

การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ด้วยแผ่นดูดซับความร้อนแบบร่องตัววี

Heat transfer augmentation in solar air heater with V-grooved absorber plate

พงษ์เจต พรหมวงศ์¹, ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์², อรรถพล ชัยมนัสกุล³, สืบสกุล คุรุรัตน์³ และ สมพล สกุลหลง^{3*}

Pongjet Promvonge¹, Panuwat Hoonpong², Attaphon Chaimanatsakun³, Suabsakul Gururatana³ and Sompol Skullong^{3*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

² สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี 15000

³ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี 20230

¹ Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok 10520

² Department of Mechanical Technology, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat
University, Lopburi 15000

³ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha
Campus, Chonburi 20230

Corresponding author: Tel.: 0841955912. E-mail address: sompol@eng.src.ku.ac.th

Abstract

This research paper presents a study on the effect of groove depth on heat transfer and flow characteristics in a solar air heater channel fitted with multiple V-grooves on the absorber plate. The channel has rectangular cross-section with uniform heat flux conditions. The experiments are carried out by varying airflow rate in term of Reynolds number ranging from 5300 to 22,600. The V-groove with a single transverse pitch to channel height ($P/H=PR$) of 0.8 and attack angle of (α) of 45° pointing upstream are mounted on the upper plate only (absorber plate). The effect of three groove depth to channel height ratio (d/H) of 0.32, 0.24 and 0.16 on heat transfer in terms of Nusselt number (Nu) and friction loss in terms of friction factor (f) are experimentally investigated. The experimental result shows that the V-grooves with $d/H = 0.32$ provides higher Nusselt number and friction factor than other V-grooves and the smooth channel and also provides highest thermal enhancement factor (TEF) than other V-grooves as well.

Keywords: Heat transfer, Solar air heater, V-groove, Absorber plate, Thermal performance

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาผลกระทบของควมลึกของร่องต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและการไหลในท่อเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ด้วยแผ่นดูดซับความร้อนเซาะร่องรูปตัววีแบบต่อเนื่อง การทดลองดำเนินการโดยใช้อัตรา การไหลของอากาศในช่วงเลขเรย์โนลด์ส 5300 ถึง 22,600 ร่องรูปตัววีที่มีระยะพิชต์ต่อความสูงท่อ ($P/H=PR$) เท่ากับ 0.8 และมุมปะทะการไหล (α) เท่ากับ 45 องศา โดยปลายตัววีชี้ทวนกระแสการไหลของอากาศและถูกติดตั้งด้านบนของช่อง ขนานเป็นแผ่นดูดซับความร้อน ในการทดลองทำศึกษาอิทธิพลอัตราส่วนความลึกของร่องต่อความสูงท่อ 3 ค่า คือ $d/H = 0.32, 0.24$ และ 0.16 ที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนโดยแสดงในเทอมของเลขนัสเซลท์ (Nusselt Number, Nu) และการสูญเสียความดันโดยแสดงในเทอมของตัวประกอบความเสียดทาน (Friction Factor, f) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเซาะร่องรูปตัววีที่อัตราส่วนความลึกของร่องต่อความสูงท่อ (d/H) เท่ากับ 0.32 ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าตัว ประกอบความเสียดทานสูงสุด โดยมีค่าสูงกว่าร่องรูปตัววีที่ความลึกอื่นๆ รวมทั้งแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ และยังให้ค่า สมรรถนะเชิงความร้อน (Thermal enhancement factor, TEF) สูงสุด

คำสำคัญ: การถ่ายเทความร้อน, เครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์, ร่องตัววี, แผ่นดูดซับความร้อน, สมรรถนะเชิงความร้อน

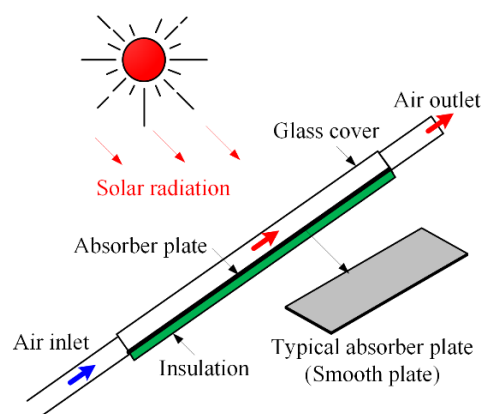
บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สำคัญและมีอยู่อย่างไม่จำกัดบนโลก ทั้งยังเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่ ก่อให้เกิดมลภาวะ ปัจจุบันมนุษย์มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง การนำพลังงานแสงอาทิตย์มา ใช้ประโยชน์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 Photovoltaic (PV) เป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตก กระบของแสงอาทิตย์บนวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีการใช้งานอย่าง กว้างขวางและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รูปแบบที่ 2 Solar Air Heater (SAH) หรือเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ [1-3] เป็นการใช้แผ่นดูดซับความร้อนรับแสงอาทิตย์ที่อยู่ในช่องทางการไหลและใช้ลมเป่าเพื่อนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ใน ด้านต่างๆ ให้แก่ชุมชน เช่น การอบแห้งอาหารและผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น โดยมีหลักการทำงานดังแสดงในภาพที่ 1 อย่างไรก็ตามเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ (SAH) ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเป็นแผ่นดูดซับความร้อนเป็นผิวเรียบ (smooth absorber plate) ซึ่งให้ค่าการถ่ายเทความร้อนค่อนข้างต่ำ นักวิจัยในหลายๆ ประเทศจึงมีการคิดค้นและปรับปรุงแผ่นดูด ซับความร้อนแบบต่างๆ เพื่อเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนให้แก่เครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้น การวิจัยในรูปแบบที่ 2 คือ เครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ (SAH) เนื่องจากมีการวิจัยและพัฒนาอย่างไม่กว้างขวางมากนัก เมื่อเทียบกับรูปแบบที่ 1 (PV)

ในอดีตที่ผ่านมา Rashidi et al. [4] ทำการรวบรวมและสรุปเกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อน ของแผ่นดูดซับความร้อนที่มีพื้นผิวขรุขระและพื้นผิวเป็นร่องบุ่ม (dimpled surface) แบบต่างๆ โดยพบว่า เครื่องอุ่น อากาศพลังแสงอาทิตย์แบบติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนที่มีพื้นผิวเป็นร่องบุ่มให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิง ความร้อนสูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ Jin et al. [5] ทำการทดลองโดยการเซาะร่องรูปทรงสามเหลี่ยมตามแนว ขวางทิศทางการไหลของอากาศ ผลการทดลองพบว่า การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น 350% เมื่อเทียบกับแผ่นดูดซับความ ร้อนเป็นผิวเรียบ Eiamsa-ard and Promvong [6] ศึกษาการถ่ายเทความร้อนและพฤติกรรมการไหลของอากาศที่ไหล ผ่านช่องขนานแบบร่องสี่เหลี่ยมวางแนวขวางด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข พบว่าช่องขนานแบบร่องสี่เหลี่ยมให้ค่าการถ่ายเท

ความร้อนเพิ่มขึ้น 158% โดยกรณีอัตราส่วนความกว้างของร่องต่อความสูงท่อมี่ค่ามากจะส่งผลให้ค่าตัวประกอบความเสียหายเพิ่มขึ้นด้วย Luo et al. [7] ทำการศึกษาด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลขโดยทำร่องบุมบนแผ่นดูดซับความร้อนร่วมกับการติดตั้งปีก ผลการจำลองพบว่าของไหลจะไหลลงผ่านร่องบุมและกวาดเอาความร้อนอุณหภูมิสูงบริเวณภายในร่องบุมออกสู่ทางออกท่อซึ่งเป็นการระบายความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามเมื่อร่องบุมมีความลึกมากเกินไปก็จะระบายความร้อนได้ไม่ดีเนื่องจากของไหลจะพาความร้อนในบริเวณที่มีส่วนลึกมากได้ไม่ทั่วถึง Chokphoemphun et al. [8] ทำการทดลองโดยเจาะร่องรูปทรงสามเหลี่ยมหน้าจั่วบนแผ่นดูดซับความร้อนวางแนวขวางทิศทางการไหลของอากาศ พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียหายเพิ่มขึ้นถึง 2 และ 3.9 เท่า เมื่อเทียบกับแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ ขณะที่สมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์มีค่าสูงถึง 1.45 ต่อมา Zhang et al. [9] ทำจำลองเชิงตัวเลขโดยทำร่องโค้งผสมกับร่องบุมบนแผ่นดูดซับความร้อนเพื่อเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนให้แก่เครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ การจำลองพบว่าร่องแบบผสมดังกล่าวให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อน 1.29

งานวิจัยในอดีตส่วนใหญ่เน้นศึกษาพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนด้วยการเจาะร่องที่วางในแนวขวาง (ทำมุม 90 องศา) กับทิศทางการไหลของอากาศโดยมีค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 1.49 ดังนั้นเพื่อเพิ่มระดับความปั่นป่วนให้แก่กระแสน้ำไหลของอากาศภายในท่ออันจะส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมถึงสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์สูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการเจาะร่องรูปแบบที่ต่างออกไป โดยทำการเจาะร่องเป็นรูปทรงตัววี (V-groove) ทำมุม 45° กับทิศทางการไหลของอากาศ และศึกษาอิทธิพลความลึกของการเจาะร่อง (groove depth, d) 3 ค่า คือ 4 mm, 6 mm, และ 8 mm หรือในรูปของอัตราส่วนความลึกต่อความสูงท่อ ($d/H = 0.16, 0.24$ และ 0.32) โดยใช้แผ่นฮีตเตอร์จำลองเป็นพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนแก่แผ่นดูดซับความร้อนในสภาวะฟลักซ์ความร้อนคงที่



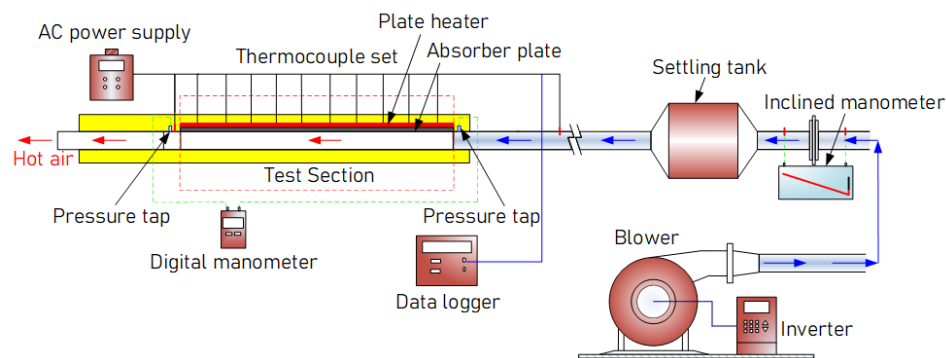
ภาพที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม (แผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ)

วิธีการวิจัย

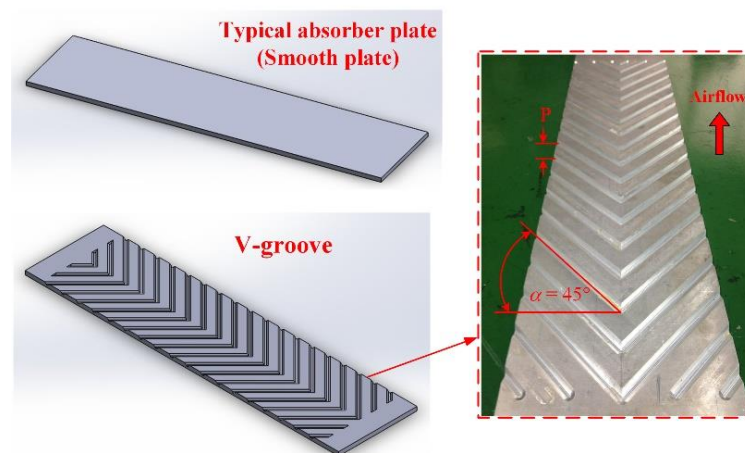
ชุดทดลองเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์แสดงดังภาพที่ 2 ประกอบด้วยพัดลม (Blower) ขนาด 3 kW เป็นตัวขับเคลื่อนการไหลของอากาศผ่าน Orifice meter ที่ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าสู่ชุดทดสอบ โดยมี Inclined manometer เป็นตัววัดความแตกต่างของความดันและใช้คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ จากนั้นอากาศจะไหลเข้าสู่ Settling tank ซึ่งมีหน้าที่จัดระเบียบการไหลของอากาศให้มีการไหลปั่นป่วนน้อยที่สุดและไหลเข้าสู่ชุดทดสอบแผ่นดูดซับความร้อนถูกทำให้ร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ติดตั้งที่ด้านบนแผ่นดูดซับความร้อนเพื่อจำลองเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนทดสอบมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนอย่างดีเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก เทอร์โมคัปเปิลชนิด T จำนวน 34 ตัว ใช้วัดอุณหภูมิทางเข้า ทางออก และอุณหภูมิผิวของแผ่นดูดซับความร้อน

โดยเชื่อมต่อและอ่านค่าจาก Data Logger (FLUKE 2680A) ความดันตกคร่อมระหว่างตำแหน่งทางเข้าและทางออกของส่วนทดสอบใช้ Digital manometer รุ่น TESTO 350-M/XL เป็นตัววัดค่า ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของเครื่องมือวัดใช้ค่าอ้างอิงจากเอกสารอ้างอิง [2,12]

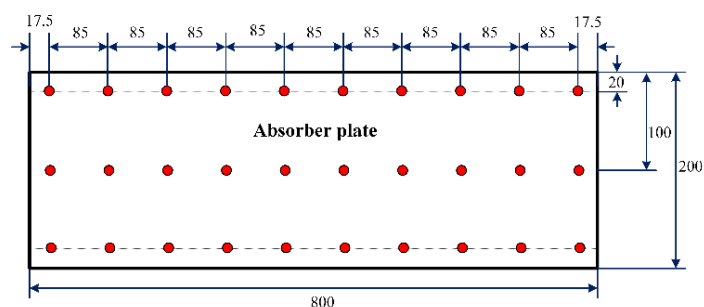
แผ่นดูดซับความร้อนทำจากอะลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้าง (W) = 200 mm ยาว (L) 800 mm ติดตั้งที่ด้านบนของท่ออุณหอากาศพลศาสตร์แสงอาทิตย์ โดยท่อมีความสูง (H) = 25 mm แผ่นดูดซับความร้อนมีการเจาะรูความลึก 4, 6 และ 8 mm โดยคิดเป็นอัตราส่วนความลึกต่อความสูงท่อ (d/H) = 0.16, 0.24 และ 0.32 ทำมุม $\alpha = 45^\circ$ กับทิศทางการไหลของอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3 การทดลองจะทำการเปรียบเทียบกับแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างและข้อได้เปรียบของแผ่นดูดซับความร้อนแบบเจาะรูเป็นรูปตัววี การวัดอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อนใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด T จำนวน 30 ตัว โดยมีจุดวัดและระยะห่างเป็นหน่วย มิลลิเมตร (mm) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 2 ชุดทดลองท่ออุณหอากาศพลศาสตร์แสงอาทิตย์และหลักการทำงาน



ภาพที่ 3 แผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบและแผ่นดูดซับความร้อนแบบเจาะรูเป็นรูปตัววี



ภาพที่ 4 จุดวัดอุณหภูมิบนแผ่นดูดซับความร้อน

ทฤษฎีการคำนวณของงานวิจัย

สมการพื้นฐานของการไหล การถ่ายเทความร้อน และตัวประกอบความเสียดทานของอากาศที่ไหลภายในท่อ จากเอกสารอ้างอิง [10,11] สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์และแสดงได้ดังนี้ สมดุลความร้อนระหว่างความร้อนที่อากาศได้รับ (Q_{air}) และการพาความร้อนภายในท่อ (Q_{conv})

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

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (h) หาค่าได้จาก

$$h = \frac{\dot{m} C_p (T_o - T_i)}{A(\bar{T}_w - T_b)} \quad (2)$$

เลขนัสเซิลต์เฉลี่ย (Nu) หาได้จาก

$$Nu = h D_h / k \quad (3)$$

การไหลของอากาศแสดงในเทอมของเลขเรย์โนลด์ที่ไหลภายในท่อเส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกสามารถเขียนได้เป็น

$$Re = \rho V D_h / \mu \quad (4)$$

ตัวประกอบความเสียดทาน (f) หาค่าได้จาก

$$f = \frac{2}{(L/D_h)} \frac{\Delta P}{\rho U^2} \quad (5)$$

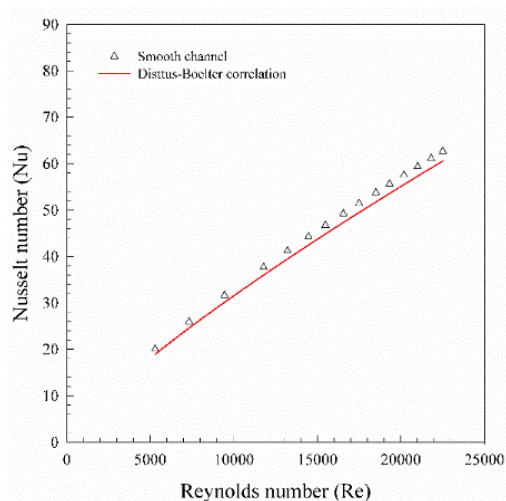
สมรรถนะเชิงความร้อน (TEF) คำนวณจากเอกสารอ้างอิง [12] ดังแสดงในสมการ

$$TEF = (Nu/Nu_0) / (f/f_0)^{0.755/2.738} \quad (6)$$

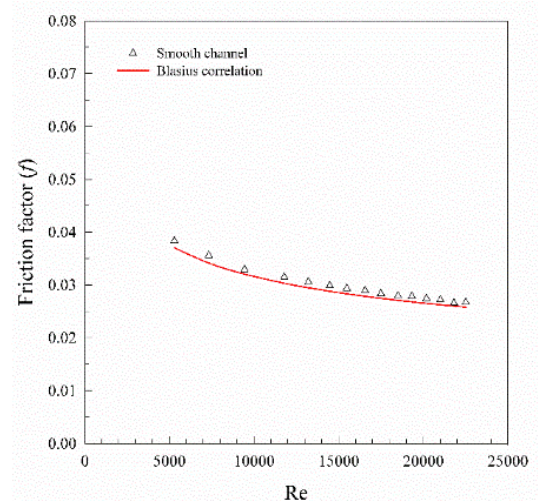
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

เพื่อความถูกต้องของชุดทดลองและผลการทดลอง การทดสอบแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบจะเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของ Dittus-Boelter ($Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}$) สำหรับการถ่ายเทความร้อนในเทอมของ Nu และสหสัมพันธ์ของ Blasius ($f = 0.316 Re^{-0.25}$) สำหรับตัวประกอบความเสียดทานในเทอมของ f จากเอกสารอ้างอิง [10,11]

ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบ Nu และ f ของผลการทดลองกับสหสัมพันธ์ของ Dittus-Boelter และ Blasius ตามลำดับ พบว่าค่า Nu มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 7.5% ขณะที่ f มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 8.6%



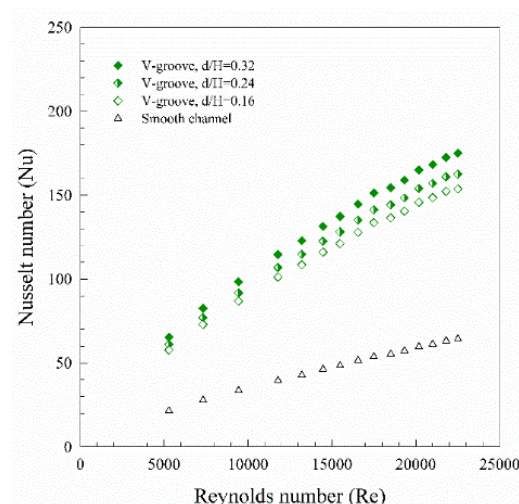
(ก)



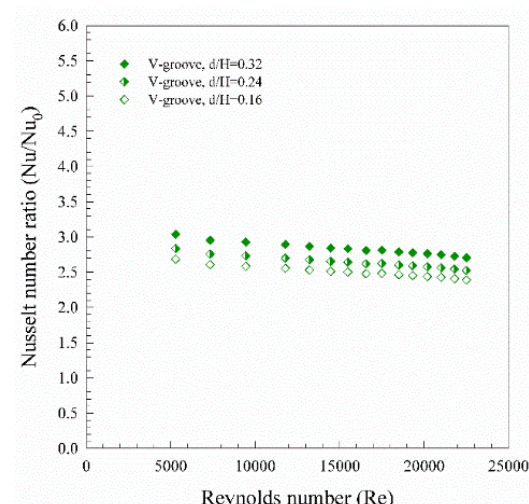
(ข)

ภาพที่ 5 การทดสอบ (ก) Nu และ (ข) f กับ Re กรณีติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ

ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนในท่อนของเลขนัสเซิลท์ (Nu) กับเลขเรย์โนลด์ (Re) แสดงดังภาพที่ 6(ก) จากการทดลองพบว่า ค่า Nu มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่า Re ที่เพิ่มขึ้น การเจาะรูรูปตัววี (V-groove) ที่อัตราส่วนความลึกต่อความสูงท่อ $d/H = 0.32$ มีค่า Nu สูงสุด เนื่องจากการเจาะรูที่มีความลึกมากช่วยเพิ่มระดับความปั่นป่วนภายในท่ออุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้การพาความร้อนเกิดขึ้นได้ดีกว่าการเจาะรูที่มีความลึกน้อยๆ โดย V-groove มีค่า Nu สูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบถึง 204% ภาพที่ 6(ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของ Nu/Nu_0 เทียบกับ Re พบว่า กรณีติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove มีการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ โดยที่ $d/H = 0.32, 0.24$ และ 0.16 มีค่า Nu/Nu_0 อยู่ในช่วง 2.71-3.04, 2.5-2.8 และ 2.4-2.68 ตามลำดับ แสดงถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่ามากกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ 2.68-3.04 เท่า



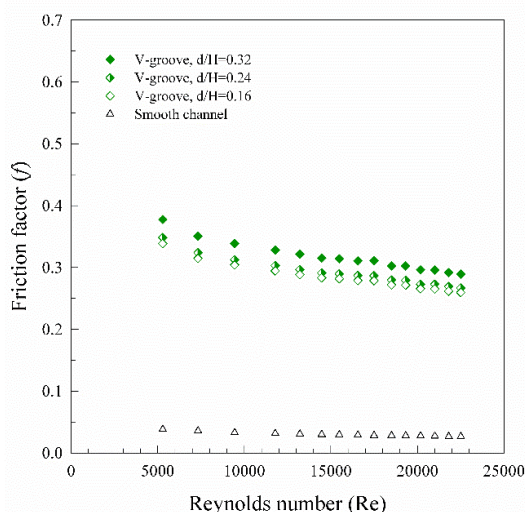
(ก)



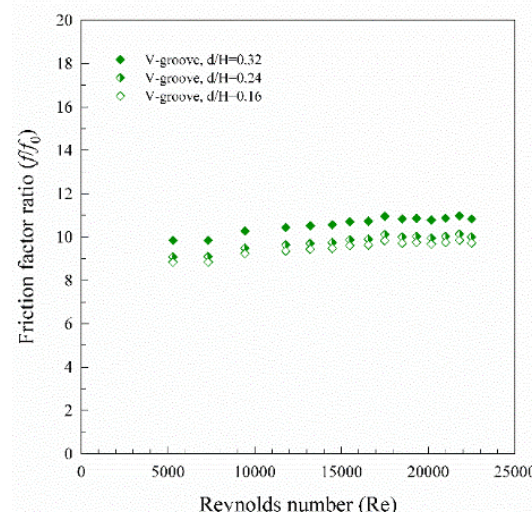
(ข)

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) Nu และ (ข) Nu/Nu_0 กับ Re กรณีติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove

ความสัมพันธ์ของตัวประกอบเสียดทาน (f) กับเลขเรย์โนลด์ (Re) แสดงในภาพที่ 7(ก) ผลการทดลองพบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove ช่วยเพิ่มระดับความปั่นป่วนภายในท่อส่งผลให้เกิดความต้านทานการไหลที่สูงขึ้นกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ โดยเฉพาะกรณีการเจาะร่องที่มีความลึกมากๆ ซึ่งมีค่าสูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบถึง 983% ภาพที่ 7(ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง f/f_0 กับ Re ผลการทดลองพบว่า f/f_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ Re แผ่นดูดซับความร้อน V-groove ที่อัตราส่วน $d/H = 0.32, 0.24$ และ 0.16 มีค่า f/f_0 อยู่ในช่วง 9.85-10.84 9.1-10 และ 8.84-9.7 ตามลำดับ แสดงถึงความเสียดทานเพิ่มขึ้นมากกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ 9.7-10.84 เท่า



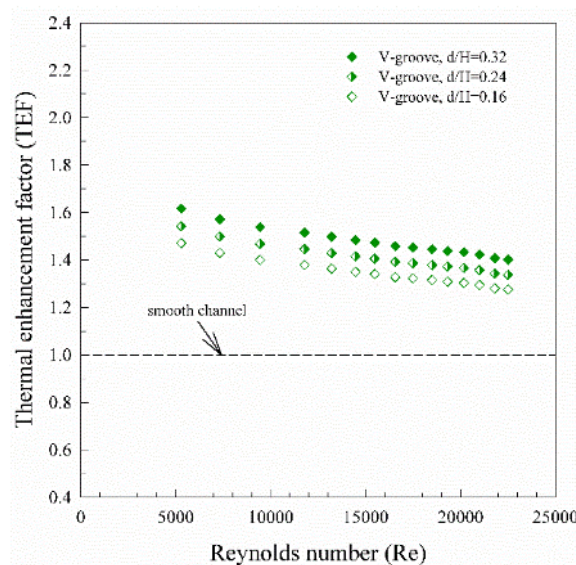
(ก)



(ข)

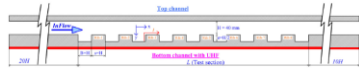
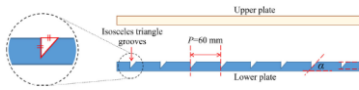
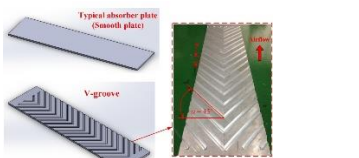
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) f และ (ข) f/f_0 กับ Re กรณีติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove

การประเมินผลสมรรถนะของเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์แสดงในทอมสมรรถนะเชิงความร้อน (TEF) จากสมการที่ (6) โดยคิดที่อัตราการเพิ่มขึ้นของการถ่ายเทความร้อน (Nu/Nu_0) และตัวประกอบความเสียดทาน (f/f_0) แสดงดังภาพที่ 8 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง TEF กับ Re จากภาพที่แสดงพบว่าค่า TEF ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของค่า Re การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove มีค่า TEF สูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบทุกกรณี โดยที่ $d/H = 0.32$ มีค่า TEF สูงสุดเท่ากับ 1.62 ซึ่งมีค่าสูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ 62% และมีค่าสูงกว่าแผ่นเจาะร่องที่วางในแนวขวาง (ทำมุม 90 องศา) กับทิศทางการไหลของอากาศจากเอกสารอ้างอิง [6,8,9] ประมาณ 8-20% ดังแสดงในตารางที่ 1 เนื่องจากการเจาะร่องรูปตัววีสามารถสร้างการไหลปั่นป่วนภายในท่ออุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ได้ดีกว่าการเจาะร่องที่วางในแนวขวางเป็นอย่างมากและมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง TEF กับ Re กรณีติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงความร้อนของงานวิจัยในอดีตกับงานวิจัยปัจจุบัน

ผู้แต่ง	ลักษณะของชุดทดลอง	สมรรถนะเชิงความร้อน (TEF)
Eiamsa-ard and Promvong [6]	ร่องสี่เหลี่ยมวงแนวขวาง 	1.33
Chokphoemphun et al. [8]	ร่องสามเหลี่ยมวงแนวขวาง 	1.49
Zhang et al. [9]	ร่องโค้งวงแนวขวางผสมกับร่องปุ่ม 	1.29
งานวิจัยปัจจุบัน (พรหมวงศ์ และคณะ)	ร่องรูปตัววีมุมทำ 45° 	1.62

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ตัวประกอบความเสียดทาน และสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove ที่มีอัตราส่วนความลึกต่างๆ ในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน ($Re = 5300-22,600$) แสดงให้เห็นถึงการติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove ให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มสูงขึ้นกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบถึง 204% และมีอัตราความเสียดทานเพิ่มขึ้น 983% อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวิเคราะห์ในแง่ของสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ พบว่า การติดตั้งแผ่นดูดซับความร้อน V-groove ที่อัตราส่วนความลึก $d/H = 0.32$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีการศึกษานี้ เนื่องจากให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.62 โดยมีค่าสูงกว่าแผ่นดูดซับความร้อนผิวเรียบ 62% และมีค่าสูงกว่างานวิจัยในอดีตจากเอกสารอ้างอิง [6-9]

อยู่ในช่วง 5-25% ซึ่งจะเป็นแนวทางให้ทีมผู้วิจัยรวมถึงนักวิจัยที่สนใจได้นำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแผ่นดูดซับความร้อนต่อไปในอนาคตให้มีค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงขึ้น เช่น การปรับเปลี่ยนระยะพิทช์ของร่องและมุมปะทะของร่อง เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ทำการถนอมอาหาร การอบแห้งผลผลิตทางการเกษตรภายในชุมชน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Dong, Z., Liu, P., Xiao, H., Liu, Z. and Liu, W. (2021). A study on heat transfer enhancement for solar air heaters with ripple surface. **Renewable Energy**. 172, 477-487.
- [2] Promvong, P., Promthaisong, P. and Skullong, S. (2022). Heat transfer augmentation in solar heat exchanger duct with louver-punched V-baffles. **Solar Energy**. 248, 103-120.
- [3] พร้อมไธสง, ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์, เพชรพิสิฐ เอี่ยมสอาด, นรินทร์ กุลนภาดล, พงษ์เจต พรหมวงศ์ และ สมพล สุกุลหลง. (2565). การศึกษาเชิงทดลองสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องอุ่นอากาศพลังแสงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งครีบบนแผ่นดูดซับความร้อน. **วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน**. 5 (1), 80-89.
- [4] Rashidi, S., Hormozi, F., Sundén, B. and Mahian, O. (2019). Energy saving in thermal energy systems using dimpled surface technology –A review on mechanisms and applications. **Applied Energy**. 250, 1491-1547.
- [5] Jin, D.X., Lee, Y.P. and Lee, D.Y. (2007). Effects of the pulsating flow agitation on the heat transfer in a triangular grooved channel. **International Journal of Heat and Mass Transfer**. 50, 3062-3071.
- [6] Eiamsa-ard, S. and Promvong, P. (2008). Numerical study on heat transfer of turbulent channel flow over periodic grooves. **International Communications in Heat and Mass Transfer**. 35, 844-852.
- [7] Luo, L., Wen, F., Wang, L., Sundén, B. and Wang, S. (2017). On the solar receiver thermal enhancement by using the dimple combined with delta winglet vortex generator. **Applied Thermal Engineering**. 111, 586-598.
- [8] Chokphoemphun, S., Hongkong, S., Thongdaeng, S. and Chokphoemphun, S. (2020). Experimental study and neural networks prediction on thermal performance assessment of grooved channel air heater. **International Journal of Heat and Mass Transfer**. 163, 120397.
- [9] Zhang, F., Liao, G. and Sundén, B. (2020). Numerical investigations on the effect of convexdimple streamwise arrangements on the flow and heat transfer characteristics of rectangular convex-dimple-grooved channels. **Numerical Heat Transfer, Part A: Applications**. 78, 443-460.
- [10] Incropera, F. and Dewitt P.D. (2006). **Introduction to Heat Transfer**. 5th edition. John Wiley & Sons Inc.

- [11] สมพล สกุลหลง. (2561). อุณหพลศาสตร์และกลศาสตร์ของไหลเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [12] Promvong, P., Promthaisong, P. and Skullong, S. (2022). Experimental and numerical thermal performance in solar receiver heat exchanger with trapezoidal louvered winglet and wavy groove. **Solar Energy**. 236, 153-174.