

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนแผงรับรังสีอาทิตย์โดยใช้ท่อดูดซับวัสดุพรุนสำหรับ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

สุรเดช สินจะโป๊ะ¹, จัตุพล ป้องกัน², ไพสิน หาญขุนทด² และ นิวัฒน์ เกตุชาติ^{3,*}

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

² สาขากระบวนการ คณะกระบวนการและการขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

³ สาขาวิศวกรรมพลังงานและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: niwat.ke@rmuti.ac.th โทรศัพท์: 084-4776972

(รับบทความ: 3 กุมภาพันธ์ 2569; แก้ไขบทความ: 25 มีนาคม 2569; ตอรับบทความ: 20 เมษายน 2569)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ถูกจัดทำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุพรุนที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนในแผงรับรังสีอาทิตย์โดยใช้ท่อดูดซับวัสดุพรุน การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ 1) แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 2) แผงรับรังสีอาทิตย์แบบท่อดูดซับวัสดุพรุน โดยใช้ตาข่ายสแตนเลสเกรด 304 ที่มีจำนวนขนาดช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (PPI) มี 4 ค่า คือ 12, 16, 20 และ 24 ถูกติดตั้งโดยใส่ภายในท่อโดยอัตราส่วนความสูงของแผ่นวัสดุพรุน เท่ากับ 1 อัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นวัสดุพรุน เท่ากับ 2 ความเข้มข้นของรังสีตกกระทบ เท่ากับ 600, 800 และ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ มี 3 ค่า คือ 0.01, 0.015 และ 0.02 กิโลกรัมต่อวินาที ผลการทดลองพบว่า แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อดูดซับวัสดุพรุนให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าแผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบในทุกสภาวะ โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ค่าสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 54.96 ที่ PPI เท่ากับ 12 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ 0.02 กิโลกรัมต่อวินาที และความเข้มข้นของรังสีตกกระทบ เท่ากับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร นอกจากนี้ยังสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าวัสดุพรุนมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพลังงานต่ำ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน แผงรับรังสีอาทิตย์ ท่อดูดซับวัสดุพรุน

การอ้างอิงบทความ: สุรเดช สินจะโป๊ะ, จัตุพล ป้องกัน, ไพสิน หาญขุนทด และ นิวัฒน์ เกตุชาติ, "การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนแผงรับรังสีอาทิตย์โดยใช้ท่อดูดซับวัสดุพรุนสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 3, หน้า 48-57, 2569.

Thermal Efficiency Enhancement in Solar Collectors Using Porous Duct Absorbers for a Solar Dryer

Suradech Sinjapo¹, Jattupon Pongkun², Pilin Hankhantod² and Niwat Ketchat^{3,*}

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

² Department of Railway Systems, Faculty of Railway Systems and Transportation,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

³ Department of Energy and Air Conditioning Engineering, Faculty of Engineering and Technology,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima

*Corresponding Author: niwat.ke@rmuti.ac.th, Tel: 084-4776972

(Received: February 3, 2026; Revised: March 25, 2026; Accepted: April 20, 2026)

Abstract

The objective of this research was to investigate the influence of porous media on the thermal efficiency of solar collectors using porous duct absorbers. The experiments were conducted under two configurations: 1) a flat-plate solar collector and 2) a collector equipped with porous duct absorbers. SUS 304 stainless steel wire mesh was used as the porous medium. Four pore densities of 12, 16, 20, and 24 pores per inch (PPI) were examined. The height ratio and pitch ratio were fixed at 1 and 2, respectively. The incident solar radiation intensities were set at 600, 800, and 1,000 W/m². Three mass flow rates of air consisting of 0.010, 0.015 and 0.020 kg/s were investigated. The experimental results revealed that the collector integrated with porous duct absorbers exhibited significantly higher thermal efficiency than the flat-plate collector under all operating conditions. Thermal efficiency increased with increasing air mass flow rate due to enhanced convective heat transfer. The maximum thermal efficiency of 54.96% was achieved at PPI = 12 and an air mass flow rate of 0.02 kg/s and an incident radiation intensity of 1,000 W/m². In addition, the porous duct absorbers effectively reduced the moisture content of the dried product. These findings indicate that porous duct absorbers have strong potential for improving solar drying systems and low-temperature heat exchange applications.

Keywords: Thermal Efficiency, Solar Collectors, Porous Duct Absorbers

Please cite this article as: S. Sinjapo, J. Pongkun, P. Hankhantod and N. Ketchat, "Thermal Efficiency Enhancement in Solar Collectors Using Porous Duct Absorbers for a Solar Dryer," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 4, no. 3, pp. 48-57, 2026.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการนำมาใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนผ่านแผงรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานรังสีและถ่ายเทความร้อนไปยังของไหลภายในระบบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านการผลิตน้ำร้อน การให้ความร้อน และกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบซึ่งนิยมใช้งานทั่วไปยังคงมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อน เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนออกมาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์จึงเป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพลังงานต่ำ งานวิจัยที่ผ่านมาเสนอแนวทางการปรับปรุงหลายรูปแบบ เช่น การเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวดูดซับและการปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลของอากาศให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน [1] หนึ่งในเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องคือการประยุกต์ใช้วัสดุพรุน เนื่องจากวัสดุพรุนมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง สามารถเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนและส่งเสริมการพาความร้อนของอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยของ Bashria and Nor [2] รวมถึง Yousef and Adam [3] พบว่าการติดตั้งวัสดุพรุนภายในแผงรับรังสีอาทิตย์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแผงรับรังสีแบบไม่ใช้วัสดุพรุน นอกจากนี้ Saravanakumar and Mayilsamy [4] และ Lalji et al. [5] พบว่าวัสดุพรุนหรือวัสดุสะสมความร้อนมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ ขณะที่ Velmurugan and Ramesh [6] รวมถึง Kapardar and Sharma [7] พบว่าการใช้หลอดตาข่ายเป็นวัสดุพรุนสามารถเพิ่มอุณหภูมิของตัวดูดกลืนรังสีและประสิทธิภาพโดยรวม

ของระบบได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความพรุนอาจส่งผลให้ความต้านทานการไหลและการสูญเสียความดันในระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาควบคู่กันในการประยุกต์ใช้งาน งานวิจัยของ สังวาลย์ บุญจันทร์ และคณะ [8] พบว่าวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสมีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการถ่ายเทความร้อน แต่ต้องคำนึงถึงผลกระทบด้านความดันสูญเสียเหมือนกัน ธนกร หอมจำปา และคณะ [9] พบว่าการติดตั้งวัสดุพรุนในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเพิ่มสมรรถนะของระบบและลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ ยุธนา ศรีอุดม และคณะ [10] ศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนกับเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อนพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หินพัมมิสเป็นตัวสะสมความร้อน จะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องอบแห้งพริกด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวสะสมความร้อน

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการศึกษาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบหรือช่องทางไหลพื้นฐาน ขณะที่การศึกษาแผงรับรังสีอาทิตย์แบบท่อดูดซับความร้อนร่วมกับวัสดุพรุน โดยเฉพาะอิทธิพลของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (PPI) และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ($\dot{m}$) ต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ (η_{coll}) และค่าความชื้นในวัสดุ (M_d) ยังมีการรายงานค่อนข้างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุพรุนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์และประเมินศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพลังงานต่ำ

บทความวิจัย (Research Article)

2. ทฤษฎีและการคำนวณ

2.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ (Collector Efficiency, η_{coll}) จำเป็นต้องคำนวณประสิทธิภาพของแผงเก็บรังสีอาทิตย์คืออัตราส่วนระหว่างอัตราของความร้อนที่มีประโยชน์ที่ถ่ายโอนโดยการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ ดังแสดงในสมการดังต่อไปนี้

$$\eta_{coll} = \frac{\text{Heat energy out}}{\text{Heat energy in}} = \frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{Q}_{in}} \quad (1)$$

เมื่ออัตราความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ ($\dot{Q}_{out}$) [11] สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m} c_p (T_o - T_i) \quad (2)$$

จากสมการ (2) แสดงค่าความร้อนถูกดึงออกมาจากแผงรับรังสีอาทิตย์ในอัตราที่สามารถวัดได้โดยใช้ปริมาณความร้อนที่ส่งไปยังของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับรังสีอาทิตย์และมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับความร้อนที่แผงรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ($\dot{Q}_{in}$) [12] สามารถหาได้จากสมการที่ (3)

$$\dot{Q}_{in} = G_T A_c \quad (3)$$

ดังนั้นค่าประสิทธิภาพแผงรับรังสีอาทิตย์ [13] สามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$\eta_{coll} = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{G_T A_c} \quad (4)$$

เมื่อ

η_{coll} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, (%)

$\dot{Q}_{out}$ คือ พลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์, (W)

$\dot{Q}_{in}$ คือ พลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์, (W)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, (kg/s)

c_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, (J/kg K)

T_i คือ อุณหภูมิทางเข้า, (K)

T_o คือ อุณหภูมิทางออก, (K)

A_c คือ พื้นที่ของแผงเก็บรังสี, (m²)

G_T คือ ค่าความเข้มของพลังงาน, (W/m²)

2.2 การหาความชื้นในผลิตภัณฑ์

ความชื้นในผลิตภัณฑ์ คือ ตัวบ่งชี้ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ เมื่อเทียบกับมวลของผลิตภัณฑ์ขึ้นหรือแห้ง สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ 2 แบบ ดังสมการที่ (5) และ (6)

ความชื้นมาตรฐานเปียก [14]

$$M_w = \left(\frac{w - d}{w} \right) \quad (5)$$

บทความวิจัย (Research Article)

ความชื้นมาตรฐานแห้ง [14]

$$M_d = \left(\frac{w - d}{d} \right) \quad (6)$$

เมื่อ

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง,
(% wet basis)

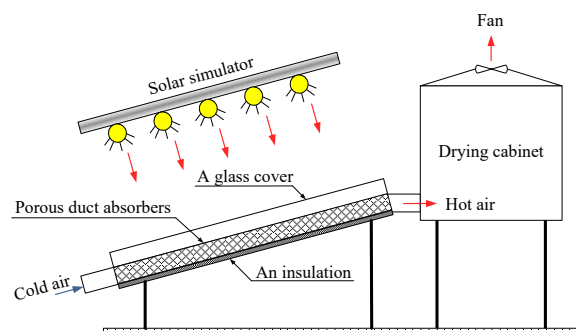
M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก,
(% dry basis)

d คือ มวลวัสดุแห้ง, (kg)

w คือ มวลวัสดุเปียก, (kg)

3. ชุดทดลองและวิธีการทดลอง

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของชุดทดลองแผงรับรังสีอาทิตย์ มีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ชุดทดลองแผงรับรังสีอาทิตย์ ชุดแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมและพัดลมดูดอากาศ โดยประยุกต์ใช้กับห้องอบแห้งขนาดพื้นที่ 0.5 m² ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหมูมวล 0.250 kg ขนาดเนื้อหมูที่ใช้ในการทดลองมีความกว้าง 1.5 cm ยาว 10 cm หนา 1.5 cm การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ การทดลองเครื่องอบแห้งกรณีแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ และแบบท่อดูดซับวัสดุพูน ตามลำดับ ซึ่งวัสดุพูนจะถูกใส่เข้าไปในท่อดูดซับความร้อน เพื่อรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์แล้วทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศจากทางเข้าเครื่องอบแห้ง ที่ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ($\dot{m}$) เท่ากับ 0.01, 0.015 และ 0.02 kg/s ตามลำดับ การทดลองเริ่มต้นด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดค่าต่าง ๆ ให้ครบทุกจุด จากนั้นทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 1 ชุดทดลองแผงรับรังสีอาทิตย์

โครงสร้างของแผ่นเก็บรังสีอาทิตย์มีขนาดความกว้าง 0.65 m และความยาว 1 m ตามลำดับ ทำมาจากอลูมิเนียมพร้อมทั้งหุ้มฉนวนหนา 5 mm เพื่อลดการสูญเสียความร้อน ดังรูปที่ 2 คือ ก) แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ข) แผงรับรังสีอาทิตย์แบบท่อดูดซับวัสดุพูน โดยแผ่นหยักแบบฟันเลื่อยจะติดตั้งในท่อดูดซับความร้อนที่มีขนาด กว้าง 100 mm สูง 70 mm ยาว 1,000 mm ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยที่แผงรับรังสีอาทิตย์จะถูกติดตั้งท่อดูดซับวัสดุพูนภายในแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้งหมดจำนวน 6 ท่อ โดยวัสดุพูนแผ่นหยักแบบฟันเลื่อยทำจากตาข่ายสแตนเลสเกรด 304 ที่มีจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งหน่วยนิ้ว (Pores per inch, PPI) เท่ากับ 12, 16, 20 และ 24 โดยที่คุณสมบัติของตาข่ายสแตนเลส เกรด SUS304 ดังแสดงในตารางที่ 1 ที่มีสัดส่วนระยะพิตช์ (Pitch ratios, $p/H = PR$) คือ 2 และอัตราส่วนระหว่างความสูงของคลื่นต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (High ratio, $h/H = HR = 1$) และการกำหนดชื่อเรียกของแผงรับรังสีอาทิตย์ ดังแสดงในตารางที่ 2

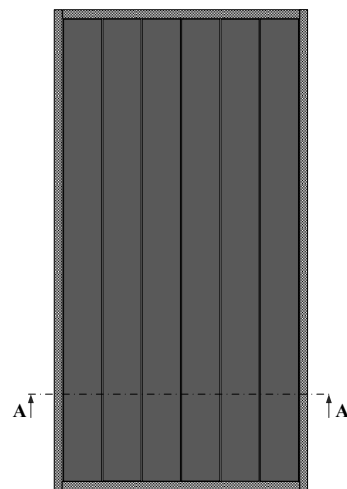
บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของตาข่ายสแตนเลส เกรด SUS304

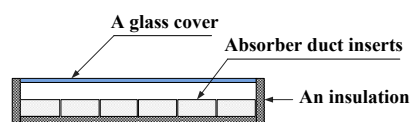
Pores per inch (PPI)	Wire-mesh diameter (mm)	Porosity (f)
12	0.61	0.77
16	0.61	0.70
20	0.61	0.62
24	0.61	0.55

ตารางที่ 2 การกำหนดชื่อเรียกของแผงรับรังสีอาทิตย์

ชื่อเรียก	รูปแบบ	PPI
FP	Flat plate	-
DA	Duct absorber	-
PDA12	Porous duct absorber	12
PDA16	Porous duct absorber	16
PDA20	Porous duct absorber	20
PDA24	Porous duct absorber	24



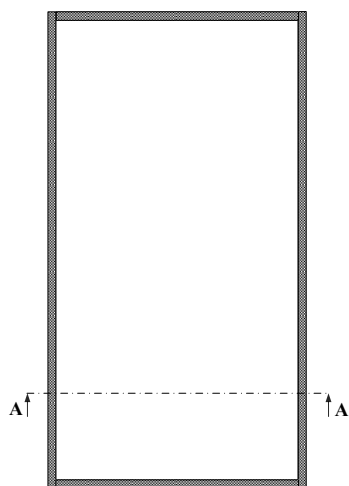
Top view



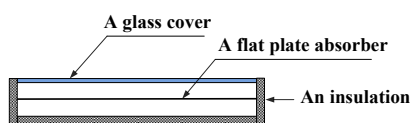
Section A - A

ข) แผงรับรังสีอาทิตย์แบบท่อดูดซับวัสดุพรุน

รูปที่ 2 แผงรับรังสีอาทิตย์

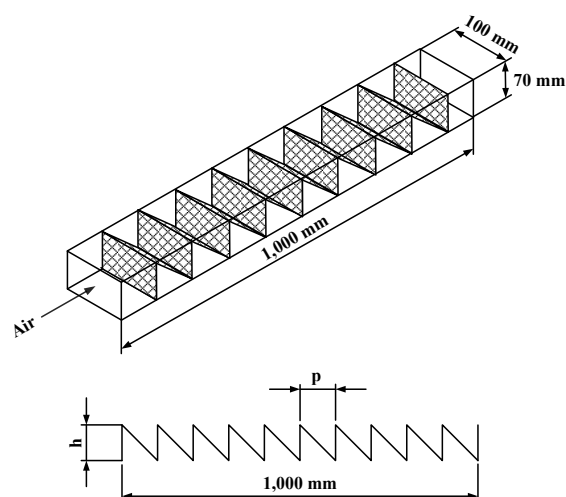


Top view



Section A - A

ก) แผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ



รูปที่ 3 ท่อดูดซับวัสดุพรุนที่ติดตั้งแผ่นหยักแบบฟันเลื่อย

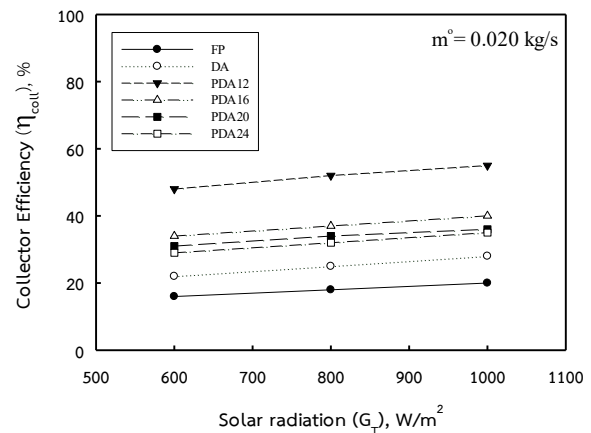
สรุป สันจะโป๊ะ และคณะ, การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนแผงรับรังสีอาทิตย์โดยใช้ท่อดูดซับวัสดุพรุนสำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

บทความวิจัย (Research Article)

4. ผลการทดลอง

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ (η_{coll}) กับค่าความเข้มของพลังงาน (G_T)

ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{coll} กับ G_T ที่สภาวะ $\dot{m}$ เท่ากับ 0.02 kg/s จากการทดลองพบว่าเมื่อ G_T เพิ่มขึ้นจาก 600 - 1,000 W/m² ค่า η_{coll} เพิ่มขึ้นในทุกกรณี เนื่องจาก G_T ที่สูงขึ้นทำให้พลังงานความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยแผงรับรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนสู่อากาศภายในระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งวัสดุพรุนที่มีค่า PPI ต่ำให้ค่าของ η_{coll} สูงที่สุด เนื่องจากโครงสร้างที่มีค่าความพรุนสูงและช่องว่างขนาดใหญ่ช่วยส่งเสริมการผสมของการไหลและเพิ่มการสัมผัสระหว่างอากาศกับพื้นผิวถ่ายเทความร้อนภายในวัสดุพรุน ขณะที่การเพิ่มค่า PPI แม้จะเพิ่มพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน แต่โครงสร้างช่องว่างที่เล็กลงอาจลดประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนโดยรวมเมื่อเทียบกับวัสดุที่มี PPI ต่ำ ซึ่งเหมาะกับการทำงานในช่วงอัตราการไหลต่ำมากกว่า แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bashria and Nor [2] และ Yousef and Adam [3] ที่รายงานว่า การติดตั้งวัสดุพรุนสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนและส่งเสริมการผสมของการไหลภายในแผงรับรังสีอาทิตย์ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้พบว่าวัสดุพรุน PDA12 ให้สมรรถนะสูงสุด แสดงให้เห็นว่าการเลือกค่าความพรุนที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบมากกว่าการเพิ่มพื้นที่ผิวเพียงอย่างเดียว แสดงได้ดังรูปที่ 4



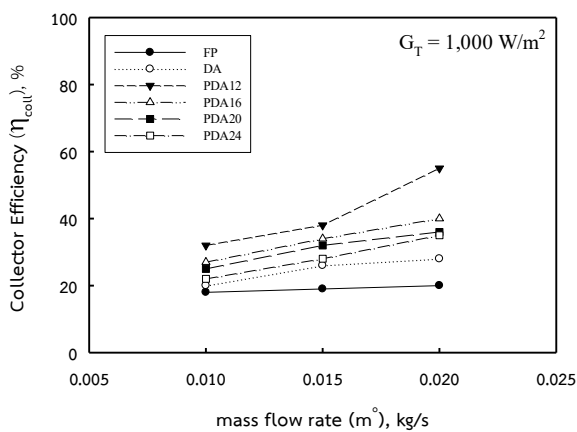
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{coll} กับ G_T

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ (η_{coll}) กับอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ($\dot{m}$)

ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{coll} กับ $\dot{m}$ ที่สภาวะ G_T เท่ากับ 1,000 W/m² ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าเมื่อ $\dot{m}$ เพิ่มขึ้นจาก 0.01 - 0.02 kg/s ค่า η_{coll} เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกกรณี เนื่องจาก $\dot{m}$ เพิ่มขึ้นจะทำให้การพาความร้อนแบบบังคับเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้สามารถดึงความร้อนออกจากผิวท่อดูดซับความร้อนได้มากขึ้น และลดการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมสำหรับกรณีวัสดุพรุนพบว่าเมื่อ $\dot{m}$ เพิ่มขึ้นยังช่วยการผสมของการไหลที่ดีขึ้น ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเรียบ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำงานในช่วงอัตราการไหลต่ำถึงปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saravanakumar and Mayilsamy [4] รวมถึง Lalji et al. [5] ซึ่งรายงานว่า $\dot{m}$ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์ โดยการเพิ่มอัตราการไหลช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแบบบังคับและลดการสะสมความร้อน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแผงรับรังสีอาทิตย์

บทความวิจัย (Research Article)

แบบแผ่นเรียบ พบว่าการติดตั้งท่อดูดซับวัสดุพรุนให้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าในทุกช่วงของอัตราการไหลเนื่องจากโครงสร้างวัสดุพรุนช่วยกระตุ้นการไหลแบบปั่นป่วนและเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนภายในช่องทางไหล ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงแสดงให้เห็นว่าการผสมผสานระหว่างโครงสร้างวัสดุพรุนและอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้อย่างมีนัยสำคัญ แสดงได้ดังรูปที่ 5

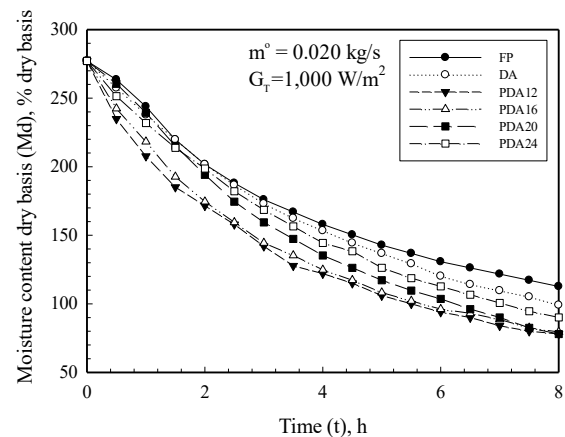


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง η_{coll} กับ $\dot{m}$

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผลิตภัณฑ์ (M_d) กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (t)

ความสัมพันธ์ระหว่าง M_d กับ t ที่สภาวะ $\dot{m}$ เท่ากับ 0.02 kg/s และ G_T เท่ากับ 1,000 W/m² ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าแผงรับรังสีอาทิตย์แบบท่อดูดซับวัสดุพรุนสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วกว่ากรณีแผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบและแบบท่อดูดซับที่ไม่ใช้วัสดุพรุน โดยกรณีที่ใช้วัสดุพรุนที่มีค่า PPI = 12 (PDA12) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงเร็วที่สุด สามารถอธิบายได้จากอุณหภูมิของอากาศร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นตามผลการทดลองด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อน ซึ่งส่งผลให้การถ่ายเทมวล

ระหว่างผลิตภัณฑ์และอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการระเหยของความชื้นเกิดขึ้นได้รวดเร็ว นอกจากนี้การไหลของอากาศผ่านโครงสร้างวัสดุพรุนยังช่วยเพิ่มการพาความร้อนออกจากผิวผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้กระบวนการอบแห้งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้ามวัสดุพรุนที่มีค่า PPI สูงให้การลดลงของความชื้นช้ากว่า เนื่องจากประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่ลดลง แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธนกร หอมจำปา และคณะ [9] และ ยุธนา ศรีอุดม และคณะ [10] ที่รายงานว่า การใช้วัสดุพรุนเป็นตัวสะสมความร้อนในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนและช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ แสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง M_d กับ t

5. สรุปผลการทดลอง

แผงรับรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อดูดซับวัสดุพรุนจะมีค่า η_{coll} สูงกว่าแผงรับรังสีแบบแผ่นเรียบและท่อดูดซับที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรุนอย่างชัดเจนทุกกรณี โดยที่ค่า η_{coll} จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม $\dot{m}$ และ G_T ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่โครงสร้างของวัสดุพรุนที่มีค่า PPI ต่ำ

บทความวิจัย (Research Article)

จะมีค่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่า โดยค่า η_{coll} สูงสุดเท่ากับ 54.96% เกิดขึ้นที่ค่า $PPI = 12$, $\dot{m} = 0.020$ kg/s และ $G_T = 1,000$ W/m² ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการติดตั้งวัสดุพรุนในท่อดูดซับความร้อนสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนและส่งเสริมการพาความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาแผงรับรังสีอาทิตย์และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพลังงานต่ำ รวมทั้งมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และระบบแลกเปลี่ยนความร้อนอุณหภูมิต่ำ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ตามคำรับรองการปฏิบัติตามเงื่อนไขของการอนุมัติงบประมาณโครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 เลขที่ FF68/NKR/134

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Promvong and S. Skullong, "Thermal characteristics in solar air duct with V-shaped flapped-baffles and chamfered-grooves," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 172, Art. no. 121220, Jun. 2021. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121220
- [2] A. A. Y. Bashria and M. A. Nor, "Analysis of single and double passes V-grooves solar collector with and without porous media," *Int. J. Eng. Environ.*, vol. 1, no. 2, pp. 109–114, 2007.
- [3] B. A. A. Yousef and N. M. Adam, "Performance analysis for flat plate collector with and without porous media," *J. Energy South. Afr.*, vol. 19, no. 4, pp. 32–42, Nov. 2008.
- [4] P. T. Saravanakumar and K. Mayilsamy, "Forced convection flat plate solar air heaters with and without thermal storage," *J. Sci. Ind. Res.*, vol. 69, no. 12, pp. 966–968, Dec. 2010.
- [5] M. K. Lalji et al., "Experimental investigations on packed bed solar air heater," *Curr. World Environ.*, vol. 6, no. 1, pp. 151–157, Nov. 2011. DOI: 10.12944/CWE.6.1.22
- [6] P. Velmurugan and P. Ramesh, "Evaluation of thermal performance of wire mesh solar air heater," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 12–14, Jan. 2011.
- [7] A. K. Kapardar and R. P. Sharma, "Experimental investigation of solar air heater using porous medium," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 387–396, May–Aug. 2012.
- [8] สักวาสิทธิ์ บุญจันทร์ และคณะ, "ผลกระทบของความพรุนตาข่ายสแตนเลสต่อการส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่มีอากาศไหลผ่านในช่วงปั่นป่วน," ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 36*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2565, หน้า 1118–1128.

บทความวิจัย (Research Article)

- [9] ชนกร หอมจำปา และคณะ, “สมรรถนะเครื่อง
อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับรังสีอาทิตย์
แบบผสมด้วยวัสดุพูน: กรณีศึกษาอบตะไคร้,”
วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 2,
ฉบับที่ 3, หน้า 105–116, ก.ย.-ธ.ค. 2564.
- [10] ยุธนา ศรีอุดม และคณะ, “การศึกษาเชิงทดสอบ
อบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงาน
แสงอาทิตย์โดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวกักเก็บความ
ร้อน,” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
รัตนโกสินทร์, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 21–33,
ม.ค.-เม.ย. 2567.
- [11] Y. A. Cengel and M. A. Boles,
*Thermodynamics: An Engineering
Approach*, 7th ed., New York, NY, USA:
McGraw-Hill, 2011.
- [12] S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering:
Processes and Systems*, 2nd ed., Oxford,
U.K.: Academic Press, 2014.
- [13] J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Solar
Engineering of Thermal Processes*, 4th
ed., Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2013.
- [14] A. S. Mujumdar, *Handbook of Industrial
Drying*, 3rd ed., Boca Raton, FL, USA: CRC
Press, 2007.