สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 5

ผลผลิต

5.1 ผลผลิต

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในระดับชาติ เรื่อง "ศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้สารเปลี่ยนสถานะในการทดสอบความร้อนแบบแผ่น" การประชุมวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, ระหว่างวันที่ 3-5 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรม Phuket Orchid Resort and Spa จังหวัดภูเก็ต

5.2 เอกสารประกอบ

กำหนดการการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2554

E-NETT 2011

เวลา	วันอังคาร ที่ 3 พฤษภาคม 2554			
08:30 – 09:00	ลงทะเบียน			
09:00 – 09:30	พิธีเปิดการประชุมวิชาการ ณ ห้อง Orchid Convention Hall โรงแรม Phuket Orchid Resort and Spa จังหวัดภูเก็ต กล่าวต้อนรับ โดย ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กล่าวเปิดงาน โดย รศ. ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
09:30 – 10:30	การบรรยายพิเศษเรื่อง "นโยบายพลังงานทดแทนของประเทศไทย" โดย ดร.ทวารัฐ สูตะบุตร รองอธิบดี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน			
10:30 – 10:50	รับประทานอาหารว่าง			
10:50 – 12:00	การบรรยายพิเศษเรื่อง "บทบาทของทหารต่อทิศทางพลังงานของประเทศไทย" โดย พลโท กฤษพงศ์ แก้วจินดา เจ้ากรมการพลังงานทหาร กระทรวงกลาโหม			
12:00 – 13:00	รับประทานอาหารกลางวัน			
Room	**Orchid A**	**Orchid B**	**Orchid C**	**Orchid D**
13:00-14:30	Renewable Energy 01	Applied Energy 01	Energy Conservations 01	Energy Policy 01
Chair	รศ.ดร.คณิต วัฒนวิเชียร (CU)	ผศ.ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง (UBU)	ดร.กิตติ สภาพรประสารน์ (SWU)	ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา (SOLARTEC)
Paper ID	AEN01-AEN06	BEN01-BEN06	CEN01-CEN06	DEN01-DEN06
14.30-14.45	รับประทานอาหารว่าง			
14:45-16:00	Renewable Energy 02	Applied Energy 02	Energy Materials 01	Energy Policy 02
Chair	ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ (NU)	ผศ.ดร.ณัฐพล ภูมิสะอาด (MMU)	ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ์ (NU)	ผศ.ดร.ฉัตรชัย นิมมล (KMUTNB)
Paper ID	AEN07-AEN12	BEN07-BEN12	CEN07-CEN12	DEN07-DEN12
17.00-22.00	Banquet (ภัตตาคารกันเอง 2)			

กำหนดการการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2554

E-NETT 2011

เวลา	วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554			
Room	**Orchid A**	**Orchid B**	**Orchid C**	**Orchid D**
08:45-10:15	Renewable Energy 03	Applied Energy 03	Energy Materials 02	Energy Conservations 02
Chair	ผศ.ผ่องศรี ศิวราศักดิ์ (RMUTT)	ดร.ชนกนันท์ สุขกำเนิด (KKU)	พันเอกกฤตภาส คงคาไหว (กรมพลังงานทหาร)	ผศ.ดร.นุภาพ แย้มไตรพัฒน์ (MUT)
Paper ID	AEN13-AEN18	BEN13-BEN18	CEN13-CEN18	DEN13-DEN18
10.15 - 10.30	รับประทานอาหารว่าง			
10:30-12:00	Renewable Energy 04	Applied Energy 04	Energy Management 01	Energy Conservations 03
Chair	ผศ.ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย (NU)	รศ.ดร.ธนัดชัย กุลรวานิชพงษ์ (SUT)	ดร.พานิช อินต๊ะ(RMUTL)	รศ.ดร.เวคิน ปิยรัตน์ (SWU)
Paper ID	AEN19-AEN24	BEN19-BEN24	CEN19-CEN24	DEN19-DEN24
12.00 -13.00	รับประทานอาหารกลางวัน			
13.00-14.00	Poster Session			
Chair	ดร.อำนวย เรืองวารี			
Paper ID	POS01-POS36			
14:00-15:45	Renewable Energy 05	Applied Energy 05	Energy Management 02	Energy Conservations 04
Chair	ดร.ยุทธนา ขำสุวรรณ์ (CMU)	ผศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย (KMITL)	ดร.ไพรัช อุศุภรัตน์ (TU)	ผศ.ดร.สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ (MUT)
Paper ID	AEN25-AEN31	BEN25-BEN31	CEN25-CEN31	DEN25-DEN31
15.45-16.00	อาหารว่าง			
16:00-17:15	Renewable Energy 06	Renewable Energy 07	Energy Conservations 05	Energy Conservations 06
Chair	ผศ.ดร.เจริญพร เลิศสถิตธนกร(MMU)	ผศ.ดร.เชาว์ ชมพูอินไหว (KMITL)	รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ (CU)	ผศ.ดร.จุฬาภรณ์ เบญปิยะพร (KKU)
Paper ID	AEN32-AEN38	BEN32-BEN38	CEN32-CEN38	DEN32-DEN38

กำหนดการการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2554

E-NETT 2011

เวลา	วันพฤหัสบดี ที่ 5 พฤษภาคม 2554			
Room	**Orchid A**	**Orchid B**	**Orchid C**	**Orchid D**
08:45-10:15	Renewable Energy 08	Renewable Energy 09	Energy Conservations 07	Renewable Energy 10
Chair	ดร.จันทนา กุญชวรัตน์ (KMUTT)	รศ.ดร.อดิศักดิ์ นาถกรณกุล (KMUTT)	ผศ.ดร.ธวัช เกิดชื่น (RMUTI)	รศ.ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์ (KMITL)
Paper ID	AEN39-AEN44	BEN39-BEN44	CEN39 – CEN44	DEN39-DEN44
10.15 - 10.30	รับประทานอาหารว่าง			
10:30-12:00	Renewable Energy 11	Renewable Energy 12	Energy Conservations 08	Renewable Energy 13
Chair	ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ (RMUTT)	ดร.เทอดเกียรติ ลิมปิทีปราการ (RMUTT)	ผศ.ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กุล (KMUTNB)	ผศ.ดร.สุมิตรา จรสโรจน์กุล (MTEC)
Paper ID	AEN45-AEN51	BEN45 – BEN51	CEN45-CEN51	DEN45-DEN51
12.00 -13.00	รับประทานอาหารกลางวัน			
13.00 – 13.30	พิธีปิดการประชุม ห้อง A โดย ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรดม ประธานจัดงาน			

สารบัญ

หน้า

Session Energy Meterials 02
ประธาน พันเอกกฤตภาส คงคาไหว กรมพลังงานทหาร
เวลา 08:45-10:15 วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554
ห้องบรรยาย Orchid C

CEN13 การสร้างกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ต้นแบบผสมอลูมิเนียมฟอยล์จากถุงขยะพลาสติก 567
ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา กิตติศักดิ์ วงษ์โก ธราดล อ่อนนิ่ม พรม เย็นนที
มหาวิทยาลัยนเรศวร

CEN15 อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารเปลี่ยนสถานะ 573
ในโครงสร้างผนังเพื่อการเพิ่มมวลความร้อน
ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล อมตะ ทัศนภักดิ์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

CEN16 การพัฒนาผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ 579
ยุภามาณี ยางจ้าน[1] สมชาย มณีวรรณ์[1] ฉันทนา พันธุ์เหล็ก[1]
อนุสรณ์ วรสิงห์[2] โยธิน อึ่งกูล[2] วันวิสาข์ เจติย์ภัทรนาท[2]
มหาวิทยาลัยนเรศวร[1]
บริษัทซุปเปอร์บล็อก[2]

CEN17 ศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้สารเปลี่ยนสถานะในการทดสอบความร้อน 584
แบบแผ่น
วสันต์ เสียงสูง ฉันทนา พันธุ์เหล็ก สมชาย มณีวรรณ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

Session Energy Managament 01
ประธาน ดร.พานิช อินต๊ะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เวลา 10:30-12:00 วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554
ห้องบรรยาย Orchid C

CEN19 วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการประเมินวัฏจักรชีวิตของคอมเพรสเซอร์ 590
แบบสโครล์สำหรับเครื่องปรับอากาศ
สมชาย มณีวรรณ์ ฉันทนา พันธุ์เหล็ก ธนาพล ปธานิน พิชชาภา ชื่นคง
มหาวิทยาลัยนเรศวร

CEN17

ศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้สารเปลี่ยนสถานะในการทดสอบความร้อนแบบแผ่น

Potential possibility for use as Phase change materials in Experimental heat plate

วสันต์ เสียงสูง ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และ สมชาย มณีวรรณ์
ศูนย์วิจัยและจัดการทางด้านพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 0-5596-3553 โทรสาร 0-5596-3552 Email: somchaim@nu.ac.th

บทคัดย่อ

วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นอุปกรณ์ที่มีสมบัติพิเศษที่มีสมบัติกักเก็บและคายความร้อน ซึ่งเริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านการกักเก็บความร้อนและความเย็นขึ้นในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการถ่ายเทความร้อนของวัสดุเปลี่ยนสถานะระหว่างการหลอมเหลวกลับสู่สถานะของแข็ง หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะ ทำการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ใช้น้ำเป็นสารทำงานติดตั้งร่วมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภท Salt hydrated ชนิด มีช่วงอุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะ 40-44°C ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับและคายความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 30, 40, 50 และ 60°C โดยมีการทดลองที่สภาวะอัตราการไหลของสารแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากันที่ 400 L/h

จากการศึกษาพบว่าการถ่ายเทและการกักเก็บความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะ มีการเปลี่ยนแปลงสถานะที่อุณหภูมิน้ำขาเข้า 40 – 50 °C และการถ่ายเทความร้อนของน้ำให้PCM ที่อัตราการไหลที่ 400 L/h เท่ากับ 4639.8 W มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่าทั้ง 4 อัตราการไหลเมื่อป้อนน้ำเข้าไปที่ 40 °C อัตราการไหลที่ 400 L/h มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขาออกตั้งห้านาทีแรกที่ 37.5 °C และมีอุณหภูมิขาออกที่ต่ำสุดในช่วง 31.5 -30.0 °C กระบวนการทั้งหมดสิ้นสุดที่ 175 นาที

คำสำคัญ : วัสดุเปลี่ยนสถานะ, อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, การถ่ายเทความร้อน

Abstract

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? Process or change in status. Studied the heat exchanger plate. Using water as working fluid with the material installed Salt hydrated transition type species in the transition temperature range 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 heat exchanger to heat exchanger to heat exchanger to heat and material change status Change the status incoming water temperature 40 - 50 °C and a better heat exchange with the water temperature every input heat exchanger sheet and add the PCM absorbs heat better.

Keyword: Phase change materials, heat Plate exchanger

1. บทนำ

การสะสมพลังงานความร้อนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ผลิตได้กับความต้องการพลังงาน สำหรับการประยุกต์ใช้งานในระบบผลิตพลังงานเป็นช่วง ๆ เช่น การผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบสะสมพลังงานความร้อนสำคัญและจำเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีการสะสมความร้อนเป็นพื้นฐานของการใช้งานวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM)

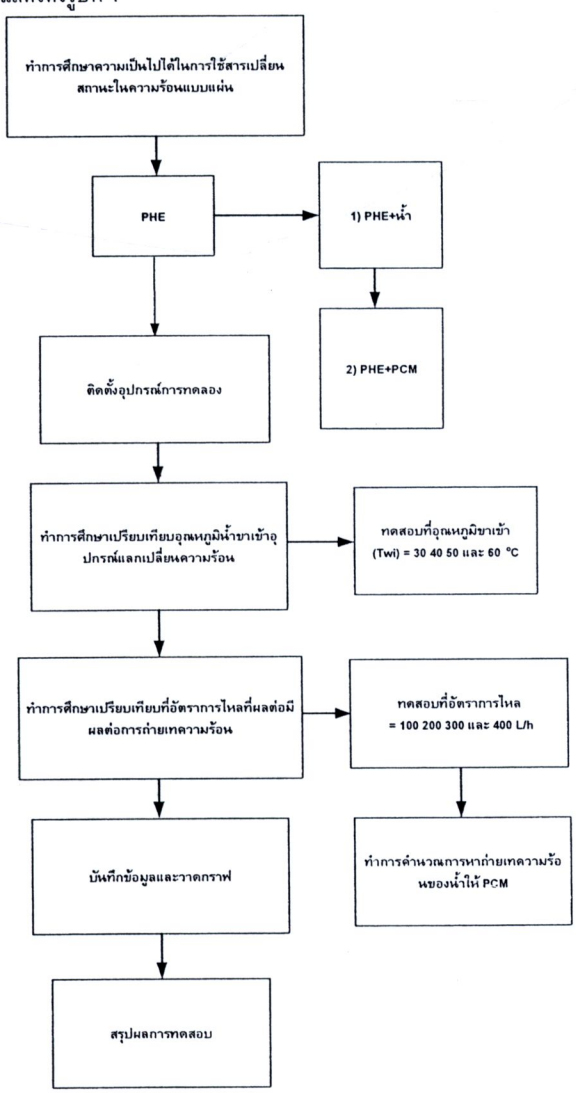
ตัวแปรหรือเกณฑ์ที่สำคัญในการเลือกใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับประยุกต์ใช้งานที่แตกต่างกัน คือช่วงอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ (จุดหลอมเหลว) อย่างไรก็ตาม ตัวแปรอื่น ๆ ก็มีส่วนสำคัญที่จำเป็นต้องพิจารณาด้วยเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง ซึ่งตัวแปรที่ควรคำนึงถึงประกอบด้วยค่าความร้อนแฝงความเสถียรภาพของระบบ หรือวัสดุเปลี่ยนสถานะแต่ละชนิด และค่าการนำความร้อน [1–5]

การประยุกต์ใช้สมบัติค่าความร้อนแฝงของวัสดุเปลี่ยนสถานะสามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ คือใช้1) เพื่อป้องกันความร้อน (ฉนวน) [6]การวิจัยประยุกต์ใช้PCMในการพัฒนาภาชนะเก็บกักความร้อน โดยการวิจัยศึกษาการประยุกต์ใช้ PCMมาเป็นฉนวนในแก้วน้ำเพื่อป้องกันความร้อนศึกษาทั้งสองแบบพบว่าแก้วที่มีการหุ้มฉนวนด้วย PCMมีผลต่อการกักเก็บพลังงาน 2) เพื่อกับเก็บ หรือเก็บสะสมความร้อน [7,8] พิจารณาการระบบความร้อนของอาคารในปักกิ่ง ซึ่งพิจารณาความคงตัวของวัสดุเปลี่ยนสถานะ (SSPCM) ที่บุในผนังและพื้นของอาคารจากผลการทดลองพบว่าผลของการใช้ SSPCM plate เพื่อนำความร้อนมาใช้ในอาคารช่วงฤดูหนาวของปักกิ่ง ส่งผลให้สภาวะที่สบายขึ้นจากการใช้ความร้อนสะสมและประหยัดพลังงานขณะที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลงได้ 47% และลดอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลง 12%

งานวิจัยนี้ทำการทดลองและศึกษาผลลักษณะการถ่ายเทความร้อนของระบบสะสมความร้อนด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ ระหว่างกระบวนการเปลี่ยนสถานะ เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้งานในระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

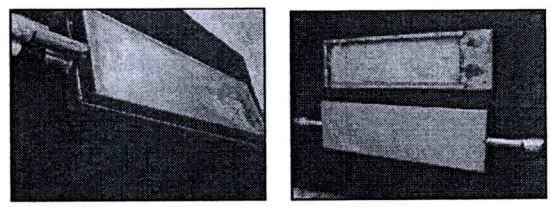
2. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการทดลองและศึกษาผลลักษณะการถ่ายเทความร้อนของระบบสะสมความร้อนด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ ระหว่างกระบวนการเปลี่ยนสถานะ เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้งานในระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate heat exchanger) โดยมีการกำหนดอุณหภูมิการทำงานต่างกัน และมีการทดสอบเปรียบเทียบระบบที่พัฒนาขึ้นกับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบเดิมเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงาน โดยวิธีการและขั้นตอนการทดลองแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิขั้นตอนการวิจัย

ในขั้นตอนการทดลองมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ การสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเพื่อใช้ในการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1) การทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้น้ำในการระบายความร้อน และ 2) การทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานโดยรูปแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ใช้ในการทดลอง มีขนาด 8cm x 30cm x 1cm

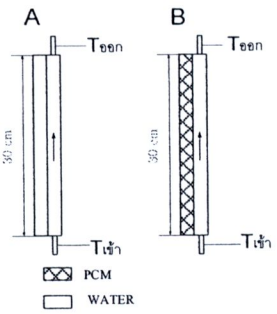


รูปที่ 2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนร้อนแบบแผ่น

ในการทดลองจะแบ่งการทดลองเป็น 2 ระบบโดยใช้น้ำร้อนเป็นแหล่งความร้อนในระบบ สำหรับระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ 1 จะใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน และในแบบที่2 จะใช้สารเปลี่ยนสถานะประเภท Salt hydrat ชนิด S44 ($CaCl_2.6H_2O$)มีจุดหลอมเหลว 40-44°C ปริมาณ 192 กรัม ในการทดลอง ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ทดลองทั้ง2 แบบมีขนาดเท่ากัน และกำหนดอัตราการไหลของน้ำร้อนคงที่ ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะจะพิจารณาและเปรียบเทียบจากผลของความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนและการกักเก็บความร้อน เทียบกับเวลาทำในการถ่ายเทจนสู่สภาพที่คงที่ ตัวแปรสำคัญสำหรับการพิจารณากระบวนการการถ่ายเทความร้อนเกี่ยวข้องกับพื้นที่การถ่ายเทความร้อน มวลของสารเปลี่ยนสถานะ และค่าการกักเก็บความร้อน สำหรับค่าการกักเก็บความร้อนของวัสดุเปลี่ยนสภานะ

2.1 ระบบและการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

ระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้มีการออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อทดลองและพิจารณาผลของระบบกับเก็บและถ่ายเทความร้อนในระบบกักเก็บความร้อน โดยรายละเอียดของระบบแสดงดังรูปที่ 3 และรายละเอียดภายในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการรวมวัสดุเปลี่ยนสถานะเข้าด้วยกันแสดงดังรูปที่ 3



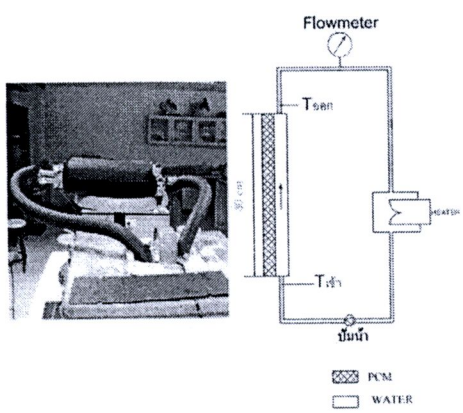
รูปที่ 3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนร้อนแบบแผ่นที่ให้น้ำและวัสดุเปลี่ยนสถานะในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับน้ำ

A คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนร้อนแบบแผ่นที่มีน้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน (PHE+น้ำ)
B คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนร้อนแบบแผ่นที่มีวัสดุเปลี่ยนสถานะในการแลกเปลี่ยนความร้อน (PHE+PCM)

รายละเอียดภายในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการรวมวัสดุเปลี่ยนสถานะเข้าด้วยกันแสดงดังรูปที่ 5 การเตรียมอุปกรณ์การทดลองประกอบด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำขาเข้า (Twi) โดยใช้ปั๊ม AP600 ในการควบคุมการไหลของน้ำ ซึ่งในการทดลองใช้อัตราการไหลของน้ำคงที่โดยกำลังสูงสุดของปั๊มน้ำ 400 L/h ในการเก็บข้อมูลทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของระบบได้แก่

อุณหภูมิน้ำขาเข้า (Twi)
อุณหภูมิน้ำขาออก (Two)
อุณหภูมิวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน (Tpcm)
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (Ta)

ในการวัดอุณหภูมิใช้สายเทอร์โมคัปเปิล แบบเค และ Data logger ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

สภาวะการกักเก็บและคายความร้อนสามารถพิจารณาจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างน้ำและวัสดุเปลี่ยนสถานะที่อัตราการไหลเดียวกัน การทดลองทั้งหมด 2 การทดลองและ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยเลือกสภาวะการทดลองที่ความแตกต่างอุณหภูมิของน้ำและวัสดุเปลี่ยนสถานะที่ 30 - 60°C โดยการกำหนดสภาวะการทดลองเพิ่มขึ้นครั้งละ 10°C และถือว่าไม่มีการสูญเสียโดยการพาความร้อน

3. ผลการทดลอง

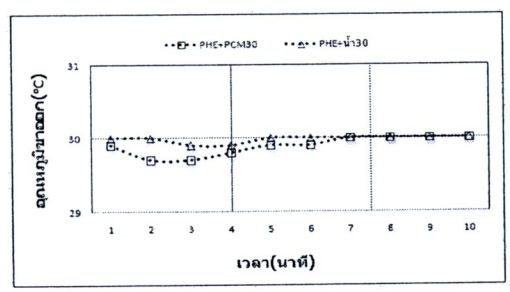
3.1 กระบวนการกักเก็บความร้อนและกระบวนคายความร้อน

การทดลองเริ่มต้นทำการทดลองที่วัสดุเปลี่ยนสถานะนะอยู่ในสถานะของแข็งที่ค่าความร้อนสมดุล ณ อุณหภูมิห้องทดลอง (30-34°C) ให้น้ำร้อนไหลผ่านในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 2แบบทำการทดลองที่ (30 - 60 °C) โดยสภาวะการกักเก็บและคายความร้อนสามารถพิจารณาจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างน้ำขาออกที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

จะเริ่มหลังจากจบกระบวนการกับเก็บความร้อน โดยปั๊มน้ำเย็นเข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขณะที่วัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนมีสถานะของเหลว

จากผลการทดลองสามารถสรุปความสัมพันธ์ อุณหภูมิ ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของกระบวนการสะสมความร้อนของระบบ พบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและสารทำงานที่ไว้แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ สำหรับการทดลองได้ทำซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำ เพื่อดูกระบวนกักเก็บและการคายความร้อน

ในการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่แตกต่างกันทั้ง 2 รูปแบบนั้นได้ทำการศึกษาผลของการป้อนอุณหภูมิขาเข้า จากผลการศึกษา พบว่า ได้แสดงการถ่ายเทความร้อนที่มากขึ้นเมื่อเมื่อเวลาผ่านไปใน 1-2 นาทีจากการสังเกต ในทางตรงกันกันข้าม ก่อนช่วงเวลา 1-2 นาที มีการถ่ายเทความร้อนเพียงเล็กน้อยแสดงจากรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อุณหภูมิน้ำขาเข้า 30°C)

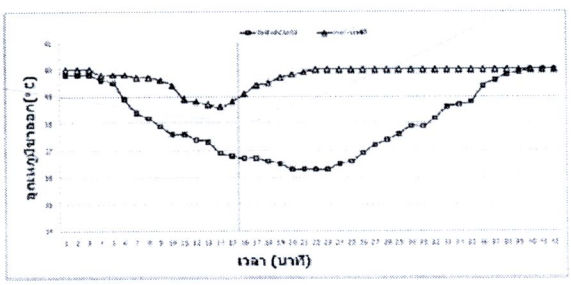
จากการทดสอบที่อุณหภูมิน้ำขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 30°C ทดสอบการถ่ายเทความร้อนและการกักเก็บความร้อนแสดงดังรูปที่ 3.1 พบว่าแบบ PHE+น้ำ เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำที่ไหลผ่านใช้เวลา 1-2 นาที ถึงจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นและช่วงเวลาของการกักเก็บความร้อนใช้เวลา 5 นาทีเมื่อเทียบกับแบบ

PHE+PCM ทำการถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่า1-2 นาที เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดและช่วงเวลาการกักเก็บความร้อนใช้เวลา 7 นาที ซึ่งแต่ต่างกันไม่มากหนักเนื่องจากอุณหภูมิที่ทดสอบกับอุณหภูมิสารทำงานที่มาทดสอบค่อนข้างใกล้เคียงกัน

3.2 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน

กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแล้วเกิดผลการเปลี่ยนสถานะของ PCM ขึ้นดูได้จากรูปที่5 ในการทดลองของที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40 °C เกิดการเปลี่ยนสถานะของ PCM ในช่วงอุณหภูมิที่ขาออกที่ลดลงในช่วง 39.6 - 36.3 °C

จากการทดสอบที่อุณหภูมิ 30 °C เสร็จสิ้นแล้วทำการถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำงานโดยปล่อยน้ำที่อุณหภูมิห้องไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้เกิดสภาพคงที่ของน้ำขาเข้าแล้วขาออกจากนั้นทำการทดสอบอุณหภูมิต่อไป โดยทำการทดสอบที่ 40°C สังเกตผลทุกๆ 1 นาทีวัดอุณหภูมิขาเข้าและขาออกได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 6

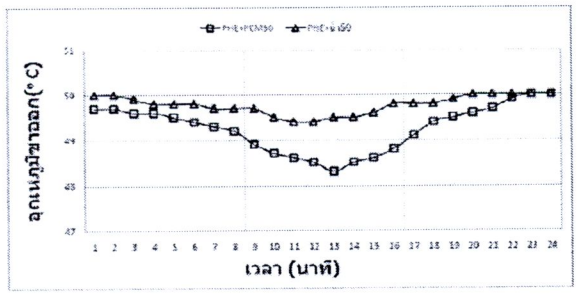


รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อุณหภูมิน้ำขาเข้า 40°C)

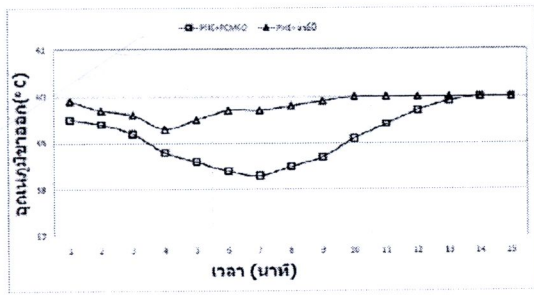
จากรูปที่ 6 แสดงการทดสอบที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40°C สังเกตว่า แบบ PHE+น้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลงหลังจาก 5 นาทีแรก เช่นเดียวกับแบบ PHE+PCM แต่ในช่วงเวลาเดียวกันแบบPHE+PCM มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าแบบ PHE+น้ำ ดูจากอุณหภูมิขาออกในช่วงเวลาเดียวกันแสดงในรูปที่ 6 ยังมีช่วงเวลาการเก็บความร้อนได้นานกว่าแบบ PHE+น้ำ ซึ่งระยะเวลาการกักเก็บความร้อนของแบบ PHE+PCM ใช้เวลา 42 นาที และมีการถ่ายเทความร้อนมากในช่วงเวลานาที 5 กับนาที 33 ในทางตรงกันข้ามแบบ PHE+น้ำใช้เวลาเพียง 25 นาที และมีการแลกเปลี่ยนความร้อนเพียง 38.6 °C

กระบวนการเปลี่ยนสถานะที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ให้กับระบบ เมื่อทำการทดลองที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 50 °C และ 60 °C เกิดการเปลี่ยนสถานะของ PCM จากของเหลวไปเป็นของแข็งได้เร็วกว่าที่ 40 °C แต่ช่วงเวลาการกักเก็บความร้อนและคายความร้อนของระบบก็จะลดลง แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8

จากนั้นทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 50°C และ 60°C ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อุณหภูมิน้ำขาเข้า 50°C)



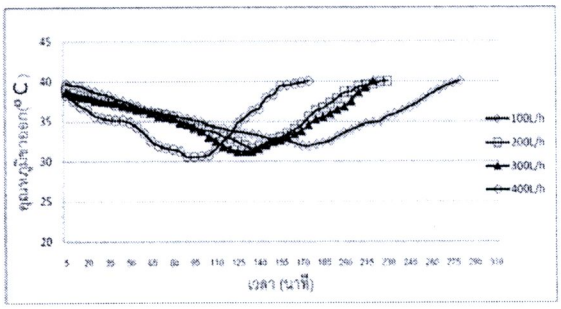
รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (อุณหภูมิน้ำขาเข้า 60°C)

จากการทดสอบการป้อนอุณหภูมิเพิ่มที่ละ10°C จาก 30-60°C แบบ PHE+น้ำ กระบวนการกักเก็บความร้อนและการถ่ายเทความร้อนมีแนวทางกักเก็บความร้อนใช้เวลาได้น้อยกว่าเดิมตามลำดับดูจากรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ส่วนแบบ PHE+PCM มีการกักเก็บความร้อนมีระยะเวลาเปลี่ยนไปเล็กน้อยเมื่อเทียบกับแบบ PHE+น้ำ

การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำหรือเพิ่มพลังงานให้น้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในการทดสอบทำให้ช่วงเวลาการเกิดการถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น แต่ทางตรงกันข้ามเวลาของกระบวนกักเก็บความร้อนก็ก็จะมีเวลาน้อยลง

ทำการทดสอบเกี่ยวกับอัตราการไหลของน้ำและการเพิ่มชั้นของแผ่น PCM การทดลองเริ่มต้นทำการทดลองที่วัสดุเปลี่ยนสถานะอยู่ในสถานะของแข็งที่ค่าความร้อนสมดุล ณ อุณหภูมิห้องทดลอง (29-32°C) ให้น้ำร้อนไหลผ่านในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 4 อัตราไหลที่ 100, 200,300, และ400 L/h ทำการทดลองที่

(40 °C) โดยสภาวะการกักเก็บและคายความร้อนสามารถพิจารณาจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างน้ำขาออกที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการทดลอง (อัตราการไหล 100,200,300และ400 L/h)

3.3 การคำนวณ

การหาถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM หาได้จากสมการนี้

$$Q = \dot{m}_w C_{pw} (T_{wi} - T_{wo})$$

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

อัตราการไหลของน้ำ (L/h)	ค่าการถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM (W)
100	925.45
200	1954.15
300	3087.76
400	4639.8

จากการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของน้ำให้ PCM ทั้ง 4 อัตราการไหลสามารถทราบว่าอัตราการไหลที่สูงๆถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอัตราการไหลที่ต่ำ จากการทดสอบนี้ทำการทดสอบที่100, 200,300 และ 400 L/h สังเกตได้จากผลการคำนวณในอัตราการไหลของ 100 L/h มีการถ่ายเทความร้อนที่ 925.45 W เมื่อสังเกตผลการคำนวณของอัตราการไหลของ 400 L/h มีการถ่ายเทความร้อนที่ 4639.8 W ที่มีเวลาในกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกันและมีผลสอดคล้องกับการคำนวณคือ อัตราการไหลที่ต่ำก็จะมีเวลาของกระบวนการถ่ายเทความร้อนนานกว่า อัตราการไหลที่สูงกว่า

4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองเพื่อดูระยะเวลาในการกักเก็บและคายความร้อน ในงานวิจัยนี้ใช้ PCM Salt hydrat ชนิด S44($CaCl_2.6H_2O$) ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้เป็นสารทำงาน จากผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ PHE+น้ำ ไม่เหมาะสมกับการเก็บกักความร้อน ประกอบกับพื้นที่ของการแลกเปลี่ยนความร้อนมีเพียงชั้นเดียวทำให้พื้นทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้น้อย จึงไม่เกิดผลของการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ซึ่งจะแตกต่างกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ PHE+PCM ในกระบวนการเก็บกักความร้อนและการถ่ายเทความร้อนได้ได้ดีกว่าแบบ PHE+น้ำ สังเกตได้ว่าเกิดระยะเวลาการกักเก็บความร้อนจะยาวนานในช่วงอุณหภูมิที่การเปลี่ยนสถานะของ PCM

จากการศึกษาพบว่าการถ่ายเทและการกักเก็บความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะ มีการเปลี่ยนแปลงสถานะที่อุณหภูมิน้ำขาเข้า 40 °C เกิดผลการเปลี่ยนสถานะของ PCM ในการทดลองของที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 40 °C เกิดการเปลี่ยนสถานะของ PCM ในช่วงอุณหภูมิที่ขาออกที่ลดลงในช่วง 39.6 - 36.3 °C ในระยะเวลาการกักเก็บความร้อน42นาที

การเพิ่มชั้นของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะทำให้มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนได้มากขึ้นอีกด้วยพร้อมกับเพิ่มปริมาณของสารดูดซับความร้อนและคายความร้อนไปอีกด้วย ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอุณหภูมิขาออกได้ชัดเจนจากอัตราการไหลที่ 400 L/h ที่ต่ำสุดในช่วง 31.5 -30.0 °C การถ่ายเทความร้อนของน้ำให้PCMเท่ากับ 4639.8 W

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

1. Zalba B, Marn JM, Cabeza LF, and Mehling H. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. Appl Therm Eng 2003;23:251–83.
2. Mehling H, Cabeza LF. Phase change materials and their basic properties. In: Paksoy H,editor. Thermal energy storage for sustainable energy consumption; 2003. p. 257–77.
3. Hoogendoorn CJ, Bart GCJ. Performance and modeling of latent heat stores. Sol Energy 1992;48:53–8.
4. Tong X, Khan JA, Amin MR. Enhancement of heat transfer by inserting a metal matrix into a phase change material. Numer Heat Transfer 1996;30:125–41 [Part A].
5. Chow LC, Zhong JK, Beam JE. Thermal conductivity enhancement for phase change storage media. Int Commun Heat Mass Transfer 1996;23:91–100.
6. ภควัต เกตบานชัน, กิตติพงศ์ สรงควรรณ และสรพล อนนต์รสกล, 2550, การประยุกต์ใช้ Phase Change

Material ในการพัฒนาภาชนะเก็บกักความร้อน, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

7. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
8. Zhou G, Zhang Y, Zhang Q, Lin K, Di H. Performance of a hybrid heating system with thermal storage using shape-stabilized phase-change material plates.Appl Energy 2007;84(10):1068–77.
9. Zhou G, Yang Y, Wang X, Zhou S. Numerical analysis of effect of shape-stabilized phase change material plates in a building combined with nightventilation. Appl Energy 2009;86(1):52–9.

รายงานสรุปการเงิน

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการ (R2554D028)

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

มหาวิทยาลัยนเรศวร

โครงการ: อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่วัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับการประยุกต์ที่อุณหภูมิต่ำ

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2554 **ถึงวันที่** 30 เมษายน 2555

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่ วันที่ 1 พฤษภาคม 2554 **ถึงวันที่** 31 มีนาคม 2555

รายจ่าย

หมวด (ตามสัญญา)	รายจ่ายสะสมจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รวมรายจ่ายสะสมถึงงวดปัจจุบัน	งบประมาณที่ตั้งไว้	คงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทน	-	-	-	11,560.00	11,560.00
2. ค่าใช้สอย	37,000.00	9,240.00	46,240.00	46,240.00	0.00
3. ค่าวัสดุ	20,800.00	37,000.00	57,800.00	57,800.00	0.00
รวม	**57,800.00**	**46,240.00**	**104,040.00**	**115.600.00**	**11,560.00**

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1	57,800.00	บาท	**เมื่อ**	วันที่ 13 ก.ค. 2554
งวดที่ 2	46,240.00	บาท	**เมื่อ**	วันที่ 15 มี.ค. 2555
	รวม **104,040.00**	**บาท**		

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการวิจัย