 20° ที่ $BR = 0.15$ และ $Re = 1000$ จากรูปที่ 3(ก) ซึ่งแสดงโครงสร้างการไหลในระนาบขวางการไหล พบว่าเมื่อของไหลมีการไหลผ่านแผ่นออริฟิต จะเกิดแกนการไหลแบบหมุนวนหลัก 4 แกนและเกิดการหมุนวนย่อย ๆ ที่มุมของท่อทั้ง 4 มุม โดยแกนการหมุนวนของของไหลจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันออกไปในแต่ละระนาบ



(ก)



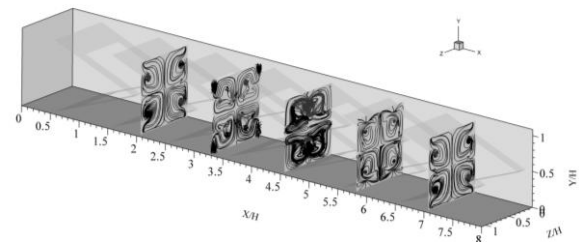
(ข)

รูปที่ 4 (ก) โครงสร้างการไหลในระนาบขวางการไหล
(ข) การกระจายตัวของอุณหภูมิ สำหรับกรณีปลายวีชี้ตามกระแสการไหล $BR = 0.15$, $Re = 1000$

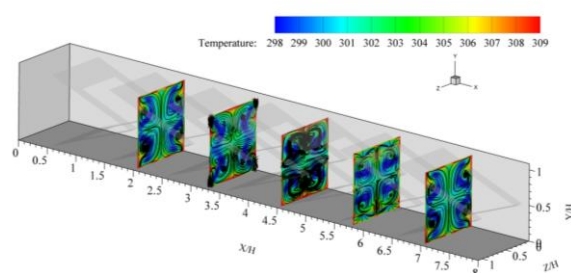
โดยจะเห็นได้ว่าที่ระยะด้านหลังของแผ่นออริฟิต แกนการไหลหลักจะอยู่บริเวณใกล้กับผนังท่อที่ด้านบนและด้านล่างเนื่องจากค่าความแตกต่างของความดันตกคร่อมที่บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิต ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดการกระแทกที่บริเวณด้านหลังแผ่นกัน และเมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนสำหรับแผ่นออริฟิตปลายวีชี้ตามกระแสการไหล พบว่าเมื่อเพิ่มแผ่นออริฟิตในท่อทำให้เกิดสมรรถนะของอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางท่อและบริเวณที่ผิวท่อได้ดีกว่าท่อเปล่าและพบว่าคอน

ทัวร์หรือแถบสีแดงซึ่งแสดงถึงค่าอุณหภูมิสูงมีความหนาแน่นมากในบริเวณด้านบนและด้านล่าง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3(ข)

ในส่วนของการศึกษาโครงสร้างของการไหลในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปตัววีแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลทำมุมปะทะ 20° ที่ค่าสัดส่วน b/H , $BR = 0.15$ และ $Re = 1000$ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4(ก) โดยแสดงโครงสร้างการไหลในระนาบขวางการไหล จากรูปพบว่าเมื่อของไหลไหลผ่านปีกสี่เหลี่ยมจะเกิดแกนการไหลแบบหมุนวนหลัก 4 แกนและเกิดการหมุนวนย่อย ๆ ที่มุมของท่อทั้ง 4 มุมเช่นเดียวกับแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหลแต่ต่างกันที่ทางการไหลโดยแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหลจะเกิดการไหลแบบ common-flow-down แต่สำหรับกรณีปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลจะเกิดการไหลแบบ common-flow-up ส่วนแกนการหมุนวนของของไหลกรณีปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลก็เปลี่ยนแปลงตำแหน่งตามระยะที่ผ่านแผ่นออริฟิต



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) โครงสร้างการไหลในระนาบขวางการไหล
(ข) การกระจายตัวของอุณหภูมิ สำหรับกรณีปลายวีชี้ทวนกระแสการไหล $BR = 0.15$, $Re = 1000$

เมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนสำหรับการติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปตัววีแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการ

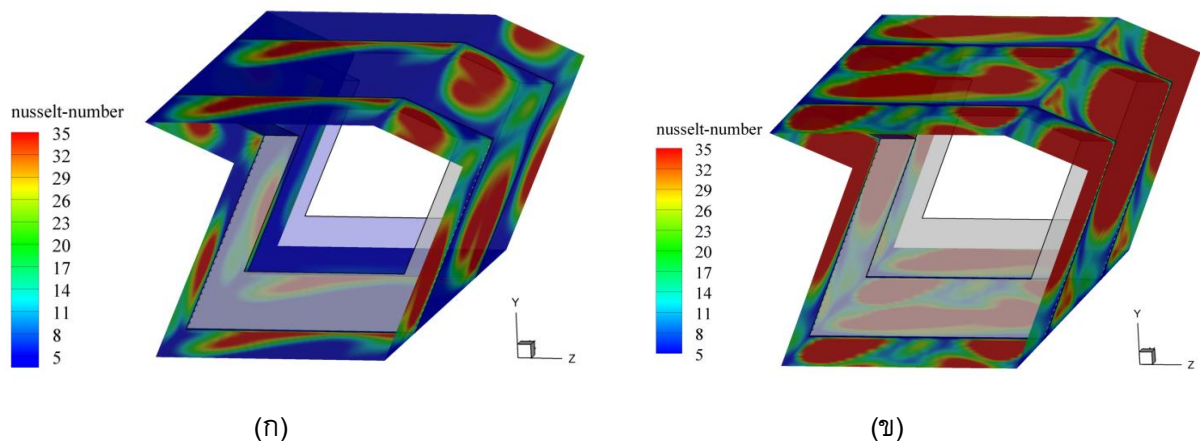
CST- 2036

ไหล พบว่าค่าการกระจายอุณหภูมิ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4(ข) เมื่อเพิ่มแผ่นออริฟิตในท่อทำให้เกิดผลระหว่างอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลางท่อและบริเวณที่ผิวท่อได้ ดีกว่าท่อเปล่าเช่นเดียวกับกรณีปลายวีชีตามกระแส การไหล นอกจากนี้ยังพบว่าคอนทัวร์หรือแถบสีแดง ซึ่งแสดงถึงค่าอุณหภูมิที่สูงสำหรับแบบปลายวีชีทวน กระแสการไหล จะพบน้อยกว่าปลายวีชีตามกระแส การไหลสำหรับกรณีที่นำมาทำการพล็อต ดังนั้นเมื่อ พิจารณาจากค่าการกระจายอุณหภูมิเมื่อติดตั้งแผ่นออ ริฟิตรูปตัววีแบบปลายวีชีทวนกระแสการไหลให้การ ถ่ายทอดความร้อนที่ดีกว่าแบบปลายวีชีตามกระแสการ ไหล

สำหรับ ค่าการถ่ายเทความร้อนในรูปของ เลขนัสเซลสำหรับกรณีปลายวีชีตามกระแสการไหล และกรณีปลายวีชีทวนกระแสการไหล ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5(ก) และ 5(ข) ตามลำดับ พบว่ากรณีปลายวีชีตาม กระแสการไหลจะให้ค่าเลขนัสเซลสูงที่บริเวณผนังท่อ ด้านข้างทั้งสองด้านในบริเวณที่ไม่มีการติดแผ่นออริ ฟิตแต่สำหรับกรณีปลายวีชีทวนกระแสการไหลจะมีค่า เลขนัสเซลสูงที่บริเวณผนังท่อทั้งด้านบน-ล่าง และ

ด้านข้าง เนื่องจากการจัดวางทั้งสองลักษณะนี้จะ ทำให้เกิดพฤติกรรมการไหลที่แตกต่างกัน โดยการ ไหลแบบปลายวีชีตามกระแสการไหลจะเกิดการ กระแทกของกระแสการไหลที่บริเวณผนังท่อด้านข้าง มากกว่าแต่สำหรับปลายวีชีทวนกระแสการไหลจะเกิด การกระแทกของกระแสการไหลที่บริเวณผนังภายใน ท่อรวมถึงบริเวณที่ทำการติดตั้งแผ่นออริฟิตด้วย

เมื่อพิจารณาค่าการแปรเปลี่ยนของค่าอัตราส่วน เลขนัสเซลกับเลขเรย์โนลด์ของแผ่นออริฟิตรูปตัววีทำ มุมปะทะ 20° สำหรับการจัดวางทั้งสองกรณี พบว่าที่ อัตราส่วนการบล็อกการไหลเท่ากับ 0.15 การจัดวาง ทั้งสองแบบจะให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลมีค่าใกล้เคียง กัน พบว่าการจัดวางแบบปลายวีชีตามกระแสการไหล ให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลมากกว่าการจัดวางแบบ ปลายวีชีทวนกระแสการไหล สำหรับกรณีการจัดวาง แบบปลายวีชีตามกระแสการไหลมีค่าอัตราส่วน เลขนัสเซลที่มากที่สุดเท่ากับ 18.6 ที่ $BR = 0.25$ ส่วน แบบปลายวีชีทวนกระแสการไหลไหลมีค่าอัตราส่วน เลขนัสเซลมากที่สุดเกิดที่ $BR = 0.15$ มีค่าเท่ากับ 16.7 เท่าเมื่อเทียบกับท่อเปล่า



รูปที่ 5 การกระจายเลขนัสเซลสำหรับ (ก) ปลายวีชีตามกระแสการไหล
(ข) ปลายวีชีทวนกระแสการไหล ที่ $BR = 0.15$, $Re = 2000$

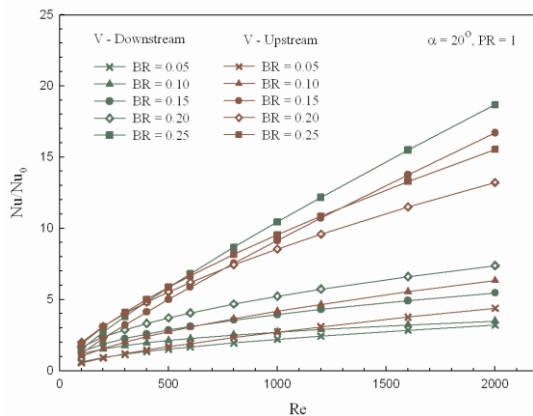
3.3 การสูญเสียความดัน

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเลขเรย์โนลด์ กับอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานระหว่างท่อจตุรัส ติดปีกต่อท่อจตุรัสผิวเรียบ, (f/f_0) ที่ค่า BR ต่าง ๆ

สำหรับการจัดวางทั้งสองกรณีซึ่งเมื่อพิจารณาช่วง เลขเรย์โนลด์ระหว่าง 100 ถึง 2000 พบว่าค่าเลขเรย์ โนลด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราส่วนตัวประกอบเสียด ทานเพิ่มขึ้นตามและเมื่อทำการเพิ่มค่า BR ทำให้ค่า

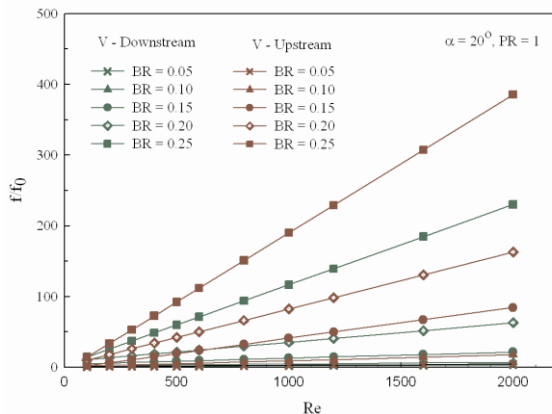
CST- 2036

อัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย จากกราฟพบว่าค่า $BR = 0.05 - 0.25$ ค่าอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานสำหรับแบบปลายวิธีที่ทวนกระแสน้ำไหลมีค่ามากกว่าแบบปลายวิธีที่ตามกระแสน้ำไหลและให้ค่าอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานมากที่สุดเท่ากับ 386 และ 230 เท่าเมื่อเทียบกับท่อเปล่า ในกรณีปลายวิธีที่ทวนกระแสน้ำไหลและปลายวิธีที่ตามกระแสน้ำไหลตามลำดับ



รูปที่ 6 การแปรเปลี่ยนของค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลกับเลขเรย์โนลด์ของแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีทำมุมปะทะ 20° ที่ค่า BR ต่าง ๆ แบบปลายวิธีที่ตามและทวนกระแสน้ำไหล

จากกราฟสรุปได้ว่าการติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีแบบปลายวิธีที่ตามและทวนกระแสน้ำไหลทำมุม 20° โดยมีค่า $BR = 0.05 - 0.25$ จะให้ค่าตัวประกอบเสียดทานอยู่ในช่วง 0.8 - 386 เท่าเมื่อเทียบกับท่อผิวเรียบ

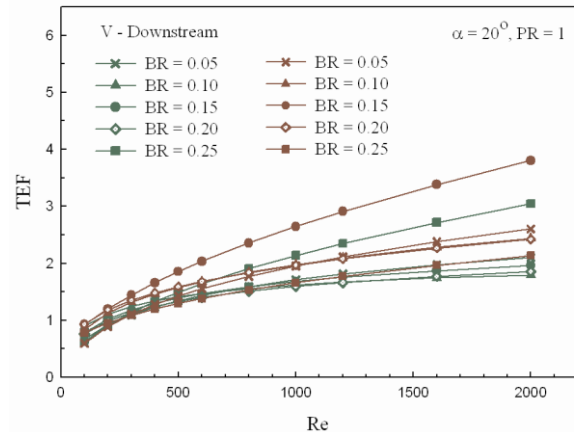


รูปที่ 7 การแปรเปลี่ยนของค่าอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์ของแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีทำ

มุมปะทะ 20° ที่ค่า BR ต่าง ๆ แบบปลายวิธีที่ตามและทวนกระแสน้ำไหล

3.4 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 8 แสดงความแปรเปลี่ยนค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ ของท่อจัดเรียงติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีทำมุม โดยมีค่า $BR = 0.05 - 0.25$ พบว่าค่าเลขเรย์โนลด์ที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนในช่วงเลขเรย์โนลด์ที่พิจารณา โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า $BR = 0.25$ จะให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนที่สูงที่สุดที่ทำการพิจารณา โดยมีค่าเท่ากับ 3 สำหรับกรณีปลายวิธีที่ตามกระแสน้ำไหลและที่ค่า $BR = 0.15$ มีค่าเท่ากับ 3.8 และสำหรับกรณีปลายวิธีที่ทวนกระแสน้ำไหลพบว่ามีค่าเท่ากับ 2.1 ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 2000 และจากการศึกษาพบว่าค่าสมรรถนะเชิงความร้อนที่ได้จากการติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีที่มีค่า $BR = 0.05 - 0.25$ จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.6 - 3.8



รูปที่ 8 การแปรเปลี่ยนของค่า TEF กับเลขเรย์โนลด์ของปีกสี่เหลี่ยมทำมุมปะทะ 20° ที่ค่า BR ต่าง ๆ แบบปลายวิธีที่ตามและทวนกระแสน้ำไหล

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับพฤติกรรมการไหล, การถ่ายเทความร้อน, ค่าความดันตกคร่อมและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสำหรับท่อเหลี่ยมที่มีการติดตั้งแผ่นออริฟิตรูปร่างตัววีทำมุม 20° ที่ $PR = 1$ โดยทำการศึกษาในช่วง $BR = 0.05 - 0.25$ และค่า $Re = 100 - 2000$ พบว่า

CST- 2036

เมื่อเพิ่มแผ่นออริฟิรูปร่างตัววีลงในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะทำให้เกิดการไหลแบบหมุนวนและเกิดการกระแทกของกระแสการไหลที่บริเวณผนังท่อ ด้วยพฤติกรรมเหล่านี้จะช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อน 0.5 ถึง 18.6 เท่า, มีค่าความเสียดทานเพิ่มขึ้น 0.8 ถึง 386 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสผิวเรียบและให้ค่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 3.8 สำหรับท่อจัตุรัสที่การติดตั้งแผ่นออริฟิรูปร่างตัววีเข้าไปทั้ง 2 รูปแบบพบว่าเมื่อพิจารณาที่ค่าการถ่ายเทความร้อน การจัดวางแบบปลายวีชี้ตามกระแสให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าการจัดวางแบบปลายวีชี้ตามกระแส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.6 ที่ $BR = 0.25$ ส่วนค่าตัวประกอบเสียดทานสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 386 ที่ $BR = 0.25$ การจัดวางแบบปลายวีชี้ทวนกระแสและค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.8 ที่ $BR = 0.15$ ในกรณีการจัดวางแบบปลายวีชี้ทวนกระแส พบที่เลขเรย์โนลด์เท่ากับ 2000 ซึ่งเป็นเลขเรย์โนลด์ที่สูงที่สุดที่ทำการพิจารณา

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Promvonge. P. and Thianpong C. (2008). Thermal performance assessment of turbulent channel flow over different shape ribs, *Int. Commun. Heat Mass Transfer*, vol. 35(10), pp. 1327–1334.
- [2] Chompookham. T., Thianpong. C., Kwankaomeng. S. and Promvonge. P. (2010). Heat transfer augmentation in a wedge-ribbed channel using winglet vortex generators, *Int. Commun. Heat Mass Transfer*, vol. 37(2), pp. 163-169.
- [3] Ridouane. E.H. and Campo. A. (2008). Heat transfer enhancement of air flowing across grooved channels: joint effects of channel height and groove depth, *ASME J. Heat Transfer*, vol. 130(2).
- [4] Sripattanapipat. S. and Promvonge. P. (2009). Numerical analysis of laminar heat transfer in a channel with diamond-shaped baffles, *Int. Commun. Heat Mass Transfer*, vol. 36(1), pp. 32-38.
- [5] Han. J.C., Zhang. Y.M. and Lee. C.P. (1991). Augmented heat transfer in square channels with parallel, crossed and V-shaped angled ribs, *ASME J. Heat Transfer*, vol. 113, pp. 590–596.
- [6] Han. J.C., Zhang. Y.M. and Lee. C.P. (1992). Influence of surface heat flux ratio on heat transfer augmentation in square channels with parallel, crossed, and V-shaped angled ribs, *ASME J. Turbomachinery*, vol. 114, pp. 872–880.
- [7] Patankar, S.V. (1980). *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, McGraw-Hill, New York.
- [8] Incropera, F. and Dewitt, P.D. (1996), *Introduction to heat transfer*, 3rd edition John Wiley & Sons Inc.