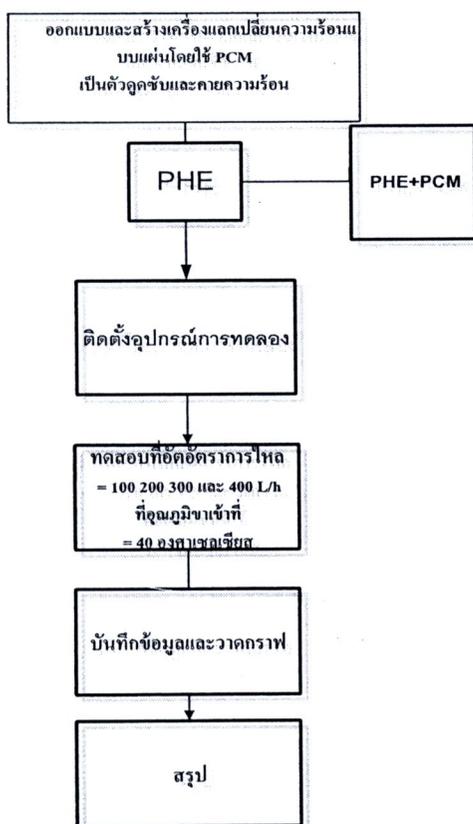


บทที่ 2

วิธีการดำเนินการดำเนินและผลการวิจัย

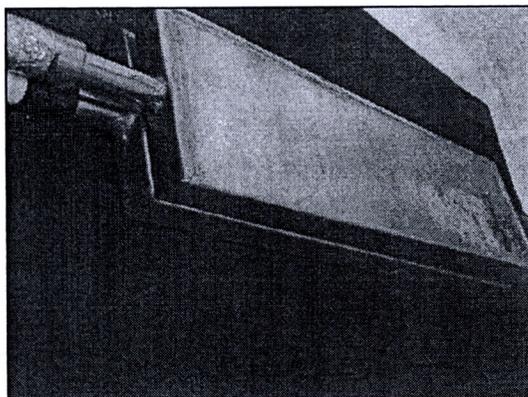
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยจะนำเทคโนโลยีการสะสมความร้อนของการใช้งานวัสดุเปลี่ยนสถานะนำมาเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate heat exchanger) สำหรับการประยุกต์ใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้การทดสอบร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate heat exchanger) โดยมีการกำหนดอุณหภูมิการทำงานที่ 40°C และมีการทดสอบเปรียบเทียบระบบที่พัฒนาขึ้นกับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบเดิมเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงาน โดยวิธีการและขั้นตอนการทดลองแสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนการทดลองมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ การสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเพื่อใช้ในการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบ่งเป็น 1 ส่วนได้แก่ 1) การทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้น้ำในการระบายความร้อน โดยรูปแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการทดลองแสดงดังภาพที่ 2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ใช้ในการทดลอง มีขนาด 8cm x 30cm x 1cm



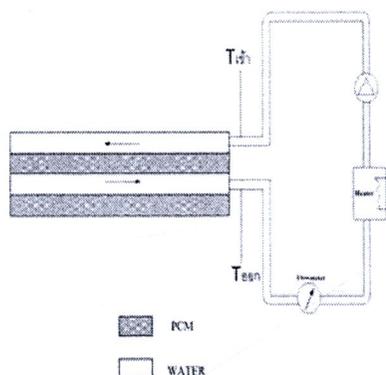
ภาพที่ 2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนร้อนแบบแผ่น

ในระบบโดยใช้น้ำร้อนเป็นแหล่งความร้อนในระบบ สำหรับระบบแลกเปลี่ยนความร้อนจะใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน และ จะใช้สารเปลี่ยนสถานะประเภท Salt hydrat ชนิด S44 ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) มีจุดหลอมเหลว $40-44^\circ\text{C}$ ปริมาณ 192 กรัม ในการทดลองกำหนดอัตราการไหลของน้ำร้อนที่ 100,200,300 และ 400 L/h ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะจะพิจารณาและเปรียบเทียบจากผลของความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนและการกักเก็บความร้อน เทียบกับเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงที่ ตัวแปรสำคัญสำหรับการพิจารณากระบวนการการถ่ายเทความร้อน เกี่ยวข้องกับพื้นที่การถ่ายเทความร้อน มวลของสารเปลี่ยนสถานะ และค่าการกักเก็บความร้อน สำหรับค่าการกักเก็บความร้อนของวัสดุเปลี่ยนสถานะ

2.1.1 ระบบและการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

ระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้มีการออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อทดลองและพิจารณาผลของระบบกับเก็บและถ่ายเทความร้อนในระบบกักเก็บความร้อน โดยรายละเอียดของ

ระบบแสดงดังภาพที่ 2.2 และรายละเอียดภายในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการรวมวัสดุเปลี่ยนสถานะเข้าด้วยกันแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ระบบและการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

2.2 ผลการวิจัย

2.2.1 กระบวนการกักเก็บความร้อนและกระบวนการคายความร้อน

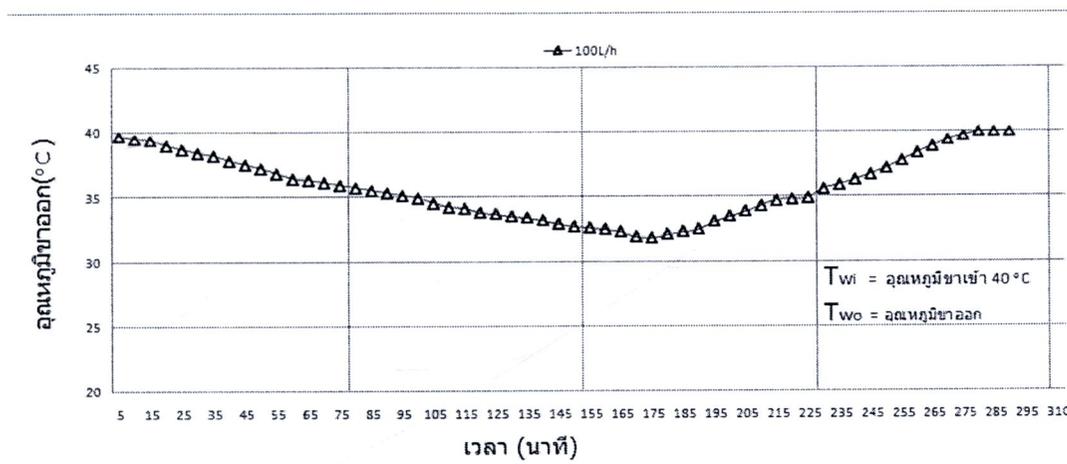
การทดลองเริ่มต้นทำการทดลองที่วัสดุเปลี่ยนสถานะอยู่ในสถานะของแข็งที่ค่าความร้อนสมดุล ณ อุณหภูมิห้องทดลอง ($29-32^{\circ}\text{C}$) ให้น้ำร้อนไหลผ่านในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 4 อัตราไหลที่ 100, 200, 300, และ 400 L/h ทำการทดลองที่ (40°C) โดยสภาวะการกักเก็บและคายความร้อนสามารถพิจารณาจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างน้ำขาออกที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

จากผลการทดลองสามารถสรุปความสัมพันธ์ อุณหภูมิ ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของกระบวนการสะสมความร้อนของระบบ พบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและสารทำงานที่ไวแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ สำหรับการทดลองได้ทำซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำ เพื่อดูกระบวนการกักเก็บและการคายความร้อน

2.2.2 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน

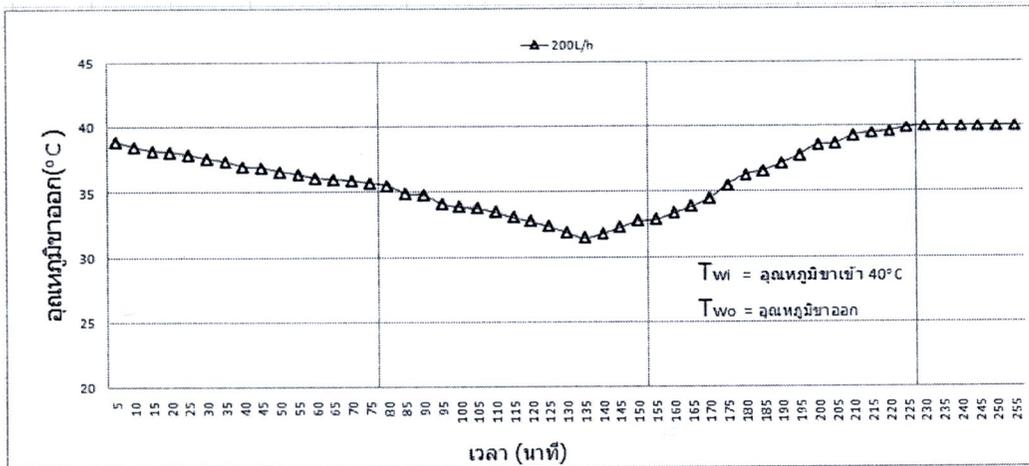
กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แล้วเกิดผลการเปลี่ยนสถานะของ PCM ขึ้นดูได้จากภาพที่ 2.4 ในการทดลองของที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40°C เกิดการเปลี่ยนสถานะของ PCM ในอัตราการไหลที่แตกต่างกัน 100, 200, 300, และ 400 L/h โดยการวัดอุณหภูมิขาออก ทุกๆ 5 นาที

การเริ่มกระบวนการวัดจะเริ่มขึ้นหลังจากอุณหภูมิของอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยเฉลี่ยของพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งอุณหภูมิของ PCM จะอยู่ที่ 29 - 32 °C



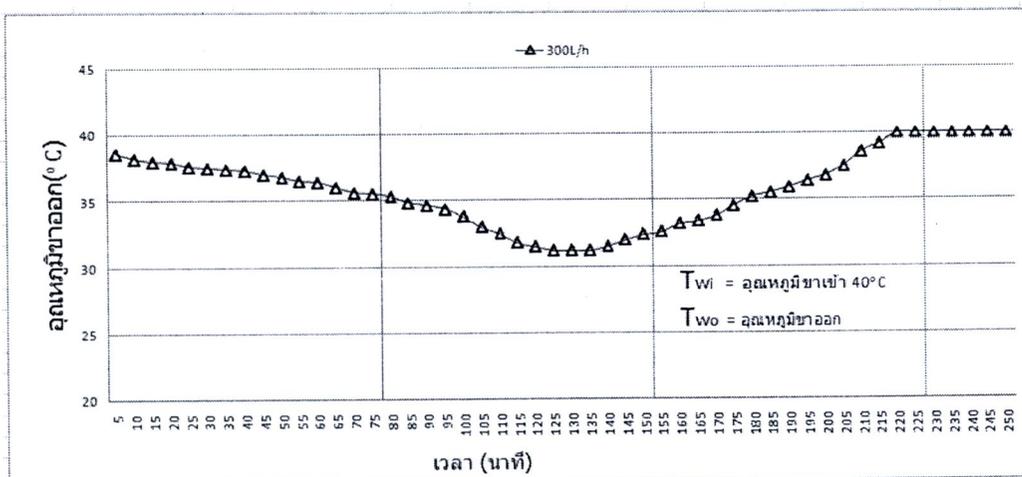
ภาพที่ 2.4 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 100L/h)

จากภาพที่ 2.4 แสดงการทดสอบที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40 °C สังเกตว่าอัตราการไหลที่แตกต่าง บอกรถึงการถ่ายเทความร้อนจากน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารเปลี่ยนสถานะจากรูปอัตราการไหลที่ 100 L/h มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาออกตั้งห้านาทีแรกที่ 39.4 °C และมีอุณหภูมิขาออกที่ต่ำสุดในช่วง 32.3 - 31.8 °C และ กระบวนการทั้งหมดสิ้นสุดที่ 285 นาที



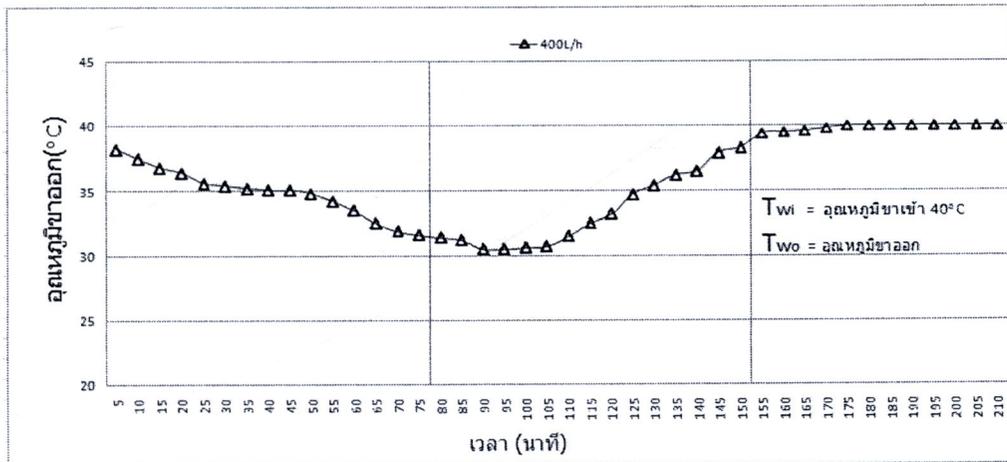
ภาพที่ 2.5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 200L/h)

จากภาพที่ 2.5 แสดงการทดสอบที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40°C สังเกตว่าอัตราการไหลที่แตกต่าง บอกถึงการถ่ายเทความร้อนจากน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารเปลี่ยนสถานะจากรูปอัตราการไหลที่ 200 L/h มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาออกตั้งห้านาทีแรกที่ 38.9°C และมีอุณหภูมิขาออกที่ต่ำสุดในช่วง $32.3 - 31.5^{\circ}\text{C}$ และ กระบวนการทั้งหมดสิ้นสุดที่ 235 นาที



ภาพที่ 2.6 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 300L/h)

จากภาพที่ 2.6 แสดงการทดสอบที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40°C สังเกตว่าอัตราการไหลที่แตกต่าง บอกถึงการถ่ายเทความร้อนจากน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารเปลี่ยนสถานะจากรูปอัตราการไหลที่ 300 L/h มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาออกตั้งห้านาทีแรกที่ 38.4°C และ มีอุณหภูมิขาออกที่ต่ำสุดในช่วง $32.2 - 31.1^{\circ}\text{C}$ และ ระยะเวลาการทั้งหมดสั้นสุดที่ 220 นาที



ภาพที่ 2.7 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 400 L/h)

จากภาพที่ 2.7 แสดงการทดสอบที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40°C สังเกตว่าอัตราการไหลที่แตกต่าง บอกถึงการถ่ายเทความร้อนจากน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารเปลี่ยนสถานะจากรูปแสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลที่ 400 L/h มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่าทั้ง 4 อัตราการไหลเมื่อป้อนน้ำเข้าไปที่ 40°C อัตราการไหลที่ 400 L/h มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาออกตั้งห้านาทีแรกที่ 37.5°C และ มีอุณหภูมิขาออกที่ต่ำสุดในช่วง $31.5 - 30.0^{\circ}\text{C}$ และ ระยะเวลาการทั้งหมดสั้นสุดที่ 175 นาที

2.2.3 การคำนวณ

การหาถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM หาได้จากสมการนี้

$$Q = m_w C_{p_w} (T_{wi} - T_{wo}) \quad (2.1)$$

Q	คือ	การถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM (W)
\dot{m}_w	คือ	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)
C_{p_w}	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg.K)
T_{wi}	คือ	อุณหภูมิน้ำด้านเข้า (°C)
T_{wo}	คือ	อุณหภูมิน้ำด้านออก (°C)

2.2.3.1 การถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM ที่อัตราการไหลที่ 100 L/h = 0.027 kg/s

$$0.027 \text{ kg/s} \times 4180 \text{ J/kg.K} \times (40^\circ\text{C} - 31.8^\circ\text{C})$$

$$= 925.45 \text{ W}$$

2.2.3.2 การถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM ที่อัตราการไหลที่ 200 L/h = 0.055 kg/s

$$0.055 \text{ kg/s} \times 4180 \text{ J/kg.K} \times (40^\circ\text{C} - 31.5^\circ\text{C})$$

$$= 1954.15 \text{ W}$$

2.2.3.3 การถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM ที่อัตราการไหลที่ 300 L/h = 0.083 kg/s

$$0.083 \text{ kg/s} \times 4180 \text{ J/kg.K} \times (40^\circ\text{C} - 31.1^\circ\text{C})$$

$$= 3087.76 \text{ W}$$

2.2.3.4 การถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM ที่อัตราการไหลที่ 400 L/h = 0.111 kg/s

$$0.111 \text{ kg/s} \times 4180 \text{ J/kg.K} \times (40^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$= 4639.8 \text{ W}$$