



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่มีวัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับการประยุกต์ที่
อุณหภูมิต่ำ

Plate heat exchanger by using PCM for low temperature application

หัวหน้าโครงการวิจัย	: ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: ผศ.ดร.ศรินทร์ช อินดาร์กษ์	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: นายสุริยงค์ ประชาเขียา	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: นายวีระ พันอินทร์	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

600256000

R2554D028

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่มีวัสดุเปลี่ยนสถานะ
สำหรับการประยุกต์ที่อุณหภูมิต่ำ

Plate heat exchanger by using PCM for low temperature application



หัวหน้าโครงการวิจัย	: ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: ผศ.ดร.ศิริสุข จินดารักษ์	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: นายสุริยงค์ ประชาเขียว	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: นายวีระ พันอินทร์	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดย สำนักงานบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา

และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ที่สนับสนุนการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การช่วยเหลือในด้านสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

190927

ภาษาไทย

วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่มีสมบัติกักเก็บความร้อน ซึ่งเริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านnergical กักเก็บความร้อนและความเย็นขึ้นในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลี่ยนสถานะระหว่างการหลอมเหลวกับวัสดุสถานะของแข็ง หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะทำการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ใช้น้ำเป็นสารทำงานติดตั้งร่วมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภท Salt hydrated ชนิดมีช่วงอุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะ 40-44 °C ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับและคายความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 30, 40, 50 และ 60 °C โดยมีการทดลองที่สภาวะอัตราการไหลของสารแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากันที่ 400 L/h

จากศึกษาทดลองพบว่าการถ่ายเทและการกักเก็บความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะ มีการเปลี่ยนแปลงสถานะที่อุณหภูมิน้ำขาเข้า 40-50 °C และการถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM ที่อัตราการไหลที่ 400 L/h เท่ากับ 4639.8 W มีการเปลี่ยนแปลงความร้อนได้ดีกว่าทั้ง 4 อัตราการไหลเมื่อป้อนน้ำเข้าไปที่ 40 °C อัตราการไหลที่ 400 L/h มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาออกตั้งห้านาทีแรกที่ 37.5 °C และมีอุณหภูมิขาออกที่ต่ำที่สุดในช่วง 31.5-30.0 °C กระบวนการทั้งหมดสิ้นสุดที่ 175 นาที

ภาษาอังกฤษ

Material transition is equipped with special properties, reservoir properties and exothermic. Which is beginning to apply in managing the retention of heat and cold in the present this research studied the process of heat transfer of molten material during the transition back to solid state. Using water as working fluid with the material installed Salt hydrated transition type species in the transition temperature rang 40-44 °C to act as absorbing and emit the heat exchanger. The study compared the incoming water temperature heat exchanger, 30, 40, 50 and 60 °C with a flow rate of the experimental conditions of heat exchange material equal to 400 L/h.

Material change from the status of the study showed that the transfer and retention of the heat exchanger of the heat and material transition. The transition temperature of incoming water temperature of 40-50 °C and PCM water flow rate at 400 L/h was 4639.8 W has changed over the four heat flow on the water. the flow rate of 40 °C to 400 L/h with the temperature off the first five minutes at a temperature of 37.5 oC and the lowest output in the range of 31.5-30.0 oC the whole process ends at 175 minutes.

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญเรื่อง	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ทฤษฎีและแนวทางการคิด	4
1.5.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	4
1.5.1.1 การจำแนกตามลักษณะการสัมผัสหรือการถ่ายเทความร้อน	5
1.5.1.2 การความกะทัดรัดของผิวแลกเปลี่ยนความร้อน	5
1.5.1.3 การจำแนกตามลักษณะโครงสร้างหรือรูปร่าง	6
1.5.1.4 การจำแนกตามทิศทางการไหล	7
1.5.1.5 การจำแนกตามกลไกการถ่ายเทความร้อน	8
1.5.2 สารเปลี่ยนสถานะ หรือ Phase change material (PCM)	8
1.5.2.1 การประยุกต์ใช้งานในระบบอาคารบ้านเรือน	9
1.5.2.2 Applications - Temperature Controlled Packaging&Transport	11
1.5.2.3 Applications - Passive Cooling	12
1.5.2.4 Applications - Solar Heating & Heat Recovery	14
1.5.3 พลังงานความร้อน (thermal energy)	14
1.6 แนวทางการดำเนินงานวิจัย	15

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการดำเนินและผลการวิจัย	17
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	17
2.1.1 ระบบและการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง	18
2.2 ผลการวิจัย	19
2.2.1 กระบวนการกักเก็บความร้อนและกระบวนการคายความร้อน	19
2.2.2 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน	19
2.2.3 การคำนวณ	22
บทที่ 3 อภิปรายผลการวิจัย	24
3.1 อภิปรายผลการวิจัย	24
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	25
4.1 สรุป	25
4.2 ข้อเสนอแนะ	25
บทที่ 5 ผลผลิต	26
5.1 ผลงานตีพิมพ์	26
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ประวัตินักวิจัยและคณะ	

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุเปลี่ยนสถานะของ Rubithem RT35 ที่ใช้ในการทดลอง	15

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ชุดคอนเดนเซอร์ (condenser)	4
1.2 ชุดอีแวปอเรเตอร์ (evaporator)	5
1.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนแบบกะทัดรัด	6
1.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น	6
1.5 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น	7
1.6 การจำแนกตามทิศทางการไหลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	7
1.7 หลักการทำงานของสาร PCM	8
1.8 การขึ้นรูป PCM เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งาน	9
1.9 การประยุกต์ใช้ PCM ในอาคาร	10
1.10 การนำแผ่น PCM มาใช้ในโครงสร้างอาคาร	10
1.11 การประยุกต์ใช้งานในระบบ Passive cooling	11
1.12 การนำ PCM มาใช้ในระบบขนส่งสินค้าเพื่อรักษาอุณหภูมิ	11
1.13 การนำ PCM มาใช้ในการเก็บรักษาอุณหภูมิของยารักษาโรค	12
1.14 การนำ PCM มาใช้รักษาอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบโทรคมนาคม	12
1.15 การนำมาใช้ลดอุณหภูมิของแบตเตอรี่	13
1.16 การนำมาใช้ในที่พักห้องควบคุมอุณหภูมิในเขตอากาศร้อน	13
1.17 การนำมาใช้งานในระบบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อลดอุณหภูมิ	13
1.18 การนำมาใช้งานในระบบผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในอาคาร	14
1.19 แบบการทดสอบการแลกเปลี่ยนความร้อนของ PCM	16
2.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	17
2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนร้อนแบบแผ่น	18
2.3 ระบบและการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง	19

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
2.4 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 100L/h)	20
2.5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 200L/h)	21
2.6 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 300L/h)	21
2.7 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อัตราการไหลที่แตกต่าง 400L/h)	22

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

ความหมาย

c	ค่าความจุจำเพาะของวัตถุ ($J/kg^{\circ}C$)
C_{pw}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ($J/kg.K$)
L	ค่าความร้อนแฝงจำเพาะ (J/kg)
m	มวลของวัตถุ
m_w	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)
Q	พลังงานความร้อน (Cal)
T_{wi}	อุณหภูมิน้ำด้านเข้า ($^{\circ}C$)
T_{wo}	อุณหภูมิน้ำด้านออก ($^{\circ}C$)
Δt	ผลต่างของอุณหภูมิก่อนและหลังให้ความร้อน