

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หลักการดูดซับ



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน...62653  
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b.....
.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PERFORMANCE EVALUATION OF ADSORBED SOLAR REFRIGERATOR



A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

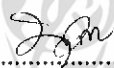
2005

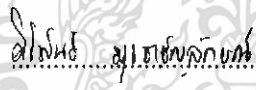
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

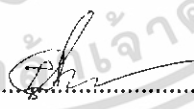
ปริญญาบัตรเรื่อง การทดสอบสมรรถนะเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้  
หลักการดูดซับ  
โดย นายปิยะวุฒิ ตั้งสุจริตกุล  
นายอานนท์ มุสิกรัตน์  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร

  
.....ประธานกรรมการ  
(อาจารย์บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์)

  
.....กรรมการ  
(ดร.อภินันท์ นัมคณิสร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การทดสอบสมรรถนะเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้  
หลักการดูดซับ  
โดย นายปิยะวุฒิ ตั้งสุจริตกุล รหัสประจำตัว 46015539  
นายอานนท์ มุสิกรัตน์ รหัสประจำตัว 46015559  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญชูชัย โชติวิริยวาณิชย์  
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้หลักการดูดซับ ส่วนแรกทำการทดสอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากหลอดความร้อน พบว่า เมื่ออุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์สูงขึ้น ปริมาณเมธานอลเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นก็จะมีอุณหภูมิต่ำลงมากขึ้น และช่วงเวลาที่อุณหภูมิคงที่ พบว่า จะมีช่วงเวลาที่หนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงมากที่สุด ส่วนที่สองทำการทดสอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า การเพิ่มพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ให้เพิ่มขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์สูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงมากขึ้นด้วย

Report Title     Performance Evaluation of Adsorbed Solar Refrigerator  
By                    Mr. Piyawut     Tungsujaritgul     ID. 46015539  
                          Mr. Arnon        Musikarut         ID. 46015559  
Advistor         Mr. Boonchai    Chotiviriyavanich  
Report for        Bachelor Degree of Chemical Engineering  
                          Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering  
                          King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabung

## Abstract

This project is carried out to evaluate the performance of adsorbed solar refrigerator whose working principle is based on adsorption. The initial phase of this project was to test the heat source using infrared heater. It was found that increasing temperature of solar collector as well as increasing volume of methanol led to a decrease in water temperature in a cooling chamber. It was also evident that the temperature of the solar collector needed to be stabilized for a period of about 3-4 hours in order for the refrigerator to lower the water temperature more efficiency. In a later phase of this project, the energy source was changed to solar energy where similar trend was observed such that the temperature of the solar collector was inversely proportional to the temp of in a cooling chamber. In addition, painting the solar collector in black helped increasing the temperature of panel.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรคงจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้มีอุปการะคุณหลายฝ่ายด้วยกัน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการ

อาจารย์บุญชัย โชติวิริยวานิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้แนวคิดและข้อเสนอแนะตลอดจนให้การเอาใจใส่ดูแลในการทำงานตลอดเวลา

คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่วิจัยประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่คอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สัญลักษณ์.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 การดูดซับ.....	3
2.1.1 ปฏิกิริยาการดูดซับ.....	4
2.1.2 สมดุลของการดูดซับ.....	5
2.1.3 กลไกการดูดซับ.....	6
2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ.....	6
2.1.5 วัสดุดูดซับ.....	7
2.1.6 ถ่านกัมมันต์.....	7
2.1.7 เมธานอล.....	8
2.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ.....	10
2.3 วัฏจักรการทำงานของระบบทำความเย็นโดยใช้หลักการดูดซับ.....	12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3 ส่วนประกอบของระบบ.....	16
3.1 เครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	16
3.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์และส่วนดูดซับ.....	17
3.1.2 เครื่องควบแน่น.....	18
3.1.3 เครื่องระเหย.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 ส่วนประกอบที่ทำเพิ่มเติม.....	20
3.2.1 แผงหลอดความร้อน.....	20
3.2.2 ชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิ.....	21
3.2.3 ท่อบรรจุเมธานอล.....	22
3.3 วิธีเตรียมเครื่องและวิธีการทดลอง.....	23
3.3.1 วิธีเตรียมเครื่องทำความเย็น.....	23
3.3.2 วิธีทดลองแบบใช้พลังงานจากหลอดความร้อน.....	23
3.3.3 วิธีทดลองแบบใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์.....	23
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ.....	24
4.1 วิธีทดสอบเครื่องทำความเย็น.....	24
4.2 ผลการทดสอบ.....	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	51
5.1 สรุปผลการทดสอบ.....	51
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	51
เอกสารอ้างอิง.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การดูดซับบนพื้นผิวของ โครงสร้างผลึก.....	3
2.2	การจัดเรียงตัวของตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ.....	4
2.3	กระบวนการคายซับ.....	11
2.4	กระบวนการดูดซับ.....	11
2.5	แผนภาพ P-T-X สำหรับคู่สารทำงานถ่านกัมมันต์-เมธานอล.....	12
3.1	โครงสร้างเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับ.....	16
3.2	โครงสร้างของแผงรับแสงอาทิตย์.....	17
3.3	โครงสร้างของเครื่องควบแน่น.....	18
3.4	โครงสร้างของเครื่องระเหย.....	19
3.5	โครงสร้างของแผงหลอดความร้อน.....	20
3.6	โครงสร้างของชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิ.....	21
3.7	โครงสร้างของท่อบรรจุเมธานอล.....	22
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	26
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	28
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	30
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	32
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	34
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	36
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	38
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	40
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	42
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	44
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา).....	46

# สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงเมธานอลอิมตัว.....	9
4.1	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	25
4.2	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	27
4.3	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	29
4.4	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	31
4.5	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	33
4.6	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	35
4.7	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	37
4.8	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	39
4.9	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	41
4.10	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	43
4.11	ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น.....	45
4.12	เปรียบเทียบการทดสอบ โดยเปลี่ยนปริมาณเมธานอล.....	47
4.13	เปรียบเทียบการทดสอบ โดยเปลี่ยนอุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์.....	48
4.14	เปรียบเทียบการทดสอบ โดยเปลี่ยนเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่.....	49
4.15	เปรียบเทียบการทดสอบ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **vii** อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สัญลักษณ์

$C_p$	=	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ
$H_{fg}$	=	ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ
$M$	=	มวลของสาร
$P$	=	ความดัน
$Q_w$	=	ปริมาณทำความเย็นของน้ำ
$Q_{cu}$	=	ปริมาณทำความเย็นของทองแดง
$Q_{REF.L}$	=	ปริมาณทำความเย็นรวม
$R$	=	ค่าคงที่ของแก๊ส
$T$	=	อุณหภูมิ
$t$	=	เวลา
$V$	=	ปริมาตร
$v$	=	ปริมาตรจำเพาะ
$X$	=	ค่าความเข้มข้น
$AC$	=	อ่างกัมมันต์
$Air$	=	อากาศ
$C$	=	คอนเดนเซอร์
$Cu$	=	ทองแดง
$MAX$	=	ค่าสูงสุด
$MIN$	=	ค่าต่ำสุด
$METH$	=	เมธานอล
$W$	=	น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

มนุษย์ได้นำพลังงานมาใช้ในด้านต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นในด้านการขนส่ง ด้านอุตสาหกรรม ด้านการอุปโภคบริโภค โดยที่แหล่งพลังงานหลักที่ใช้กัน ได้แก่ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานฟอสซิล พลังงานชีวภาพ ซึ่งพลังงานหลักส่วนใหญ่นี้เป็นพลังงานที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปจึง ในปัจจุบันมีปริมาณพลังงานลดลงอย่างมากและมีราคาสูงขึ้นจึงมีการคิดค้นแนวทางต่างๆ เพื่อใช้พลังงานให้ได้ประโยชน์มากที่สุด เช่น การใช้ความร้อนที่เหลือจากกระบวนการหนึ่ง ไปใช้กับอีกกระบวนการหนึ่ง การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้พลังงานน้อย อีกแนวทางหนึ่งคือการนำพลังงานชนิดอื่นมาใช้ทดแทน

พลังงานธรรมชาติถือเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหา ราคาถูก ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและยังมีอยู่มากมายบนโลก โดยที่ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในแถบร้อนจึงมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ โครงการนี้เป็นการประยุกต์การใช้พลังงานความร้อน โดยจะทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และใช้พลังงานความร้อนจากหลอดความร้อน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำความเย็น โดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และหลอดความร้อน
2. ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมธานอล อุณหภูมิ และเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ ตามที่กำหนด

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการการดูดซับ
2. ปรับปรุงเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับที่ใช้คู่สารทำงานเป็นถ่านกัมมันต์และเมธานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และจากหลอดความร้อน
4. ทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนปริมาณสารป้อน อุณหภูมิสูงสุด และเวลาที่ให้อุณหภูมิคงที่เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

#### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบทฤษฎี หลักการทำงานพื้นฐาน และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับ
2. สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับระบบทำความเย็น ทำให้ประหยัดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
3. เข้าใจแนวทางขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการวิจัย
4. ทราบถึงผลกระทบของการปรับค่าตัวแปรต่างๆ

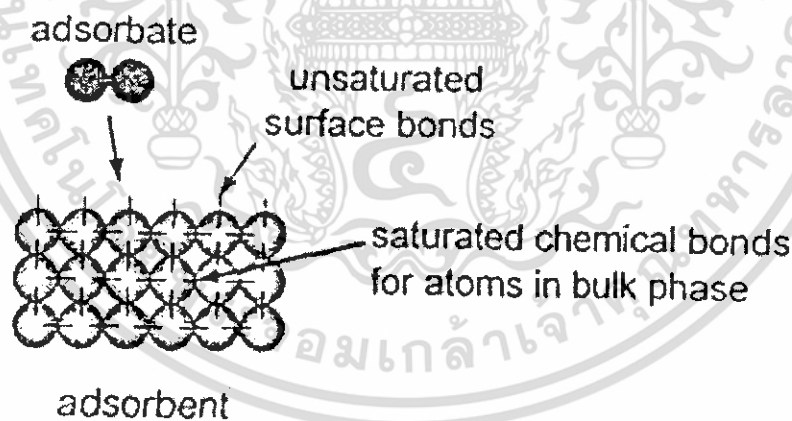


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎี

### 2.1 การดูดซับ

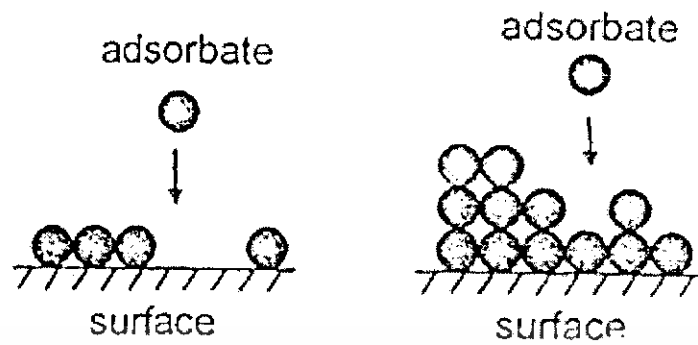
รูปที่ 2.1 แสดงการจัดเรียงตัวของอะตอมในโครงสร้างผลึกโลหะชนิดต่างๆ เมื่อพิจารณาการสร้างพันธะของอะตอมเหล่านี้ จะพบว่าอะตอมชั้นบนสุดของโครงสร้างมีจำนวนการสร้างพันธะกับอะตอมข้างเคียงน้อยกว่าอะตอมที่อยู่ระดับลึกลงไป ทำให้อะตอมชั้นบนสุดมีความเสถียรน้อยกว่าอะตอมในระดับลึกลงไป เพื่อเป็นการลดระดับพลังงานพื้นผิว (Surface energy) ให้ต่ำลง อะตอมเหล่านี้จะพยายามสร้างพันธะกับสารอื่นเมื่อมีโมเลกุลของสารในสถานะก๊าซหรือของเหลวมาอยู่ล้อมรอบ อะตอมที่พื้นผิวก็จะดึงดูโมเลกุลของสารนั้นเข้ามาเรียกการดึงดูที่เกิดขึ้นว่า การดูดซับ (Adsorption) ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นกระบวนการคายความร้อน สารที่ทำหน้าที่ดูดซับ เรียกว่าตัวดูดซับ (Adsorbent) และสารที่ถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ปรากฏการณ์ตรงข้ามกับการดูดซับ เรียกว่า การคายซับ (Desorption) ซึ่งตัวถูกดูดซับจะมีการแยกตัวจากตัวดูดซับ ซึ่งโดยทั่วไปอาจเกิดได้จากการเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความดัน



รูปที่ 2.1 การดูดซับบนพื้นผิวของโครงสร้างผลึก

การดูดซับที่เกิดขึ้นอาจทำให้โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเรียงตัวเป็นชั้นเดียวบนพื้นผิวของตัวดูดซับ เรียกว่า การดูดซับชั้นเดียว (Monolayer adsorption) หรือโมเลกุลของตัวถูกดูดซับเรียงตัวซ้อนกันหลายชั้นบนพื้นผิวของตัวดูดซับ เรียกว่าการดูดซับหลายชั้น (Multilayer adsorption) ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Monolayer Adsorption – Multilayer Adsorption

รูปที่ 2.2 การจัดเรียงตัวของตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับ

### 2.1.1 ปรากฏการณ์การดูดซับ [1]

ปรากฏการณ์การดูดซับ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

#### 1) การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)

การดูดซับทางกายภาพมีแรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงในการดูดซับ ทำให้การดึงดูดระหว่างกันมีความแข็งแรงน้อย องค์ประกอบหลักของการดูดซับทางกายภาพ คือ ธรรมชาติของสาร แรงระหว่างผิวสัมผัส และความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ

การดูดซับทางกายภาพเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณการดูดซับจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนใกล้อุณหภูมิวิกฤติ (Critical temperature)

#### 2) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

การดูดซับทางเคมีเกิดขึ้นเนื่องจากแรงวาเลนซ์ ซึ่งแรงที่เกิดจะมากกว่าแรงในการดูดซับทางกายภาพ ทำให้เกิดการสร้างพันธะทางเคมีที่แข็งแรงระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับ การดูดซับทางเคมีขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่สามารถทำการดูดซับได้ (Surface site)

ธรรมชาติของการดูดซับสามารถศึกษาได้จากความสามารถในการเข้าสู่สมดุลของโมเลกุลที่เกี่ยวข้อง สมดุลของการดูดซับที่อ้างอิงจากหลักการทางอุณหพลศาสตร์ คือ อัตราของโมเลกุลถูกดูดซับที่ผิวเท่ากับอัตราที่โมเลกุลนั้นถูกปลดปล่อยออกมา การอธิบายปรากฏการณ์ใน

การดูดซับนิยมใช้สมมติฐานเกี่ยวกับระบบสมดุลของก๊าซ – ของเหลว (Gas-liquid equilibrium) เป็นพื้นฐาน

### ข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี [2]

1. การดูดซับทางกายภาพไม่ได้รวมถึงการถ่ายเท หรือการใช้อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกัน และมักจะเกิดพันธะหรือการสัมผัสกันเฉพาะตัว จากคุณสมบัตินี้จะทำให้เกิดการผันกลับและการผันกลับจะทำให้ตัวดูดซับหลุดออกจากพื้นผิวของตัวดูดซับที่เรียกว่า การคายซับ แต่การดูดซับทางเคมีรวมถึงการเกิดพันธะทางเคมีจะไม่สามารถผันกลับได้

2. การดูดซับทางกายภาพสามารถเกิดได้ทั่วๆ ไปบนพื้นผิวของตัวดูดซับซึ่งจะไม่มีบริเวณจำเพาะ ในทางตรงกันข้ามการดูดซับทางเคมีจะเกิดเฉพาะส่วน โมเลกุลที่ถูกดูดซับอย่างพอเหมาะในบริเวณจำเพาะเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปจะเกิดการดูดซับชั้นเดียว

3. แรงของการดูดซับทางกายภาพส่วนใหญ่จะเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์และแรงไฟฟ้าสถิต ความร้อนที่ได้จึงน้อยกว่าการดูดซับทางเคมีซึ่งเกิดจากพันธะเคมี

### 2.1.2 สมดุลของการดูดซับ (Adsorption equilibrium)

โดยทั่วไปแล้วการดูดซับก๊าซบริสุทธิ์ที่สถานะสมดุล ปริมาณของก๊าซที่ถูกดูดซับจะขึ้นอยู่กับมวลของตัวดูดซับ อุณหภูมิ ความดัน ชนิดของก๊าซและชนิดของตัวดูดซับ

สำหรับก๊าซและตัวดูดซับชนิดหนึ่งๆ จะได้ว่าปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับขึ้นกับอุณหภูมิและความดัน

$$n = f(P, T) \quad (2.1)$$

เมื่อ  $n$  = ปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับต่อกรัมของตัวดูดซับ

$P$  = ความดัน

$T$  = อุณหภูมิ

จากความสัมพันธ์ตามสมการ (2.1) จะได้ความสัมพันธ์ที่สถานะสมดุลต่าง ๆ ดังนี้

#### 1. Adsorption Isotherm

เป็นกระบวนการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการความสัมพันธ์ที่สถานะสมดุลของปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับกับความดัน ที่อุณหภูมิคงที่

$$n = f(P)_T \quad (2.2)$$

## 2. Adsorption Isobar

เป็นกระบวนการดูดซับที่ความดันคงที่ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการความสัมพันธ์ที่สถานะสมดุลของปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับกับอุณหภูมิ ที่ความดันคงที่

$$n = f(T)_p \quad (2.3)$$

## 3. Adsorption Isoster

เป็นกระบวนการดูดซับที่ปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับคงที่ ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการความสัมพันธ์ที่สถานะสมดุลของความดันกับอุณหภูมิที่ปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับคงที่

$$P = f(T)_n \quad (2.4)$$

### 2.1.3 กลไกการดูดซับ

กลไกสำคัญที่เกิดขึ้นในการดูดซับ มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเคลื่อนที่ไปที่รอบนอกของตัวดูดซับ
- 2) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแทรกตัวเข้าไปในรูพรุน
- 3) โมเลกุลเกาะติดผิวภายในรูพรุนของตัวดูดซับ

### 2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

อัตราเร็ว และขีดความสามารถ ในการดูดซับของคาร์บอนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ขนาดและพื้นที่ผิวของคาร์บอน คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของคาร์บอนคือ ขนาดและพื้นที่ผิว ขนาดของคาร์บอนมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วของการดูดซับในทางลบกล่าวคือ อัตราการดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของคาร์บอน ดังนั้นคาร์บอนผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าคาร์บอนเกร็ด ส่วนพื้นที่ผิวของคาร์บอนนั้นมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับขีดความสามารถในการดูดซับ (Adsorptive Capacity) นั่นคือ คาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูดโมเลกุลได้มากกว่าคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวน้อย อนึ่งเนื่องจากพื้นที่ผิวส่วนใหญ่ของคาร์บอนได้มาจากช่องว่างหรือโพรงภายใน ขนาดของคาร์บอนจึงมีบทบาทน้อยในการกำหนดพื้นที่ผิวคาร์บอนทั้งแบบผงและแบบเกร็ดจึงมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายถึงการมีความสามารถในการดูดซับใกล้เคียงกันด้วย (แต่อัตราไม่เท่ากัน)

2) ขนาดของสารที่ถูกดูดซับบนผิวของคาร์บอน ขนาดของสารหรือโมเลกุลมีความสำคัญมากต่อการดูดซับ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในโพรงของคาร์บอน จากการวิจัยพบว่าการดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อมีสารขนาดเล็กกว่า โพรงเล็กน้อย (พอดีเข้าไปในโพรงได้) ทั้งนี้เพราะว่าแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดึงดูดระหว่างสารและคาร์บอนจะมีค่ามากที่สุด โมเลกุลขนาดเล็กจะถูกดูดเข้าไปในโพรงก่อน จากนั้นโมเลกุลขนาดใหญ่กว่าจึงถูกดูดเข้าไปบ้าง

3) อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการดูดติดผิว กล่าวคือ อัตราเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิและลดลงตามการลดของอุณหภูมิ แต่ขีดความสามารถในการดูดติดผิวจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิสูงและจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ

### 2.1.5 วัสดุดูดซับ

วัสดุดูดซับที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น ถ่านกัมมันต์ ซิลิกาเจล อลูมินา ซีโอไลต์ และเรซิน เป็นต้น

ตัวดูดซับที่ดี อาจสามารถพิจารณาได้จากคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. มีการเลือกดูดซับเฉพาะสารบางชนิดสูง (high selectivity)
2. มีปริมาณในการดูดซับสูง (high capacity)
3. มีความเสถียรต่อสารเคมีและความร้อน (chemical and thermal stability)
4. มีความแข็งแรง (hardness and mechanical strength)
5. มีความต้านต่อสิ่งสกปรกที่มาเกาะสูง (high resistance to fouling)
6. มีราคาถูก (relatively low cost)
7. มีสามารถนำมาฟื้นฟูสภาพได้ง่าย (easy regenerate)

### 2.1.6 ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากข้อดีของถ่านกัมมันต์ก็คือ มีปริมาณพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมาก (ประมาณ 600-1,000 ตารางเมตรต่อกรัม) และถ้ากระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงจะสามารถทำให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่มากถึง 1,600 ตารางเมตรต่อกรัม และยังสามารใช้ดูดซับสารได้หลากหลายประเภท โดยเฉพาะสารอินทรีย์มากมายหลายชนิด และสารอินทรีย์บางประเภท

ถ่านกัมมันต์สามารถทำได้จากวัสดุธรรมชาตินานาชนิด เช่น ไม้ กะลามะพร้าว ถ่าน หรือแม้แต่ผักตบชวาที่เคยมีคนนำมาเป็นสารตั้งต้นในการทำถ่านกัมมันต์มาแล้ว(แต่จะเลือกวัสดุโดยขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการ โดยเฉพาะ ค่าใช้จ่ายในการผลิต และมลพิษที่เกิดจากการผลิต) โดยการนำเอาวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเหล่านี้มาเผาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ก็จะทำให้องค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบเหล่านี้ถูกออกซิไดซ์ (อาจจะโดยออกซิเจนที่อยู่ในสารประกอบเอง) และเหลือเป็นถ่านคาร์บอนซึ่งร้อนจัดอยู่ คาร์บอนเหล่านี้ยังไม่ีรูพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อที่จะทำให้อ่านเหล่านี้มีรูพรุน เราจะต้อง Activate โดยการผ่านก๊าซร้อนเข้าไปในถ่านที่ กำลังร้อนระอุอยู่ ซึ่งก๊าซร้อนที่ใช้ในการ Activate นี้จะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือไอน้ำร้อน (นั่นคือสาเหตุที่เราเรียกว่า Activated Carbon) คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ เช่น ความคงทน ปริมาณ พื้นที่ผิวต่อปริมาตร ความง่ายในการฟื้นฟูสภาพ (regenerate) จะขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต ก่อนข้างมาก และยังขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้นที่ใช้ด้วย

วิธีการใช้ถ่านกัมมันต์ ที่นิยมใช้กันส่วนใหญ่คือการนำเอาผงถ่านกัมมันต์มาอัดไว้ใน คอลัมน์ แล้วให้สารถูกดูดซับไหลผ่าน ซึ่งสารที่ต้องการให้ถูกดูดซับบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ก็จะ ถูกยึดจับไว้ โดยเมื่อทำงานไปได้ระยะเวลาหนึ่งพื้นที่บนถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการยึดจับสารก็จะเต็ม และไม่สามารถยึดจับสารถูกดูดซับได้อีก ถ้าต้องการนำถ่านกัมมันต์นี้ไปใช้งานต่อไป ก็จะต้อง นำไปผ่านการฟื้นฟูสภาพเพื่อไล่เอาสารที่ถูกดูดซับออกเสียก่อน ซึ่งวิธีการฟื้นฟูสภาพนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย หลายประการ เช่น ขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ใช้และชนิดของสารที่ถูกดูดซับที่อยู่บนผิวของถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (มากกว่า 0.1 mm เรียกว่า Granular Activated Carbon) การฟื้นฟูสภาพสามารถทำได้โดยการนำถ่านกัมมันต์ไปเผาไล่สารอินทรีย์ (ในกรณีที่สาร ถูกดูดซับเป็นสารอินทรีย์) ออกไป ซึ่งการเผาจะทำให้ถ่านกัมมันต์บางส่วนสูญเสียไปด้วย ทำให้ ต้องมีการเติมถ่านกัมมันต์ใหม่เพื่อให้มีปริมาณเท่าเดิม ส่วนถ่านกัมมันต์มีขนาดเล็กมาก ๆ เช่น ขนาดเล็กกว่า 200 mesh (เรียกว่า Powdered activated carbon) การปรับปรุงคุณภาพ มักจะทำได้ยาก ส่วนใหญ่ใช้แล้วก็ทิ้งไปเลยหรือต้องมีการคัดผงคาร์บอนเหล่านี้ไว้เพื่อนำมาเผาใหม่

### 2.1.7 เมธานอล [3]

เมธานอลเป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัว มีน้ำหนักโมเลกุล 32 กรัมต่อ โมล จุด เดือด 64.6 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว -97.8 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ(น้ำเท่ากับ 1) 0.76 ความดันไอ 96 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เมธานอลจะเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ แต่เป็น พิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เมื่อรั่วลงแหล่งน้ำจะก่อให้เกิดสารผลสมที่มีพิษไม่สามารถเจือจางได้และอาจ เกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำให้อิของสารที่ระเบิดได้

อันตรายจากเมธานอลสามารถเกิดได้จากการสัมผัส ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

#### 1. สัมผัสทางหายใจ

การหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก ลำคอ และทางเดินหายใจ กระบบประสาท ส่วนกลางทำให้ปวดศีรษะ ง่วงนอน ถ้าสัมผัสปริมาณมากจะถึงขั้นเสียชีวิตได้ เนื่องจากระบบ หายใจล้มเหลว

### 2. สัมผัสทางผิวหนัง

การสัมผัสถูกผิวหนัง ไอระเหยของเมธานอลจะทำให้เกิดการสูญเสียชั้นไขมันของผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแห้งและเกิดผื่นแดง

### 3. สัมผัสทางปาก

หากรับประทานเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เยื่อเมือกของปากและลำคอ ทำให้เกิดอาการ ไอ ท้องร่วง ปวดท้อง ปวดศีรษะ ง่วง ซึม

### 4. สัมผัสทางตา

การสัมผัสถูกตาอาจทำให้เกิดการระคายเคืองและทำให้เยื่อเมือกตาอักเสบ เกิดตาแดง และอาจทำให้ตาบอดได้ถ้าได้รับสารในปริมาณมาก

คุณสมบัติทางความร้อน และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความดันของเมธานอล แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเมธานอลที่สภาวะอิ่มตัว[4]

T, K	P, bar	$v_f, m^3/kg$	$v_g, m^3/kg$	$h_f, kJ/kg$	$h_g, kJ/kg$	$s_f, kJ/(kg \cdot K)$	$s_g, kJ/(kg \cdot K)$	$c_{pf}, kJ/(kg \cdot K)$
175.4'	1.857 -6	1.105 -3	241200	314.3	1624.3	2.766	10.233	2.177
180	3.909 -6	1.111 -3	119600	324.4	1629.8	2.822	10.075	2.181
190	1.693 -5	1.124 -3	29690	346.1	1642.2	2.940	9.761	2.190
200	6.274 -5	1.137 -3	8278	367.8	1654.5	3.051	9.485	2.201
210	2.035 -4	1.150 -3	2660	389.9	1666.9	3.169	9.240	2.215
220	5.891 -4	1.163 -3	970.7	412.5	1679.2	3.284	9.022	2.231
230	1.539 -3	1.176 -3	385.3	435.6	1691.8	3.366	8.829	2.251
240	3.687 -3	1.188 -3	169.7	459.1	1704.2	3.467	8.655	2.275
250	8.189 -3	1.203 -3	79.02	483.0	1716.6	3.664	8.499	2.303
260	1.700 -2	1.216 -3	39.49	507.1	1728.8	3.659	8.358	2.337
270	3.327 -2	1.230 -3	20.93	531.5	1740.7	3.751	8.230	2.375
280	6.208 -2	1.244 -3	11.62	556.1	1752.1	3.840	8.112	2.420
290	0.1094	1.259 -3	6.778	581.0	1763.2	3.928	8.005	2.471
300	0.1860	1.274 -3	4.095	606.2	1773.5	4.013	7.904	2.528
310	0.3043	1.290 -3	2.566	631.7	1783.1	4.097	7.811	2.59
320	0.4817	1.306 -3	1.661	657.5	1791.9	4.179	7.723	2.67
330	0.7395	1.323 -3	1.103	683.6	1799.8	4.259	7.640	2.75
337.5	1.0012	1.337 -3	0.8110	703.4	1804.8	4.310	7.581	2.81
340	1.1044	1.342 -3	0.7533	710.1	1806.5	4.338	7.562	2.83
350	1.6062	1.361 -3	0.5256	736.9	1812.4	4.415	7.488	2.91
360	2.268	1.381 -3	0.3752	764.3	1817.4	4.492	7.417	3.01
370	3.166	1.403 -3	0.2723	792.5	1821.6	4.569	7.350	3.11
380	4.357	1.426 -3	0.2015	820.2	1825.1	4.643	7.287	3.22
390	5.845	1.452 -3	0.1512	856.4	1828.1	4.736	7.227	3.34
400	7.703	1.480 -3	0.1155	888.8	1830.7	4.817	7.172	3.48
410	10.00	1.510 -3	0.0893	917.7	1832.8	4.898	7.120	3.63
420	12.83	1.543 -3	0.0698	947.7	1834.0	4.959	7.069	3.80
430	16.26	1.581 -3	0.0542	982.2	1834.1	5.009	7.020	4.05
440	20.40	1.624 -3	0.0425	1022.7	1832.4	5.130	6.971	4.33
450	25.30	1.674 -3	0.0333	1069.2	1828.4	5.233	6.920	4.68
460	31.08	1.733 -3	0.0263	1120.6	1820.8	5.344	6.866	5.06
470	37.80	1.806 -3	0.0202	1175.8	1807.5	5.460	6.804	5.29
480	45.61	1.896 -3	0.0156	1233.4	1785.6	5.578	6.728	5.54
490	54.66	2.021 -3	0.0115	1292.5	1751.4	5.696	6.633	5.77
500	65.17	2.214 -3	0.0084	1353.7	1704.3	5.816	6.516	6.1
510	77.43	2.69 -3	0.0059	1437.6	1649.4	5.975	6.391	
512.7 <sup>c</sup>	81.03	3.64 -3	0.0036	1532	1532	6.170	6.170	$\infty$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption refrigeration system)

ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ เป็นระบบทำความเย็นที่อาศัย “คู่สารทำงาน” ซึ่งประกอบด้วยสารดูดซับและสารทำความเย็น (Refrigerant) โดยที่สารดูดซับจะเป็นของแข็งที่มีรูพรุนสูง สามารถดูดซับสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะก๊าซได้ สารดูดซับที่นิยมใช้งานกันมากคือ ถ่านกัมมันต์ ซิลิกาเจล (Silica gel) และซีโอไลต์ (Zeolite) ส่วนสารทำความเย็น ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารถูกดูดซับจะเป็นของเหลว เช่น เมธานอล เอทานอล น้ำ เป็นต้น

การทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับ เป็นลักษณะหนึ่งของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ระบบจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

### 1. แผงรับแสงอาทิตย์และส่วนดูดซับ (Solar collector และ Adsorber)

แผงรับแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนนี้จะถ่ายเทไปยังตัวดูดซับที่อยู่ติดกัน ภายในส่วนดูดซับ จะบรรจุด้วยตัวดูดซับ ซึ่งจะทำหน้าที่คอยดูดซับหรือคายตัวถูกดูดซับ เมื่ออุณหภูมิภายในตัวดูดซับลดลงหรือเพิ่มขึ้น

### 2. เครื่องควบแน่น (Condenser)

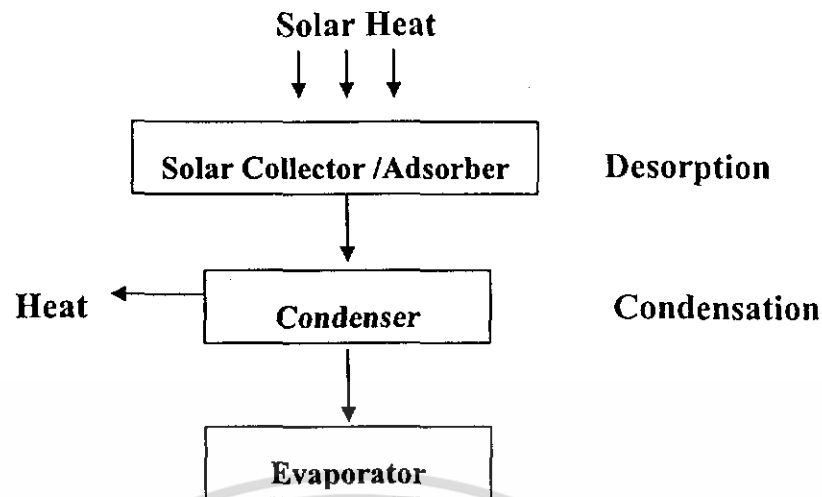
ทำหน้าที่ควบแน่นไอของตัวถูกดูดซับที่คายซับจากตัวดูดซับที่อยู่ในส่วนดูดซับ

### 3. เครื่องระเหย (Evaporator)

เป็นที่รองรับตัวถูกดูดซับที่ถูกควบแน่นเป็นของเหลวโดยเครื่องควบแน่น ซึ่งของเหลวนี้จะระเหยเป็นไอและถูกดูดซับอีกครั้ง

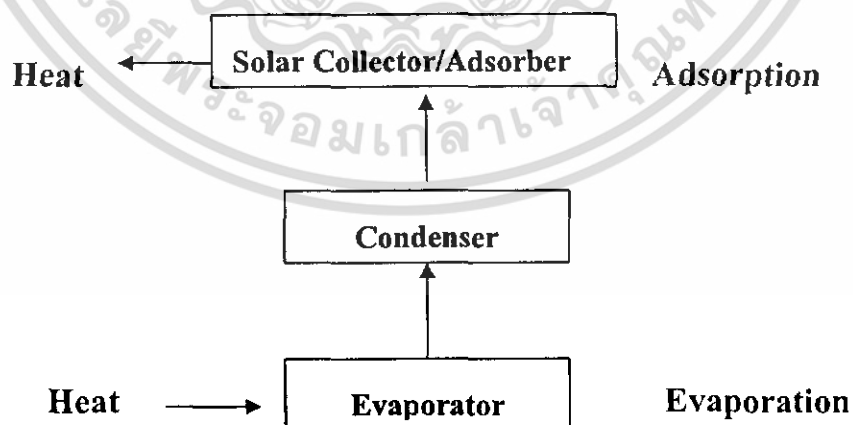
การทำงานจะเป็นวัฏจักร ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่เกิดกระบวนการคายซับและช่วงที่เกิดกระบวนการดูดซับ ช่วงที่เกิดกระบวนการคายซับนี้ต้องอาศัยพลังงานความร้อน ซึ่งความร้อนที่ใช้ในกระบวนการคายซับอาจมาจากความร้อนจากไอน้ำที่เหลือใช้ ไอเสียจากเครื่องยนต์หรือความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.3 ในตอนกลางวันแผงรับรังสีได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ความร้อนส่วนนี้จะทำให้สารดูดซับมีอุณหภูมิสูงขึ้นและคายสารทำความเย็นออกมาซึ่งสารทำความเย็นที่แยกตัวออกมาจะถูกควบแน่นที่เครื่องควบแน่น แล้วไหลลงสู่เครื่องระเหย กระบวนการที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้เรียกว่า กระบวนการคายซับ (Desorption process) ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในเวลากลางวัน



รูปที่ 2.3 กระบวนการคายซับ

จากรูปที่ 2.4 เมื่อกระบวนการแยกสารทำความเย็นจากสารดูดซับเกิดขึ้นในช่วงกลางวัน แล้ว จากนั้นในตอนเย็นและกลางคืนอุณหภูมิของอากาศจะลดลงทำให้เกิดการระบายความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ ส่งผลทำให้อุณหภูมิของสารดูดซับเย็นตัวลงและสารดูดซับจะเริ่มดูดซับสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่ถูกดูดซับจะระเหยมาจากเครื่องระเหย ขณะที่สารทำความเย็นระเหยตัวนั้น มันจะดูดเอาความร้อนจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆ เครื่องระเหยเพื่อใช้ในการระเหยตัว ซึ่งก็คือห้องทำความเย็นนั่นเอง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องทำความเย็นลดต่ำลง เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ว่า กระบวนการดูดซับ (Adsorption process) หรือกระบวนการทำความเย็น (Refrigeration process) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน

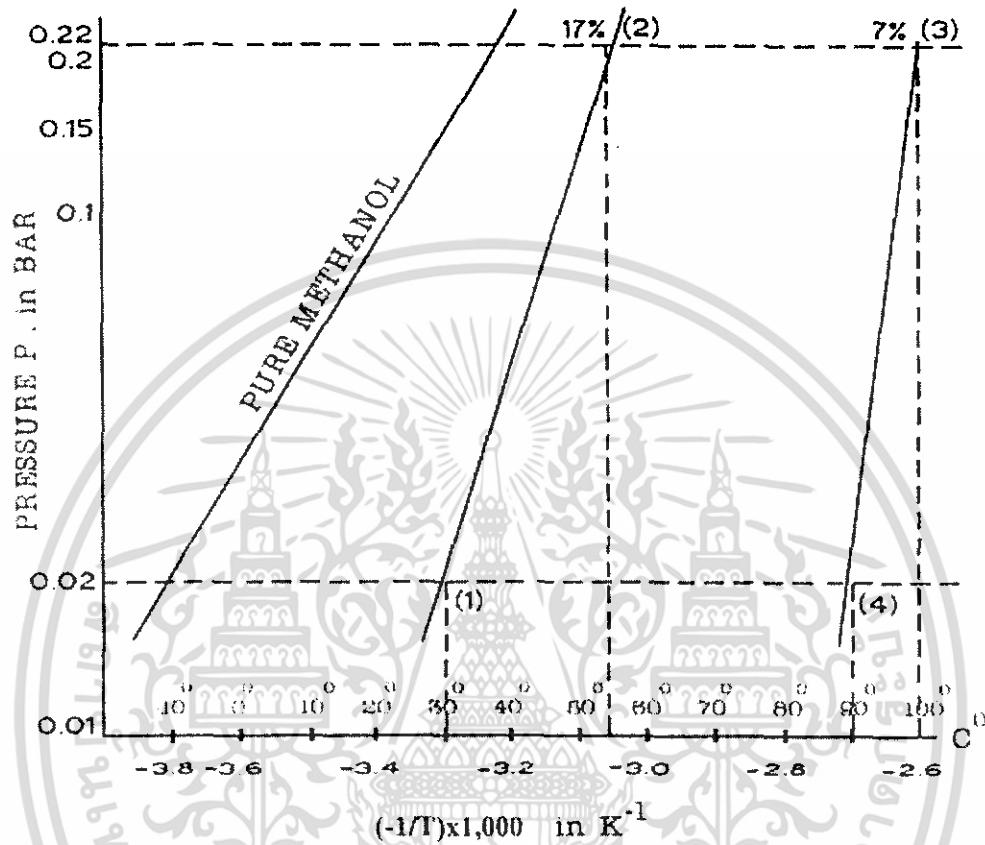


รูปที่ 2.4 กระบวนการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 วัฏจักรการทำงานของระบบทำความเย็นโดยใช้หลักการดูดซับ

วัฏจักรการทำงานของในอุดมคติของระบบทำความเย็นโดยใช้หลักการดูดซับ สำหรับคู่สารทำงาน ถ่านกัมมันต์ - เมธานอล สามารถอธิบายโดยใช้แผนภาพ P - T - X ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แผนภาพ P - T - X สำหรับคู่สารทำงานถ่านกัมมันต์ - เมธานอล [5]

### (1) Sensible Isother Heating 1-2

กระบวนการเริ่มต้นที่จุดที่ 1 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 0.02 บาร์ ซึ่งจะมี ความเข้มข้นสูงสุดเป็น  $x_{max}$  เท่ากับ 17 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแผงรับแสงอาทิตย์เป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งแผงรับแสงอาทิตย์จะมีฉนวนกันความร้อนหุ้มที่ด้านข้างทุกด้านและด้านล่าง เพื่อป้องกันการ ถ่ายความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อเวลาผ่านไปทำให้แผงรับแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ความดันภายในแผงรับแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นด้วย เมื่ออุณหภูมิภายในแผงรับ แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นถึง 54 องศาเซลเซียส ความดันของระบบจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.22 บาร์ ดังตำแหน่งที่ (2) ซึ่งจะทำให้สารทำความเย็นคายออกจากถ่านกัมมันต์และควบแน่นในอากาศหรือน้ำเย็นที่เครื่อง ควบแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## (2) Generation Isobar Process 2-3

กระบวนการคายซับเริ่มที่จุด 2 ที่ความดันคงที่ที่ 0.22 บาร์เมื่อแผงรับแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมธานอลจะแยกตัวออกจากถ่านกัมมันต์มากขึ้น ในตอนนี้ความเข้มข้นของคู่สารทำงานจะเริ่มลดลงตามลำดับ จนกระทั่งอุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียสที่จุดนี้ความเข้มข้นของคู่สารทำงานในระบบ ( $x_{min}$ ) คือจุดที่ 3 ช่วงกระบวนการนี้เมธานอลที่แยกตัวออกจากถ่านกัมมันต์ จะถูกควบแน่นในเครื่องควบแน่นและไหลลงสู่เครื่องระเหยภายในห้องทำความเย็น

## (3) Sensible Isother Cooling 3-4

เมื่อแสงแดดเริ่มอ่อนลงในตอนบ่าย จะทำการเปิดฉนวนกันความร้อนและกระจกที่ติดตั้งอยู่กับแผงรับแสงอาทิตย์ออก เป็นการระบายความร้อนออกจากแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อให้อุณหภูมิด้านกัมมันต์ลดลง ความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกไปนี้จะทำให้อุณหภูมิด้านกัมมันต์ซึ่งอยู่ในแผงรับแสงอาทิตย์ลดลงจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 89 องศาเซลเซียส คือจุด 4 ในระหว่างที่อุณหภูมิภายในแผงรับแสงอาทิตย์ลดลงนี้ ความดันของระบบก็จะลดลงอย่างรวดเร็วจาก 0.22 บาร์ เหลือความดัน 0.02

## (4) Isobar Adsorption 4-1

กระบวนการดูดซับจะเริ่มที่จุด 4 เมื่อถึงกระบวนการทำความเย็น ความดันภายในระบบจะลดลงเหลือ 0.02 บาร์ ที่ความดันนี้เมธานอลจะอยู่ในสถานะของเหลวอิ่มตัวที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส เมื่อเมธานอลที่ถูกเก็บภายในเครื่องระเหย ได้รับความร้อนจากห้องน้ำแข็งจะสามารถระเหยตัวเป็นไอภายใต้อุณหภูมิต่ำและถูกดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ที่อยู่ในแผงรับแสงอาทิตย์ตามเดิม เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้อีกอย่างหนึ่งว่า กระบวนการดูดซับ (Adsorption process) กระบวนการดูดซับจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ โดยที่ความดันจะคงที่และอุณหภูมิของถ่านกัมมันต์ที่อยู่ในแผงรับแสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดกระบวนการดูดซับจะเท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศคือประมาณ 30 องศาเซลเซียส

กระบวนการดูดซับหรือกระบวนการทำความเย็นจะใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ซึ่งจะเป็นการทำงานในตอนกลางคืน เมื่อกระบวนการทำความเย็นสิ้นสุดลงเราก็จะได้น้ำเย็นปริมาณหนึ่ง การทำงานของระบบจะสามารถเริ่มต้นทำงานได้ใหม่อีกครั้งในตอนเช้าของวันต่อไป

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำสารดูดซับและสารถูกดูดซับมาใช้เป็นคู่สารทำงานในระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ได้มีการศึกษาวิจัยโดยใช้คู่สารทำงานหลายชนิดด้วยกันดังนี้

- Pons and Guillem [6] ได้ศึกษาและทดลองระบบทำน้ำแข็งจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้กระบวนการดูดซับซึ่งมีด้านกัมมันต์กับเมธานอลเป็นคู่สารทำงาน ตัวเครื่องประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์แบบราบเรียบที่มีพื้นที่รับแสง 6 ตารางเมตร สามารถทำอุณหภูมิได้ -3 องศาเซลเซียส และทำน้ำแข็งได้มากถึง 35 กิโลกรัมต่อวัน

- Grenire and Pons [7] ได้ทำการศึกษาระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ในการทำน้ำแข็งจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการทำความเย็นของระบบเท่านั้น ไม่ได้มีการสร้างตัวเครื่องขึ้นมาเป็นการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการทำความเย็นระหว่างคู่สารทำงาน 2 ชนิด คือ ซีโอไลต์กับน้ำ และ ด้านกัมมันต์กับเมธานอล ซึ่งปรากฏว่าด้านกัมมันต์กับเมธานอลให้ค่า COP ที่ดีกว่า

- E.E. Anyanwu and C.I. Ezekwe [8] ได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้กระบวนการดูดซับมีด้านกัมมันต์ กับ เมธานอล เป็นคู่สารทำงาน ซึ่งใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบราบเรียบขนาด 1.2 ตารางเมตร จากการทดลองพบว่าสามารถทำความเย็นได้ 3 องศาเซลเซียส เขาได้นำเครื่องนี้ไปใช้กับเวชภัณฑ์ทางการแพทย์ ในหมู่บ้านที่อยู่ห่างไกลความเจริญ

- A. Boubakri [9] ได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องทำน้ำแข็งจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้กระบวนการดูดซับมี ด้านกัมมันต์ กับ เมธานอลเป็นคู่สารทำงาน ซึ่งใช้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 ตารางเมตร บรรจุด้านกัมมันต์จำนวน 20 กิโลกรัมจากการทดสอบเครื่องทำน้ำแข็งพบว่าเครื่องสามารถผลิตน้ำแข็งได้ 6 กิโลกรัมต่อวัน

- โกสินทร์ เบ้าทอง และ ภาณุพจน์ ประดิษฐ์พฤษ [10] ได้ทำการศึกษาและสร้างเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้กระบวนการดูดซับมีด้านกัมมันต์กับเมธานอลเป็นคู่สารทำงาน ซึ่งใช้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดลอนเหลี่ยมทำจากสแตนเลสขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1.4 เมตร จากการทดสอบพบว่าสามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำปริมาณ 4.5 ลิตร ในห้องทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงได้มากที่สุด 9 องศาเซลเซียส

- Critoph and Vogel [11] ได้ศึกษาวัฏจักรทางเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบทำความเย็นแบบดูดซับเป็นซีโอไลต์และด้านกัมมันต์ และใช้สารทำความเย็นเป็น R-11, R-22, R-114 เป็นต้น เพื่อหาคู่สารทำงานที่เหมาะสม จากผลการทดสอบพบว่าการใช้ด้านกัมมันต์กับ R-22 เป็นคู่สารทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการทำความเย็นดีที่สุดเท่ากับ 0.2 ต่อมา Critoph ได้ใช้ด้านกัมมันต์เป็นสารดูดซับเพียงอย่างเดียวและเลือกใช้คู่สารทำความเย็นหลายชนิดมาทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบและพบว่าคู่สารทำงานที่ดีที่สุดคือ ถ่านกัมมันต์กับเมธานอล สัมประสิทธิ์ของการทำความ  
เย็นสูงมากถึง 0.5



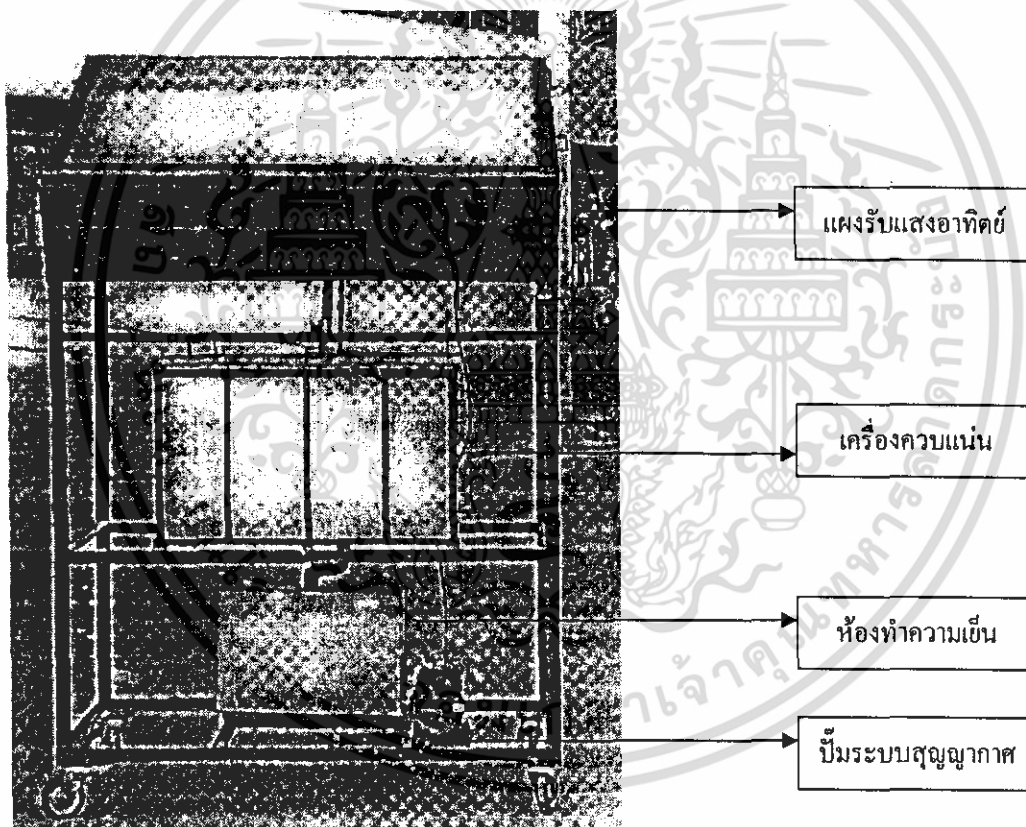
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## ส่วนประกอบของระบบ

### 3.1 เครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการต่อเนื่องจากโกลินทร์ เบ้าทอง และ ภาณุพจน์ ประดิษฐ์พฤษณ์ [10] ซึ่งได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับ โดยเครื่องดังกล่าวประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ แผงรับแสงอาทิตย์ เครื่องควบแน่น และ เครื่องระเหยซึ่งบรรจุอยู่ในห้องทำความเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.1

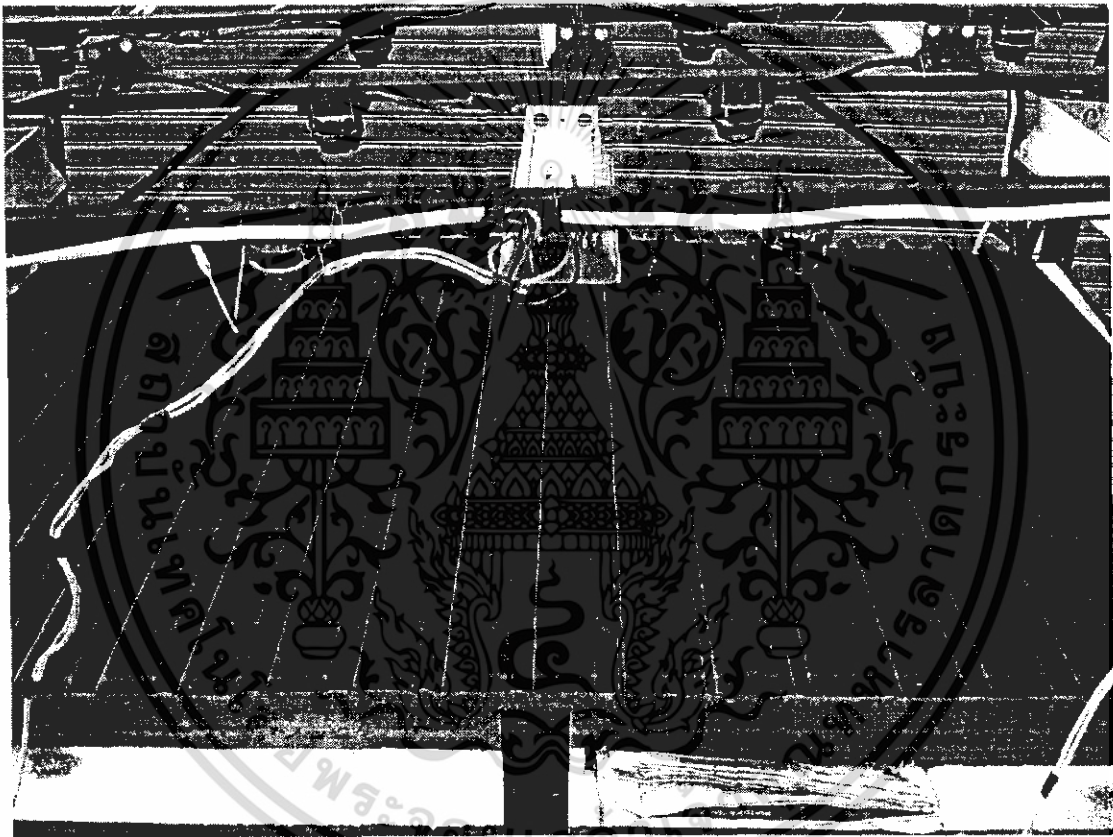


รูปที่ 3.1 โครงสร้างเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์และส่วนดูดซับ (Solar collector and Adsorber)

มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2 ประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดลอนเหลี่ยมทำจากสแตนเลสขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1.4 เมตร จำนวน 20 ลอน ขนาดกว้าง 0.05 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 0.04 เมตร แต่ละลอนจะมีช่องปิดเปิดสำหรับบรรจุตัวดูดซับ ด้านล่างของแผงลอนถูกเชื่อมติดด้วยถาดสแตนเลสที่มีความกว้าง 1.4 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 0.11 เมตร โดยมีตาข่ายสแตนเลสเชื่อมติดด้านล่างของแผงลอน ผิวด้านบนของแผงลอนพ่นด้วยสีดำ เหนือแผงลอนติดตั้งด้วยแผ่นกระຈก 2 ชั้น โดยที่แผงรับแสงอาทิตย์และส่วนดูดซับนี้จะทำหน้าที่รับพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังความร้อนนี้จะถ่ายเท ไปยังส่วนดูดซับที่อยู่ติดกันภายในส่วนดูดซับจะบรรจุด้วยตัวดูดซับ



รูปที่ 3.2 โครงสร้างแผงรับแสงอาทิตย์และส่วนดูดซับ

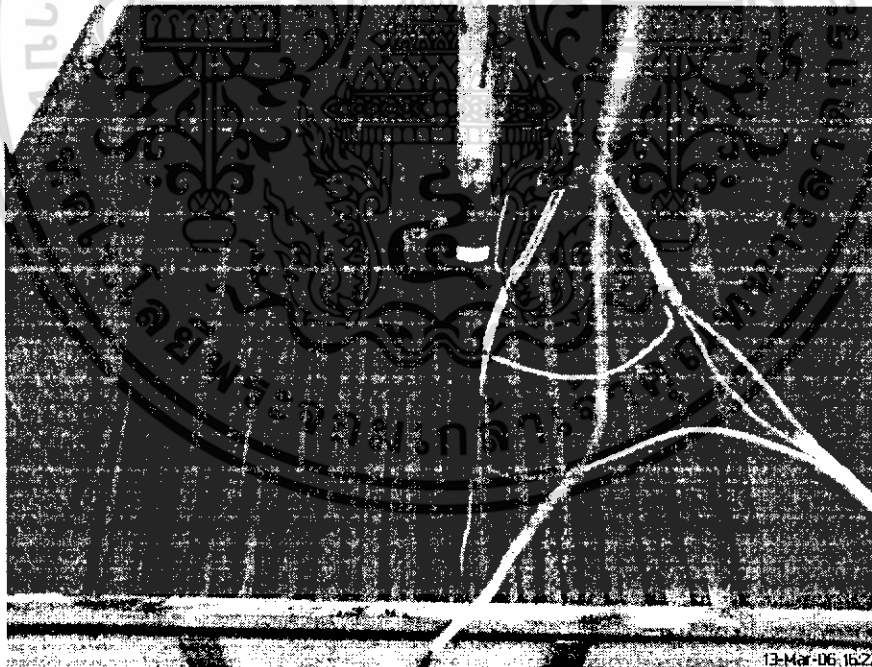
### 3.1.2 เครื่องควบแน่น (Condenser)

ประกอบด้วย ท่อน้ำไอ ท่อควบแน่นและถังน้ำหล่อเย็น ดังรูปที่ 3.3 โดยทำหน้าที่ควบแน่นไอของตัวถูกดูดซับที่คายซับจากตัวดูดซับที่อยู่ในส่วนดูดซับ

**ท่อน้ำไอ** ทำหน้าที่ปรับสภาวะไอของเมธานอลจากที่มีอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ให้เหลืออุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็น พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนของท่อน้ำไอเท่ากับ 0.057 ตารางเมตร ยาว 0.82 เมตร

**ท่อควบแน่น** มีลักษณะเป็นท่อตรงต่อขนานกันหลายๆ ท่อ โดยที่แต่ละท่อจะถูกเชื่อมต่อหัวและท้ายเข้ากับท่อเฮดเคอร์รับและล่าง มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 0.5 ตารางเมตร โดยเลือกท่อทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.02 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.022 เมตร ยาว 0.7 เมตร จำนวน 13 ท่อ โดยเชื่อมต่อส่วนหัวและส่วนท้ายของท่อควบแน่นกับท่อเฮดเคอร์รับและล่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.0508 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.0512 เมตร ยาวท่อละ 0.8 เมตร

**ถังน้ำหล่อเย็น** เป็นถังน้ำนิ่งซึ่งสามารถรับความร้อนของการเปลี่ยนสภาวะของไอเมธานอลจากสถานะไอไปเป็นของเหลว ถังน้ำหล่อเย็นมีขนาด 0.9 เมตร X 1 เมตร X 0.6 เมตร และความจุถังน้ำหล่อเย็น 540 ลิตร



รูปที่ 3.3 โครงสร้างเครื่องควบแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 เครื่องระเหย (Evaporator)

ทำด้วยแผ่นทองแดงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยที่แผ่นทองแดงมีความหนา 0.002 เมตร สามารถบรรจุสารทำความเย็นได้ 4.8 ลิตร ดังรูปที่ 3.4 โดยทำหน้าที่เป็นที่รองรับตัวถูกดูดซับที่ถูกควบแน่นเป็นของเหลวโดยเครื่องควบแน่น ของเหลวนี้จะระเหยเป็นไอและถูกดูดซับโดยตัวดูดซับอีกครั้งหนึ่ง



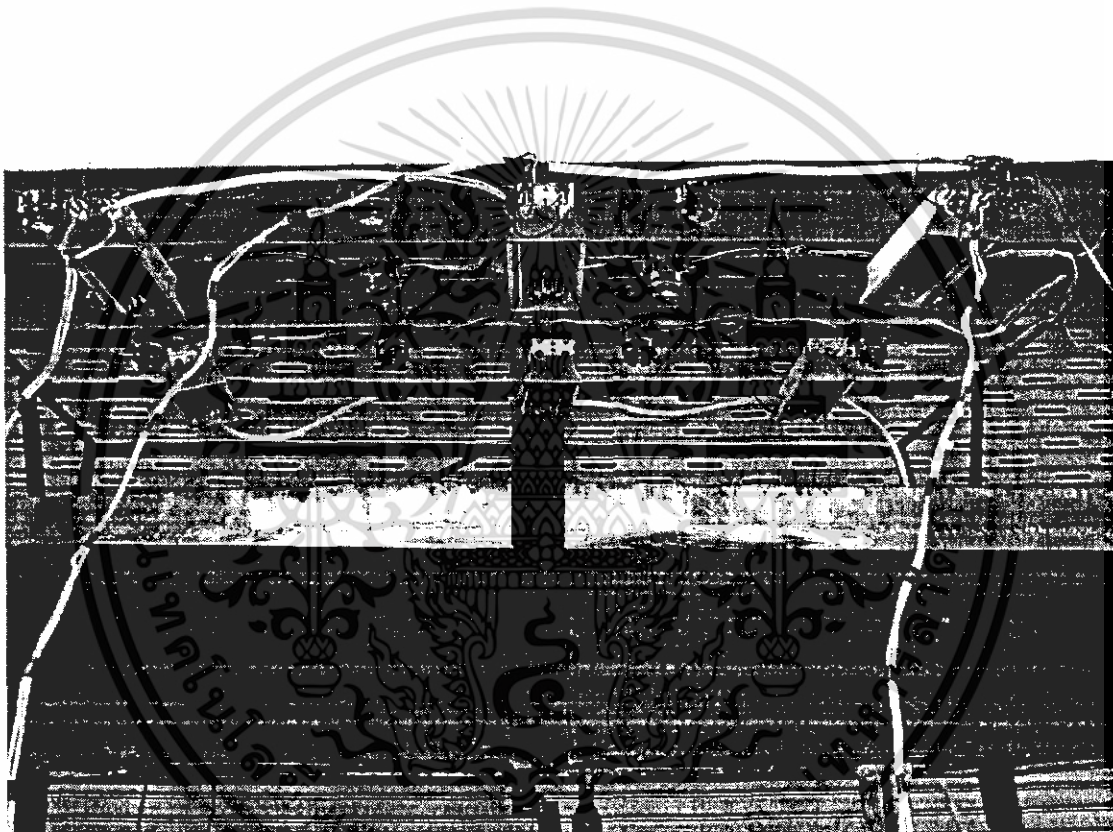
รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 ส่วนประกอบที่ทำเพิ่มเติม

### 3.2.1 แผงหลอดความร้อน

ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่แผงรับแสงอาทิตย์ ประกอบไปด้วยหลอดความร้อนกำลังไฟ 1000 Watts จำนวน 6 หลอด และแผงสำหรับติดตั้งหลอดความร้อน เพื่อให้ความร้อนกับแผงรับแสงอาทิตย์แทนแสงอาทิตย์จริง แสดงดังรูปที่ 3.5

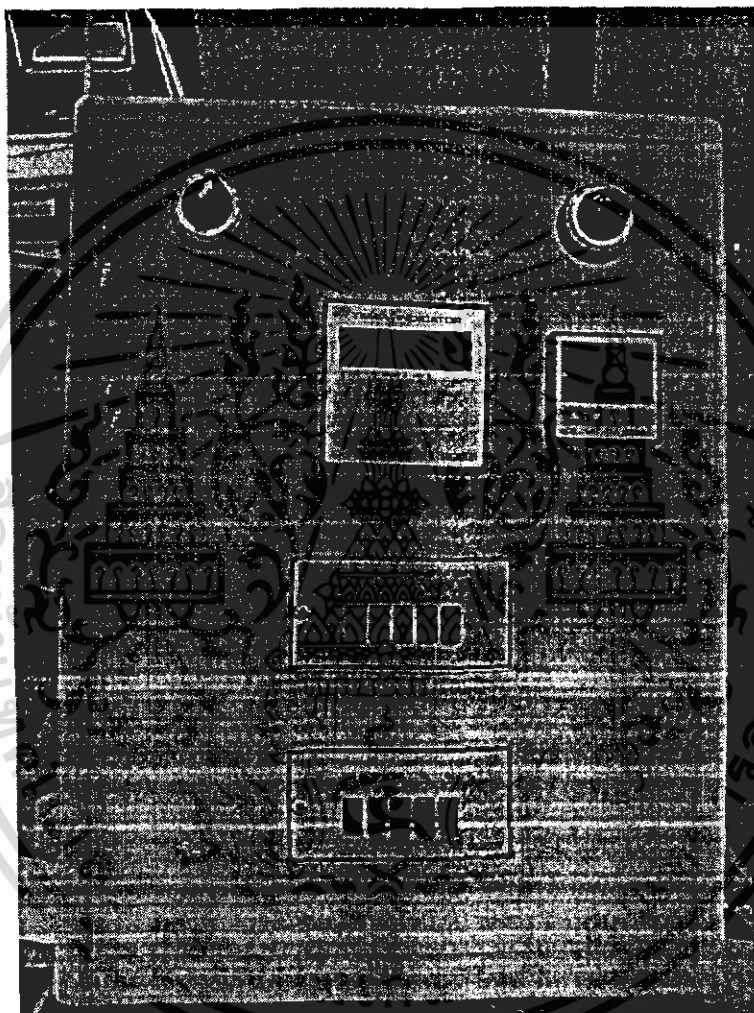


รูปที่ 3.5 โครงสร้างแผงหลอดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิ

ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิแต่ละจุดภายในเครื่องทำความเย็นและควบคุมอุณหภูมิของหลอดความร้อนที่ให้แก่แผงรับแสงอาทิตย์ให้มีอุณหภูมิตามต้องการ ประกอบไปด้วยตัววัดอุณหภูมิ ตัวควบคุมอุณหภูมิและเทอร์โมคัปเปิล ดังรูปที่ 3.6

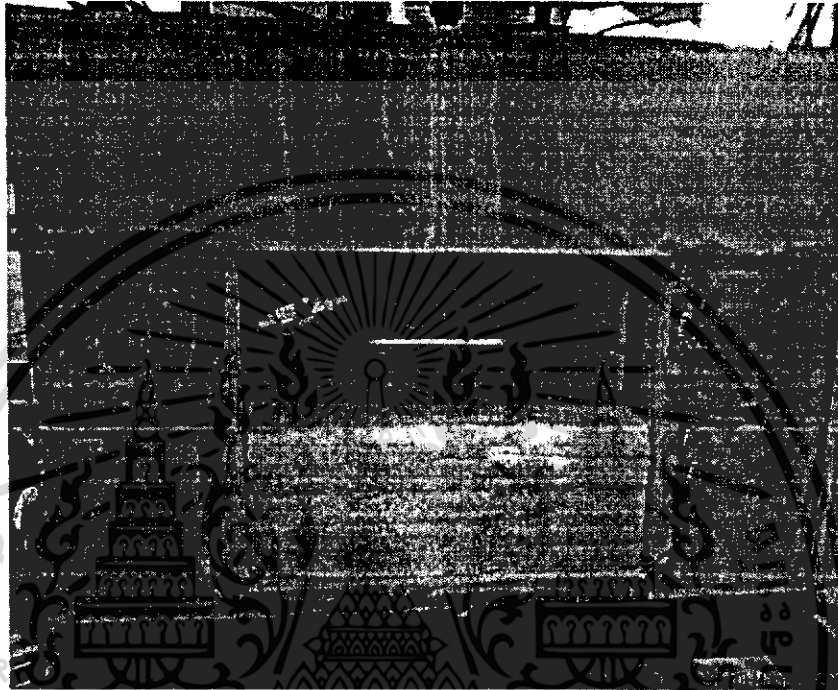


รูปที่ 3.6 โครงสร้างชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 ท่อบรรจุเมธานอล

ทำหน้าที่บรรจุเมธานอลเข้าเครื่องระเหย เพื่อเพิ่มปริมาณของเมธานอลโดยที่เราไม่ต้องถอดเครื่องระเหยออก ประหยัดเวลา ทำให้ทำการทดลองได้อย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างท่อบรรจุเมธานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 วิธีเตรียมเครื่องทำความเย็นและวิธีทำการทดลอง

#### 3.3.1 วิธีเตรียมเครื่องทำความเย็น

1. นำถ่านกัมมันต์ไปอบเพื่อไล่ความชื้น จากนั้นนำถ่านกัมมันต์บรรจุในแผงรับแสงอาทิตย์ ประมาณ 22 กิโลกรัม
2. ประกอบอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ของระบบให้เรียบร้อย
3. ทำการลดความดันของระบบโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ (ซึ่งจะช่วยลดความชื้นออกจากระบบด้วย)
4. เช็กระบบดูไม่ให้มีรอยรั่ว
5. บรรจุเมธานอลตามปริมาณที่ต้องการเข้าที่เครื่องระเหย
6. บรรจุน้ำลงในอ่างน้ำ ประมาณ 4.5 ลิตร ภายในห้องทำความเย็น
7. เติมน้ำในถังหล่อเย็น

#### 3.3.2 วิธีทดลองแบบใช้พลังงานจากหลอดความร้อน

การทดลองจะมีการลองปรับค่าปริมาณเมธานอลในเครื่องระเหยเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น โดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่แผงรับแสงอาทิตย์ให้คงที่ตามกำหนดและให้มีอุณหภูมิคงที่เป็นเวลาที่กำหนด ขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ในตอนกลางวันเปิดเครื่องให้ความร้อนเพื่อให้ความร้อนแก่แผงรับแสงอาทิตย์ และควบคุมให้อุณหภูมิคงที่เป็นเวลาตามกำหนดหลังจากนั้นปิดเครื่องให้ความร้อน
2. ในระหว่างการทดลองวัดอุณหภูมิของเครื่องระเหย น้ำในอ่างภายในห้องทำความเย็น เครื่องควบแน่น แผงรับความร้อน น้ำในถังหล่อเย็น และที่บรรยากาศ ทุกๆ ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง

#### 3.3.3 วิธีทดลองแบบใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์

ขั้นตอนการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งเครื่องทำความเย็นที่กลางแจ้งเพื่อให้แก่แผงรับแสงอาทิตย์ ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์
2. วัดอุณหภูมิของเครื่องระเหย น้ำในอ่างภายในห้องทำความเย็น เครื่องควบแน่น แผงรับความร้อน น้ำในถังหล่อเย็น และที่บรรยากาศ ทุกๆ ชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง
3. ในตอนเย็นจะทำการถอดกระจกค้ำบนของแผงรับแสงอาทิตย์ออก เพื่อช่วยระบายความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์

## บทที่ 4

# ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

### 4.1 การทดสอบเครื่องทำความเย็น

การทดสอบระบบทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับ ในการทดสอบจะทำการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ และ คำนวณปริมาณทำความเย็น ดังนี้

#### 1. อุณหภูมิที่ทำการวัดมีดังนี้

- 1.1 อุณหภูมิของคอยล์บรรจุงาสทำความเย็น
- 1.2 อุณหภูมิของน้ำที่นำมาทดสอบเพื่อทำน้ำเย็น
- 1.3 อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น
- 1.4 อุณหภูมิแผงรับแสงอาทิตย์
- 1.5 อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น
- 1.6 อุณหภูมิของบรรยากาศ

#### 2. การคำนวณปริมาณทำความเย็น

$$Q = mC_p\Delta T$$

Q = ปริมาณทำความเย็น (KJ)

M = น้ำหนักของน้ำที่บรรจุอยู่ในห้องทำความเย็น = 4.5 Kg

C<sub>p</sub> = ค่าความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ย = 4.2 KJ /Kg.K

ΔT = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงเวลาเริ่มทำความเย็น จนถึง อุณหภูมิต่ำสุดที่ เครื่องทำความเย็นสามารถทำได้ (K)

### 4.2 ผลการทดสอบ

ทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนปริมาณเมธานอลที่ป้อนเข้าสู่ระบบ อุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ และเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์คงที่ ได้ผลการทดสอบดังนี้

#### 4.2.1 ผลการทดสอบจากการทดลองโดยใช้พลังงานความร้อนจากหลอดความร้อน

1. ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนปริมาณเมธานอลดังตารางที่ 4.1 - 4.2
2. ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิดังตารางที่ 4.2 - 4.5 กับ 4.6-4.9
3. ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนช่วงเวลาที่อุณหภูมิคงที่สูงสุดดังตารางที่ 4.2 - 4.9

#### 4.2.2 ผลการทดสอบจากการทดลองโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ดังตารางที่ 4.10 - 4.11

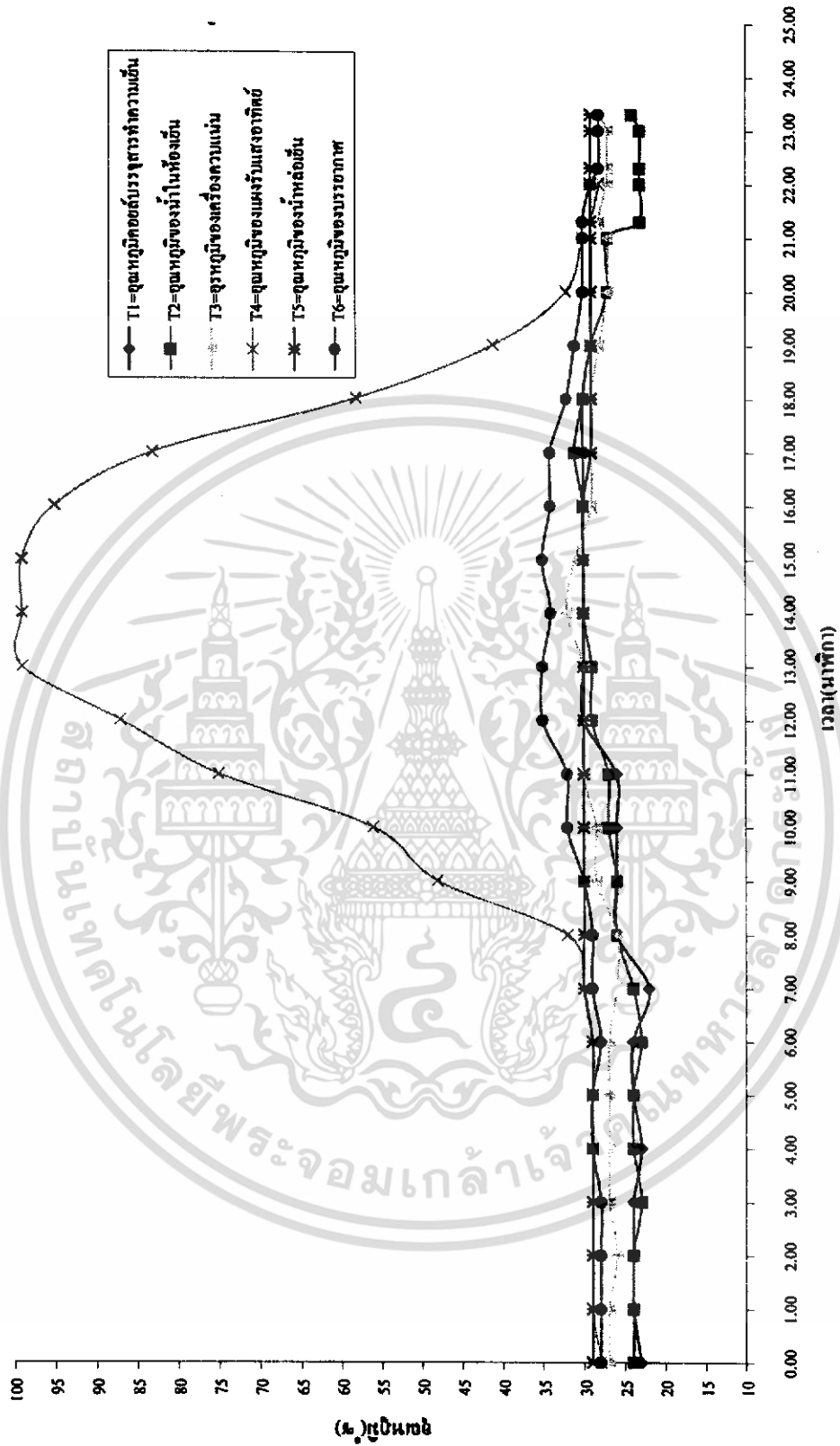
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 3 ลิตร

อุณหภูมิสูงสุด 99 องศาเซลเซียส คงที่ 3 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิของคอยล์บรรจุก๊าซทำความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำที่นำมาทดสอบเพื่อทำความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของอากาศ (°ซ)
0.00	23	24	27	28	29	28
1.00	24	24	27	29	29	28
2.00	24	24	26	29	29	28
3.00	24	23	27	29	29	28
4.00	23	24	27	29	29	29
5.00	24	24	27	29	29	29
6.00	24	23	27	29	29	28
7.00	22	24	26	30	30	29
8.00	26	26	26	32	30	29
9.00	26	26	28.5	48	30	30
10.00	26	27	28.5	56	30	32
11.00	26	27	30	75	30	32
12.00	30	29	30	87	30	35
13.00	30	29	30	99	30	35
14.00	30	30	32	99	30	34
15.00	30	30	31	99	30	35
16.00	30	30	29	95	30	34
17.00	30	31	29	83	29	34
18.00	30	30	29	58	29	32
19.00	29	29	28	41	29	31
20.00	27	27	27	32	29	30
21.00	27	27	27	30	29	30
21.30	23	23	28	29	29	30
22.00	23	23	27	28	29	29
22.30	23	23	27	29	29	28
23.00	23	23	27	29	29	28
23.30	24	24	28	29	29	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา)

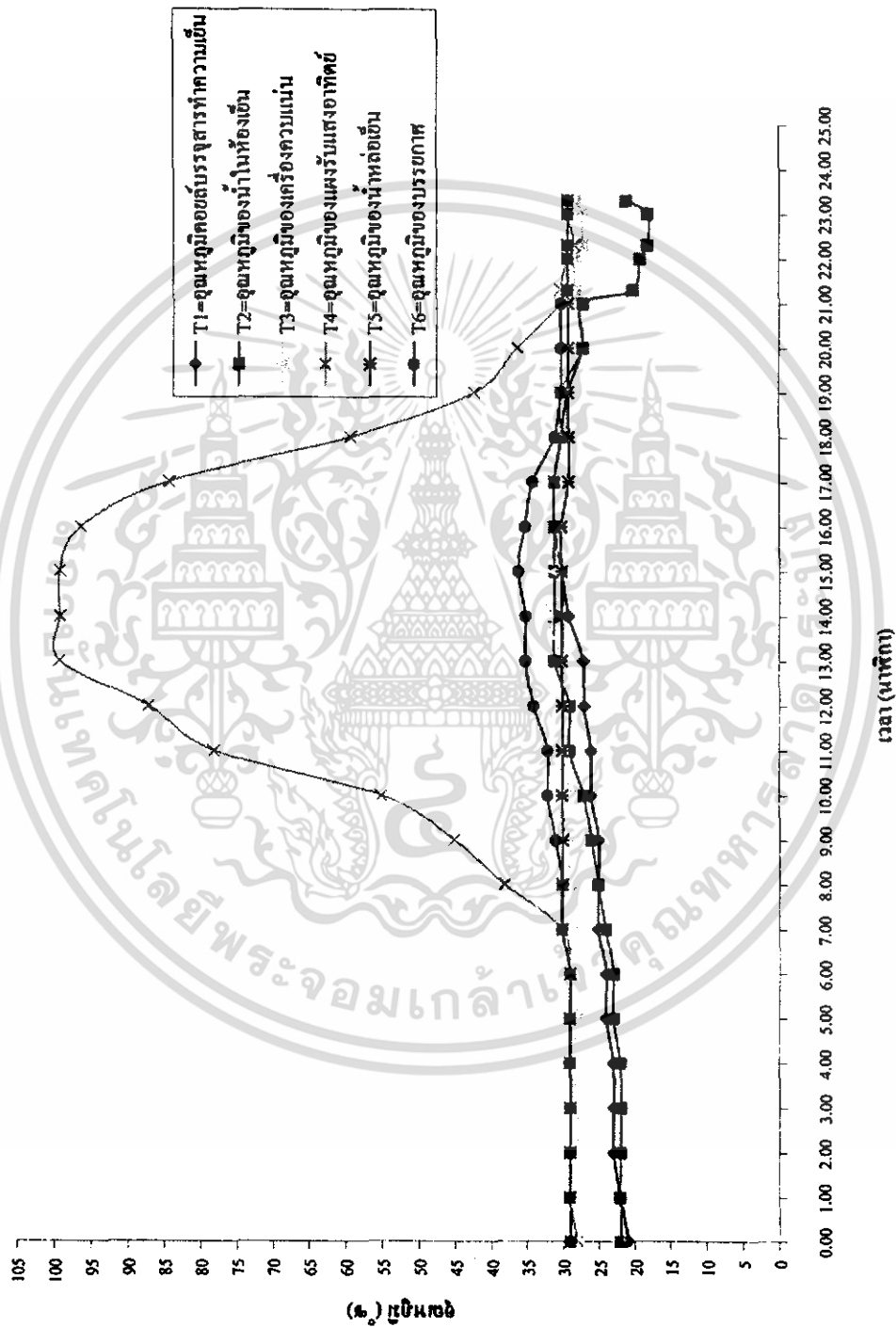
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร

อุณหภูมิสูงสุด 99 องศาเซลเซียส คงที่ 3 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิ ของคอยล์ บรรจุน้ำ ทำความ เย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำที่ นำมา ทดสอบ เพื่อทำ น้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิของ เครื่อง ควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของ แผงรับ แสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำหล่อ เย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของอากาศ (°ซ)
0.00	21	22	28	28	29	29
1.00	22	22	27	29	29	29
2.00	23	22	28	29	29	29
3.00	23	22	28	29	29	29
4.00	23	22	28.5	29	29	29
5.00	24	23	28	29	29	29
6.00	24	23	28	29	29	29
7.00	25	24	28	30	30	30
8.00	25	25	29	38	30	30
9.00	25	26	29	45	30	31
10.00	26	27	29	55	30	32
11.00	26	29	30	78	30	32
12.00	27	29	30	87	30	34
13.00	27	31	30	99	30	35
14.00	29	31	32	99	30	35
15.00	30	31	31	99	30	36
16.00	31	31	30	96	30	35
17.00	31	31	29	84	29	34
18.00	30	30	29	59	29	31
19.00	29	30	29	42	29	30
20.00	27	27	29	36	29	30
21.00	27	27	29	30	29	30
21.30	20	20	28	30	29	29
22.00	19	19	28	29	29	29
22.30	18	18	27	28	29	29
23.00	18	18	27	29	29	29
23.30	21	21	28	29	29	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



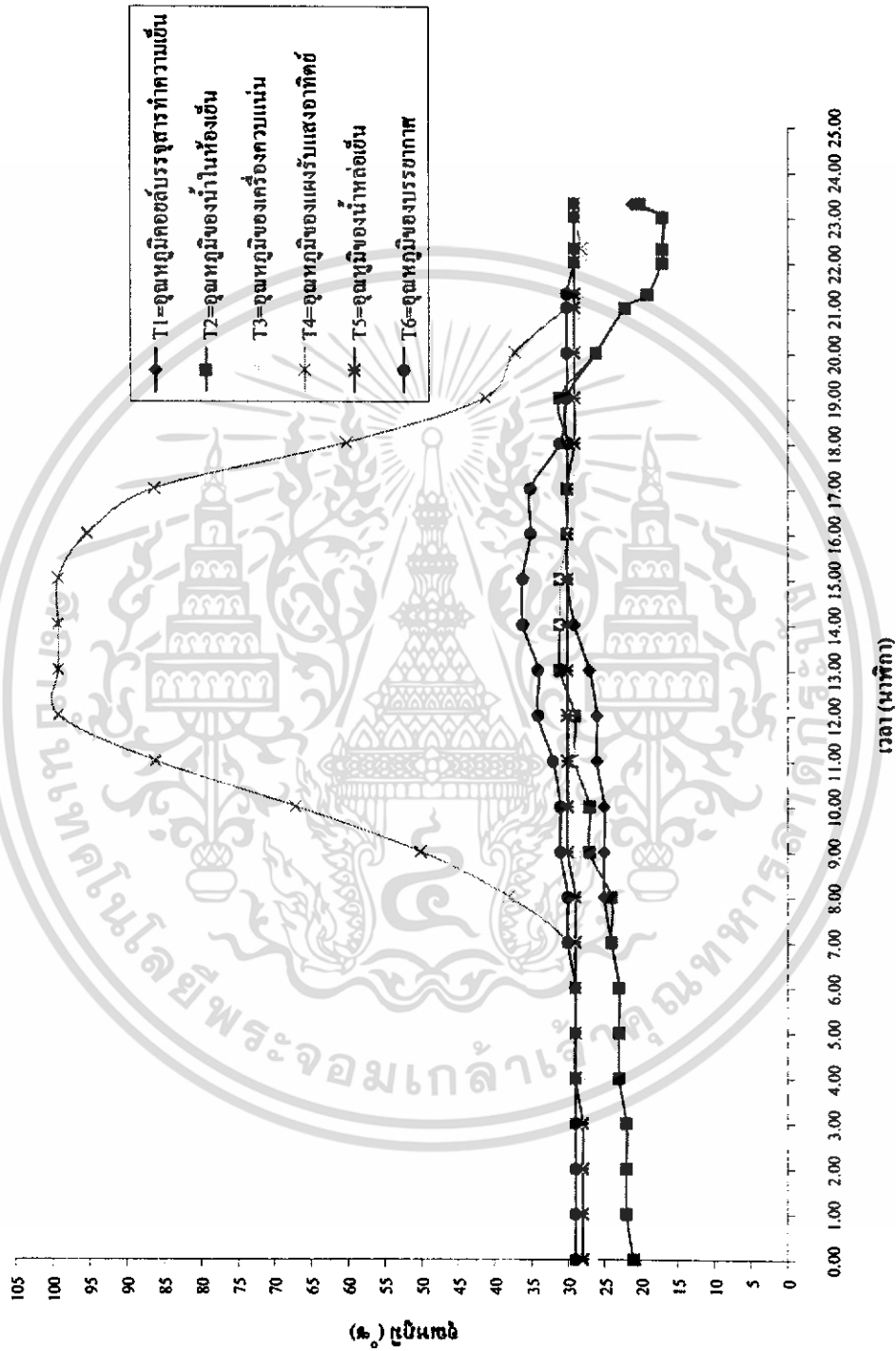
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร  
อุณหภูมิสูงสุด 99 องศาเซลเซียส คงที่ 4 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิ ของคอยล์ บรรจุน้ำ ทำความ เย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำที่ นำมา ทดสอบ เพื่อทำ น้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิ ของเครื่อง ควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของ แผงรับ แสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำ หล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของ อากาศ (°ซ)
0.00	21	21	27	29	28	29
1.00	22	22	27	29	28	29
2.00	22	22	28	29	28	29
3.00	22	22	28	29	28	29
4.00	23	23	28	29	29	29
5.00	23	23	28	29	29	29
6.00	23	23	28	29	29	29
7.00	24	24	29	30	29	30
8.00	25	24	29	38	29	30
9.00	25	27	29	50	30	31
10.00	25	27	29	67	30	31
11.00	26	29	29	86	30	32
12.00	26	29	30	99	30	34
13.00	27	31	30	99	30	34
14.00	29	31	31	99	30	36
15.00	30	31	31	99	30	36
16.00	30	30	30	95	30	35
17.00	30	30	29	86	30	35
18.00	30	30	29	60	29	31
19.00	29	31	29	41	29	30
20.00	26	26	29	37	29	30
21.00	22	22	28	30	29	30
21.30	19	19	28	29	29	30
22.00	17	17	28	29	29	29
22.30	17	17	27	28	29	29
23.00	17	17	27	29	29	29
23.30	21	20	27	29	29	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) กับเวลา (นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร  
อุณหภูมิสูงสุด 99 องศาเซลเซียส คงที่ 5 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิของคอยล์บรรจุน้ำสารทำความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำที่นำมาทดสอบเพื่อทำน้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิของเครื่องความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของอากาศ (°ซ)
0.00	18	18	27	28	28	29
1.00	18	18	27	27	28	29
2.00	20	19	28	27	28	29
3.00	23	22	28	27	29	29
4.00	25	24	28	28	29	29
5.00	26	25	28	28	29	29
6.00	28	27	28	29	29	30
7.00	29	29	28	30	29	30
8.00	29	28	29	35	29	30
9.00	29	29	29	58	29	30
10.00	30	30	30	72	30	30
11.00	29	29	29	99	29	32
12.00	29	30	29	99	29	34
13.00	30	30	29	99	29	35
14.00	30	31	29	99	30	34
15.00	31	31	28	99	30	35
16.00	31	32	29	53	30	32
17.00	32	32	28	35	29	30
18.00	32	32	28	29	28	30
19.00	31	32	28	29	28	29
20.00	31	30	28	28	28	29
21.00	28	27	27	28	27	29
22.00	24	23	27	28	27	29
23.00	20	20	27	28	27	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

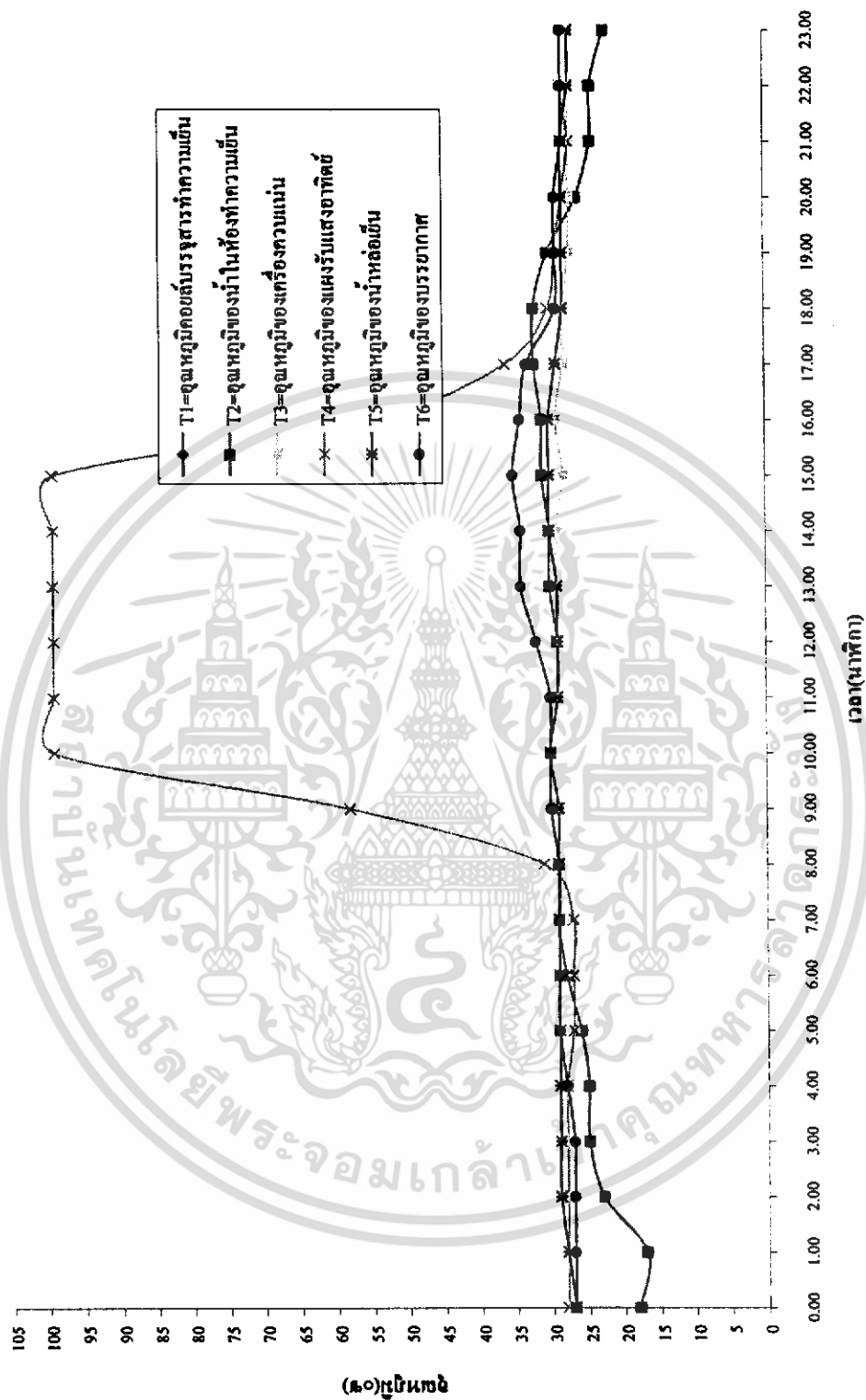


ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตรอุณหภูมิ

สูงสุด 99 องศาเซลเซียส คงที่ 6 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิของคอยล์บรรจุก๊าซทำความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำที่นำมาทดสอบเพื่อทำน้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของอากาศ (°ซ)
0.00	18	18	27	28	27	27
1.00	17	17	27	28	28	27
2.00	23	19	28	28	29	27
3.00	25	24	28	28	29	27
4.00	25	24	28	28	29	28
5.00	26	26	27	27	29	29
6.00	28	28	27	27	29	29
7.00	29	29	27	27	29	29
8.00	29	28	29	31	29	29
9.00	29	29	29	58	29	30
10.00	30	30	30	99	30	30
11.00	29	29	29	99	29	30
12.00	29	30	29	99	29	32
13.00	30	30	29	99	29	34
14.00	30	31	29	99	30	34
15.00	31	31	28	99	30	35
16.00	31	32	29	55	30	34
17.00	32	32	28	36	29	33
18.00	32	31	28	30	28	29
19.00	30	31	27	29	28	29
20.00	26	26	27	28	28	29
21.00	24	24	27	27	28	28
22.00	24	21	27	28	27	28
23.00	22	19	27	28	27	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



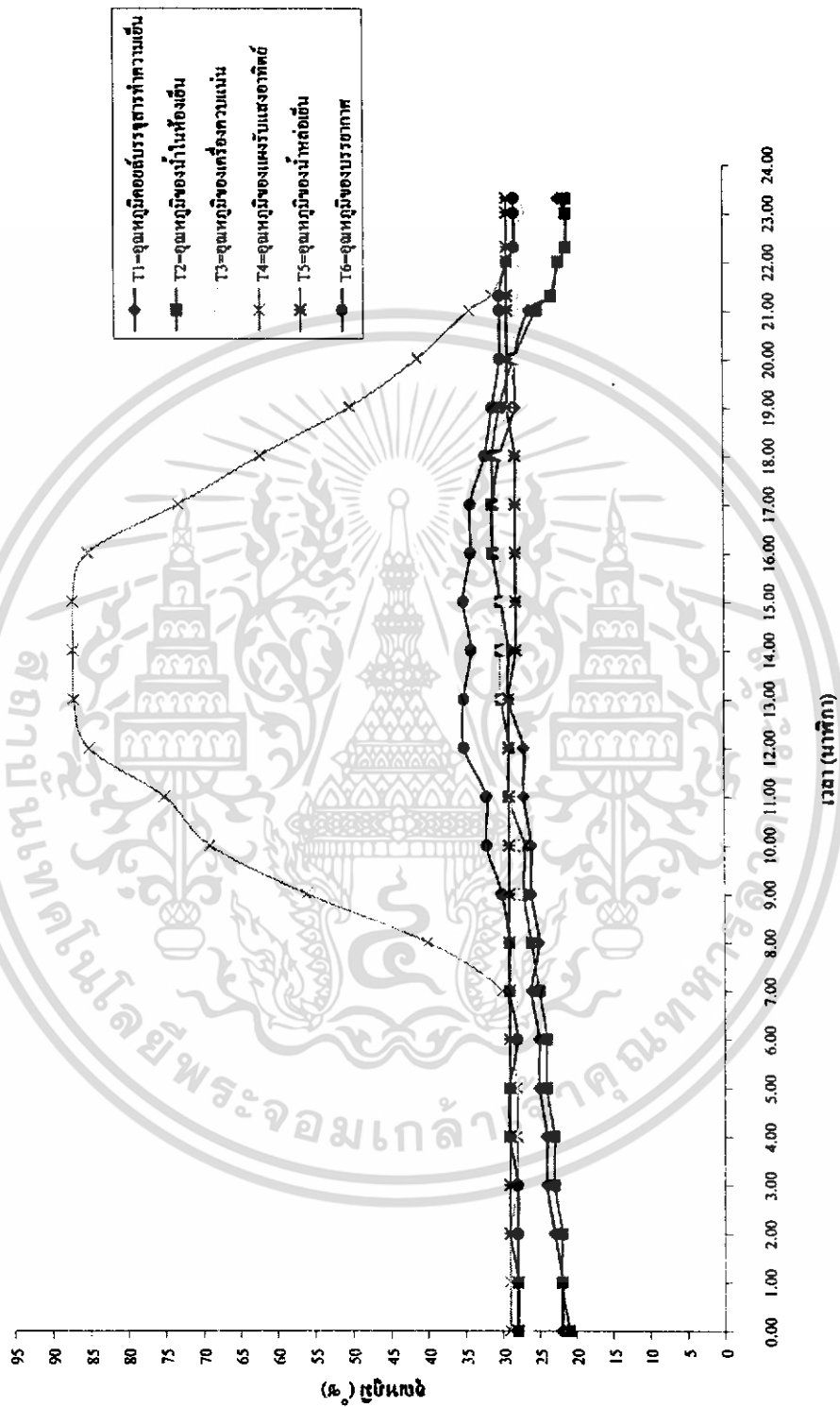
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ(°ซ)กับเวลา(นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร  
อุณหภูมิสูงสุด 87 องศาเซลเซียส คงที่ 3 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิของคอยล์บรรจุน้ำทำความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำที่นำมาทดสอบเพื่อทำน้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของอากาศ (°ซ)
0.00	22	21	27	29	28	28
1.00	22	22	27	29	28	28
2.00	23	22	28	29	29	28
3.00	24	23	28	28	29	28
4.00	24	23	28	28	29	29
5.00	25	24	28	28	29	29
6.00	25	24	28	29	29	28
7.00	26	25	28	30	29	29
8.00	25	26	28	40	29	29
9.00	26	27	28	56	29	30
10.00	26	27	28	69	29	32
11.00	27	29	29	75	29	32
12.00	27	29	30	85	29	35
13.00	29	30	30	87	29	35
14.00	29	30	30	87	28	34
15.00	30	30	30	87	28	35
16.00	31	31	30	85	28	34
17.00	31	31	30	73	28	34
18.00	30	31	30	62	28	32
19.00	28	30	29	50	29	31
20.00	28	28	28	41	29	30
21.00	26	25	28	34	29	30
21.30	23	23	28	31	29	30
22.00	22	22	28	29	29	29
22.30	21	21	28	29	29	28
23.00	21	21	27	29	29	28
23.30	22	21	27	29	29	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



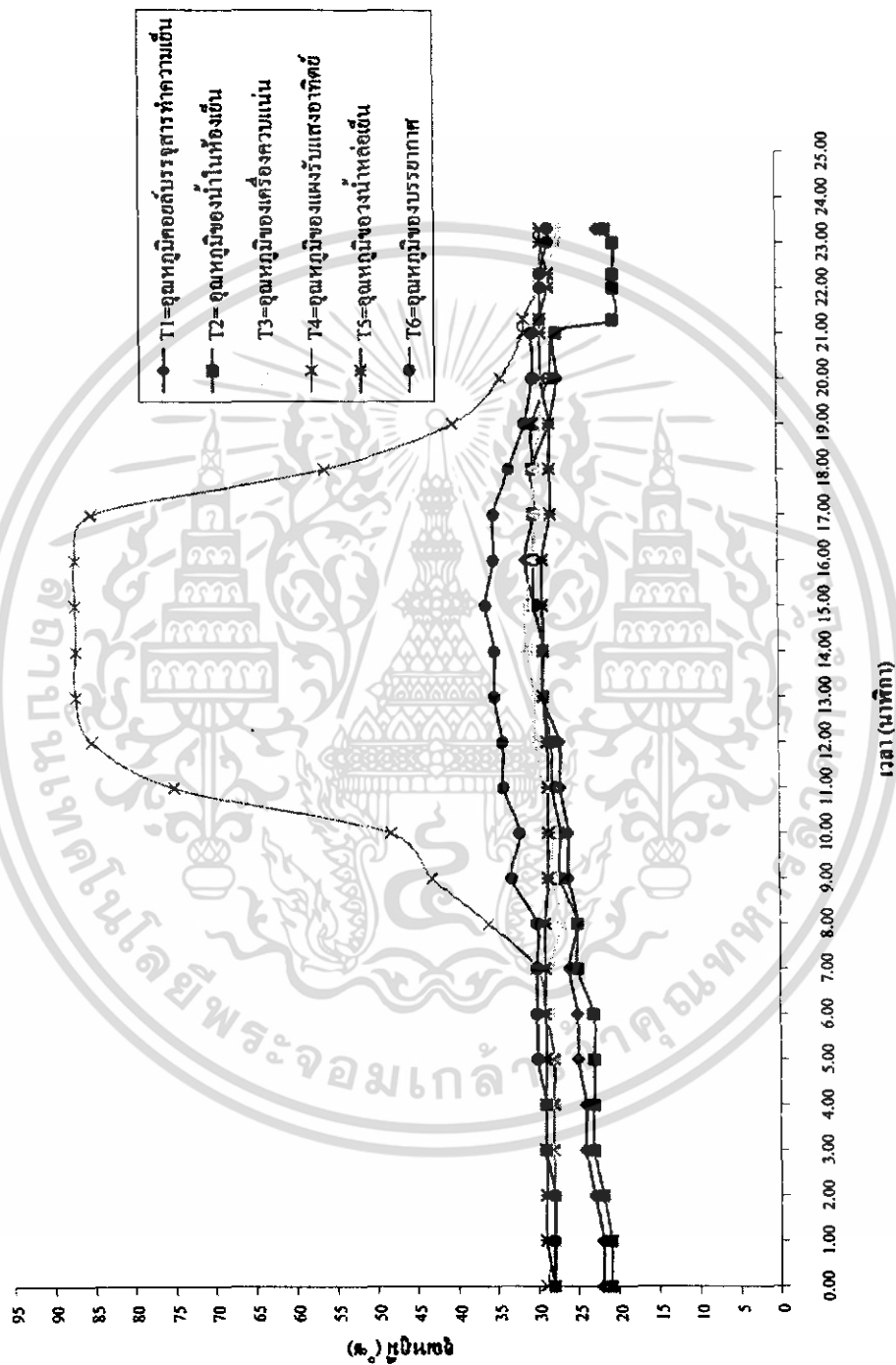
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร  
อุณหภูมิสูงสุด 87 องศาเซลเซียส คงที่ 4 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิของคอยล์บรรจุกสารทำความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำที่นำมาทดสอบเพื่อทำน้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิของอากาศ (°ซ)
0.00	22	21	28	29	28	28
1.00	22	21	28	28	29	28
2.00	23	22	28	28	29	28
3.00	24	23	28	28	29	29
4.00	24	23	28	28	29	29
5.00	25	23	28	28	29	30
6.00	25	23	28.5	29	29	30
7.00	26	25	28.5	30	29	30
8.00	25	25	27	36	29	30
9.00	26	27	28	43	28.5	33
10.00	26	27	28	48	28.5	32
11.00	27	28	29	75	28.5	34
12.00	27	28	30	85	28.5	34
13.00	29	29	30	87	29	35
14.00	29	29	31	87	29	35
15.00	30	30	31	87	29	36
16.00	31	30	30	87	29	35
17.00	30	30	30	85	28	35
18.00	30	30	30	56	28	33
19.00	28	30	29	40	28	31
20.00	27	28	29	34	29	30
21.00	27	27	29	31	29	30
21.30	20	20	29	31	29	29
22.00	20	20	28	29	28	29
22.30	20	20	28	29	28	29
23.00	20	20	27	29	29	28
23.30	22	21	27	29	29	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



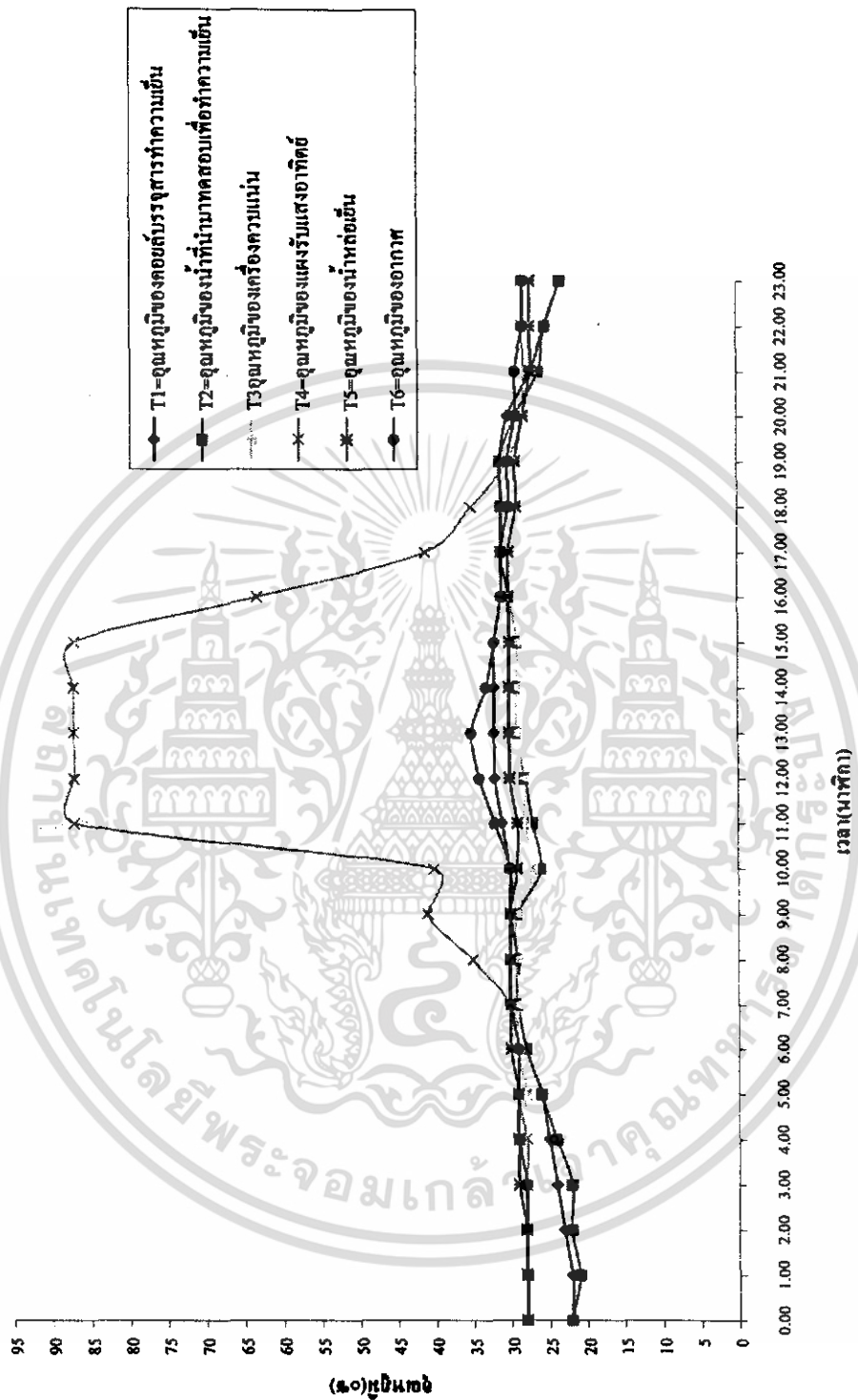
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร อุณหภูมิ  
สูงสุด 87 องศาเซลเซียส คงที่ 5 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิ ของ คอยล์ บรรจุน้ำ ทำความ เย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำที่ นำมา ทดสอบ เพื่อทำ น้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิ ของเครื่อง ควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของ แผงรับ แสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำ หล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของ อากาศ (°ซ)
0.00	22	22	28	28	28	28
1.00	22	21	28	28	28	28
2.00	23	22	28	28	28	28
3.00	24	22	29	28	29	28
4.00	25	24	29	28	29	29
5.00	26	26	28	29	29	29
6.00	28	28	29	29	30	29
7.00	29	29	29	30	30	30
8.00	29	29	29	35	30	30
9.00	30	29	29	41	30	30
10.00	30	26	27	40	29	30
11.00	31	27	28	87	29	32
12.00	32	28	28	87	30	34
13.00	32	29	29	87	30	35
14.00	32	29	29	87	30	33
15.00	32	29	29	87	30	32
16.00	31	30	30	63	30	31
17.00	31	31	30	41	30	31
18.00	31	31	29	35	29	30
19.00	31	31	29	30	29	30
20.00	30	29	28	28	28	29
21.00	27	26	27	28	27	29
22.00	25	25	27	28	27	28
23.00	23	23	27	28	27	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



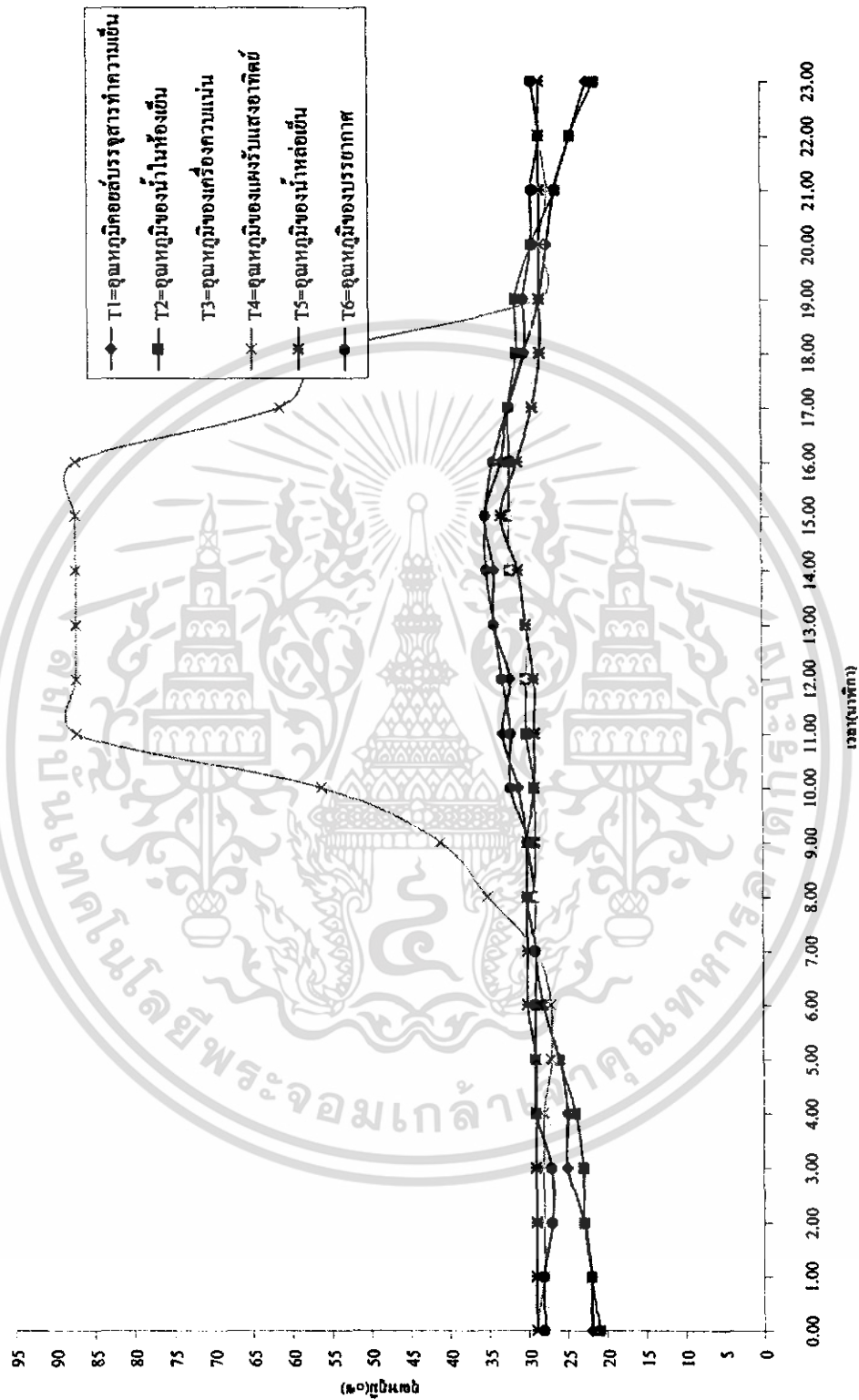
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°ซ) กับเวลา (นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร อุณหภูมิ  
สูงสุด 87 องศาเซลเซียส คงที่ 6 ชั่วโมง

เวลา (น.)	อุณหภูมิ ของคอยล์ บรรจุน้ำมัน ทำความ เย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำที่ นำมา ทดสอบ เพื่อทำ น้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิ ของเครื่อง ควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิของ แผงรับ แสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำ หล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของอากาศ (°ซ)
0.00	22	21	27	29	29	28
1.00	22	22	28	28	29	28
2.00	23	23	28	28	29	27
3.00	25	23	28	28	29	27
4.00	25	24	27	28	29	29
5.00	26	26	27	27	29	29
6.00	28	28	27	27	30	29
7.00	29	29	29	29	30	29
8.00	29	29	29	35	30	30
9.00	30	29	28	41	30	30
10.00	31	29	28	56	29	32
11.00	33	30	29	87	29	32
12.00	32	30	30	87	29	33
13.00	34	30	30	87	30	34
14.00	34	32	32	87	31	35
15.00	35	32	32	87	33	35
16.00	33	32	30	87	31	34
17.00	32	32	29	61	29	32
18.00	30	31	29	55	28	30
19.00	28	31	29	28	28	30
20.00	27	29	28	28	28	29
21.00	26	26	28	27	28	29
22.00	24	24	27	28	28	28
23.00	22	21	27	29	28	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



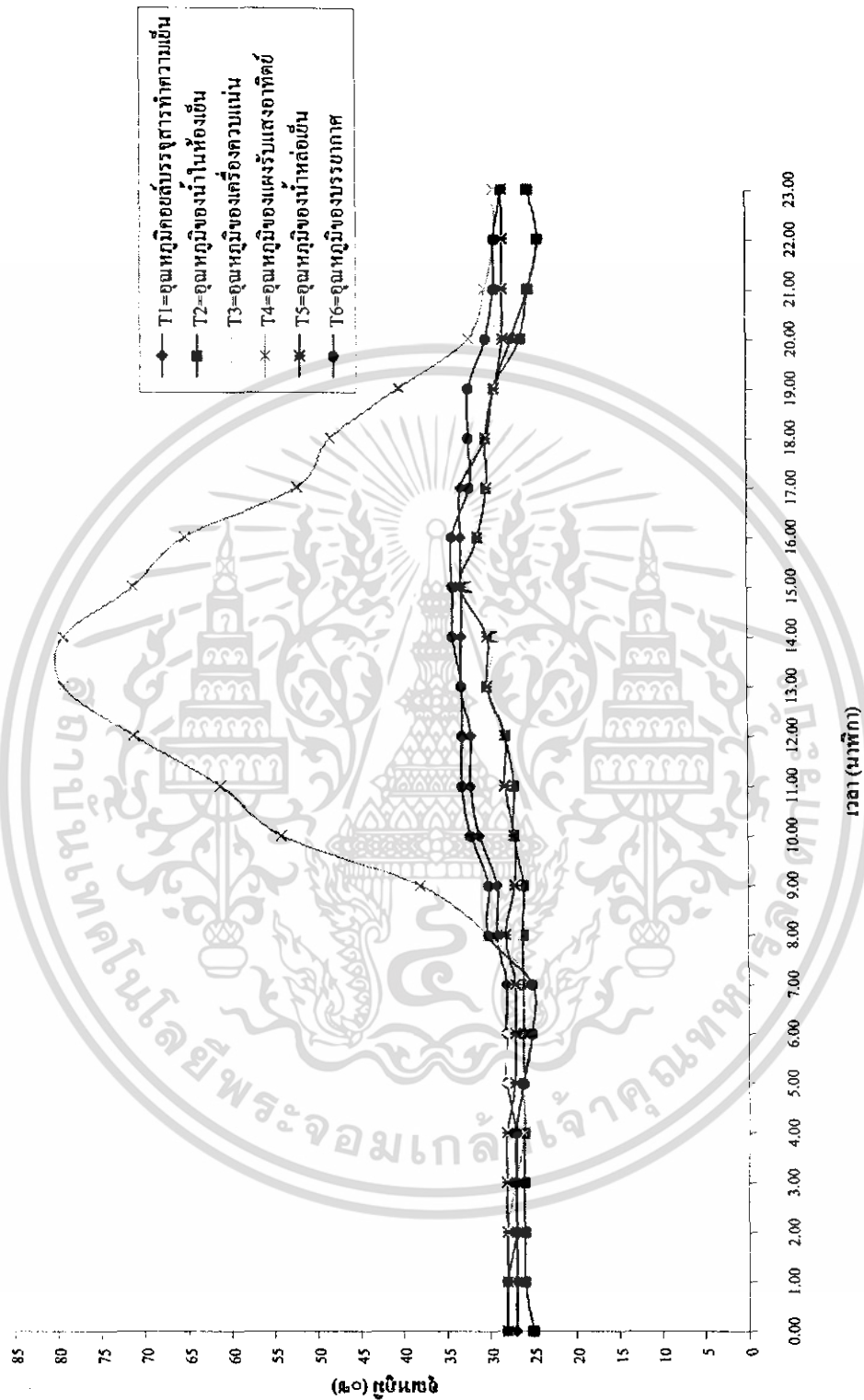
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ(°ซ)กับเวลา(นาฬิกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
วันที่ 18 มีนาคม 2549

เวลา (น.)	อุณหภูมิ ของ คอยล์ บรรจุ สารทำ ความเย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำที่ นำมา ทดสอบ เพื่อทำ น้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิ ของ เครื่อง ควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิ ของแผงรับ แสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำ หล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของ อากาศ (°ซ)
0.00	27	25	28	28	28	28
1.00	27	26	28	28	28	28
2.00	27	26	28	28	28	27
3.00	27	26	28	27	28	27
4.00	27	26	28	26	28	27
5.00	28	26	28	26	27	26
6.00	28	26	28	25	27	25
7.00	28	26	27	25	27	25
8.00	29	26	27	30	28	30
9.00	29	26	27	38	27	30
10.00	31	27	28	54	27	32
11.00	32	27	28	61	28	33
12.00	32	28	29	71	28	33
13.00	33	30	30	79	30	33
14.00	33	29	29	79	30	34
15.00	33	32	32	71	33	34
16.00	33	31	31	65	31	34
17.00	33	30	30	52	30	32
18.00	30	30	30	48	30	32
19.00	29	29	29	40	29	32
20.00	27	26	29	32	28	30
21.00	25	25	28	30	28	29
22.00	24	24	28	29	28	29
23.00	25	25	28	29	28	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



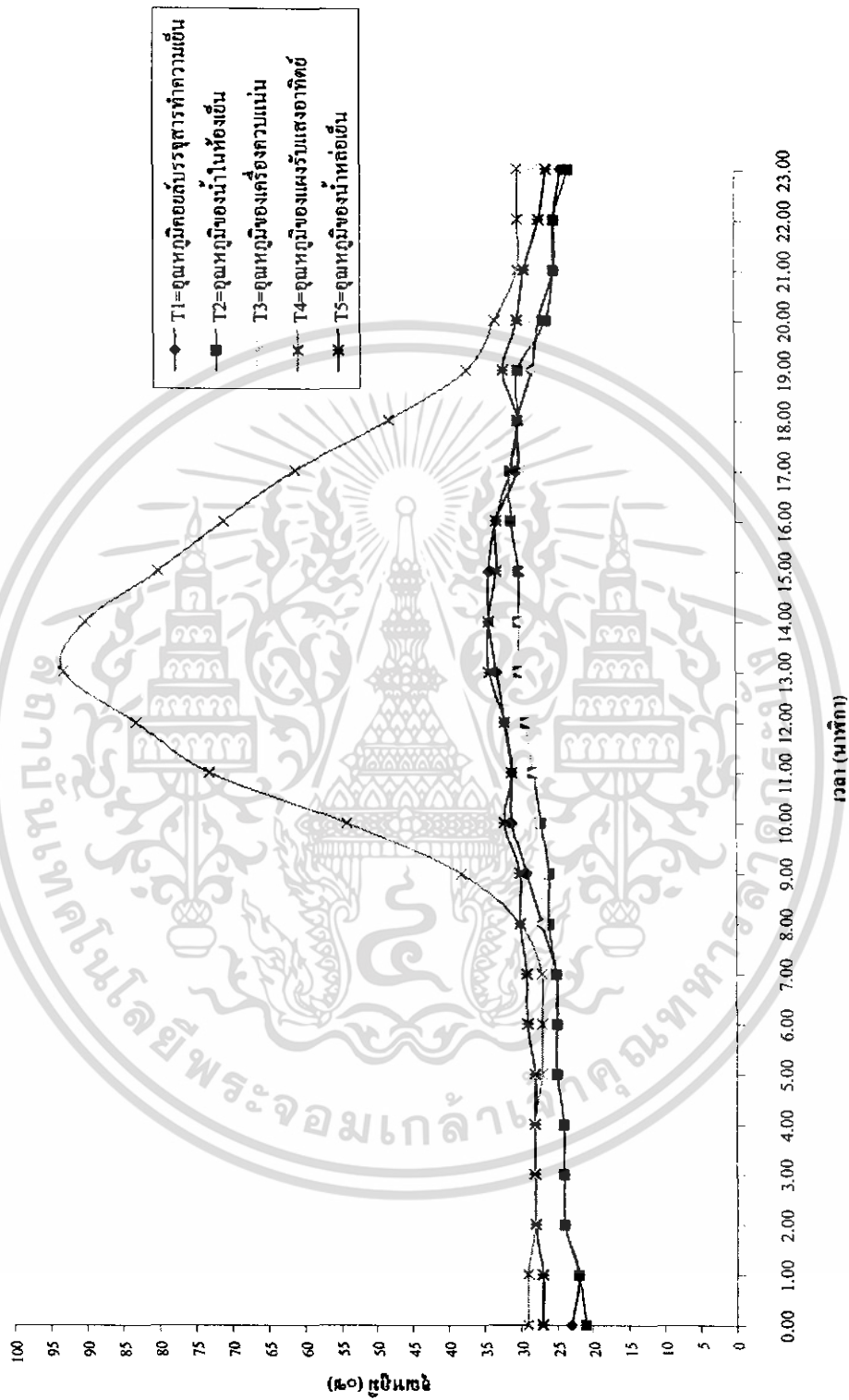
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) กับเวลา (นาฬิกา) [วันที่ 18 มีนาคม 2549]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบทำความเย็น โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์  
วันที่ 19 มีนาคม 2549

เวลา (น.)	อุณหภูมิ ของ คอยล์ บรรจุ สารทำ ความ เย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำ ที่นำมา ทดสอบ เพื่อทำ น้ำแข็ง (°ซ)	อุณหภูมิ ของ เครื่อง ควบแน่น (°ซ)	อุณหภูมิ ของแผงรับ แสงอาทิตย์ (°ซ)	อุณหภูมิ ของน้ำ หล่อเย็น (°ซ)	อุณหภูมิ ของ อากาศ (°ซ)
0.00	23	21	28	29	27	27
1.00	22	22	28	29	28	27
2.00	24	24	28	28	28	28
3.00	24	24	28	28	28	28
4.00	24	24	28	28	28	28
5.00	25	25	28	27	28	28
6.00	25	25	28	27	27	29
7.00	25	25	27	27	27	29
8.00	27	26	27	30	28	30
9.00	29	26	27	38	27	30
10.00	31	27	28	54	27	32
11.00	31	28	28	73	29	31
12.00	32	29	29	83	29	32
13.00	33	30	30	93	29	34
14.00	34	30	30	90	30	34
15.00	34	30	29	80	30	33
16.00	33	31	29	71	30	33
17.00	30	31	29	61	29	31
18.00	30	30	29	48	29	30
19.00	28	30	28	37	29	32
20.00	27	26	28	33	29	30
21.00	25	25	27	30	28	29
22.00	25	25	28	30	27	27
23.00	24	23	28	30	27	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (°C) กับเวลา (นาฬิกา) [วันที่ 19 มีนาคม 2549]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.3.1 การทดสอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากหลอดความร้อน

##### 4.3.1.1 ทดสอบเปลี่ยนปริมาณเมธานอล

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อเปลี่ยนปริมาณเมธานอลจาก 3 ลิตร เป็น 4 ลิตร ที่อุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์ 99 องศาเซลเซียส และเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ 3 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเมธานอลที่ 3 ลิตร สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้เท่ากับ 7 องศาเซลเซียส แต่ที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้เท่ากับ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ทราบว่าปริมาณเมธานอลมากขึ้นจะทำให้ อุณหภูมิของน้ำที่ห้องทำความเย็นลดลงมากขึ้น

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบการทดสอบ โดยเปลี่ยนปริมาณเมธานอล

ปริมาณเมธานอล	อุณหภูมิของน้ำในห้องทำ ความเย็น	ปริมาณความเย็น
3 ลิตร	7 °C	132.3 kJ
4 ลิตร	13 °C	245.7 kJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.1.2 ทดสอบเปลี่ยนอุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.13 เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์จาก 99 องศาเซลเซียส เป็น 87 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตรและเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ 3 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียส สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้เท่ากับ 13 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 87 องศาเซลเซียส สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้เท่ากับ 9 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ทราบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์สูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของน้ำที่ห้องทำความเย็นลดต่ำลงมากขึ้น เพราะเมื่ออุณหภูมิที่แผงรับแสงอาทิตย์สูงขึ้นจะทำให้ตัวดูดซับคายซับออกมาได้มาก จะมีผลทำให้ในช่วงที่ดูดซับก็จะดูดซับ ได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดต่ำลงมากขึ้น

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบการทดสอบโดยเปลี่ยนอุณหภูมิสูงสุดของแผงรับแสงอาทิตย์

อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์	อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็น	ปริมาณความเย็น
87 °C	9 °C	170.1 kJ
99 °C	13 °C	245.7 kJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.1.3 ทดสอบเปลี่ยนเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.14 เมื่อเปลี่ยนเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่จาก 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง ที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร พบว่า

อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ 99 องศาเซลเซียส สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้เท่ากับ 13, 14, 14 และ 14 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ทราบว่าเมื่อเวลาที่อุณหภูมิคงที่เพิ่มมากกว่า 4 ชั่วโมง จะทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงไม่เปลี่ยนแปลง สาเหตุอาจเนื่องจากระยะเวลา 4 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลาที่กระบวนการคายซับได้เต็มที่หรือเข้าสู่สภาวะสมดุล

อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ 87 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดสอบเหมือนกับที่อุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบการทดสอบ โดยเปลี่ยนเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่	อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็น (99°C)	อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็น (87°C)	ปริมาณความร้อน (99°C)	ปริมาณความร้อน (87°C)
3 ชั่วโมง	13 °C	9 °C	245.7 kJ	170.1 kJ
4 ชั่วโมง	14 °C	10 °C	264.6 kJ	189 kJ
5 ชั่วโมง	14 °C	10 °C	264.6 kJ	189 kJ
6 ชั่วโมง	14 °C	10 °C	264.6 kJ	189 kJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 ทดสอบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.15 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสีของแผงรับแสงอาทิตย์ ที่ปริมาณเมธานอล 4 ลิตร พบว่าแผงรับแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงสุด 79 และ 93 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และสามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้เท่ากับ 5 และ 9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบว่าความเข้มข้นของสีที่แผงรับแสงอาทิตย์มีผลต่อการดูดซับพลังงานความร้อนแสง ส่งผลให้แผงรับความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นและสามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดลงได้ดีขึ้นด้วย ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบการทดสอบ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

สีแผงรับแสงอาทิตย์	อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์	อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็น	ปริมาณความเย็น
ดำ	79 °C	5 °C	94.5kJ
ดำเข้ม	93 °C	9 °C	170.1kJ

## สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของระบบและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้หลอดความร้อน พบว่า

1. เมื่อแผงรับแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดต่ำลงมากขึ้น และปริมาณความเย็นเพิ่มขึ้น
2. เมื่อปริมาณเมธานอลเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดต่ำลงมากขึ้น และปริมาณความเย็นเพิ่มขึ้น
3. เมื่อช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาหนึ่ง จะทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดต่ำที่สุด

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พบว่า การเพิ่มสีดำนที่แผงรับแสงอาทิตย์ให้เข้มข้นจะทำให้ให้อุณหภูมิของแผงรับแสงอาทิตย์สูงขึ้น ซึ่งทำให้เราทราบว่าสีที่ทึบเพิ่มเติมที่แผงรับแสงอาทิตย์มีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำในห้องทำความเย็นลดต่ำลงมากขึ้นด้วย

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบเครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้หลักการดูดซับที่สร้างขึ้นพบว่าสามารถที่จะพัฒนาสมรรถนะของเครื่องให้ดียิ่งกว่าเดิม โดยการแก้ไขและปรับปรุงอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### 5.2.1 แผงรับแสงอาทิตย์

- 1) ควรเสริมคานที่บริเวณด้านล่างของแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อป้องกันการยุบตัวของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยให้เครื่องทำงานได้ที่ความดันต่ำลง เพื่อให้เมธานอลระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำลง
- 2) ควรทำความสะอาดและทาสีที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็นประจำ เพื่อให้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น

#### 5.2.2 เครื่องควบแน่น

- 1) ควรทำความสะอาดบริเวณพื้นผิวภายนอกของชุดท่อควบแน่น เมื่อมีคราบสกปรกเกิดขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนของชุดท่อควบแน่นลดลง

### 5.2.3 ห้องทำความเย็น

- 1) ควรสร้างอุปกรณ์วัดระดับปริมาณของเมธานอลที่ความแน่นลงมาจากเครื่องความแน่น เพื่อที่จะได้ทราบถึงปริมาณของเมธานอลภายในเครื่องระเหยที่แท้จริง
- 2) ควรมีการวัดอุณหภูมิของเมธานอลที่อยู่ในเครื่องระเหย
- 3) ควรออกแบบเครื่องระเหยมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] คณิงรัตน์ พุ่งสงค์ และสุชาดา วิโรจน์ยืนยง. การดูดซับก๊าซเอทิลีนด้วยซีลีกาเจลซีโอไลต์ชนิด HZSM-5 และซีโอไลต์ชนิด HY. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 2543.
- [2] บวดี เดชทวิทย์ และสายใจ นารดสมบูรณ์. ผลของสารละลายซิงค์คลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และ สารละลายผสมระหว่างซิงค์คลอไรด์กับโซเดียมคลอไรด์ต่อการผลิตคาร์บอนกัมมันต์จาก กะลามะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 2541.
- [3] <http://www.pcd.go.th>
- [4] Robert H.Perry and Don Green. *Perry's chemical engineering handbook .6<sup>th</sup> ed.* Singapore: McGraw– Hill.
- [5] Sridhar, K. “Studies on Activated Carbon – Methanol Pairs with Relevance to Ice Making” Master of Engineering. Energy Technology program Asian Institute of Technology. 1987.
- [6] Pon M. and Guilleminot, J.J. “Design of an Experimental Solar Power Ice Maker” *Journal Solar Energy Engineering*. Vol. 108. 1986.
- [7] Grenier and Pons. “Experimental and Theoretical Result on Use of an Activated Carbon Intermittent Cycle for Application to a Solar Power Ice Maker” In : Szokolay, S.V. (ED) *Solar World Congress*. Vol. 1. Pergamon Press., pp. 500 -506.
- [8] Anyanwu EE “Review of Solid Adsorption Solar Refrigeration II : an overview of the Principle and Theory” *Energy convers manage*. submitted for publication.
- [9] Boubakri A Guilleminot JJ, Meunier F. Adsorptive. “Solar power ice maker: Experiment and Model *Solar Energy*” 2000.
- [10] โกสินทร์ เบ้าทอง และภาณุพงษ์ ประดิษฐ์พุกัญ. เครื่องทำความเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้หลักการการดูดซับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.
- [11] Critoph, R.E. and Vogel, R. “Possible Adsorption Pair for Use in Solar Cooling” *International Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 108, pp. 332 – 337. 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง ( ต่อ )

- [12] พิทยา กิ่งชูบ คมกฤษ พนมอุปถัมภ์ และสมเกียรติ เล้าหวรรณรัชช์. ระบบทำความเย็นแบบ  
เกาะชนิดไม่ต่อเนื่อง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา  
วิศวกรรมศาสตร์ เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2535.
- [13] J.P. Holman, **Heat transfers** .7<sup>th</sup> ed. Singapore: McGraw – Hill, 1992.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้