

คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนในช่องขนานที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวเอส

Heat Transfer Characteristics in Channel fitted with S-Baffle

วัชรินทร์ หนูทอง^{1*}, สุทธิชัย ปันวงศ์² และ พงษ์เจต พรหมวงศ์²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ถนนเชื่อมสัมพันธ์
แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10530

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520
*ผู้ติดต่อ: E-mail: watchari@mut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคูณลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในช่องขนานที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวเอส ซึ่งมีสัดส่วนความสูงของแผ่นกั้นต่อความสูงของช่องขนาน (e/H) เท่ากับ 0.10, 0.15 และสัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน (P/H) เท่ากับ 1, 2 และ 3 ทำการติดตั้งแผ่นกั้นทั้งด้านบนและด้านล่างของช่องขนาน โดยทดสอบอัตราการไหลของอากาศในช่วงเลขเรย์โนลด์ (Re) ระหว่าง 5000 ถึง 20,000 ทำการทดลองที่สภาวะการถ่ายเทความร้อนที่ผิวแบบคงที่ (Constant Heat Flux) เมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนโดยแสดงในเทอมของเลขนัสเซลท์ (Nusselt number) และการสูญเสียความดันในเทอมของตัวประกอบความเสียดทาน (friction factor) พบว่าชุดทดลองที่มีแผ่นกั้นให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับช่องขนานท่อเปล่า และพบว่าช่องขนานที่มี $e/H = 0.15$ และ $P/H = 1, 2$ และ 3 มีค่าเลขนัสเซลท์เฉลี่ยมากกว่าช่องขนานท่อเปล่าประมาณ 3.98, 3.29 และ 3.02 เท่า ตามลำดับ โดยตัวประกอบความเสียดทานเมื่อเทียบกับท่อเปล่าประมาณ 11.92, 9.97 และ 7.65 เท่า ตามลำดับ และช่องขนานที่มี $e/H = 0.10$ และ $P/H = 1, 2$ และ 3 มีค่าเลขนัสเซลท์เฉลี่ยมากกว่าช่องขนานท่อเปล่าประมาณ 3.73, 2.72 และ 2.46 เท่า ตามลำดับ โดยมีตัวประกอบความเสียดทานเฉลี่ยมากกว่าช่องขนานท่อเปล่าประมาณ 8.87, 6.85 และ 6.32 เท่า ตามลำดับ

คำหลัก: แผ่นกั้นรูปตัวเอส, ตัวประกอบความเสียดทาน, ช่องขนาน, การถ่ายเทความร้อน

Abstract

This research studied the heat transfer characteristics in a channel installed with S-shaped baffles. The ratios of the height of the baffles to the height of the channel (e/H) are 0.10 and 0.15 and the ratios of the pitch to the height of the channel (P/H) are 1, 2 and 3. The S-shaped baffles are mounted on both top and bottom walls in test section. The experiments were carried out by varying air flow-rate for Reynolds number ranging from 5000 to 20,000 under a constant wall heat flux condition. Then comparing the results of smooth channel with Installed S-shaped baffles channel to determine the heat transfer characteristic in terms of Nusselt number and friction loss in the term of friction factor. The experimental

results show that the S-shaped baffles provide the drastic increase in Nusselt number and friction factor values over the smooth wall channel. The average Nusselt number ratios are found to be about 3.92, 3.29 and 3.02 times and the friction factor ratios are about 11.92, 9.97 and 7.65 times for baffle configuration $e/H = 0.15$ and $P/H = 1, 2$ and 3 , respectively. The average Nusselt number ratios are found to be about 3.73, 2.72 and 2.46 times and the friction factor ratios are about 8.87, 6.85 and 6.32 times for baffle configuration $e/H = 0.10$ and $P/H = 1, 2$ and 3 , respectively.

Keywords: S-shaped baffle, friction factor, parallel channel, Heat transfer.

1. บทนำ

ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมมีเครื่องจักรที่มีความต้องการในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น และลดค่าใช้จ่าย ดังนั้นจึงมีการทดลองติดตั้งแผ่นกันเพื่อศึกษาการเพิ่มถ่ายเทความร้อน ซึ่งส่งผลให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น ลักษณะของแผ่นกันที่ใช้จะเป็นรูปตัวเอสเรียงกันตามแนวตรง และขนานกันทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนและยังทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดีขึ้น ดังนั้นแผ่นกันรูปตัวเอสจึงเป็นที่น่าสนใจในการทดลองเพื่อดูการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอีกด้วย

การตรวจสอบหลายแห่งได้รับการดำเนินการศึกษาผลกระทบของตัวแปรเหล่านี้ของแผ่นกันที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทานสำหรับพื้นผิวขรุขระสองพื้นผิวตรงข้ามกัน Tanda [1] ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสำหรับช่องสี่เหลี่ยมที่มีผนังด้านหนึ่งเป็นแผ่นกันที่ต่อเนื่องกันที่ $AR = 5$ ใช้แผ่นกันรูปตัววีมุม 90 องศาทำจากผลึกเหลวและพบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นกันมุม 90 องศาจะมีมากกว่าแผ่นกันที่ต่อเนื่องกันประมาณ 1.8 เท่า Chandra และ คณะ [2] ดำเนินการตรวจวัดเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันในช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีแผ่นกันอย่างต่อเนื่องบนผนังทั้งสี่ด้าน แผ่นกันถูกวางซ้อนทับบนผนังที่มีอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน $e/D = 0.0625$ และอัตราส่วน

ระยะพิตช์ $P/e = 8$ พวกเขารายงานว่า การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนพบว่าจะเพิ่มขึ้นด้วยจำนวนผนังท่อที่มีแผ่นกันลดลงกับตัวเลขเลขเรย์โนลด์ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ตัวประกอบเสียดทานก็เพิ่มขึ้นด้วยทั้งสองกรณี Pongjet Promvong [3] การศึกษาทดลองได้ทำการทดสอบการไหลของอากาศ ความเสียดทาน และลักษณะของการถ่ายเทความร้อนในสัดส่วนความสูงท่อ $AR = 10$ ติดตั้งแผ่นกัน V-baffle มุม 60 องศาสำหรับระบบการไหลแบบปั่นป่วนค่าในช่วงเลขเรย์โนลด์ระหว่าง 5000 – 25,000 การที่เลขนัสเซลท์เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้เลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นตามการใช้แผ่นกัน V-baffle ที่ $e/H = 0.30$ เป็นสาเหตุที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนสูงและความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นใน e/H ระดับเดียวกัน เป็นที่ชัดเจนว่าแผ่นกัน V-baffle ที่ $PR = 1$ จะช่วยให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นและตัวประกอบเสียดทานมากกว่าที่ $PR = 2$ และ 3 สำหรับการเปรียบเทียบในเทอมของการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้ใช้แผ่นกัน V-baffle ที่ $e/H = 0.1$ จะทำให้ได้ค่าสูงกว่าและจะได้ 1.87 เท่า ที่ $PR = 1$ และค่าของเลขเรย์โนลด์ต่ำสุด Bhagoria และ คณะ [4] การศึกษาทดลองของการไหลของอากาศในท่อสี่เหลี่ยมที่มีผนังขรุขระภายใต้พลักซ์ความร้อนสม่ำเสมอกับผนังรูปสามเหลี่ยมอื่นๆ เงื่อนไขเหล่านี้สอดคล้องกับการไหลในท่อของแผ่นโซลาร์ฮีตเตอร์ ผลของระยะพิตช์สัมพัทธ์ความสูงและมุมครีبد้านบนจึงได้มีการศึกษาค่าตัวประกอบเสียดทานและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เมื่อเทียบกับท่อเปล่าการมีปลายไหลขึ้นทำให้มีผลต่อเลขนัสเซลท์ถึง 2.4 เท่า ในขณะที่ตัวประกอบเสียด

ทานเพิ่มขึ้นถึง 5.3 เท่า สำหรับค่าเฉลี่ยของ พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา การถ่ายเทความร้อน สูงสุดที่เกิดขึ้นสำหรับระยะพิตช์ความขรุขระสัมพัทธ์ $p/e = 7.5$ ในขณะที่ทำให้ตัวประกอบเสียดทานลดลง เนื่องจากเพิ่มระยะพิตช์ความขรุขระสัมพัทธ์ การเพิ่ม ประสิทธิภาพสูงสุดของการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นที่ มุมครีป 10 องศา ในขณะที่ด้านข้างของมุมครีปทำให้ ค่าเลขนัสเซลล์ลดลง ในขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มมุม ครีปจะทำให้ตัวประกอบเสียดทานเพิ่มขึ้นตาม Karwa [5] ผลการทดลองการถ่ายเทความร้อนและ ตัวประกอบเสียดทานสำหรับการไหลของอากาศ ภายในท่อสี่เหลี่ยมกับมุมปลายขรุขระบนผนังกว้าง ด้านหนึ่ง อัตราส่วนด้านของท่อสี่เหลี่ยมที่จะมีการ ทดลอง 4.8, 6.1, 7.8, 9.66 และ 12.0 ส่วนผนังด้าน ที่ขรุขระจะมีการให้ความร้อนสม่ำเสมอในขณะที่ผนัง อีกสามด้านได้มีการหุ้มฉนวนไว้ เงื่อนไขขอบเขต เหล่านี้สอดคล้องใกล้เคียงกับที่พบในแผ่นโซลาร์ฮีตเตอร์ ช่วงของพารามิเตอร์ที่มีการศึกษาเลขเรย์โนลด์ ระหว่าง 3000 – 20,000 ความสูงขรุขระสัมพัทธ์ ระหว่าง 0.0141 – 0.0328 ระยะพิตช์ขรุขระสัมพัทธ์ 4.5, 5.8, 7.0 และ 8.5 และมุมปลายยอด -15, 0, 5, 10, 15 และ 18 องศา ความขรุขระเลขเรย์โนลด์ เหล่านี้สอดคล้องกับพารามิเตอร์เฉลี่ยในช่วง 5 – 60

2. ทฤษฎี

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้เพื่อหาค่าการถ่ายเท ความร้อนภายในช่องขนานในทอมของเลขนัสเซลล์ ที่ และการหาเลขเรย์โนลด์ในทอมของเส้นผ่าน ศูนย์กลางไฮดรอลิก (D_h)

$$Re = UD_h / \nu \quad (1)$$

เมื่อ U และ ν เป็นความเร็วเฉลี่ยและความหนืด เชิงจลน์ของอากาศตามลำดับ สัมประสิทธิ์การพา ความร้อนเฉลี่ย (h) หาได้จากการวัดอุณหภูมิและ ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าให้กับระบบ ความร้อนที่ ให้กับอากาศ (Q_{air}) ดังสมการ (2) และความ แตกต่างระหว่างอุณหภูมิผนัง (T_w) กับอุณหภูมิเฉลี่ย

ของอากาศ (T_b) สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย หาได้จากสมการ

$$Q_{air} = Q_{conv} = \dot{m}C_p(T_o - T_i) = VI \quad (2)$$

$$h = \frac{Q_{conv}}{A(\bar{T}_s - T_b)} \quad (3)$$

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

และ $\bar{T}_s = \sum T_s / 24 \quad (5)$

A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อนแบบการพา ของผนังที่ถูกให้ความร้อน เมื่อ $\bar{T}_s$ คือ อุณหภูมิผิว เฉลี่ยที่ได้จากอุณหภูมิผิวในแต่ละจุด (T_s) ตามแนว ยาวของช่องขนาน T_i , T_o คือ อุณหภูมิทางเข้าและ ทางออกตามลำดับ โดย $\dot{m}$, C_p , V และ I คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, ค่าความจุความ ร้อนจำเพาะของอากาศ, ความต่างศักย์และ กระแสไฟฟ้าตามลำดับ เลขนัสเซลล์เฉลี่ย (N_u)

$$N_u = \frac{hD_h}{k} \quad (6)$$

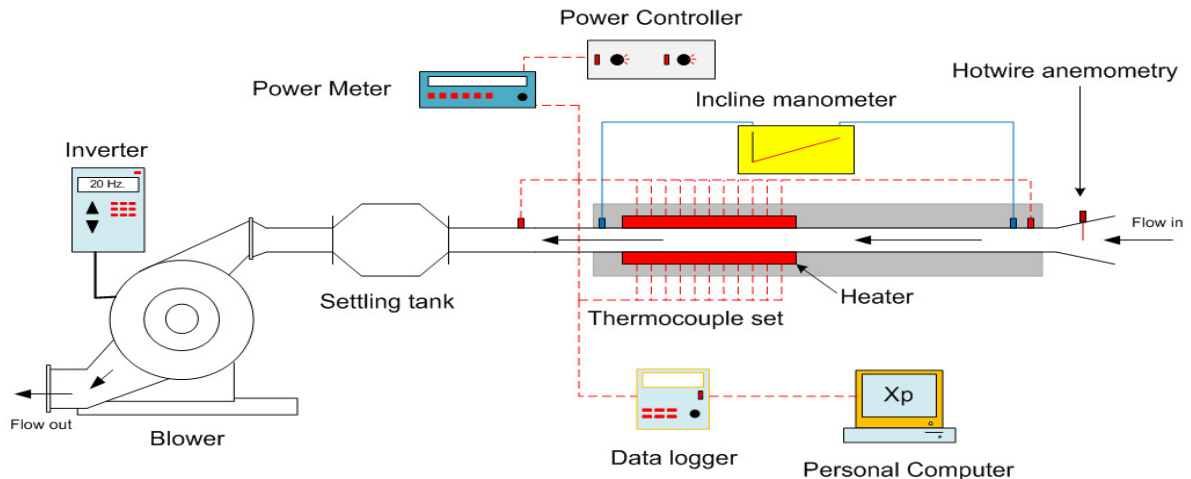
ตัวประกอบเสียดทาน (f) หาค่าได้จากสมการ (7)

$$f = \frac{2}{(L/D_h)} \frac{\Delta P}{\rho U^2} \quad (7)$$

ΔP คือ ค่าความดันตกคร่อมช่วง Test Section และ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล คุณสมบัติ ทางกายภาพของอากาศ ถูกกำหนดที่อุณหภูมิของ ไหลเฉลี่ย (T_b) จากสมการ (4)

ที่สภาวะกำลังขับ (Pumping Power) เดียวกัน

$$(\dot{V}\Delta P)_0 = (\dot{V}\Delta P) \quad (8)$$



รูปที่ 1 อุปกรณ์ทดลอง

เมื่อ $\dot{V}$ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศและเขียนในเทอมของตัวประกอบเสียดทานและเลขเรย์โนลด์ได้เป็น

$$(f Re^3)_0 = (f Re^3)$$

$$Re_0 = Re(f / f_0)^{1/3} \quad (9)$$

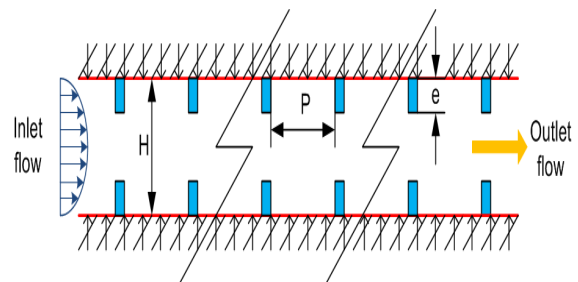
สมรรถนะความร้อน (η) คือ อัตราส่วนของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของพื้นที่ผิวทดสอบ (h) เทียบกับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนพื้นผิวเรียบ (h_0) ที่กำลังขับเดียวกัน

$$\eta = \frac{h}{h_0} \bigg|_{pp} = \frac{Nu}{Nu_0} \bigg|_{pp} = \left(\frac{Nu}{Nu_0} \right) \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-1/3} \quad (10)$$

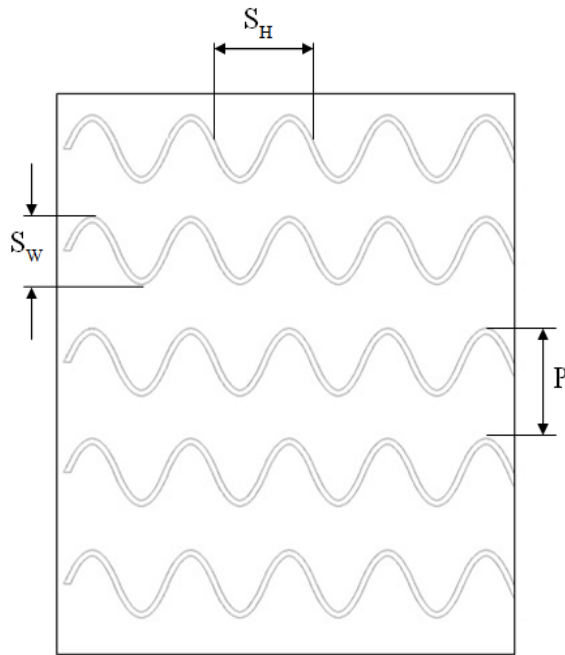
3. อุปกรณ์ทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปที่ 1 โดยใช้พัดลม (Blower) ขนาดพิกัด 2.2 kW เป็นแหล่งกำเนิดลม ควบคุมปริมาณไหลเข้าชิ้นงานทดสอบโดยการปรับ Inverter โดยใช้ Hot wire anemometer วัดอากาศและให้ไหลผ่านท่อปรับสภาพการไหล เพื่อให้อากาศที่ไหลก่อนเข้าสู่ชุดทดลองมีลักษณะเป็นการไหลแบบพัฒนาอย่างเต็มที่และไหลเข้าช่วงทดสอบ (Test section) ช่วงทดสอบประกอบด้วยช่องขนานที่มีด้านขนานทำด้วยอลูมิเนียมที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวเอส สัดส่วนความสูงแผ่นกั้นต่อความสูงของช่องขนาน (e/H)

เท่ากับ 0.10 และ 0.15 และสัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูง (P/H) = 1, 2 และ 3 ทำการติดตั้งแผ่นกั้นแบบแนวตรงตามรูปที่ 2 และ 3 จากรูป (S_H) คือ ความสูงของตัวเอส ($S_H=20$ mm.), (S_W) คือ ความกว้างของแผ่นกั้นตัวเอส ($S_W= 20$ mm.), (P) คือ ระยะพิตช์ของแผ่นกั้นรูปตัวเอส, (e) คือ ความสูงของแผ่นกั้น, และ (H) คือ ความสูงของช่องขนานที่ใช้ในการทดสอบ ชุดทดสอบ (Test section) ถูกทำให้ร้อนด้วยฮีตเตอร์ (Heater) ไฟฟ้าขนาด 320 W โดยทำการวัดอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าและอากาศไหลออกและอุณหภูมิผนังท่อถูกวัดโดยเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Type J) จำนวนรวมทั้งสิ้น 24 จุด โดยบันทึกค่าที่วัดได้ลงอุปกรณ์ Data logger ส่วนค่าความดันตกคร่อมตรงช่วงชุดทดสอบจะมีการวัดและอ่านค่าจาก Inclined manometer เพื่อบันทึกผลทดลอง ชุดทดสอบทั้งหมดต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนทั้งหมดเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากแผ่นฮีตเตอร์ (Heater) ไหลออกสู่บรรยากาศภายนอก



รูปที่ 2 ลักษณะการจัดวางแผ่นกั้น



รูปที่ 3 การติดตั้งแผ่นกัน

4. วิธีการทดลอง

การทดลองเพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนของช่องขนานที่มีการติดตั้งแผ่นกันรูปตัวเอส แผ่นกันมีสัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $(e/H) = 0.10$ และ 0.15 สัดส่วนระยะพิทช์ต่อความสูงของช่องขนาน (P/H) เท่ากับ 1, 2 และ 3 ทำการติดตั้งแบบแนวตรง การทดลองทำการเปิดพัดลม (Blower) จากนั้นปรับปริมาณการไหลของลมให้ได้ตามค่าเลขเรย์โนลด์ต์ให้มีค่าอยู่ในช่วง 5000 – 20,000 ในแต่ละช่วงความเร็วลมที่ทดสอบ จะต้องรอให้อุณหภูมิผิวภายในช่องขนานและอุณหภูมิเข้าและออกมีอุณหภูมิคงที่ก่อนที่จะมีการบันทึกผล โดยอุณหภูมิผิวภายในช่องขนานทำการตรวจวัดอุณหภูมิทั้งหมด 24 จุด และอีก 6 จุด สำหรับอุณหภูมิเข้าและออกของช่องขนาน

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองของท่อเปล่า

การทดลองนี้ศึกษาผลของการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันของช่องขนานที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นกันในเทอมของเลขนัสเซลท์และตัวประกอบเสียดทานตามลำดับ เปรียบเทียบผลการ

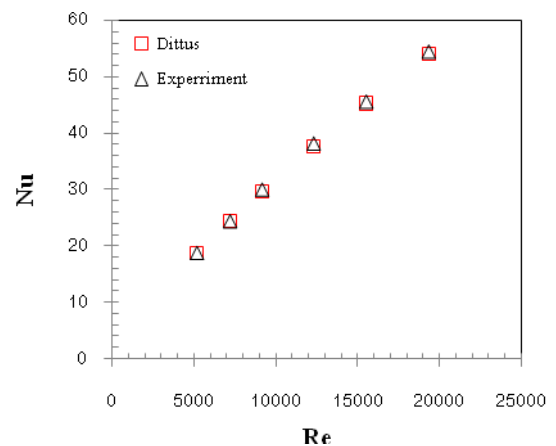
ทดลองที่ได้กับสหสัมพันธ์ของ Dittus - Boelter และของ Petukhov ในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน สหสัมพันธ์ของ Dittus - Boelter, สำหรับการให้ความร้อน

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \quad (11)$$

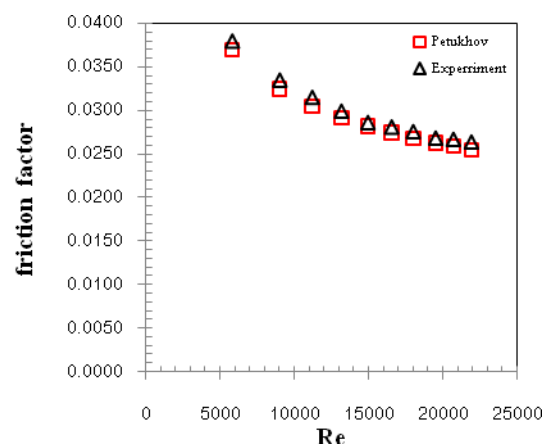
สหสัมพันธ์ของ Petukhov, $3000 \leq Re \leq 5 \times 10^6$

$$f = (0.7 \ln Re - 1.64)^{-2} \quad (12)$$

จากรูปที่ 4 และ 5 เปรียบเทียบเลขนัสเซลท์และตัวประกอบเสียดทานที่ได้ทดลองกับสหสัมพันธ์สมการ (11) และ (12) พบว่าค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 10\%$ ทั้งสหสัมพันธ์เลขนัสเซลท์และสหสัมพันธ์ตัวประกอบเสียดทาน



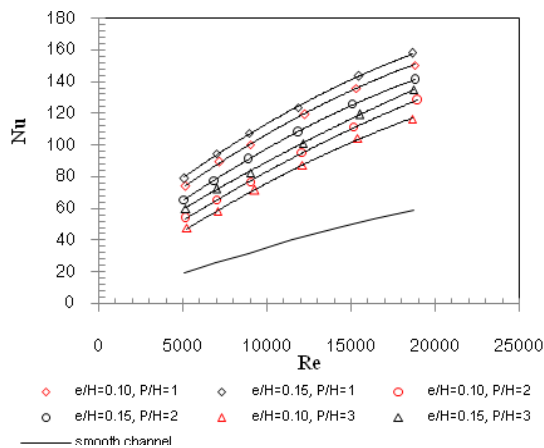
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์กับเลขเรย์โนลด์กรณีท่อเปล่า



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์กรณีท่อเปล่า

5.2 ผลการทดลองของช่องขนานที่ติดแผ่นกัน

การทดลองเพื่อศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อน และการสูญเสียความดันกรณีช่องขนานติดแผ่นกัน สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน (e/H) เท่ากับ 0.10 และ 0.15 และสัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน (P/H) เท่ากับ 1, 2 และ 3 ผลการทดลองที่ได้แสดงดังนี้

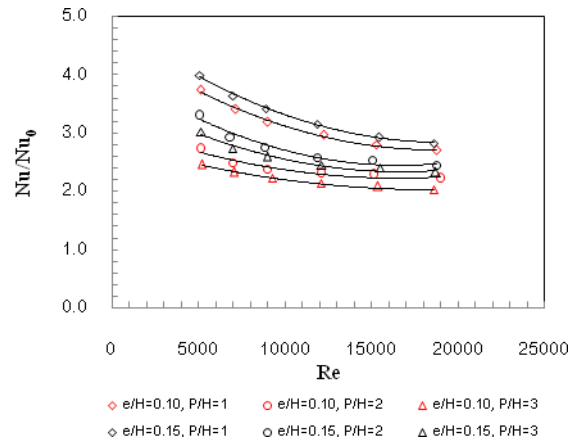


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์กับเลขเรย์โนลด์

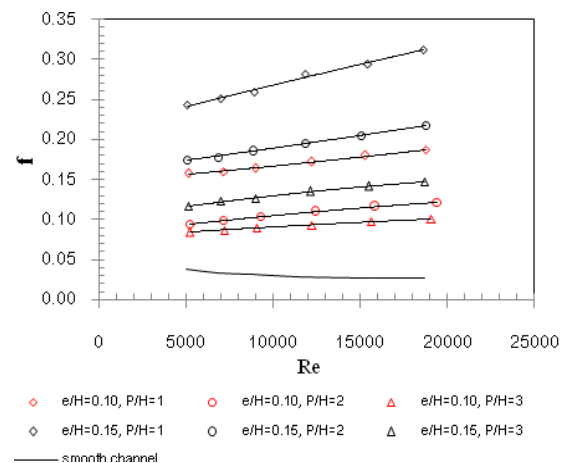
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์กับเลขเรย์โนลด์ กรณีช่องขนานที่มีการติดตั้งแผ่นกันรูปตัวเอส สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน (e/H) เท่ากับ 0.10 และ 0.15 สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน (P/H) เท่ากับ 1, 2 และ 3 จากการทดลองพบว่าเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเลขนัสเซลท์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.15$ และ สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ มีค่าเลขนัสเซลท์มากที่สุด ตามด้วย สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.10$ และ สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1, 2$ และ 3 ตามลำดับ

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์กับเลขเรย์โนลด์ของช่องขนานที่มีการติดแผ่นกันต่อท่อเปล่า จากการทดลองพบว่าแผ่นกันที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.15$ และ สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$

มีค่าเลขนัสเซลท์มากที่สุด ตามด้วยสัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.10$ และ สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ และที่สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H = 2$ และ 3 ตามลำดับ



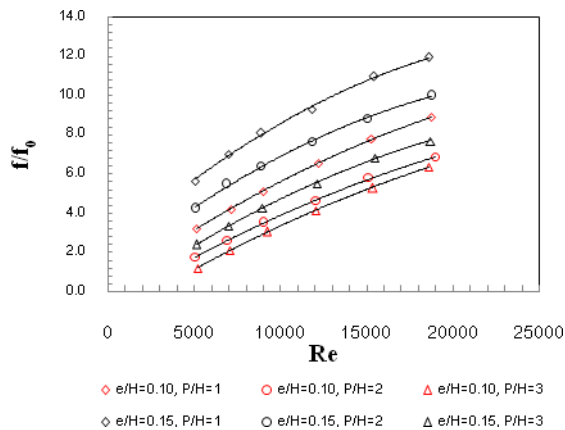
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขนัสเซลท์กับเลขเรย์โนลด์ของช่องขนานที่มีการติดแผ่นกันต่อท่อเปล่า



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์ กรณีช่องขนานที่มีการติดแผ่นกันรูปตัวเอส สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน (e/H) เท่ากับ 0.10 และ 0.15 สัดส่วนระยะพิตช์ต่อความสูงของช่องขนาน (P/H) เท่ากับ 1, 2 และ 3 จากการทดลองพบว่าเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นจะทำให้ตัวประกอบเสียดทานเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูง

ของช่องขนาน $e/H=0.15$ และสัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ มีตัวประกอบเสียดทานมากที่สุด ตามด้วยแผ่นกันที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.10$ และสัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ และที่สัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H = 2$ และ 3 ตามลำดับ



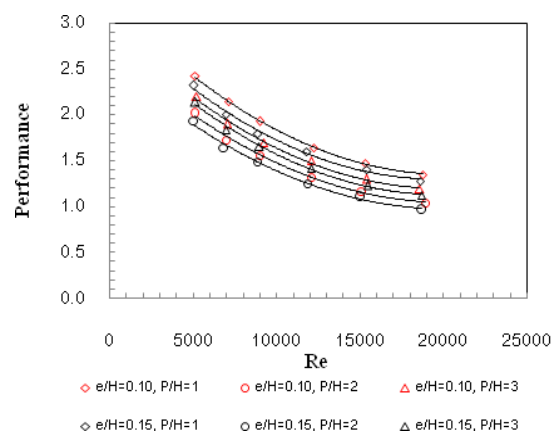
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์สของช่องขนานที่มีการติดแผ่นกันต่อท่อเปล่า

รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทานกับเลขเรย์โนลด์สของช่องขนานที่มีการติดแผ่นกันต่อท่อเปล่า เนื่องจากแผ่นกันมีการขวางการไหลทำให้เกิดแรงดันภายในที่สูญเสียภายในท่อทดสอบ จากการทดลองพบว่าแผ่นกันที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.15$ และ สัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1, 2$ และ 3 มีความเสียดทานมากกว่าท่อเปล่าประมาณ 11.92, 9.97 และ 7.65 เท่า ตามลำดับ

6.สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าช่องขนานที่มีการติดแผ่นกันรูปตัวเอส ที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.15$ และ สัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ ให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทานสูงสุด อาจเนื่องมาจากแผ่นกันที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.15$ และ สัดส่วน

ระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ ทำให้ระดับการไหลแบบปั่นป่วนเพิ่มขึ้นแต่อย่างไรก็ตามแผ่นกันที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.15$ และสัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ ก็ทำให้เกิดความดันสูญเสียที่มากขึ้นด้วยจึงทำให้ประสิทธิภาพที่ได้มีค่าน้อยกว่าที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.10$ และ สัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ และพบว่าช่องขนาน $e/H = 0.15$ และ $P/H = 1, 2$ และ 3 มีค่าเลขนัสเซลล์เฉลี่ยมากกว่าช่องขนานที่มีท่อเปล่าประมาณ 3.98, 3.29 และ 3.02 เท่า ตามลำดับ โดยตัวประกอบความเสียดทานเมื่อเทียบกับท่อเปล่าประมาณ 11.92, 9.97 และ 7.65 เท่า ตามลำดับ และช่องขนานที่มี $e/H = 0.10$ และ $P/H = 1, 2$ และ 3 มีค่าเลขนัสเซลล์เฉลี่ยมากกว่าช่องขนานท่อเปล่าประมาณ 3.73, 2.72 และ 2.46 เท่า ตามลำดับ โดยมีตัวประกอบเสียดทานเฉลี่ยมากกว่าช่องขนานท่อเปล่าประมาณ 8.87, 6.85 และ 6.32 เท่า ตามลำดับ เพราะฉะนั้นการใช้แผ่นกันที่สัดส่วนความสูงแผ่นกันต่อความสูงของช่องขนาน $e/H=0.10$ และสัดส่วนระยะพิชต์ต่อความสูงของช่องขนาน $P/H=1$ จะช่วยลดความดันสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาระหว่างแผ่นกันที่สัดส่วนความสูงและระยะพิชต์ ดูได้จากรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนกับเลขเรย์โนลด์

7. เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากวารสาร (Journal)

- [1] G. Tanda, (2004). Heat transfer in rectangular channel with transverse and V-shaped broken ribs, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 47, July 2003, pp. 229-243.
- [2] P.R. Chandra, C.R. Alexander, J.C. Han, (2003). Heat transfer and friction behaviour in rectangular channels with varying number of ribbed walls, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 46, June 2002, pp. 481-495.
- [3] Pongjet Promvonge, (2010). "Heat Transfer and Pressure Drop in a Channel with Multiple 60° V-baffles," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 37, May 2010, pp. 835-840.
- [4] J.L. Bhagoria, J.S. Saini, S.C. Solanki, (2002). "Heat Transfer Coefficient and Friction Factor Correlations for Rectangular Solar Air Heater Duct having Transverse Wedge Shaped Rib Roughness on the Absorber Plate," *Renewable Energy*, vol. 25, January 2001, pp. 341-369.
- [5] Karwa, S.C. Solanki, J.S. Saini, (1999). "Heat Transfer Coefficient and Friction Factor Correlations for the Transitional Flow Regime in Rib-Roughened Rectangular Ducts," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 42, July 1998, pp. 1597-1615.