สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม

Absorption Refrigeration

T050176

นาย ประเสริฐพร มณีฉาย 43015426

นาย ภูไท ฤทธิ์ธาร 43015429

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50176
วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547
.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม

Absorption Refrigeration

โดย

นาย ประเสริฐพร มณีฉาย 43015426

นาย ภูไท ฤทธิ์ธาร 43015429

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นสวนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม

Absorption Refrigeration

ผู้จัดทำ

1. นาย ประเสริฐพร มณีฉาย รหัสประจำตัว 43015426
2. นาย ภูไท ฤทธิ์ธาร รหัสประจำตัว 43015429

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ . ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำความเย็น ระบบดูดซึม

นาย ประเสริฐพร มณีฉาย 43015426
นาย ภูไท ฤทธิ์ธาร 43015429
ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมชนิดทำงานเป็นช่วงๆ โดยใช้น้ำผสมแอมโมเนียเป็นสารละลาย น้ำเป็นสารดูดซึม ส่วนแอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น พลังงานที่ใช้ในระบบได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะสร้างแผงรับแสงอาทิตย์เป็นตัวดูดความร้อนและเก็บสะสม เพื่อถ่ายเทให้กับสารละลายในตอนกลางวัน ส่วนการทำความเย็นจะเริ่มในตอนกลางคืน จุดที่เน้นเพื่อศึกษาในโครงงานนี้คือ ความสามารถในการดูดรับความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์ ความสามารถในการทำความเย็นของระบบ ความสามารถในการดูดซึมของสารดูดซึม จากการทดลองพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปทำความเย็นในระบบดูดซึมได้แต่มีสมรรถนะของการทำความเย็นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absorption Refrigeration

Prasetpon Maneechay

Bhuthai Rittan

Assist.Porf. Tawatchai Nakpipat Advisor

Abstract

This project is to study an intermittent type of absorption refrigeration, water and ammonia solution were used as a working substances. Refrigerating effect was obtained by ammonia while water was an absorber. Solar energy collector was used as an generator to separate ammonia from the solution at daytime and the system was made as the refrigerator at nighttime. The purpose of this project is to study the coefficient of performance, and cooling capacity. From an experiment the absorption system was done as a cooler by solar energy but low COP was obtained.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เสร็จลงได้คือ ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ ช่วยเหลือเสมอมา จึงต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ สุดท้ายนี้ ขอระลึกถึงและไว้อาลัยให้กับ อภิชน สุคนธศีลกุล (โรม) เพื่อนสมาชิกกลุ่มที่จากไป

ประเสริฐพร มณีฉาย
ภูไท ฤทธิ์ธาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	4
2.2 การถ่ายเทความร้อน	5
2.3 การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody radiation)	9
2.4 การแผ่รังสีของวัสดุทึบแสง (Opaque body)	9
2.5 วัตถุโปร่งแสง (Transparent body)	10
2.6 วัตถุกึ่งโปร่งแสง (Semitransparent body)	10
2.7 การดูดกลืน การสะท้อน และการผ่านทะลุรังสีของผิว	11
2.8 ปรากฏการณ์กรีนเฮาส์ (Green house effect)	11
2.9 ฉนวน	12
2.10 วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า	13
2.11 หลักการเบื้องต้นของการทำความเย็น	14
2.12 ประวัติความเป็นมาและการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมพื้นฐาน	15
2.13 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโครงงานวิจัย	16
2.14 สารทำความเย็น	17
2.15 แอมโมเนีย	18
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	20
3.1 แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector)	20
3.2 ท่อ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ปริมาณสารทำความเย็นและสารละลายในระบบ 23
3.4 วาล์ว (Valve) 24
3.5 Separator and Absorber 25
3.6 Condenser 26
3.7 Evaporator 29
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 33
4.1 ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ 33
4.2 การดัดท่อ 40
4.3 การเตรียมการติดตั้งท่อ 40
4.4 การทดสอบรอยรั่ว 41
4.5 การเติมสารละลายในระบบ 42
4.6 การทำสุญญากาศระบบ (Evacuating the system) 44
4.7 การทำงานของระบบ 45
4.8 การปรับ Expansion Valve 47
4.9 การทดลอง 47
บทที่ 5 ผลการทดลอง 48
5.1 กราฟแสดงผลการทดลอง 48
บทที่ 6 วิจารณ์และสรุปผล 55
6.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 55
6.2 สรุปผลการทดลอง 56
6.3 แผนงานการทดลองต่อในอนาคต 56
6.4 ข้อเสนอแนะ 56
บรรณานุกรม 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน 22
ตารางที่3-2 แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุ 22
ตารางที่3-3 แสดงขนาดของท่อ 24
ตารางที่ 4-1 แสดงรัศมีการดัดท่อ 40
ตารางที่ 4-2 แสดงอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายใต้ความดันสุญญากาศ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์กับโลก 4
รูปที่ 2-2 การวิเคราะห์การนำความร้อนของแผ่นระนาบที่ผิวทั้งสองด้านสัมผัสกับของไหล 5
รูปที่ 2-3 การวิเคราะห์การนำความร้อนผ่านผนังทรงกระบอก โดยผิวทั้งสองด้านสัมผัสกับของไหล 7
รูปที่ 2-4 การแผ่รังสีแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวหนึ่งกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ 8
รูปที่ 2-5 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุดำ 9
รูปที่ 2-6 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุทึบแสง 10
รูปที่ 2-7 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุโปร่งแสง 10
รูปที่ 2-8 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุกึ่งโปร่งแสง 10
รูปที่ 2-9 แสดงปรากฏการณ์กรีนเฮาส์ (Green house effect) 11
รูปที่ 2-10 แสดงฉนวนกันความร้อน 12
รูปที่ 2-11 แสดงความหนาวิกฤติของฉนวน 13
รูปที่ 2-12 แสดงการเชื่อมไฟฟ้า 14
รูปที่ 2-13 วงจรการทำงานพื้นฐานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม 16
รูปที่ 2-14 จำลองอุปกรณ์พื้นฐาน 17
รูปที่ 2-15 Ideal Thermodynamic Cycle of Absorption 17
รูปที่ 2-16 แสดงถังแอมโมเนีย 19
รูปที่ 3-1 Generator 21
รูปที่ 3-2 แสดงความสามารถของแผงรับความร้อน 21
รูปที่ 3-3 วาล์ว ปิด-เปิด ควบคุมการไหล 25
รูปที่ 3-4 แสดงลักษณะการออกแบบ Absorber & Separator 25
รูปที่ 3-5 ลักษณะการออกแบบ Condenser 27
รูปที่ 3-6 แสดงลักษณะการออกแบบ Evaporator 29
รูปที่ 3-7 แสดงโครงสร้างโดยรวมด้านหน้า 31
รูปที่ 3-8 แสดงโครงสร้างโดยรวมด้านข้าง 31
รูปที่ 3-9 Aqua-ammonia 32
รูปที่ 4-1 แสดงแผงรับแสงอาทิตย์ 33
รูปที่ 4-2 แสดง Separator & Absorpber 34
รูปที่ 4-3 แสดง Condenser 35
รูปที่4-4 แสดง Evaporator 36
รูปที่4-5 แสดงเกจวัดความดัน 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-6 แสดงกระจกดูสารละลาย 37
รูปที่4-7 แสดงวาล์วเติมแอมโมเนีย 37
รูปที่ 4-8 แสดงปั๊ม 38
รูปที่ 4-9 แสดง Expansion Valve 38
รูปที่ 4-10 แสดงถังหล่อเย็น 38
รูปที่ 4-11 แสดงชุดทดลอง 39
รูปที่ 4-12 แสดงโครงสร้างโดยรวม 39
รูปที่ 4-13 แสดงข้อต่อแบบ Union 41
รูปที่ 4-14 แสดงข้อต่อแบบ Elbow 90 41
รูปที่ 4-15 แสดงถังไนโตรเจน 42
รูปที่ 4-16 ชุดทดสอบความดันด้วยน้ำ 44
รูปที่ 4-17 เครื่องปั๊มสุญญากาศ 44
รูปที่ 4-18 โครงสร้างโดยรวมอธิบายการทำงานของระบบ 45
รูปที่ 4-19 แสดงวงจรการทำงาน 46
รูปที่ 4-20 แสดงการเติมแอมโมเนียเข้าระบบ 46
รูปที่ 5-1 ผลการทดลองอุณหภูมิ 48
รูปที่ 5-2 ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ 48
รูปที่ 5-3 ความเย็นที่สามารถทำได้ 49
รูปที่ 5-4 ความสามารถดูดซึมแอมโมเนีย 50
รูปที่ 5-5 แอมโมเนียที่สามารถแยกได้เทียบกับเวลา 52
รูปที่ 5-6 แอมโมเนียที่สามารถแยกได้เทียบกับอุณหภูมิ 52
รูปที่ 5-7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ 53
รูปที่ 5- 8 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในอดีตถึงปัจจุบัน โลกของเราได้มีการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญรุดหน้าอย่างต่อเนื่อง มนุษย์ได้สร้างสิ่งอำนวยความสะดวกต่อตนเองขึ้นมากมาย ดังนั้นทุกคนจึงปฏิเสธไม่ได้ว่าปัจจัยซึ่งมีความสำคัญในการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆคือ พลังงาน ไม่ว่าจะเป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานเหล่านี้ได้มาจากสิ่งต่างๆ รอบตัวเรานั่นเอง อันได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน น้ำ รวมไปถึงเชื้อเพลิงอื่นๆ สิ่งเหล่านี้ถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติซึ่งใช้แล้วหมดไป และขณะนี้ก็ร่อยหรอลงไปทุกวัน ทำให้น่าเป็นห่วงว่าสักวันหนึ่งทรัพยากรเหล่านี้จะหมดลงได้ และกว่าที่ทรัพยากรเหล่านี้ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน จะเกิดขึ้นมาใหม่ได้นั้นต้องอาศัยเวลานับเป็นร้อยๆ ปี ซึ่งถือเป็นเวลายาวนานมาก แต่มนุษย์ใช้เวลาเพียงไม่กี่สิบปีก็สามารถทำให้สิ่งเหล่านี้หมดลงไปได้ ดังนั้นเราควรตระหนักว่าในอนาคตข้างหน้าเราจะนำเชื้อเพลิงใดมาผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต มนุษย์จึงพยายามคิดค้นหาแหล่งพลังงานแหล่งใหม่เพื่อทดแทนพลังงานเก่า อันได้แก่ พลังงานลม พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่เราสามารถนำมาแปรรูปให้เป็นพลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้าได้โดยไม่มีผลกระทบก่อให้เกิดมลพิษ ดังเช่น เชื้อเพลิงบางชนิดอีกด้วย แต่ก็มีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกมีความเข้มข้นของแสงไม่พอเมื่อเทียบกับความต้องการของมนุษย์ที่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉพาะบริเวณที่มีเมฆหมอกมากหรือในเมืองใหญ่ อุปกรณ์ในการติดตั้งตัวรับแสงมีราคาสูงมาก ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก และประสิทธิภาพของอุปกรณ์รับแสงก็ด้อยกว่าอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิง

เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมเป็นเครื่องทำความเย็นระบบหนึ่งที่มีหลักการทำงานโดยทั่วไปคือใช้สารดูดซึมและสารทำความเย็นร่วมกัน โดยในบางขณะสารทำความเย็นจะถูกดูดซึมด้วยสารดูดซึม และบางขณะสารทำความเย็นจะแยกตัวออกจากสารดูดซึม ปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะต้องมีการให้ความร้อน และนำความร้อนออกจากระบบ ส่วนกำลังงานที่ใช้ในการขับน้ำยาให้เกิดการไหลวนในระบบมีสองแบบ คือ ใช้ปั๊มสำหรับปั๊มน้ำยาซึ่งอยู่ในสภาพของเหลวให้ไหลวน หรือ ใช้พลังงานความร้อนเพื่อให้เกิดความแตกต่างของความดัน และความหนาแน่นของสารละลาย ส่วนสารละลายที่นิยมใช้สำหรับเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมนั้น มีด้วยกันสองคู่คือ แอมโมเนียกับน้ำ โดยแอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น ส่วนน้ำจะเป็นสารดูดซึม ซึ่งมีความสามารถในการทำความเย็นสูงจึงเหมาะกับเครื่องทำความเย็น อีกชนิดหนึ่งคือ ลิเทียมโปรไมด์กับน้ำ ลิเทียมโปรไมด์จะเป็นสารดูดซึมส่วนน้ำจะเป็นสารทำความเย็น แต่มีข้อเสียคือต้องใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งจึงเหมาะสำหรับเครื่องปรับอากาศ จะเห็นได้ว่าเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมนั้นใช้พลังงานความร้อนเป็นพลังงานในระบบซึ่งได้จากแหล่งกำเนิดหลายชนิด เช่น จากการเผาไหม้ของแก๊ส น้ำมัน ถ่านหิน ความร้อนจากไอเสียของเครื่องจักร ความร้อนทิ้งภายในโรงงาน ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นอีกแหล่งความร้อนหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของงานวิจัยในโครงงานนี้จะเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมโดยใช้น้ำกับแอมโมเนียเป็นสารละลายในระบบ น้ำจะเป็นสารดูดซึมส่วนแอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น พลังงานที่ใช้ในระบบเป็นพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยสร้างแผงรับแสงอาทิตย์เป็นตัวรับแสงเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารละลายในระบบในตอนกลางวันและการทำความเย็นจะเริ่มในตอนกลางคืน ส่วนการไหลวนของสารละลายในระบบนั้นอาศัยความแตกต่างของความดันและความหนาแน่นของสารละลายในตอนกลางวันคือช่วงรับพลังงาน และควบคุมการไหลวนของสารละลายโดยการ ปิด-เปิด วาล์วเป็นหลัก ส่วนในตอนกลางคืนคือช่วงทำความเย็นเราใช้ปั๊มช่วยในการหมุนเวียนของสารละลายเพื่อนำความร้อนที่เกิดจากการดูดซึมของแอมโมเนียใน Absorber ไประบายความร้อนทิ้งบริเวณ แผงรับความร้อน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่มากมายมาใช้ประโยชน์

1.2.2 เพื่อออกแบบระบบเครื่องทำความเย็นให้เหมาะสมกับพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์

1.2.3 เพื่อสร้างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของพลังงานความร้อนเพื่อจ่ายให้ระบบทำความเย็น

1.2.4 เพื่อใช้ในการศึกษาและพัฒนาต่อในอนาคต

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 สามารถทำความเย็นได้

1.3.2 ทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของสารละลายให้ได้อัตราส่วนผสมที่สามารถทำความเย็นได้สูงสุด

1.3.3 คำนวณและทดสอบความสามารถในการทำความเย็นเพื่อเปรียบเทียบ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการทำงานในการวิจัยโครงงานสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ คือ

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆในเรื่องเครื่องทำความเย็นโดยทั่วไปและจะเน้นหนักทางด้านเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม

1.4.2 ศึกษาถึงพลังงานที่มีแนวโน้มจะสามารถเป็นพลังงานให้กับระบบ โดยเน้นในส่วนของพลังงานเหลือใช้ ปล่อยทิ้งโดยไร้ประโยชน์ เพื่อหาวิธีการประหยัดพลังงาน การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ และหาพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในอนาคต ซึ่งมีหลายแหล่งด้วยกัน เช่น ไอเสียปล่อยทิ้งจากเครื่องจักร ไอน้ำและน้ำร้อนจากหม้อน้ำที่ใช้อยู่ปัจจุบันซึ่งมีปริมาณไอน้ำเหลือเพียงพอ ความร้อนทิ้งโดยนำกลับมาใช้ใหม่ เช่นจากก๊าซที่ปล่อยทิ้ง ไอน้ำความดันต่ำจากการปล่อยทิ้งของกังหันไอน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น และผลสรุปที่ได้คือพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายอย่าง เช่น เป็นพลังงานที่มีอยู่ทั่วไป สะอาดบริสุทธิ์ไม่เป็นมลพิษ ไม่มีเสียงดังรบกวน ไม่ต้องใช้ต้นทุนในการขนส่ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ที่เรียกว่า อุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ (Solar collector) ซึ่งจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิดคือ อุปกรณ์รับแสงแผ่นราบ (Flat plate collector) และอุปกรณ์รวมแสง (Focusing collector) ซึ่งได้เลือกอุปกรณ์รับแสงชนิดแผ่นราบ เนื่องจากใช้ต้นทุนในการสร้างต่ำ อุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่าย โครงสร้างไม่ซับซ้อน ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่ทำได้จะไม่มากนักคือ ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส หากใช้สีดำธรรมดาทาด้านบนของแผ่นดูดแสง จะมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับโครงงานวิจัยนี้

1.4.4 นำข้อมูลดังกล่าวที่ได้ศึกษาแล้ว มาออกแบบและสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ และทดลองหาพลังงานความร้อนที่แผงรับแสงอาทิตย์สามารถทำได้ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างระบบทำความเย็น

1.4.5 ออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นต่อเข้ากับแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ในระบบ

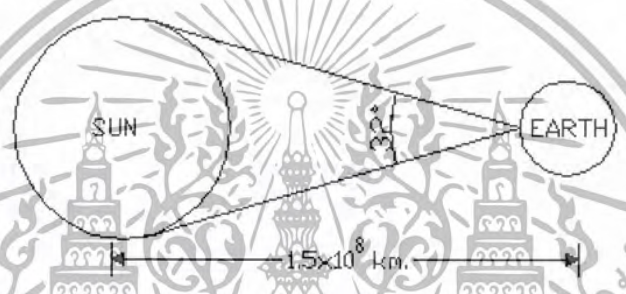
1.4.6 ทำการทดลองวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดสามารถอ่านได้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดในระบบสุริยะจักรวาล และมีความสำคัญที่สุดต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ดวงอาทิตย์มีลักษณะทรงกลม มีก๊าซร้อนอยู่ภายใน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.39×10^{6} กิโลเมตร และระยะห่างจากโลกเฉลี่ยประมาณ 1.5×10^{8} กิโลเมตร ที่ผิวของดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิประมาณ 5762 K. ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ดวงอาทิตย์แผ่รังสีออกมาเหนือบรรยากาศโลก ส่วนภายในมีอุณหภูมิประมาณ 8×10^{6} ถึง 40×10^{6} K. และมีความหนาแน่นประมาณ 80 -100 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยพลังงานในอัตรา 3.85×10^{23} kW. ที่ตกกระทบโลกมีอัตรา 1.79×10^{14} kW.



รูปที่ 2-1 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์กับโลก

2.1.1 ค่าคงตัวของดวงอาทิตย์ (Solar constant)

คือปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนโลกต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉาก เนื่องจากระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์มีค่าแตกต่างกันออกไปในวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ประมาณ $\pm$ 1.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าแตกต่างกันน้อยมาก การปลดปล่อยพลังงานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ จึงถือได้ว่าความเข้มข้นของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกถึงชั้นบรรยากาศชั้นนอกมีค่าคงตัว เดิมการวัดหาค่าคงตัวนี้กระทำที่พื้นดิน ซึ่งจะมีค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจาก การดูดกลืนรังสีในชั้นบรรยากาศ จึงได้มีการเปลี่ยนการวัดโดยได้ทำการวัดใหม่บนเครื่องบินวิจัยที่ระดับสูง ทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากขึ้นและเป็นที่ยอมรับกัน คือ 1.353 kW/m^2

2.1.2 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์บนพื้นโลก

รังสีดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านชั้นบรรยากาศซึ่งประกอบไปด้วยก๊าซต่างๆ เช่น O_2, O_3, H_2O, CO_2 ฝุ่นละอองและอนุภาคอื่นๆ อีกจำนวนมาก จึงทำให้ขนาดของการแผ่รังสีและการกระจัดกระจายตามทิศทางและความยาวคลื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยความเข้มข้นของรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนถูกดูดกลืน สะท้อนกลับ หรือทิศทางของลำแสงเปลี่ยนกระจัดกระจายไป ความเข้มข้นของรังสีจึงลดลง ซึ่งจากการประมาณความเข้มข้นของรังสีที่ตกลงมาถึงผิวโลกมีค่าประมาณ 936 W/m^2 เท่านั้น เราสามารถจำแนกรังสีที่ตกกระทบบนผิวโลก ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 การแผ่รังสีตรง (Beam Radiation) เป็นรังสีที่โลกได้รับโดยตรง ซึ่งเป็นรังสีที่ไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง

2.1.2.2 การแผ่รังสีแบบแพร่กระจาย (Diffuse Radiation) ผิวโลกได้รับรังสีนี้หลังจากที่รังสีถูกเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิม เนื่องจากการสะท้อน การกระจัดกระจาย เมื่อรังสีกระทบกับบรรยากาศโลก

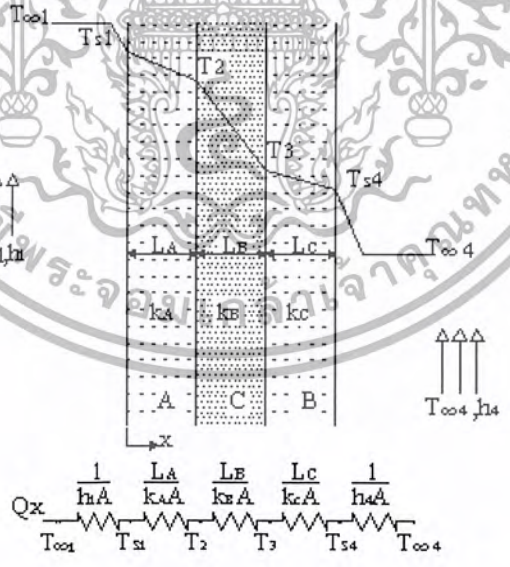
2.1.2.3 การแผ่รังสีรวม (Total Radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจัดกระจาย บางทีเรียกว่า Global Radiation

2.2 การถ่ายเทความร้อน

2.2.1 การนำความร้อน (Conduction)

คือ การถ่ายเทความร้อนในลักษณะ การแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยการเคลื่อนที่แบบจลน์ (Kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในของโลหะนั้นจะเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอน (Electron) สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมากเคลื่อนไหวอยู่ในโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งกล่าวได้ว่าวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีด้วย

2.2.1.1 การวิเคราะห์การนำความร้อนผ่านชั้นตัวกลาง



รูปที่ 2-2 การวิเคราะห์การนำความร้อนของแผ่นระนาบที่ผิวทั้งสองด้านสัมผัสกับของไหล

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$Q_x = UA(T_{\infty 1} - T_{\infty 4}) \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_x = \left(\frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 4}}{R_{tot}} \right) \tag{2.2}$$

$$U = \left(\frac{1}{R_{tot} A} \right) = \left(\frac{1}{(1/h_1) + (L_A / k_A) + (L_B / k_B) + (L_C / k_C) + (1/h_4)} \right) \tag{2.3}$$

เมื่อ

Q_x คือ การนำความร้อนผ่านผนังแผ่นระนาบ (พิกัดฉาก) (W)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W/m^2 K$)

T_∞ คือ อุณหภูมิภายในและภายนอก (K)

h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 K$)

k คือ ค่าสภาพการนำความร้อน (W/m K)

L คือ ความหนาของแผ่นระนาบ (m)

R_{tot} คือ ความต้านทานรวม (K/W)

A คือ พื้นที่ของแผ่นระนาบ (m^2)

2.2.1.2 ค่าการนำความร้อนของสาร

ค่าการนำความร้อนเป็นการบ่งชี้ถึงอัตราที่ซึ่งพลังงานถูกถ่ายเทโดยขบวนการฟุ้งกระจาย อัตราการถ่ายเทพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างทางฟิสิกส์ของสาร อะตอมและโมเลกุล ซึ่งเกี่ยวกับสภาวะของสาร ในช่วงระหว่างก๊าซและโลหะที่นำความร้อนสูง เช่น ทองแดงหรือเงิน ค่าการนำความร้อนจะแปรเปลี่ยนโดยตัวประกอบประมาณ 10^4 ค่าการนำความร้อนยังแปรเปลี่ยนกับอุณหภูมิ สารบางตัวมีการแปรเปลี่ยนกับอุณหภูมิน้อยอาจถือว่ามีค่าการนำความร้อนคงที่ได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วค่าการนำความร้อนของสารเกือบทุกชนิดจะแปรเปลี่ยนกับอุณหภูมิ โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำๆ ค่าการนำความร้อนจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่ในที่นี้การคำนวณจะถือว่าค่าการนำความร้อนคงที่

2.2.2 การพาความร้อน (Convection)

เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งหรือไหลผ่านภายในช่องการไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของแข็งมีค่าแตกต่างกัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของของแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับผิวของแข็ง กลไกของการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า "การพาความร้อน" ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยการทำขึ้นเองโดยใช้ปั๊มหรือพัดลมเป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำให้ของไหลไหลผ่านบนพื้นผิว การถ่ายเทความร้อนเช่นนี้เรียกว่า "การพาความร้อนแบบบังคับ (Force convection)" ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัว ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า "การพาความร้อน

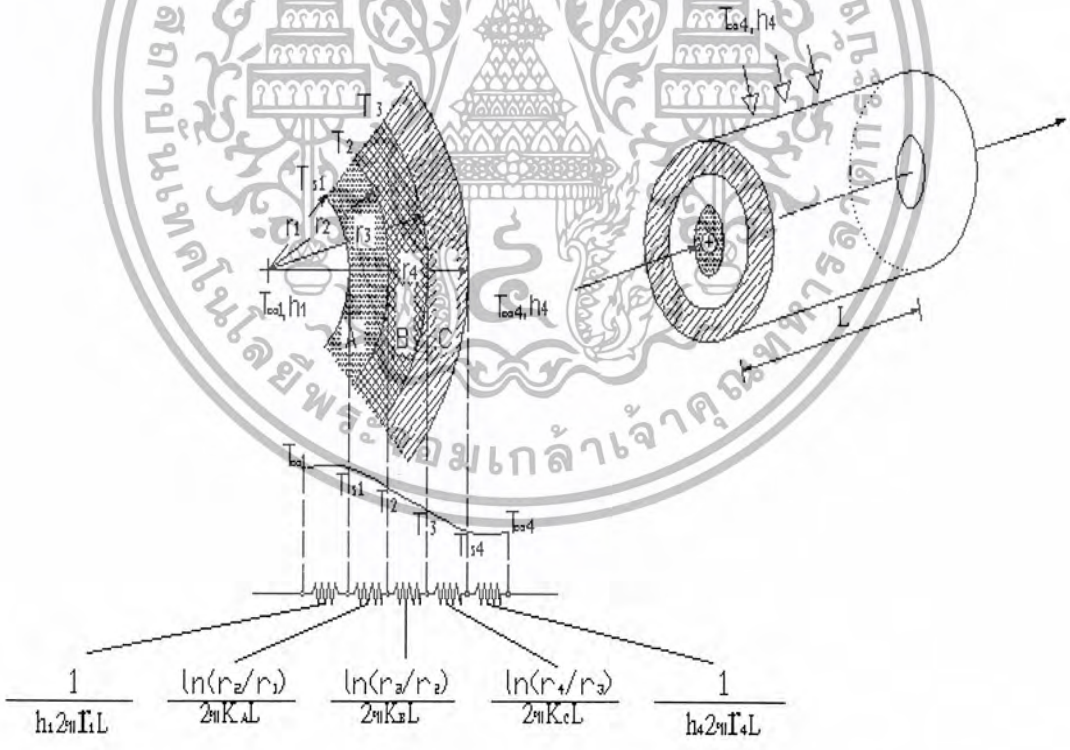
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอิสระ หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Free or Natural Convection)" เช่น ปล่อยแผ่นวัตถุร้อนที่วางอยู่ในแนวดิ่งไว้ในอากาศเย็นที่หยุดนิ่ง ชั้นของอากาศที่ติดกับผิวของแผ่นวัตถุจะมีการเคลื่อนที่เพราะเกรเดียนอุณหภูมิในอากาศเป็นผลทำให้เกรเดียนของความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่ของของไหลมีผลกระทบต่อสนามอุณหภูมิภายในของไหล

2.2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection heat transfer coefficient or film convection coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของการไหล เช่น การไหลแบบราบเรียบ (Laminar) หรือ การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent) รูปทรงของวัตถุ พื้นที่ที่ของไหลไหลผ่าน คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของของไหล อุณหภูมิเฉลี่ยและตำแหน่งต่างๆ ตามพื้นผิวของวัตถุนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกลไกของการถ่ายเทความร้อนว่าเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยตลอดพื้นผิว

2.2.2.2 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านทรงกระบอก



รูปที่ 2-3 การวิเคราะห์การนำความร้อนผ่านผนังทรงกระบอก โดยผิวทั้งสองด้านสัมผัสกับของไหล

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_r = \left(\frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 4}}{R_{tot}} \right) \tag{2.4}$$

$$Q_r = UA\left(T_{\infty 1} - T_{\infty 4}\right) \tag{2.5}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{r_1}{k_A}\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1}{k_B}\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{r_1}{k_C}\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right) + \frac{r_1}{r_4}\frac{1}{h_4}} \tag{2.6}$$

เมื่อ

Q_r คือ การนำความร้อนผ่านทรงกระบอก (W)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W/m^2 K$)

T_∞ คือ อุณหภูมิภายในและภายนอก (K)

r คือ รัศมีทรงกระบอก (m)

A คือ พื้นที่ผิวทรงกระบอก (m^2)

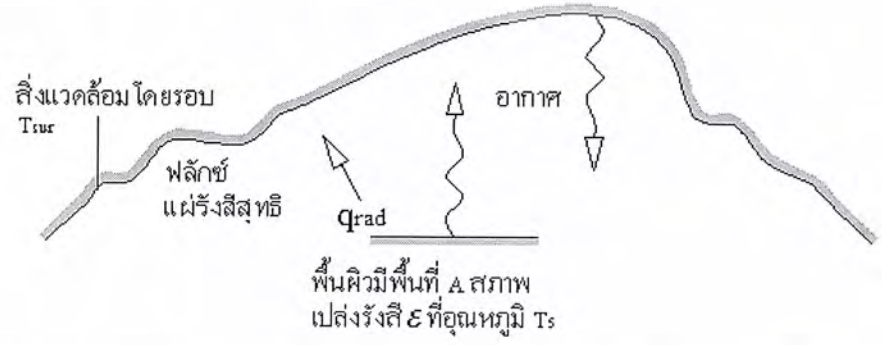
R_{tot} คือ ความต้านทานรวม (K/W)

h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 K$)

k คือ ค่าสภาพการนำความร้อน (W/m K)

2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดย สารซึ่งอยู่ที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน การส่งออกของรังสีสามารถเกิดขึ้นได้จาก ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ดังนั้นโดยไม่คำนึงรูปแบบของสาร การส่งออกของรังสีเชื่อว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือโมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นจะถูกนำออกไปโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าโฟตรอน ในขณะที่การพาความร้อนหรือการนำความร้อนจะต้องอาศัยตัวกลาง แต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีนั้นจะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเกิดขึ้นในสุญญากาศ



รูปที่ 2-4 การแผ่รังสีแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวหนึ่งกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$q_{rad} = \varepsilon \sigma T_s^{\,4} \tag{2.7}$$

เมื่อ

q_{rad} คือ การแผ่รังสีความร้อน

ε คือ สภาพการเปล่งรังสีของพื้นผิว (Emissivity)

σ คือ ค่าคงที่ของ ชเตฟาน- โบลต์ซมันน์ มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8}\ \mathrm{W/m^2\,K^4}$

$T_s^{\,4}$ คือ อุณหภูมิผิวแผ่รังสี (K^4)

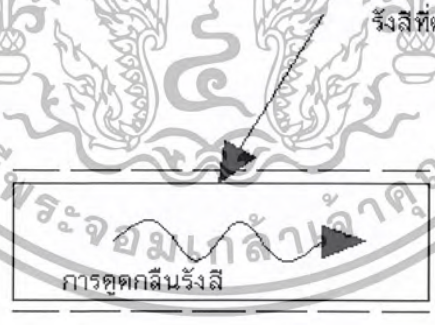
2.3 การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody radiation)

วัตถุดำเป็นผิวทางอุดมคติที่เป็นตัวแผ่รังสี และดูดรังสีที่ดีที่สุด ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้คือ

2.3.1 วัตถุดำจะดูดรังสีที่ตกกระทบทั้งหมดไว้ ไม่มีการสะท้อนกลับ โดยไม่คำนึงถึงความยาวคลื่นและทิศทาง

2.3.2 วัตถุดำจะแผ่รังสีได้มากกว่าวัตถุอื่นทุกชนิดที่อุณหภูมิและความยาวคลื่นเดียวกัน

2..3.3 วัตถุดำจะแผ่รังสีออกไปโดยไม่ขึ้นกับทิศทาง

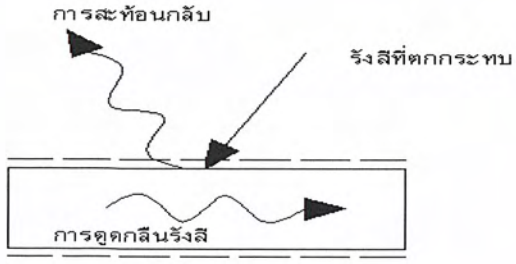


รูปที่ 2-5 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุดำ

2.4 การแผ่รังสีของวัสดุทึบแสง (Opaque body)

หมายถึงวัสดุที่สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนและสะท้อนกลับจากการอาบรังสีลงบนวัสดุนั้น โดยไม่มีพลังงานความร้อนส่งผ่านวัตถุได้ พบว่าเป็นพฤติกรรมของการแผ่รังสีที่ผิว อาทิ เหล็ก โลหะต่างๆ ไม้ และหิน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุทึบแสง

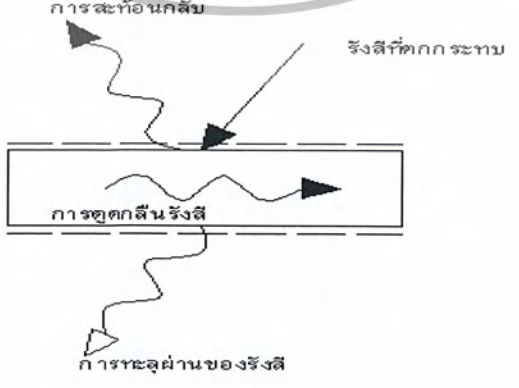
2.5 วัตถุโปร่งแสง (Transparent body)

หมายถึงวัตถุที่มีความสามารถส่งผ่านพลังงานความร้อนได้ทั้งหมดจากการอาบรังสีลงบนวัตถุนั้น

รูปที่ 2-7 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุโปร่งแสง

2.6 วัตถุกึ่งโปร่งแสง (Semitransparent body)

หมายถึงวัตถุที่มีความสามารถดูดกลืน ส่งผ่านและสะท้อนกลับพลังงานความร้อนจากการอาบรังสีลงบนวัตถุนั้น พบว่าเป็นพฤติกรรมการแผ่รังสีของ แก้ว ผลึกเกลือ และก๊าซต่างๆที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง เป็นต้น



รูปที่ 2-8 แสดงการแผ่รังสีของวัตถุกึ่งโปร่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

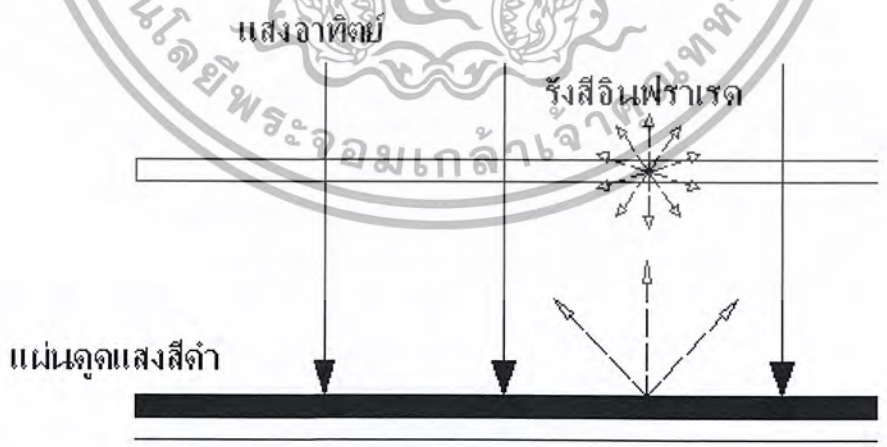
2.7 การดูดกลืน การสะท้อน และการผ่านทะลุรังสีของผิว (Surface absorption, Reflection , transmission)

พิจารณาขบวนการอันเป็นผลมาจากการตกกระทบของรังสีโดยตัวกลางเป็นของแข็งหรือของเหลว ปรากฏการณ์โดยทั่วไปนั้นเมื่อรังสีตกกระทบกับตัวกลางโปร่งแสง เช่น ชั้นของน้ำหรือแผ่นแก้ว แต่ละส่วนของรังสี จะสะท้อน ถูกดูดกลืน และทะลุผ่านตัวกลาง

2.7.1 การดูดกลืนของผิว เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของพื้นผิวในการดูดกลืนรังสีความร้อนไว้ และยังแสดงลักษณะที่ขึ้นอยู่กับทิศทางและการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่น

2.7.2 การสะท้อนของผิว เป็นคุณสมบัติของผิวในการสะท้อนรังสีที่มาตกกระทบ ค่าการสะท้อนของผิวขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีที่ตกกระทบและขณะเดียวกันก็ขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีสะท้อนซึ่งอาจสะท้อนเป็นแบบกระจัดกระจาย (Diffuse) หรือเป็นแบบลำรังสีเหมือนก่อนตกกระทบ (specular) ตามลักษณะการสะท้อนของรังสี การสะท้อนแบบกระจัดกระจายเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของรังสีสะท้อนไม่ขึ้นกับมุมสะท้อนและไม่คำนึงถึงทิศทางของรังสีตกกระทบ ในทางกลับกันถ้าการสะท้อนทั้งหมดอยู่ในทิศทางที่ซึ่งมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ เรียกการสะท้อนแบบนี้ว่า เป็นลำรังสีเหมือนก่อนตกกระทบ ตามปกติแล้วไม่มีพื้นผิวใดให้การสะท้อนแบบ กระจัดกระจาย และเป็นลำรังสี สมบูรณ์ ส่วนมากเป็นการประมาณ เช่น ผิวขัดเงาเหมือนกระจก ให้การสะท้อนเป็นแบบลำแสง ส่วนผิวหยาบหรือผิวขรุขระให้การสะท้อนแบบ กระจัดกระจาย ผิวโดยทั่วไปจะสมมุติว่าเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย

2.7.3 การผ่านทะลุของผิว เป็นคุณสมบัติของผิวที่เกิดขึ้นในเฉพาะ ตัวกลางโปร่งแสง (Semitransparent) เท่านั้น คุณลักษณะอย่างหนึ่งของผิวที่ยอมให้รังสีผ่านทะลุ เรียกว่า (Transmissivity) และรังสีจะผ่านวัสดุโปร่งแสง เช่น แก้วหรือน้ำได้นั้นยังขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น คือรังสีจะผ่านทะลุได้ถ้าหากรังสีนั้นมีความยาวคลื่นสั้น และไม่ยอมให้รังสีผ่านทะลุผิวได้ถ้าหากความยาวของคลื่นรังสีนั้นมีค่าสูง

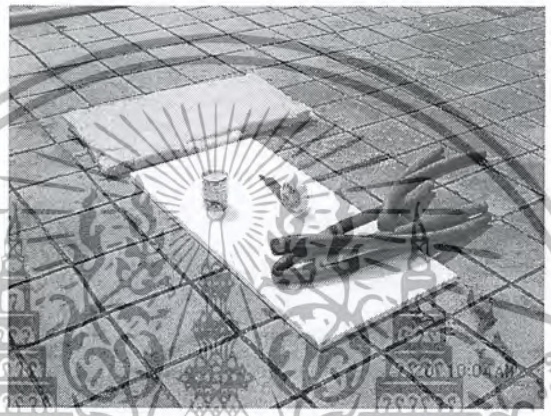


รูปที่ 2-9 แสดงปรากฏการณ์กรีนเฮาส์ (Green house effect)

2.8 ปรากฏการณ์กรีนเฮาส์ (Green house effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นปรากฏการณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน โดยที่แผ่นดูดแสงสีดำ เมื่อนำมาวางตากไว้โดยมีแผ่นกระจกใสวางขวางทางแสงอยู่เมื่ออุณหภูมิของแผ่นดูดแสงเพิ่มขึ้นมันจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปรังสีอินฟราเรด ซึ่งแผ่นดูดแสงที่ทาสีดำ จะทำหน้าที่เป็นวัตถุดำ มีอัตราการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงที่สุดและแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีที่สุดทุกช่วงความยาวคลื่น ส่วนกระจกใสจะโปร่งต่อแสงที่ตามองเห็นโดยยอมให้คลื่นที่ตามองเห็นผ่านได้ดี และดูดรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจากแผ่นดูดแสงสีดำได้ดี ส่วนการปล่อยกลับของรังสีอินฟราเรดออกจากกระจกใสทำได้ทุกทิศทาง โดยที่ประมาณครึ่งหนึ่งปล่อยออกไปภายนอกและอีกครึ่งหนึ่งสะท้อนกลับเข้าไปในแผ่นดูดแสงอีกที เมื่อเป็นเช่นนี้อุณหภูมิระหว่างแผ่นกระจกใสและแผ่นดูดแสงจะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นสั้นลง



รูปที่ 2-10 แสดงฉนวนกันความร้อน

2.9 ฉนวน

ฉนวนเป็นตัวนำความร้อนที่เลว และมีค่าการนำความร้อนต่ำ ฉนวนทำหน้าที่ในการป้องกันหรือหน่วงการถ่ายเทความร้อนจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า วัสดุที่เป็นฉนวนมักจะเป็นวัสดุที่พรุนมีเซลล์อากาศอยู่มาก ความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับเซลล์จำนวนมากที่มีอากาศอยู่นิ่งหรือค่อนข้างนิ่ง เซลล์อากาศนี้ต้องมีขนาดเล็ก เพราะถ้าใหญ่ไปอากาศจะไม่อยู่นิ่งเกิดการพาความร้อนได้ ฉนวนที่ใช้หุ้มในระบบต่างๆ เช่นที่ ท่อ วาล์ว และอุปกรณ์ต่างๆควรเลือกชนิดให้เหมาะสม โดยฉนวนที่สามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูง ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยหิน เป็นต้น ฉนวนที่กล่าวนี้ทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี และการพาความร้อนได้มาก ปริมาณการสูญเสียความร้อนจากผิวท่อเปลือยจะมากกว่าที่หุ้มฉนวนมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวนอกของท่อหรือฉนวนกับอากาศภายนอก โดยทั่วไปจะประมาณ 5-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการดูแลรักษานั้น ต้องหมั่นตรวจว่าฉนวนอยู่ในสภาพที่ดี คือ ไม่ยุบตัวทำให้ความหนาลดลง หรือมีน้ำขังอยู่ในฉนวน เป็นต้น ในการหุ้มฉนวนนั้นควรพิจารณาใช้ความหนาที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมาจากแนวความคิดที่ว่า ไม่มีฉนวนใดสามารถป้องกันการสูญเสียความร้อนได้สมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ความหนาของฉนวนและชนิดของฉนวนที่ใช้จะถูกกำหนดจากต้นทุนการผลิตความร้อนและต้นทุนในการใช้ฉนวน ความสามารถในการป้องกันการสูญเสียความร้อนของฉนวน เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปตามกฎที่มีชื่อว่า กฎแห่งการได้ผลตอบแทนถดถอย กล่าวคือ ถ้าใช้ความหนาฉนวนต่ำกว่าค่าๆ หนึ่งและจะเกิดการสูญเสียความร้อนมาก นั่นคือ หนาไม่พอ แต่ถ้าใช้ความหนาฉนวนสูงกว่าค่าๆ หนึ่งแล้ว ต้นทุนฉนวนที่สูงขึ้นจะไม่คุ้มกับพลังงานที่ประหยัดเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นจะมีความหนาฉนวนอยู่ค่าหนึ่งที่มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ผลรวมของราคาฉนวนกับราคาพลังงานที่สูญเสียต่ำที่สุด

2.9.1 ความหนาวิกฤตของฉนวนความร้อน

การลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าออก จากท่อทรงกระบอกนั้น บางครั้งอาจเป็นผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้เพราะการหุ้มฉนวนท่อจะเป็นการเพิ่มรัศมีท่อ ซึ่งเป็นผลให้พื้นผิวการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น และที่ความหนาวิกฤตของฉนวน ความร้อนสูญเสียมีค่าสูงสุด หากเลือกความหนาของฉนวนเกินความหนาวิกฤต ความร้อนสูญเสียจะลดลง ซึ่งสามารถคำนวณรัศมีวิกฤตได้จากสูตร

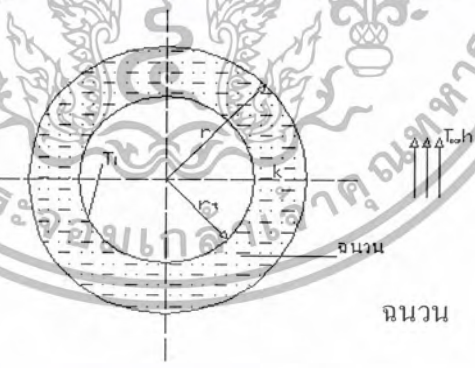
$$r_{cr} = \left(\frac{k}{h}\right) \qquad (2.8)$$

เมื่อ

r_{cr} คือ รัศมีวิกฤตของฉนวน (m)

k คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวน (W/m K)

h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 K$)



ฉนวน

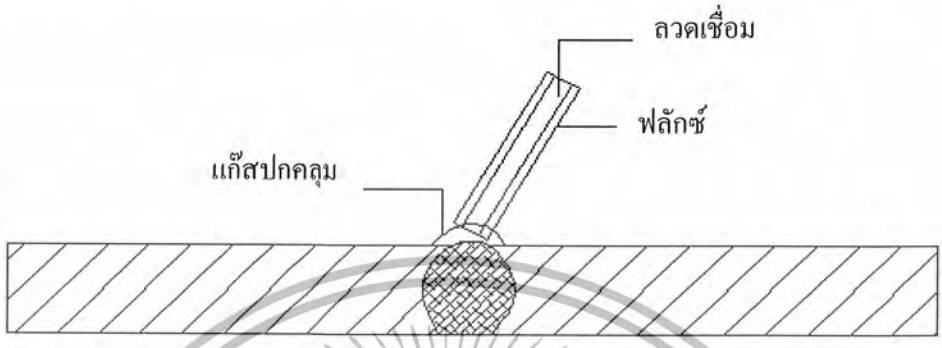
รูปที่ 2-11 แสดงความหนาวิกฤติของฉนวน

2.10 วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า

การเชื่อมต่อเป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่างๆ สำหรับรอยเชื่อมซึ่งต้องรับแรงสูงนั้นนิยมใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า การเชื่อมด้วยแก๊ส และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมด้วยวิธีเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม (Electrode) เป็นตัวนำไฟฟ้าและในขณะเดียวกันโลหะลวดเชื่อมก็จะละลายลงไป ณ รอยที่ต้องการเชื่อม ลวดเชื่อมมักห่อหุ้มด้วยสารชนิดหนึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ (Fluk) ซึ่งจะระเหยกลายเป็นแก๊สในขณะทำการเชื่อม แก๊สนี้จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิด ออกซิเดชั่น (Oxidation) ที่รอยเชื่อม ซึ่งเป็นการช่วยให้คุณภาพของรอยเชื่อมดีขึ้น



รูปที่ 2-12 แสดงการเชื่อมไฟฟ้า

2.11 หลักการเบื้องต้นของการทำความเย็น

จุดมุ่งหมายของการทำความเย็นคือการรักษาอุณหภูมิของสิ่งที่ต้องการทำความเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ ระบบทำความเย็นที่ใช้ในงานจริงทุกระบบจะทำการรักษาอุณหภูมิให้ต่ำโดยนำความร้อนออกจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็น และระบายความร้อนทิ้งขณะมีอุณหภูมิสูง โดยอาศัยตัวกลางคือ สารทำความเย็น ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้คือ " ระบบทำความเย็น คือการให้สารตัวกลางรับความร้อนเข้าสู่ตัวขณะที่มีอุณหภูมิต่ำ และถ่ายเทความร้อนออกจากตัวขณะที่มีอุณหภูมิสูง เพื่อเป็นการรักษาอุณหภูมิของสิ่งที่ต้องการเย็นให้ต่ำไว้ " ขบวนการพื้นฐานของการทำความเย็น สามารถกระทำได้หลายวิธี คือ

2.11.1 การเพิ่มอุณหภูมิของสารตัวกลาง ทำได้โดยผ่านสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำมาสัมผัสกับสิ่งของหรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็น เช่น การนำอากาศเย็นเข้ามาในบ้านเพื่อรับความร้อนจากผู้อาศัย และวัตถุต่างๆที่อยู่ในห้อง ซึ่งเมื่อสารตัวกลางรับความร้อนแล้วก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2.11.2 การให้สารตัวกลางเปลี่ยนสถานะ โดยขณะที่สารตัวกลางเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวกลายเป็นไอ จะดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองปริมาณหนึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความร้อนแฝง ของสารตัวกลางชนิดนั้นๆ ดังนั้นจึงอาศัยหลักการของการเปลี่ยนสถานะของสารตัวกลางมาใช้ในระบบทำความเย็นได้

2.11.3 หลักการทำความเย็นโดยให้ของเหลวขยายตัว คุณสมบัติประจำตัวของเหลวข้อหนึ่งคือ ถ้าของเหลวมีการขยายตัว จะทำให้อุณหภูมิลดลง แต่เมื่อพิจารณาโดยละเอียดแล้วปริมาตรของของเหลวจะเพิ่มขึ้นได้โดยยาก ทั้งนี้เนื่องจากของเหลวไม่ยุบตัวตามความดัน ดังนั้นถึงแม้จะทำให้ความดันของของเหลวลดลงแล้วก็ตาม ปริมาตรของของเหลวจะเพิ่มขึ้นไม่มาก ซึ่งผลที่ตามมาก็คืออุณหภูมิของของเหลวจะลดลงไม่มากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าให้ของเหลวมีการขยายตัว ขณะเดียวกันยอมให้ของเหลวนั้นเป็นไอไปด้วยจะทำให้อุณหภูมิของเหลวนั้นลดลงอย่างมากมาย ซึ่งหลักการดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการทำความเย็นด้วยการอัดแก๊สหรือขบวนการซึ่งทำให้ไนโตรเจนหรือ คาร์บอนไดอ๊อกไซด์เหลวขยายตัวกลายเป็นไอ

2.11.4 หลักการทำความเย็นโดยทำให้แก๊สขยายตัว ถ้าหากไอดีลแก๊สขยายตัวตามขบวนการที่มีการไหลสม่ำเสมอจะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง ซึ่งหลักการดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการทำความเย็นด้วยอากาศหมุนวน หรือวัฏจักรอากาศซึ่งใช้มากในระบบทำความเย็นของเครื่องบินและระบบทำความเย็นด้วยไอน้ำ

2.11.5 หลักการทำความเย็นโดยขบวนการทางแม่เหล็ก สสารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ สสารที่ไม่ถูกดูดโดยแม่เหล็ก และสสารที่ถูกดูดโดยแม่เหล็ก เช่น กาโดลิเนี่ยมซัลเฟต มีคุณสมบัติทำให้อุณหภูมิต่ำ กล่าวคือ เมื่อเกลือดังกล่าวถูกหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำมากๆ การเคลื่อนไหวของโมเลกุลจะเกือบไม่เกิดขึ้นเลย เมื่อนำเกลือที่มีอุณหภูมิต่ำนี้เข้าไปในสนามแม่เหล็ก โมเลกุลจะเกิดการเรียงตัว และเมื่อเอาสนามแม่เหล็กออกโมเลกุลในเกลือจะคลับตัวเพื่อลบล้างอำนาจแม่เหล็ก จึงทำให้อุณหภูมิของเกลือลดลงได้อีก ซึ่งการทำความเย็นโดยขบวนการทางแม่เหล็กนี้สามารถทำอุณหภูมิได้ถึง –272.990 องศาเซลเซียส

2.11.6 หลักการทำความเย็นโดยขบวนการทางไฟฟ้า หลักการของเทอร์โมคัพเปิ้ล คือ ถ้าเชื่อมต่อขั้วทั้งสองของโลหะสองชนิดที่ต่างกันเข้าด้วยกันและทำให้ขั้วทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกันจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในโลหะทั้งสองนี้ได้ด้วยหลักการที่เรียกว่า (Peltier effect) เมื่อนำหลักการดังกล่าวนี้มาใช้ในทางกลับกันจากทฤษฎีเดิม กล่าวคือ ถ้ามีการป้อนกระแสไฟฟ้า ให้ไหลผ่านวงจรของโลหะทั้งสองนี้ จะทำให้ขั้วต่อของโลหะข้างหนึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น และอีกข้างหนึ่งมีอุณหภูมิต่ำลง วิธีดังกล่าวนี้นำมาเป็นหลักการของระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมสแตติคส์

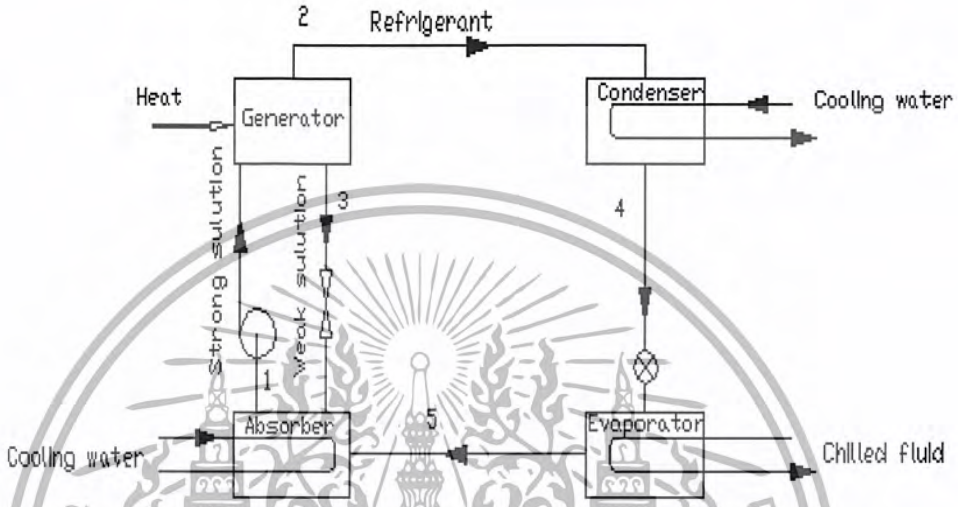
2.12 ประวัติความเป็นมาและการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมพื้นฐาน

ได้มีการประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมขึ้นในปี พ.ศ. 2403 โดยชาวฝรั่งเศส คือ Ferfinand Carre และได้นำมาใช้ครั้งแรกสำหรับการผลิตน้ำแข็งใน ประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างสงครามกลางเมือง เพราะในขณะนั้นไม่สามารถเอาน้ำแข็งธรรมชาติจากภาคเหนือของอเมริกาลงมาได้ หากเราจะเปรียบเทียบความแตกต่างของอุปกรณ์ระหว่างเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมและแบบอัดไอคือ ในส่วนของ Evaporator, Condenser, Expansion Valve จะมีความเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันที่ เครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมนั้นไม่มีในส่วนของ Compressor แต่จะมี Absorber และ Generator เข้ามาแทน โดยการทำงานนั้น สามารถอธิบายคือ ไอสารทำความเย็นที่มาจาก Evaporator จะเข้าสู่ Absorber ภายใน Absorber จะบรรจุด้วยสารดูดซึม ดังนั้นเมื่อสารทำความเย็นเข้าสู่ Absorber แล้วจะถูกดูดซึมกลายเป็นสารละลาย ขณะที่ไอน้ำยาถูกดูดซึมภายใน Absorber นั้นจะมีความร้อนเกิดขึ้นดังนั้นเพื่อที่จะไม่ทำให้สารละลายมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจึงต้องมีการหล่อเย็น Absorber ด้วยสารหล่อเย็น ซึ่งมาจากภายนอกระบบ สารละลายที่เกิดขึ้นใน Absorber ซึ่งมีความเข้มข้นสูงจะถูกปั๊มส่งไปยัง Generator ภายใน Generator จะมีขบวนการแยกสารทำความเย็นออกจากสารละลาย โดยการให้ความร้อน ซึ่งมาจากต้นกำเนิดภายนอกระบบ สารทำความเย็นซึ่งปนอยู่ในสารละลาย ปกติจะมีจุดเดือดต่ำกว่าสารดูดซึมเมื่อได้รับความร้อนจึงกลายเป็นไอ ขณะเดียวกันภายใน Generator ก็จะออกแบบให้ไอของสารทำความเย็นแยกออกไปได้ และสารดูดซึมที่เหลือจะตกค้างอยู่ในรูปของสารละลายเจือจางและจะไหลกลับเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สู่ Absorber เมื่อสารละลายส่วนนี้เข้าสู่ Absorber ก็จะดูดซึมเอาไอของสารทำความเย็นจำนวนใหม่ที่มาจาก Evaporator อีกครั้งหนึ่ง

ส่วนสารทำความเย็นที่แยกตัวออกจากสายละลายภายใน Generator จะผ่านเข้าสู่ Condenser เพื่อระบายความร้อนออก สารทำความเย็นก็จะควบแน่นเป็นของเหลว ผ่านเข้าสู่ Expansion valve และเข้าสู่ Evaporator เพื่อรับความร้อน และเข้าสู่ Absorber ครบหนึ่งรอบการทำงาน



รูปที่ 2-13 วงจรการทำงานพื้นฐานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึม

2.13 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโครงงานวิจัย

การทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบดูดซึมชนิดทำงานเป็นช่วงๆ เราสามารถแบ่งอุปกรณ์พื้นฐานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของ Generator & Absorber และ Condenser & Evaporator ซึ่งได้แสดงภาพจำลองดังรูปที่ 2-14 ส่วนการไหลของสารทำความเย็นในระบบจะอาศัยความแตกต่างของความดัน และการ ปิด-เปิด วาล์ว ส่วนการทำงานขั้นพื้นฐานของระบบนั้นสามารถอธิบายโดย Ideal Thermodynamic Cycle of Absorption ซึ่งได้แสดงไว้ ดังรูปที่ 2-15 และสามารถอธิบายได้ดังนี้

ขบวนการ 1-2 ถัง A บรรจุสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นจากจุด 1 ถึงจุด 2 ซึ่งเปรียบเสมือนการให้ความร้อนแก่ Generator

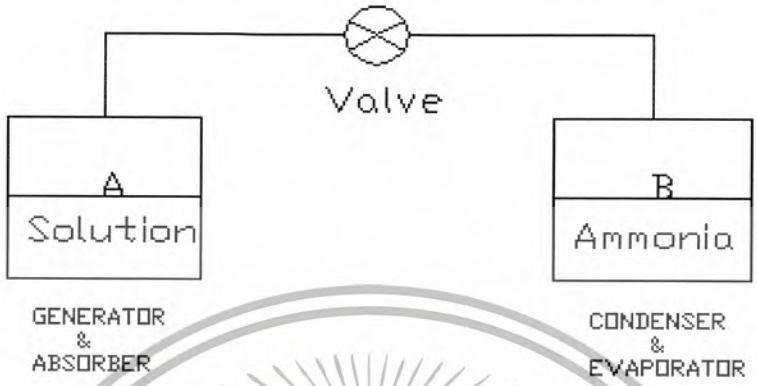
ขบวนการ 2-3 เมื่อเปิดวาล์ว ไออิ่มตัวของแอมโมเนียจะแยกตัวจากน้ำเข้าสู่ถัง B โดยความดันคงที่เพราะยังให้ความร้อนต่อจนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงจุด 3 ไอแอมโมเนียจะแยกตัวเข้าถัง B จนสารละลายในถัง A กลายเป็นสารละลายเจือจาง จากนั้นปิดวาล์วเพื่อให้ไอแอมโมเนียไปควบแน่นกลายเป็นของเหลวสะสมที่ถัง B ซึ่งเปรียบเสมือนการไหลของสารทำความเย็นจาก Generator เข้าสู่ Condenser

ขบวนการ 3-4 เมื่อหยุดให้ความร้อนจากภายนอกทำให้อุณหภูมิและความดันในถัง A ลดลงจากจุด 3 ถึงจุด 4 ซึ่งเปรียบเสมือนการทำงานของ Absorber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขบวนการ 4-1 เปิดวาล์ว สารละลายเจือจางในถัง A ก็จะดูดแอมโมเนียจากถัง B จนสารละลายในถัง A กลายเป็นสารละลายเข้มข้นอีกครั้ง ซึ่งเปรียบเสมือนการไหลของสารทำความเย็นจาก Evaporator เข้าสู่ Absorber



รูปที่ 2-14 จำลองอุปกรณ์พื้นฐาน

รูปที่ 2-15 Ideal Thermodynamic Cycle of Absorption

2.14 สารทำความเย็น

สารทำความเย็น เป็นศัพท์ทางวิชาการที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้บัญญัติขึ้นมา ซึ่งให้ความหมายว่า "หมายถึง สารที่ทำให้เกิดความเย็นโดยการดูดความร้อนเมื่อขยายตัวหรือเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นไอ สารนี้ในสภาพเป็นไอถ้าได้ระบายความร้อนออกจะคืนสภาพเป็นของเหลวอีกครั้ง" คุณสมบัติของสารทำความเย็นโดยทั่วไป ทางด้านฟิสิกส์ ทางเคมี และ ทางความปลอดภัย มีดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50176

2.14.1 ความปลอดภัย สารทำความเย็นที่ดีจะต้องไม่มีปฏิกิริยาทางเคมี ไม่ไวไฟหรือระเบิดได้ง่าย และไม่มีพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหล่อลื่นใน คอมเพรสเซอร์ หรือชิ้นส่วนต่างๆ ภายในระบบ

2.14.2 ความเป็นพิษของสารทำความเย็น อาจกล่าวได้ว่าไม่มีแก๊สใดๆ ที่ปลอดภัยแก่มนุษย์เท่ากับอากาศ ความเป็นพิษของสารทำความเย็นขึ้นอยู่กับปริมาณและ ระยะเวลาของสารทำความเย็นที่ผสมอยู่ในอากาศ สารทำความเย็นบางพวกจะเป็นพิษอย่างแรงและสามารถทำให้เสียชีวิตหรือพิการได้แม้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่สารทำความเย็นบางพวกเป็นพิษอย่างอ่อนแต่จะเป็นพิษร้ายแรงเมื่อผสมอยู่ในอากาศจำนวนมาก เพราะจะทำให้เกิดการขาดอากาศหายใจ

2.14.3 การไวไฟและระเบิดของสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจน จะไวไฟและระเบิดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการใช้น้ำยาประเภทนี้ จึงต้องมีผู้ชำนาญคอยควบคุมอยู่ตลอดเวลา

2.14.4 ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ สารทำความเย็นที่ดีจะต้องมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอมาก จำนวนสารทำความเย็นที่ใช้ก็น้อยลง ทำให้มีความประหยัดมากขึ้น

2.15 แอมโมเนีย

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนกับไฮโดรเจน (NH_3) ส่วนมากใช้ในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่และในห้องเย็นอุณหภูมิต่ำ เช่น อุตสาหกรรมห้องเย็นและห้องเย็นสะพานปลา เป็นต้น สภาวะปกติเป็นก๊าซไม่มีสี ความสามารถในการทำความเย็นสูงเพราะมีจุดเดือดต่ำประมาณที่ –33.4 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ มีราคาถูก ตรวจสอบได้ง่ายหากมีการรั่วเกิดขึ้น เพราะจะมีกลิ่น หากทำการเผาเทียนที่ทำด้วยกำมะถันในบริเวณที่มีการรั่วของแอมโมเนีย จะเกิดควันสีขาวของแอมโมเนียซัลไฟท์ขึ้น ซึ่งจะบอกถึงจุดที่มีการรั่ว ซึ่งข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับแอมโมเนียมีรายละเอียดดังนี้ คือ

ข้อมูลโดยทั่วไปของแอมโมเนีย

1. ชื่อทางการค้า แอมโมเนียแอนไฮดรัส
2. ชื่อทางเคมี NH_3
3. การใช้ประโยชน์ ผลิตปุ๋ย ใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็น ลิ่งทอ และอื่นๆ

ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

1.จุดเดือด –33.4 องศาเซลเซียส

2.จุดหลอมเหลว –77.7 องศาเซลเซียส

3. ความดันไอที่ 20 องศาเซลเซียส มากกว่า 101.3 kPa

4. การละลายได้ในน้ำ 51g/100g MATER

5. ความถ่วงจำเพาะ 0.67

6. ลักษณะสี และกลิ่น ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ทำให้หายใจไม่ออก

7. ความเป็นกรดด่าง 10 -11.6

ข้อมูลด้านอัคคีภัยและการระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.อุณหภูมิที่สามารถติดไฟได้เอง 651 องศาเซลเซียส

2. การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี กัดกร่อน เงิน ทองแดง ทอง กัลวาไนต์

3. สารที่ต้องหลีกเลี่ยงจากกัน ปรอท คลอรีน แคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ ไอโอดีน โปรมีน และไฮโดรเยนฟลูอไรด์

ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

1. ทางเข้าสู่ร่างกาย ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ

2. อันตรายเฉพาะที่ (ผิวหนัง,ตา,เยื่อบุ) กัดเนื้อเยื่อ

3. ผลจากการสัมผัสสารที่มีปริมาณมากเกินไปในระยะสั้นๆ ผิวหนังไหม้ หายใจไม่ออก

มาตรการด้านความปลอดภัย

1. การระบายอากาศ จัดให้มีอากาศถ่ายเทที่ดี

2. ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันทางการหายใจ หน้ากากแบบเต็มหน้าพร้อมไส้กรองป้องกัน

3. การป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับมือ สวมถุงมือยางวิทยาศาสตร์

4. การป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับตา ใส่หน้ากากเต็มหน้า

5 .การป้องกันอื่นๆสวมเสื้อผ้าและรองเท้ายางวิทยาศาสตร์

การปฐมพยาบาล

1. กรณีสัมผัสทางผิวหนังและเข้าตา ล้างด้วยน้ำสะอาดไหลแรงๆประมาณ 15 นาที

2. กรณีหายใจเข้าไป ออกจากบริเวณเกิดเหตุโดยเร็ว หากหายใจขัดให้ใช้เครื่องช่วยหายใจ

3. การรักษาพยาบาล ให้ผู้ป่วยอยู่ในอากาศที่บริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอดและนวดหัวใจ ถ้าหายใจขัดให้ใช้ออกซิเยนและรักษาร่างกายให้อบอุ่นแล้วรีบนำส่งแพทย์

4. หากแอมโมเนียเข้าปากแต่ผู้ป่วยยังรู้สึกตัว ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำหรือนม

ข้อปฏิบัติที่สำคัญ

1. การขนย้าย และการจัดเก็บ ใส่ภาชนะถังเหล็กที่รับแรงดันแก๊สได้มากกว่า 250 psig

2.การป้องกันการรั่วการหก หยุดการรั่วไหลให้ได้และใช้น้ำปริมาณมากๆฉีดเป็นฝอยๆใส่กลุ่มควัน

รูปที่ 2-16 แสดงถังแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการคำนวณ

3.1 แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar collector)

เป็นส่วนที่ใช้สำหรับรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนระนาบ ที่แผ่เป็นบริเวณกว้าง แล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานรูปอื่นที่สะดวกนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนสำคัญของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นคือ แผ่นดูดพลังงาน (Absorbing plate) ซึ่งทำหน้าที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ แล้วถ่ายเทให้กับของไหลที่ไหลผ่านแผ่นดูดแสงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนด้านบนของแผ่นดูดแสงคือแผ่นรับแสงหรือแผ่นปิดด้านบน (Top cover) ซึ่งเป็นวัตถุโปร่งใสเช่น กระจก หรือพลาสติกใส ซึ่งจะโปร่งต่อแสงที่ตามองเห็นได้ดี และสามารถดูดรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจากแผ่นดูดแสงสีดำได้ดี ส่วนการปล่อยรังสีอินฟราเรดออกจากแก้วหรือพลาสติกนั้นทำได้ทุกทิศทาง โดยประมาณครึ่งหนึ่งปล่อยออกไปภายนอก และอีกครึ่งหนึ่งสะท้อนกลับเข้าไปในแผ่นดูดแสงสีดำอีกที เมื่อเป็นเช่นนี้อุณหภูมิระหว่างแผ่นกระจกหรือพลาสติกและแผ่นดูดแสงจะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นสั้นลง แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น รับพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทั้งแบบรังสีตรง (beam radiation) และรังสีกระจาย (Diffuse radiation) ซึ่งสามารถเพิ่มอุณหภูมิของของไหลที่ไหลผ่านแผงรับแสงได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียส เหนืออุณหภูมิของบรรยากาศล้อมรอบ

การกำหนดขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์นั้นเราอ้างอิงจากการศึกษาและงานวิจัยที่ผ่านมาจากหลายๆ ที่พบว่าความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังพื้นโลกนั้นสามารถให้พลังงานประมาณ 936 W/m^2 และความสามารถของแผงรับแสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะสามารถรับพลังงานส่วนนี้ได้ประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เหลือจะมีการสูญเสียความร้อนออกสู่ภายนอกเนื่องมาจาก การสะท้อนกลับ การแผ่รังสี การพาความร้อน และการนำความร้อน จากข้อมูลดังกล่าวจึงกำหนดพื้นที่ในการสร้างเพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 3 m^2 (กว้าง 1.5 m. ยาว 2 m.)

การออกแบบนั้นใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12 มิลลิเมตร มาเชื่อมต่อกันดัง รูปที่ 3-1 แล้วใช้อลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร วางปิดทับด้านบน ย้ำด้วยหมุดย้ำเพื่อให้แผ่นอลูมิเนียมแนบสนิทกับท่อ ขึ้นรูปตามลักษณะของท่อเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการส่งถ่ายความร้อนสู่ท่อไปยังสารละลายในระบบและเพิ่มพื้นที่ในการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย สาเหตุที่เลือกใช้อลูมิเนียมเป็นตัวปิดทับด้านบนเนื่องจาก อลูมิเนียมมีค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal conductivity of material) สูง และราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับทองแดงซึ่งมีค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุสูง แต่มีราคาแพง ส่วนด้านบนใช้สีดำด้านพ่นทั่วแผ่นอลูมิเนียมเพื่อเป็นตัวดูดความร้อน สีที่ใช้ควรทนความร้อนได้อย่างน้อย 100 องศาเซลเซียส ด้านบนติดกระจกหนา 3 มิลลิเมตร และห่างจากแผ่นรับแสง 3 เซนติเมตร และเพื่อลดอัตราการสูญเสียความร้อนออกจากแผ่นดูดแสงสู่ภายนอก ด้านข้างและด้านล่าง บุด้วยฉนวนกันความร้อน โดยเลือกใช้โฟม เนื่องจากโฟมไม่ดูดซับความชื้นเหมือนใยแก้ว ข้อควรระวังในการทำแผงรับความร้อนคือการเชื่อมท่อต่อเพราะถ้าหากทำการเชื่อมต่อไม่ดีจะมีปัญหาเกี่ยวกับรอยรั่วฉะนั้นก่อนที่จะประกอบแผงรับแสงอาทิตย์นั้นควรทดสอบรอยรั่วของรอยเชื่อมก่อน โดยการอัด ไนโตรเจน เข้าไปประมาณ 20-30 bar เป็นอย่างน้อย แต่ก่อนการทดสอบรอยรั่วควรอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ เพื่อทดสอบความแข็งแรงของระบบก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีความแข็งแรงเพียงพอ เนื่องจากที่ต้องอัดน้ำก่อนเพราะหากระบบไม่สามารถทนต่อความดันได้จนเกิดการระเบิดและฉีกขาด จะเกิดอันตรายน้อยกว่าการอัดด้วยแก๊ส เนื่องจากน้ำขยายตัวได้น้อยกว่าแก๊ส และท่อที่นำมาใช้นั้นควรเป็นท่อที่ทนความดันได้สูงคือเป็นท่อที่ไม่มีตะเข็บ เช่น pipe schedule

รูปที่ 3-1 Generator

รูปที่ 3-2 แสดงความสามารถของแผงรับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของการไหล	$W/m^2 \cdot C$
<u>การพาความร้อนแบบอิสระ</u>ที่ $\Delta T=25 \cdot C$	
แผ่นเรียบในแนวตั้ง 0.25 เมตร ใน:	
อากาศบรรยากาศ	5
น้ำมันเครื่องรถยนต์ (น้ำ)	37 (440)
ทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 เมตร ใน:	237
อากาศบรรยากาศ	8
น้ำมันเครื่อง (น้ำ)	62 (741)
ทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 เมตร ใน:	
อากาศบรรยากาศ	9
น้ำมันเครื่อง(น้ำ)	60 (606)
<u>การพาความร้อนแบบบังคับ</u> อากาศบรรยากาศ 25 $\cdot$ C	
ความเร็ว 10 m/s ผ่านแผ่นเรียบ	
ความยาว 0.1 เมตร	39
ความยาว 0.5 เมตร	17
การไหลที่ 5 m/s ผ่านทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร	
อากาศบรรยากาศ	85
น้ำมันเครื่องยนต์	1800

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

ชนิดของโลหะ	คุณสมบัติที่ 300 K (W/m K)
ทองแดงบริสุทธิ์	401
อลูมิเนียมบริสุทธิ์	237
โครเมียม	93.7
เหล็กบริสุทธิ์	80.2
ตะกั่ว	35.3

ตารางที่ 3-2 แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ท่อ

ท่อที่ใช้ในระบบทำหน้าที่เป็นทางผ่านของ สารทำความเย็นและสารละลายในระบบ ในการเลือกชนิดและขนาดของท่อในระบบนั้นต้องพิจารณาจากองค์ประกอบ หลายประการคือ อัตราการไหลที่ระบบต้องการ ความดันในขณะทำงาน รวมทั้งระยะทางและเส้นทางการไหล กล่าวคือ

3.2.1 ควรมีขนาดพอเหมาะ ไม่ควรเลือกใช้ขนาดเล็กเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในระบบ ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง ถ้าใช้ขนาดใหญ่เกินไปถึงแม้จะสูญเสียความดันในระบบน้อยมาก แต่ท่อขนาดใหญ่ก็ต้องใช้ปริมาณสารละลายมากขึ้น และทำให้ความเร็วของสารทำความเย็นในท่อช้าลงด้วย

3.2.2 มีความยาวพอดี เพื่อหลีกเลี่ยงข้อต่อมาก

3.2.3 ผิวภายในท่อต้องเรียบ ไม่มีการหักงอ หรือเชื่อมต่อมากนัก และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอ

3.2.4 ต้องแน่ใจว่าสามารถทนความดันได้ ไม่แตกหรือขาดออกจากกันขณะใช้งาน

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำท่อ อาจเป็น เหล็กกล้าไร้ตะเข็บ ไม่มีรอยต่อ หรือ Stainless ห้ามใช้ท่อที่มีส่วนประกอบของ ท่อทองเหลือง ทองแดง เพราะเมื่อทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียจะเกิดการกัดกร่อน ในส่วนของโครงงานนี้ ใช้แป๊บเหล็กที่มีมาตรฐานแบ่งตามความหนา เรียกว่า pipe schedule 40

3.3 ปริมาณสารทำความเย็นและสารละลายในระบบ

ความดันใช้งานของสารละลายในระบบต้องไม่สูงจนเกินไปเพื่อที่จะสามารถใช้กับโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบาและความแข็งแรงไม่สูงเกินไป สำหรับสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ในโครงงานวิจัยนี้เราเลือกใช้ แอมโมเนียกับน้ำ เป็นสารละลายในระบบโดยน้ำเป็นสารดูดซึมแอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น สาเหตุที่เลือกใช้แอมโมเนียกับน้ำเป็นสารละลายในระบบเพราะว่าแอมโมเนียมีความสามารถในการทำความเย็นสูงและราคาไม่แพง

การคำนวณสารลายในระบบ

โดยสมมุติให้สารละลายจาก Generator ไหลเข้าสู่ Separator ประมาณ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยใช้เวลาการรับความร้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยวันละประมาณ 5 ชั่วโมง เริ่มจากเวลา 10.00 นาฬิกา จนถึง 15.00 นาฬิกา ฉะนั้นได้มวลสารละลายเข้าสู่ Generator เท่ากับ 25.3 กิโลกรัม ซึ่งสามารถหามวลของสารทำความเย็นที่แยกตัวออกจากสารละลายได้จาก สูตร

$$\frac{m_s}{m_o} = \frac{(X_o - X_e)}{(1 - X_e)} \qquad (3.1)$$

เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m_a คือ มวลของแอมโมเนีย (kg)

m_o คือ มวลของสารละลาย (kg)

X_o คือ ค่าความเข้มข้นของสารละลายตอนเริ่มต้น

X_e คือ ค่าความเข้มข้นของสารละลายในสภาวะต่างๆ

โดยที่ค่าของ X_o และ X_e ได้จากการเปิดกราฟคุณสมบัติของ แอมโมเนีย-น้ำ ที่อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิต่ำสุดที่ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 0.55 และ 0.45 ตามลำดับจากการแทนค่าในสูตรได้มวลของแอมโมเนียที่สามารถแยกได้ประมาณ 6 kg.

Side (in)	OD (in)	Inside diameter(in)			
		Sched40	Sched80	Sched120	Sched160
1/8	.405	.269	.215		
¼	.540	.364	.302		
3/8	.675	.493	.423		
½	.840	.622	.546		.466
¾	1.050	.824	.724		.614
1	1.315	1.049	.957		.815
1-1/4	1.660	1.380	1.278		1.160
1-1/2	1.900	1.610	1.500		1.338
2	2.375	2.067	1.939		1.689
2-1/2	2.875	2.469	2.323		2.125
3	3.500	3.068	2.900		2.624
3-1/2	4.000	3.548	3.364		
4	4.500	4.026	3.826	3.624	3.438
5	5.563	5.047	4.813	4.563	4.313
6	6.625	6.065	5.761	5.501	5.189
8	8.625	7.981	7.625	7.189	6.813
10	10.750	10.020	9.564	9.064	8.500
12	12.750	11.934	11.376	10.750	10.126

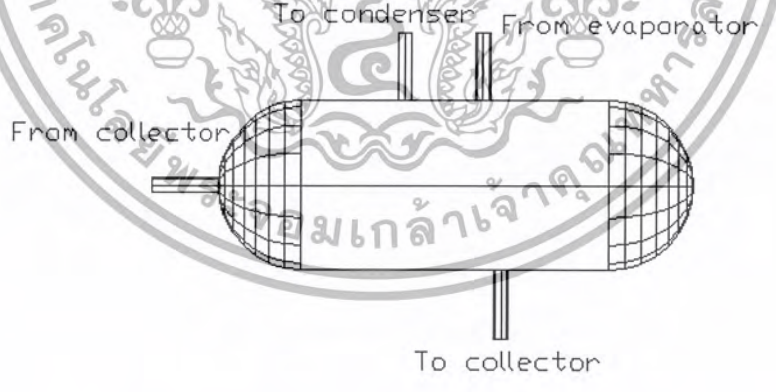
ตารางที่ 3-3 แสดงขนาดของท่อ

3.4 วาล์ว (Valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวาล์วที่ใช้ในระบบมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ วาล์ว ปิด-เปิด และวาล์วปรับอัตราการไหลหรือ Expansion Valve วาล์ว ปิด- เปิด นั้นใช้เพื่อควบคุมการไหลของสารทำความเย็นและสารละลายในระบบ สามารถเลือกใช้วาล์วที่ทำจากเหล็ก เช่น วาล์วที่ใช้ในงานปิโตรเลียมแทนได้ เนื่องจากมีราคาถูกกว่าวาล์วที่ผลิตเพื่อใช้ในงานสำหรับแอมโมเนียโดยเฉพาะ ซึ่งจากที่ใช้อยู่ไม่ปรากฏว่ามีการรั่วของแอมโมเนียออกภายนอกระบบตรงบริเวณวาล์ว แต่หากมีงบประมาณที่มากพอก็ควรใช้วาล์วที่ผลิตเพื่อที่จะใช้งานสำหรับแอมโมเนียโดยเฉพาะดีกว่า ส่วนวาล์วปรับอัตราการไหลหรือ Expansion Valve นั้นควรใช้วาล์วที่ผลิตสำหรับงานเฉพาะ ซึ่งจะให้การทำงานของระบบที่มีความแน่นอนมากกว่า

รูปที่ 3-3 วาล์ว ปิด-เปิด ควบคุมการไหล



รูปที่ 3-4 แสดงลักษณะการออกแบบ Absorber & Separator

3.5 Separator and Absorber

เมื่อสารละลายในแผงรับแสงอาทิตย์ได้รับความร้อน จะเกิดความแตกต่างของความหนาแน่นของสารละลายโดยในส่วนของสารละลายด้านบนเมื่อได้รับความร้อนจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าสารละลายด้านล่าง ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่า จึงเกิดการไหลวนของสารละลายเข้าสู่ Separator ซึ่งออกแบบไว้เพื่อเป็นอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ในการแยกไอของสารทำความเย็นออกจากสารดูดซึม ซึ่งการออกแบบนั้นเราได้คำนึงถึงพื้นที่ที่ใช้ในการแยกสารทำความเย็นและปริมาณของสารละลายที่คำนวณได้ โดยใช้ถังทรงกระบอกวางในแนวนอนและให้ระดับของสารละลายสูงสุดที่ครึ่งของถังเพื่อให้มีพื้นที่ในการแยกของสารทำความเย็นมาก แต่ก็ต้องไม่มากเกินไปเพราะจะทำให้สูญเสียความร้อนได้มากเช่นกัน ฉะนั้นปริมาตรของถังควรให้มีขนาดเท่ากับปริมาณของสารละลายที่คำนวณได้ในหัวข้อ (3.3) ส่วนภายนอกนั้นต้องมีการป้องกันความร้อนถ่ายเทออกภายนอกโดยการหุ้นฉนวนซึ่งฉนวนที่ใช้เป็นใยแก้วมีความหนา 10 เซนติเมตร

เนื่องจากการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบไว้เป็นชนิดที่ทำงานเป็นช่วงๆ เราจึงสามารถที่จะใช้ Separator เป็น Absorber ได้ในช่วงการทำความเย็น สารทำความเย็นที่ได้รับความร้อนจากภาระใน Evaporator ก็จะระเหยกลายเป็นไอ สารละลายทีเจือจางและมีอุณหภูมิต่ำใน Separator ก็จะสามารถดูดซึมสารทำความเย็นไปเก็บสะสมจนกลายเป็นสารละลายเข้มข้นอีกครั้งหนึ่ง ความสารถของการดูดซึมของสารละลายนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของละลาย อุณหภูมิ และพื้นที่ในการดูดซึมซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบ Separator สามารถคำนวณปริมาตรถังได้จากสูตร

$$V = \frac{m}{\rho} \qquad (3.2)$$

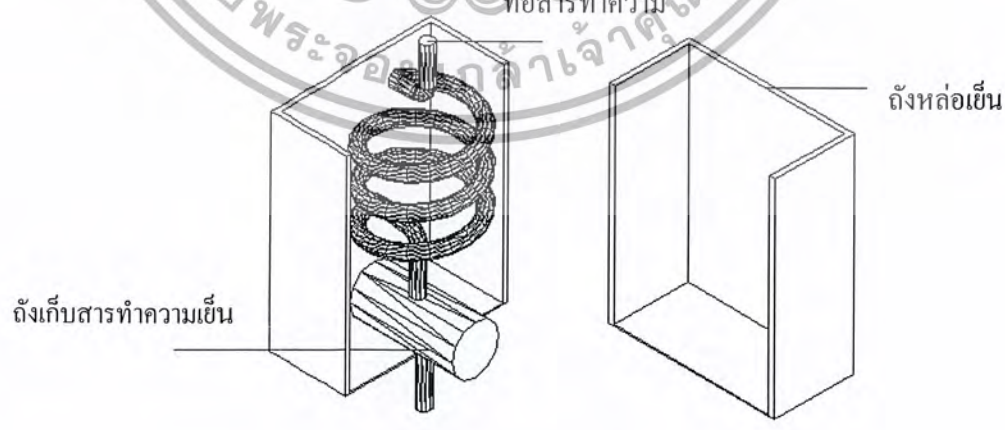
เมื่อ

V คือ ปริมาตรของ Separator (m^3)

m คือ มวลของสารละลาย 31.1 kg แบ่งเป็นน้ำ 14 kg และ แอมโมเนีย 17.1 kg

ρ คือ ความหนาแน่นของสารละลาย มีค่าเท่ากับ 833 kg/ m^3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ซึ่งจากการแทนค่าในสูตรได้ปริมาตรเท่ากับ 0.037 (m^3)



รูปที่ 3-5 ลักษณะการออกแบบ Condenser

3.6 Condenser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารทำความเย็นที่ถูกแยกอออกจาก Separator จะเข้าสู่ Condenser เพื่อควบแน่นกลายเป็นของเหลวสะสมอยู่ใน Condenser การออกแบบ Condenser จึงประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 อย่าง คือ ท่อสารทำความเย็น, ถังหล่อเย็น, ถังเก็บสารทำความเย็น

การออกแบบท่อสารทำความเย็นนั้นเราคำนึง พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นและความสามารถในการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังท่อ โดยเลือกท่อที่มีความหนาน้อย แต่ก็ต้องมีความแข็งแรงสามารถทนความดันภายในระบบได้อย่างปลอดภัย และสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด

การคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทที่ Condenser

จากปริมาณแอมโมเนียที่สามารถแยกออกจากสารละลายเข้าสู่ Condenser คือ 6 kg. ฉะนั้นปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Condenser คือ ค่า ความร้อนแฝงที่ต้องถ่ายเทออกจากแอมโมเนียเพื่อควบแน่นเป็นของเหลว โดยคิดจุดเริ่มต้นที่ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0.55 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไปเป็นความเข้มข้น 0.45 ที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยการเปิด Aqua-ammonia Chart ได้ค่าประมาณ 1150 kJ/kg ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทคำนวณได้จาก สูตร

$$Qc = m_a \Delta h \tag{3.3}$$

เมื่อ

Qc คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Condenser (kJ)

m_a คือ มวลของแอมโมเนีย มีค่าเท่ากับ 6 kg

Δh คือ ความแตกต่างของ Enthalpy มีค่าเท่ากับ 1150 kJ/kg

จากการแทนค่าในสูตรได้ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทมีค่าเท่ากับ 6900 kJ ซึ่งความร้อนส่วนนี้จะถูกถ่ายเทให้กับสารหล่อเย็นสามารถคำนวณพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนได้จาก สูตร

$$Qc = AcUc\Delta Tt \tag{3.4}$$

เมื่อ

Qc คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Condenser มีค่าเท่ากับ 6900 kJ

Ac คือ พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อน (m^2)

Uc คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของท่อ มีค่าเท่ากับ 170 W/m^2K

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวท่อ มีค่าเท่ากับ 6 องศาเซลเซียส

t คือ เวลาที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน มีค่าเท่ากับ 4 hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการแทนค่าในสูตร ต้องใช้พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนประมาณ 0.47 m^2 และใช้ท่อสารทำความเย็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 14 mm. ฉะนั้นต้องใช้ท่อยาวทั้งหมดประมาณ 9 m.

การหล่อเย็นที่ Condenser ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็นโดยจุ่มท่อสารทำความเย็นแช่ไว้ การออกแบบนั้นเราคำนึงถึงความสามารถรับความร้อนที่ถ่ายเทออกจากสารทำความเย็นได้หมด โดยสร้างเป็นถังทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เพื่อความสามารถในการรับความร้อนในแต่ละด้านได้เป็นปริมาณที่เท่ากัน ขนาดของถังคำนวณได้จากสูตร

$$Qc = m_w \, Cp \, \Delta T \tag{3.5}$$

เมื่อ

Qc คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Condenser มีค่าเท่ากับ 6900 kJ

m_w คือ มวลของสารหล่อเย็น (น้ำ) (kg)

Cp คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่าเท่ากับ 4.184 kJ/kg K

ΔT คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของสารหล่อเย็น มีค่าเท่ากับ 1 องศาเซลเซียส

จากการแทนค่าในสูตรจะได้มวลของน้ำประมาณ 1650 kg จากนั้นนำมวลของน้ำที่ได้ไปคำนวณปริมาตรถังหล่อเย็น จากสูตร

$$V = \frac{m}{\rho} \tag{3.6}$$

เมื่อ

V คือ ปริมาตรของถังหล่อเย็น (m^3)

m คือ มวลของน้ำ มีค่าเท่ากับ 1650 kg

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ มีค่าเท่ากับ 1000 kg/ m^3

จากการแทนค่าในสูตร ได้ปริมาตรของถังหล่อเย็นมีค่าเท่ากับ 1.65 m^3

ในส่วนของถังเก็บสารทำความเย็นได้ออกแบบเป็นถังทรงกระบอกวางในแนวนอนอยู่ด้านล่างสุดของถังหล่อเย็นส่วนขนาดก็ให้เพียงพอสำหรับสารทำความเย็นที่สามารถแยกเข้า Condenser สามารถคำนวณขนาดของถังเก็บได้จากสูตร

$$V = \frac{m}{\rho} \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

V คือ ปริมาตรของถัง เก็บสารทำความเย็น (m^3)

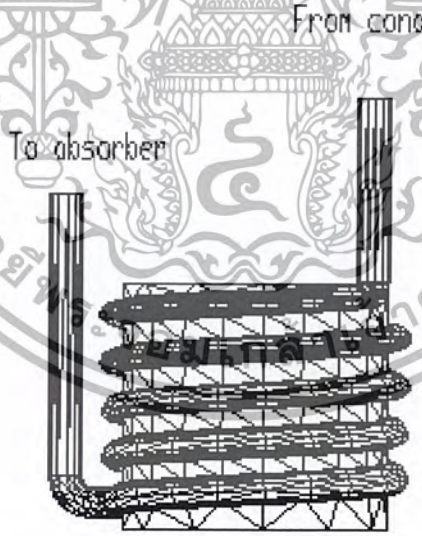
m คือ มวลของแอมโมเนีย มีค่าเท่ากับ 6 kg

ρ คือ ความหนาแน่นของแอมโมเนีย มีค่าเท่ากับ 600 kg/ m^3

จากการแทนค่าในสูตร ได้ปริมาตรของถังเก็บสารทำความเย็นประมาณ 0.00833 m^3 โดยใช้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. ยาว 50 cm.

3.7 Evaporator

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำความเย็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำความเย็นโดยที่สารทำความเย็นที่สะสมอยู่ใน Condenser จะถูกปล่อยโดยผ่าน Expansion Valve เข้าสู่ Evaporator เพื่อรับความร้อนจากผลิตภัณฑ์และระเหยกลายเป็นไอแล้วจะถูกดูดซึมโดยสารดูดซึมใน Absorber ต่อไป การออกแบบนั้นได้คำนึงถึง พื้นที่ของการดูดรับความร้อนจากผลิตภัณฑ์ของสารทำความเย็น และการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังท่อของท่อสารทำความเย็น อุปกรณ์ในส่วนของ Evaporator นั้น ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ ท่อสารทำความเย็น , ช่องแช่เย็น ,ฉนวน



รูปที่ 3-6 แสดงลักษณะการออกแบบ Evaporator

ท่อสารทำความเย็น ออกแบบโดยนำท่อขดเป็นรูปทรงกระบอก พื้นที่ภายในทรงกระบอกก็คือห้องแช่เย็น ส่วนพื้นที่ของการรับความร้อนของท่อนั้นต้องเพียงพอสำหรับภาระที่คำนวณได้จากผลิตภัณฑ์ ภายนอกของถังก็หุ้มฉนวนด้วยใยแก้วหนา 10 เซนติเมตร เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาระของการทำความเย็น คำนวณได้จากสูตร

$$Qi = m c_p \Delta T + mL \quad (3.8)$$

เมื่อ

Qi คือ ภาระของการทำความเย็น (kJ)

m คือ มวลของน้ำที่ต้องทำความเย็น มีค่าเท่ากับ 10 kg

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส

L คือ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ มีค่าเท่ากับ 335 kJ/kg

จากการแทนค่าในสูตรได้ภาระของการทำความเย็นประมาณ 6430 kJ จากนั้นนำภาระของการทำความเย็นไปคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Evaporator ได้จากสูตร

$$Q_{ev} = \frac{Q_i}{t} \quad (3.9)$$

เมื่อ

Q_{ev} คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Evaporator (kJ)

Qi คือ ภาระของการทำความเย็น มีค่าเท่ากับ 6430 kJ

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำความเย็น มีค่าเท่ากับ 10 ชั่วโมง

จากการแทนค่าในสูตรได้ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Evaporator ประมาณ 178 W นำปริมาณความร้อนทั้งหมดไปคำนวณหาพื้นที่ของท่อสารทำความเย็นได้จากสูตร

$$Q_{ev} = AeUe\Delta T \quad (3.10)$$

เมื่อ

Q_{ev} คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจาก Evaporator มีค่าเท่ากับ 170 W

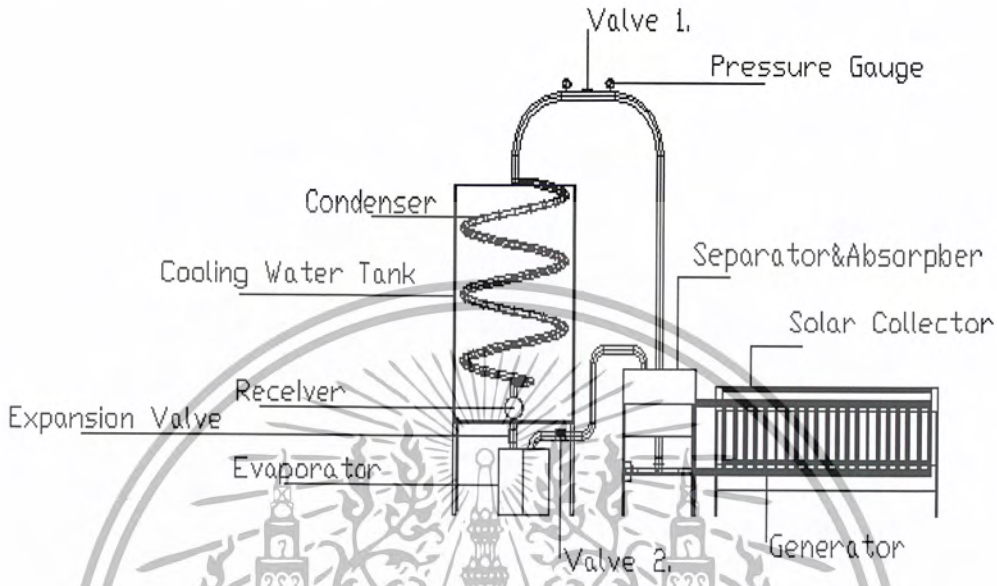
Ae คือ พื้นที่ของท่อสารทำความเย็น (m^2)

Ue คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของท่อ มีค่าเท่ากับ 45 $W/m^2 K$

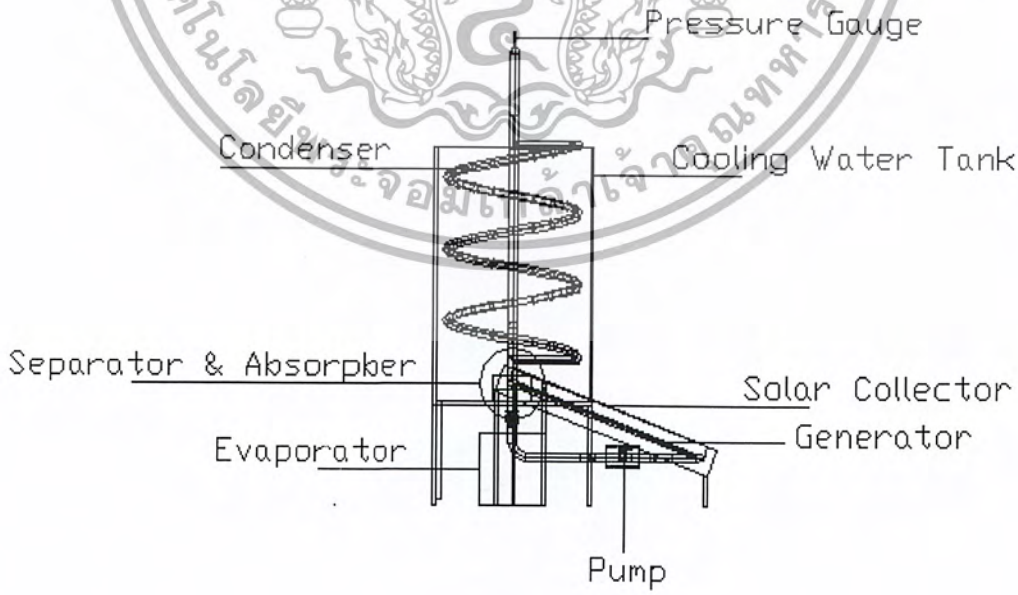
ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิท่อ มีค่าเท่ากับ 12 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการแทนค่าในสูตรจะได้พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนของท่อทั้งหมด 0.315 m^2 โดยใช้ท่อขนาด 14 mm. ฉะนั้นต้องใช้ท่อยาวประมาณ 8 m.



รูปที่ 3-7 แสดงโครงสร้างโดยรวมด้านหน้า



รูปที่ 3-8 แสดงโครงสร้างโดยรวมด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

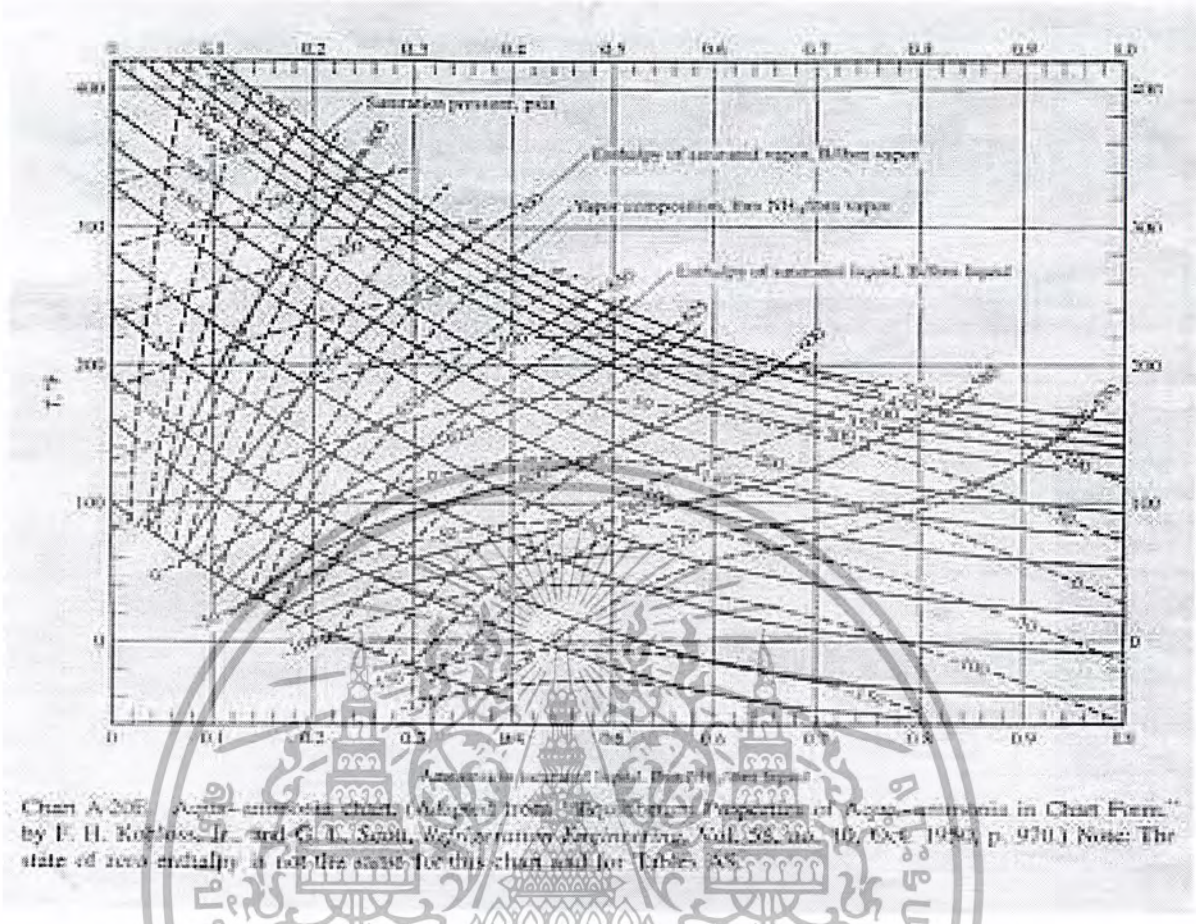


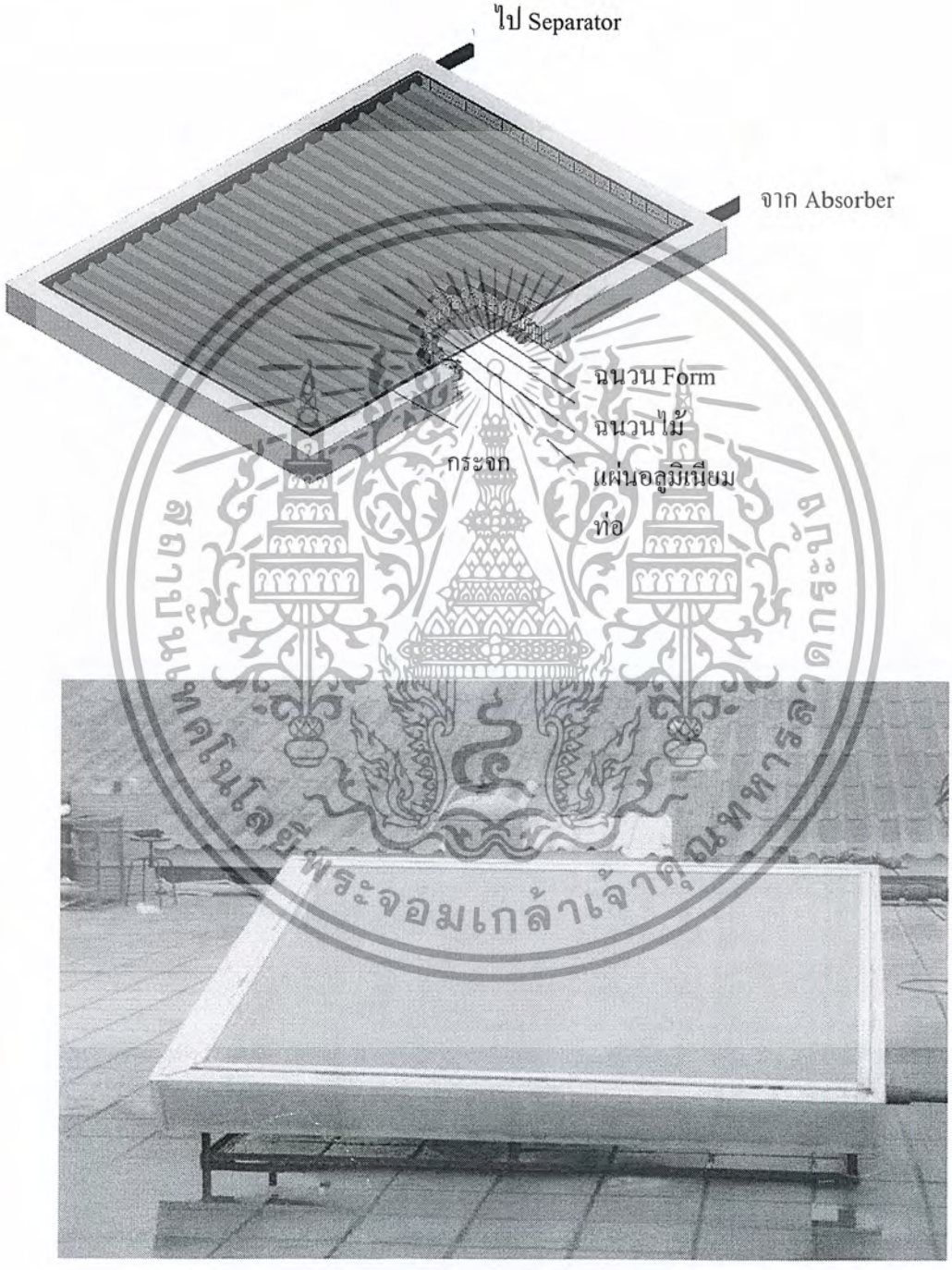
Chart A-26E. Aqua-ammonia chart. (Adapted from "Equations and Properties of Aqua-ammonia in Chart Form," by F. H. Kerlow, Jr., and G. L. Seidl, *Refrigerating Engineering*, Vol. 58, no. 10, Oct. 1950, p. 970.) Note: The state of zero enthalpy is for the saturated liquid at -40°F for this chart and for Tables A8.

รูปที่ 3-9 Aqua-ammonia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

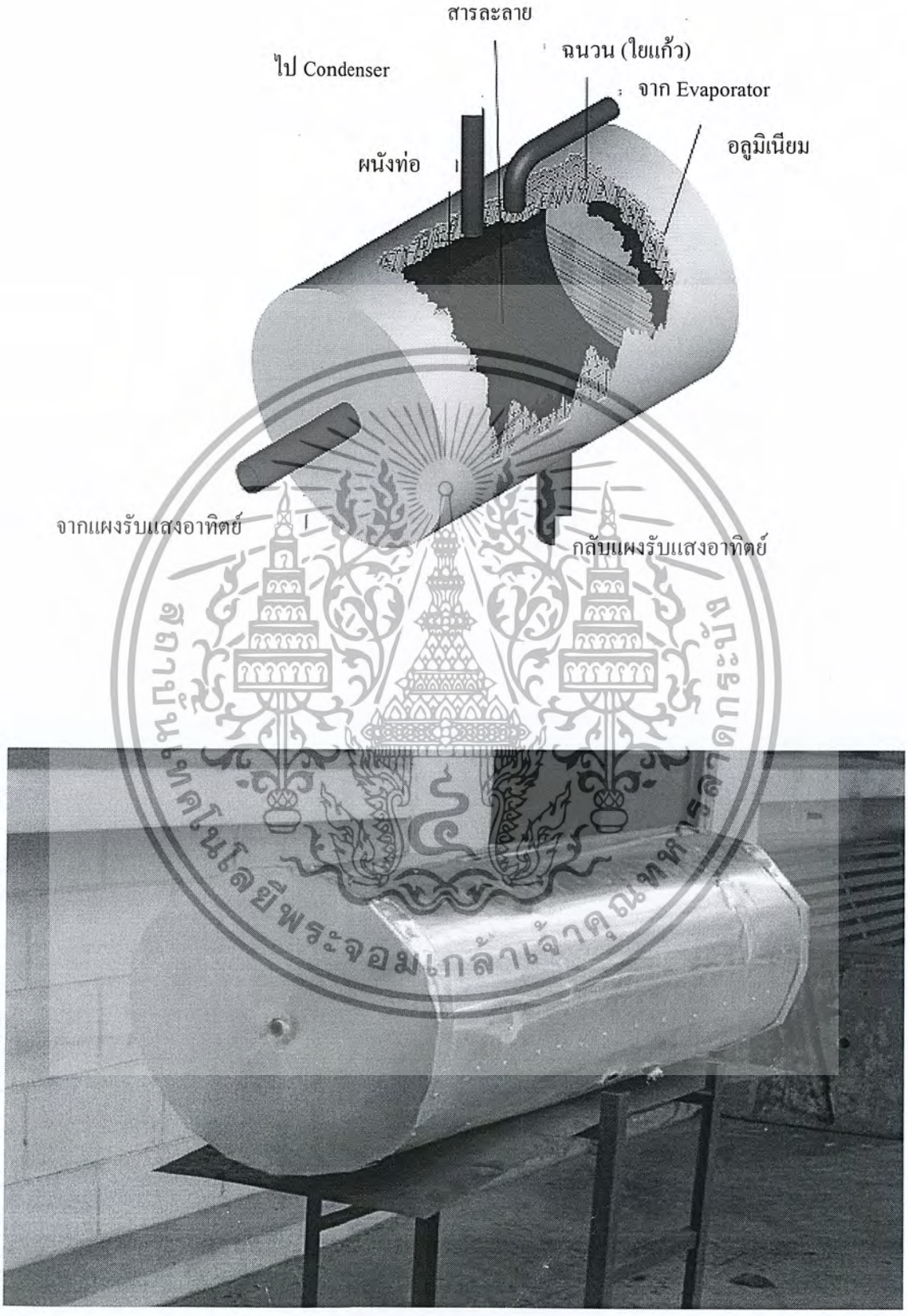
บทที่ 4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ



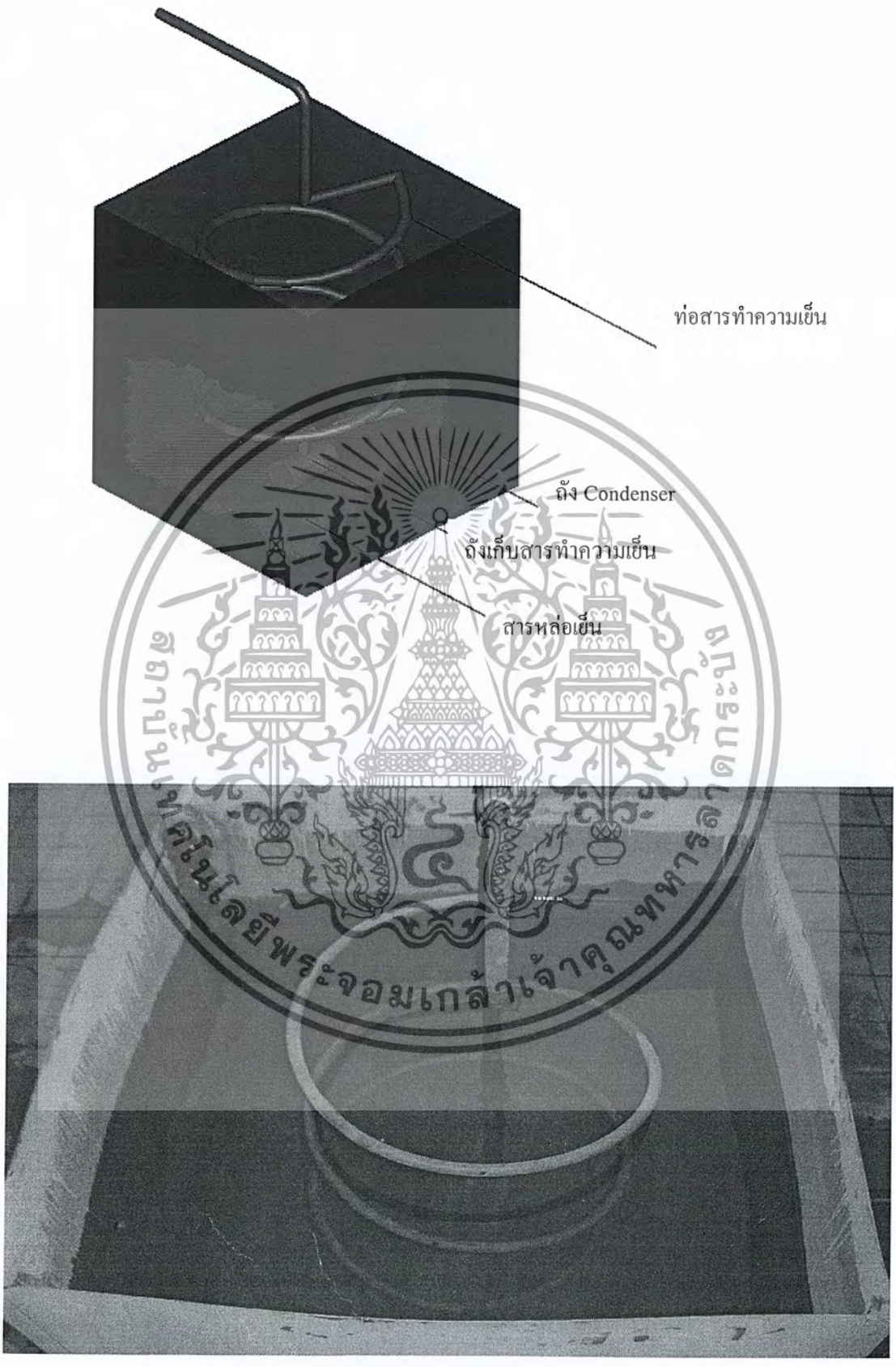
รูปที่ 4-1 แสดงแผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



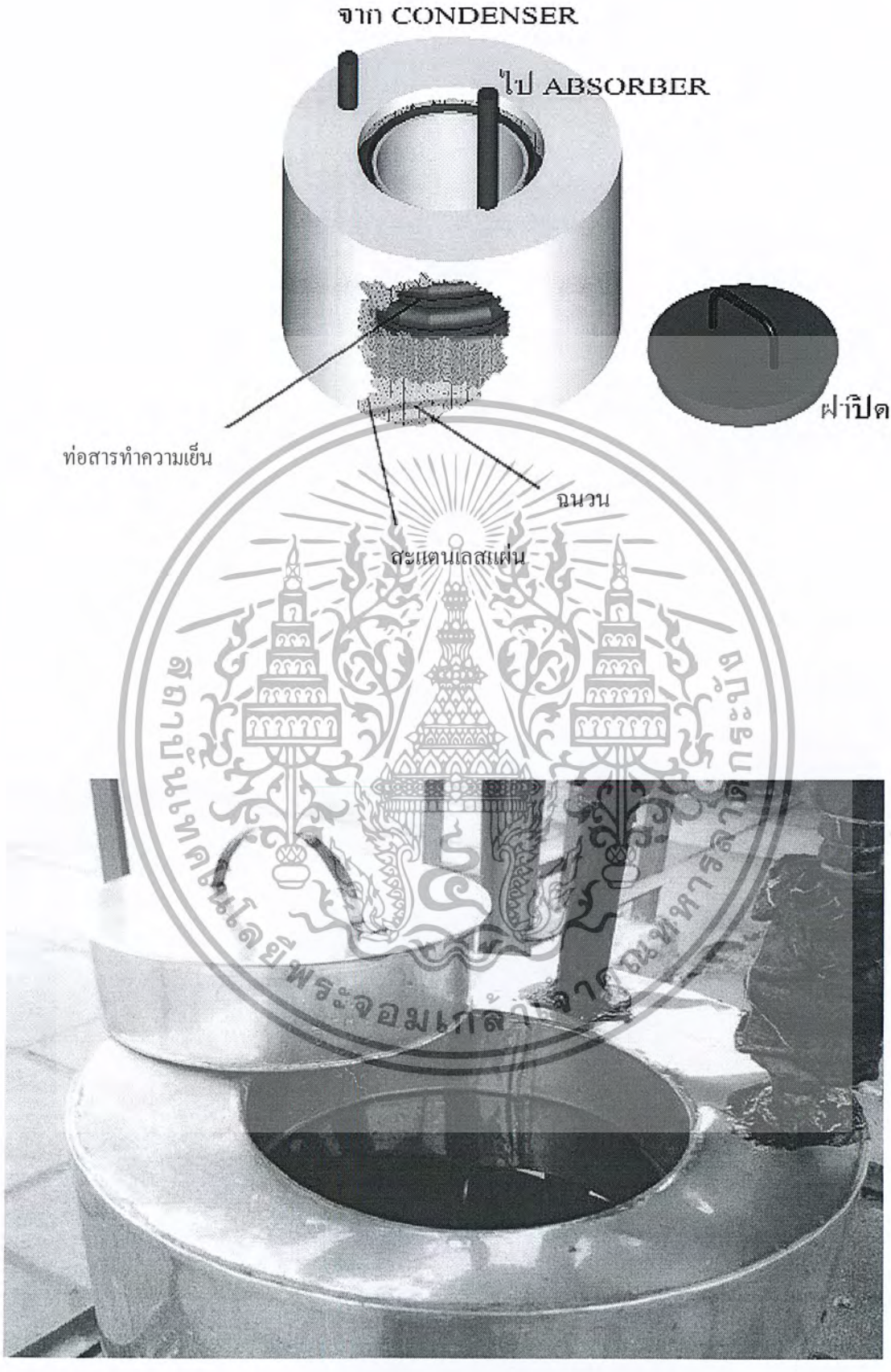
รูปที่ 4-2 แสดง Separator & Absorpber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



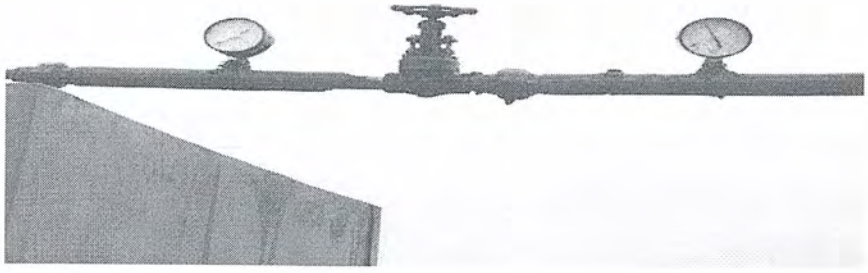
รูปที่ 4-3 แสดง Condenser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

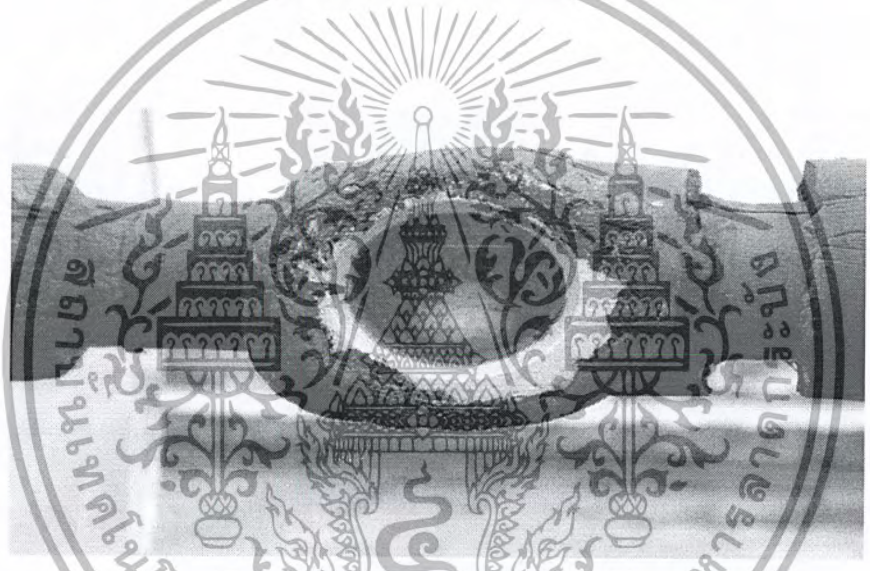


รูปที่4-4 แสดง Evaporator

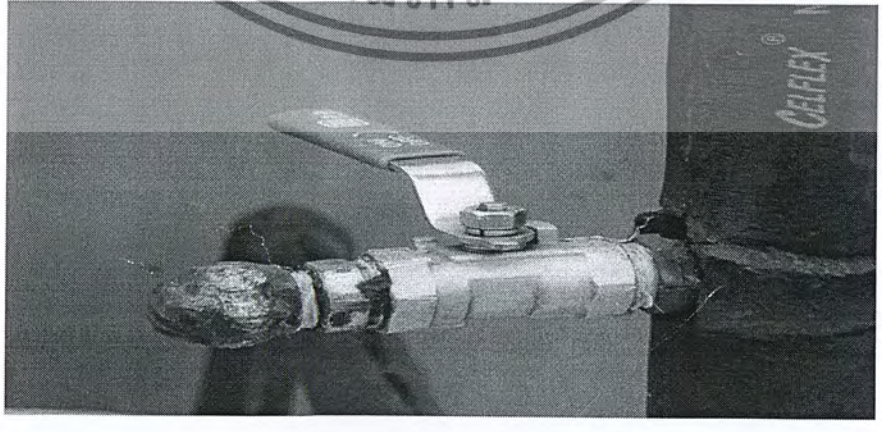
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 แสดงเกจวัดความดัน

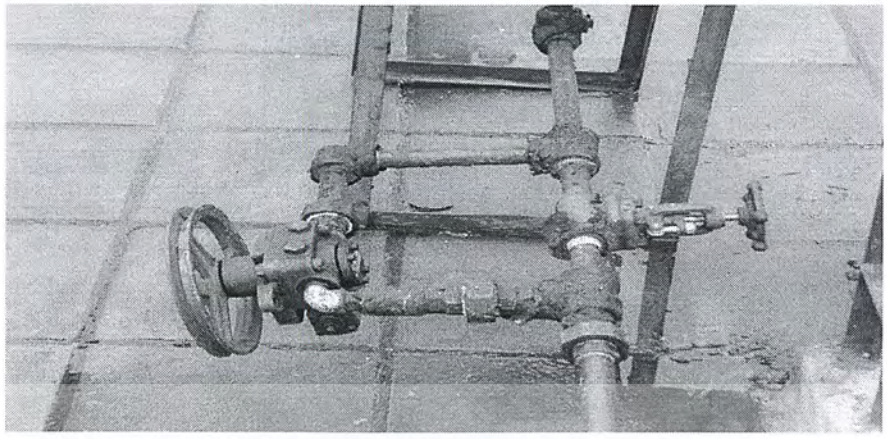


รูปที่ 4-6 แสดงกระจกดูสารละลาย

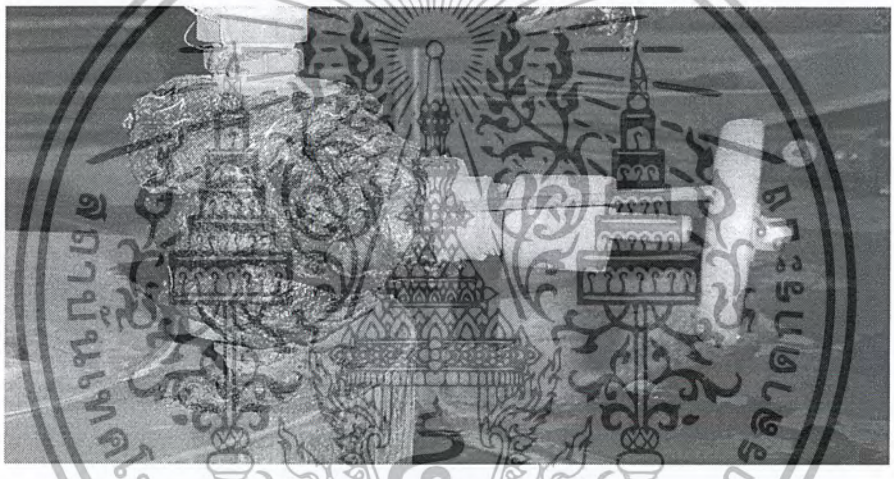


รูปที่ 4-7 แสดงวาล์วเติมแอมโมเนีย

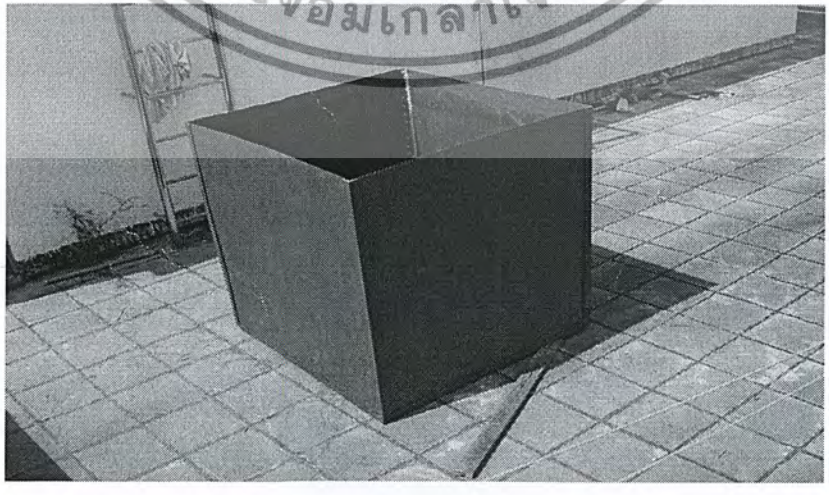
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 แสดงปั๊ม

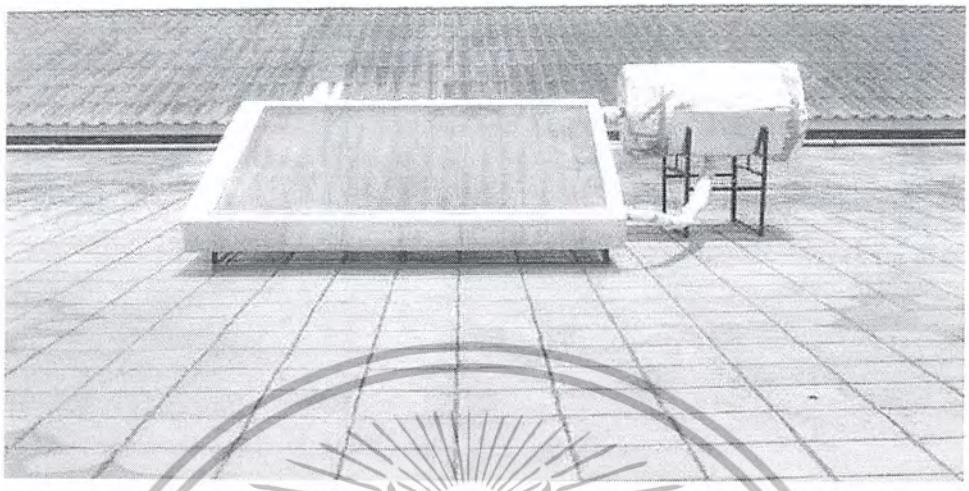


รูปที่ 4-9 แสดง Expansion Valve

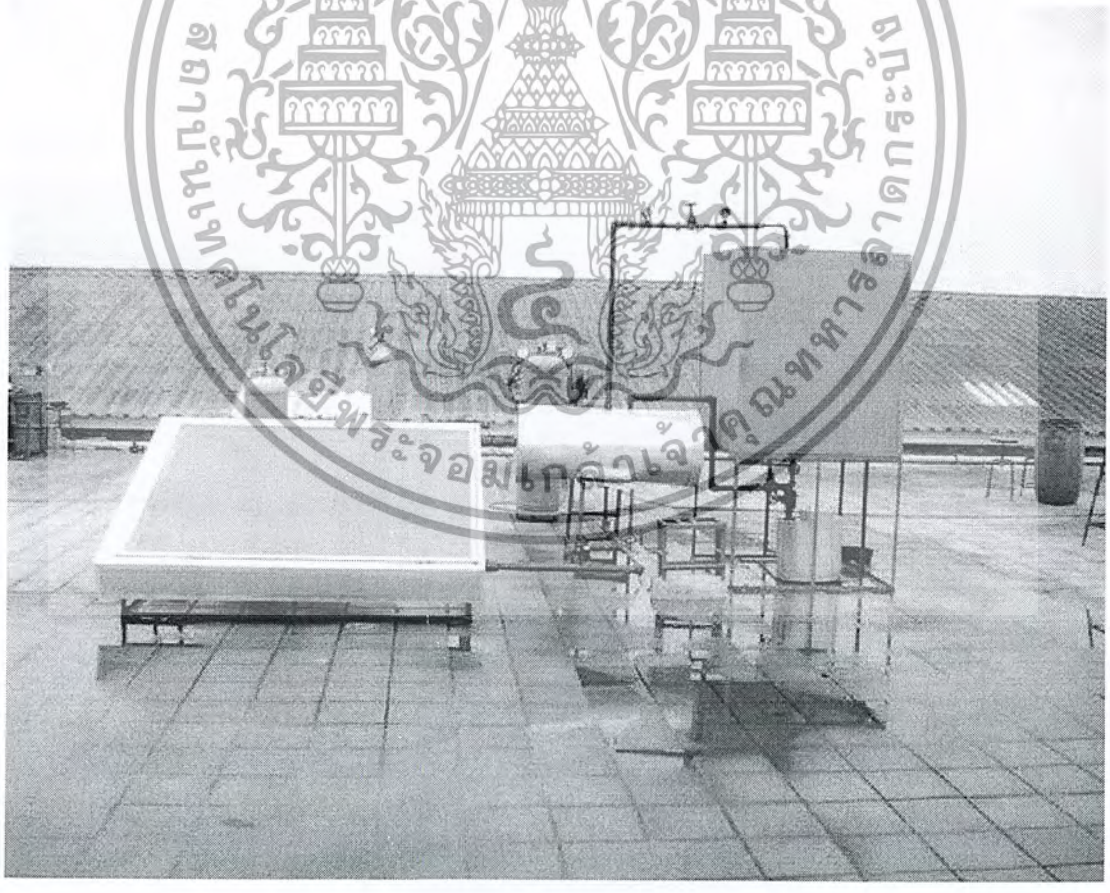


รูปที่ 4-10 แสดงถังหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 แสดงชุดทดลอง



รูปที่ 4-12 แสดงโครงสร้างโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (in)	รัศมีความโค้งน้อยที่สุด(in)
3/8	1-1/4
7/16	1-1/4
½	1-1/4
5/8	1-1/2
¾	1-3/4
7/8	2
1	3
1-1/8	3-1/2
1-1/4	3-3/4
1-3/8	5
1-1/2	5

ตารางที่ 4-1 แสดงรัศมีการดัดท่อ

4.2 การดัดท่อ

เราสามารถที่จะทำการดัดท่อให้โค้งงอเพื่อให้ท่ออยู่ในลักษณะเดียวกับอุปกรณ์อื่น และเพื่อเพิ่มพื้นที่ในส่วนของ Evaporator และ Condenser ในการดัดท่อนั้นต้องใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้องเพื่อไม่ทำให้เกิดรอยย่นหรือลีบแบน ตรงรอยดัดและไม่ควรมีรอยโค้งงอมาก นอกจากนี้รัศมีความโค้งไม่ควรแคบเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการสูญเสียความดันมากขึ้น

4.3 การเตรียมการติดตั้งท่อ

4.3.1 ทำเกลียวท่อให้มีขนาดเท่ากับเกลียวข้อต่อที่ซื้อมา

4.3.2 ฝนปลายท่อให้มนทั้งด้านในและด้านนอกเพื่อไม่ให้มีเศษโลหะติดอยู่

4.3.3 เช็ดล้างทำความสะอาดท่อทั้งภายในและภายนอกก่อนเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

4.3.4 ใช้ข้อต่อแบบ Union เพื่อให้ประกอบหรือถอดแยกโดยไม่ต้องหมุนท่อ

4.3.5 ใช้เทปพันเกลียวพันบริเวณเกลียวเพื่อกันการรั่ว

4.3.6 กรณีที่ยังเกิดการรั่วให้ใช้น้ำยาชนิดกาวซีเมนต์เหล็กทาพอประมาณเพื่อไม่ให้เกิดการกีดขวางภายในท่อ

4.3.7 ใช้อุปกรณ์ยึดท่อเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งาน

4.3.8 หลีกเลี่ยงการใช้ข้อต่อกรณีที่ไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบรอยรั่ว

เนื่องจากระบบต้องทำงานที่ความดันสูง ฉะนั้นการรั่วของระบบจะต้องไม่เกิดขึ้น เพราะถ้าหากเกิดการรั่วในระบบแล้ว โอกาสที่แอมโมเนียจะสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำความเย็นย่อมเป็นไปได้ เพราะแอมโมเนียสามารถดูดซึมโดยน้ำได้ดี ซึ่งอาหารเกือบทุกชนิดจะมีน้ำและความชื้นปนอยู่ด้วย ถ้าหากรับประทานเข้าไปก่อให้เกิดอันตรายได้ และถ้าหาก แอมโมเนียรั่วสู่อากาศแล้วมีความเข้มข้นในอากาศ 0.5-0.6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ก็อาจทำให้ผู้ที่สูดดมเข้าไปเกิดอันตรายจนถึงขั้นเสียชีวิตได้

รอยรั่วในระบบที่มักเกิดขึ้นคือบริเวณข้อต่อและรอยเชื่อม โดยในส่วนของท่อทางที่เป็นทางผ่านของสารทำความเย็นและสารละลาย ใช้วิธีการต่อโดยใช้เกลียว ซึ่งใช้ข้อต่อชนิด Union และ Socket Full coupling สำหรับการต่อตรง Elbow 90 และ Elbow Reducer สำหรับการต่อเป็นมุมฉาก Tee และ Tee Reducer สำหรับการต่อสามทาง และ Couplig Reducer สำหรับการต่อตรงลดขนาด การต่อนั้นสามารถใช้เทปพันเกลียวพันบริเวณเกลียวแล้วขันให้แน่น หากยังเกิดการรั่วอีกให้ใช้ กาวชนิดซีเมนต์เหล็กทาบริเวณเกลียวแล้วขันให้แน่นก็สามารถแก้ปัญหารอยรั่วได้ ในส่วนของ Generator ใช้การต่อโดยการเชื่อม ซึ่งจะเกิดรอยรั่วบริเวณที่เป็นตามดซึ่งสามารถเชื่อมซ้ำบริเวณนั้นจนแน่ใจว่าไม่มีการรั่วเกิดขึ้นอีก

รูปที่ 4-13 แสดงข้อต่อแบบ Union

รูปที่ 4-14 แสดงข้อต่อแบบ Elbow 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการทดสอบรอยรั่วนั้น จะต้องทำการทดสอบทุกชิ้นส่วนของระบบ ก่อนการประกอบเข้าด้วยกันเพื่อที่จะได้ง่ายต่อการแก้ไข หลังจากที่แน่ใจแล้วว่าชิ้นส่วนต่างๆปราศจากรอยรั่ว ก็ทำการต่อทุกชิ้นส่วนของระบบเข้าด้วยกันและทดสอบรอยรั่วอีกครั้งหนึ่ง โดยการทดสอบนั้นจำเป็นจะต้องทดสอบความแข็งแรงของระบบก่อนโดยการอัดน้ำเข้าไป เพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถทดความดันได้ สาเหตุที่ต้องอัดน้ำเข้าไปก่อนเนื่องจากถ้าหากระบบไม่สามารถทนความดันได้ จะเกิดการระเบิดหรือฉีกขาดของชิ้นส่วนอุปกรณ์น้ำในระบบจะมีอันตรายน้อยกว่าแก๊สเนื่องจากน้ำขยายตัวได้น้อย เมื่อทดสอบด้วยน้ำจนแน่ใจว่าระบบสามารถทนความดันได้แล้ว จากนั้นทำการอัดแก๊สเข้าไป โดยใช้ ไนโตรเจน เพื่อทดสอบรอยรั่วอีกครั้งหนึ่ง ที่ต้องใช้แก๊สทดสอบรอยรั่วอีกครั้งหนึ่งเนื่องจากแก๊สมีโมเลกุลเล็กกว่าน้ำ การทดสอบรอยรั่วจึงมีความแน่นอนกว่า การตรวจสอบรอยรั่วของแอมโมเนีย นั้นกระทำได้ง่ายเพราะจะมีกลิ่นเป็นสัญญาณบอกให้ทราบ และถ้าทำการเผาเทียนที่ทำด้วยกำมะถันในบริเวณที่มีการรั่วของแอมโมเนีย จะเกิดควันสีขาวของแอมโมเนียซัลไฟท์ขึ้น ซึ่งจะบอกจุดที่มีการรั่วได้ ส่วนตอนอัดไนโตรเจนสามารถตรวจสอบการรั่วโดยใช้ฟองสบู่ลูบบริเวณที่คาดว่าจะเกิดการรั่วหากมีการรั่วก็จะเกิดฟองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมาจนแตก และอีกวิธีหนึ่งที่สามารถตรวจสอบได้คือ ดูที่เกจวัดความดัน คือถ้าหากความดันในระบบลดลงอย่างรวดเร็วก็แสดงว่าเกิดการรั่ว แต่การดูความดันในระบบต้องอ้างอิงอุณหภูมิด้วยเนื่องจากถ้าหากอุณหภูมิในระบบต่ำความดันก็ลดลงได้เช่นกัน การแก้ไขขณะที่เกิดการรั่วสามารถปฏิบัติได้ดังนี้คือ ให้ฉีดน้ำพรมบริเวณนั้นแล้วใช้ผ้าชุบน้ำปิดจมูกเพื่อเข้าไปปิดวาล์ว หรือแก้ไขรอยรั่ว แต่ถ้าหากมีการรั่วในปริมาณมากให้รีบออกจากบริเวณนั้นโดยด่วนทันที

รูปที่ 4-15 แสดงถังไนโตรเจน

4.5 การเติมสารละลายในระบบ

จากขอบเขตของงานในเบื้องต้นกำหนดไว้ว่า จะทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของสารละลายให้ได้อัตราส่วนที่สามารถทำความเย็นได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากระบบที่สร้างมีขนาดใหญ่ และการทดลองแต่ละครั้งต้องอาศัยสภาพอากาศที่เหมาะสม จึงสามารถทดลองได้เพียงอัตราส่วนผสมเดียวคือ ที่ 55 เปอร์เซ็นต์โดยมวล แอมโมเนียเพียงอัตราส่วนผสมเดียว โดยปริมาณสารละลายทั้งหมดที่เติมในระบบคือ 31.1 กิโลกรัม แบ่งเป็นน้ำสะอาดจำนวน 14 กิโลกรัม และแอมโมเนีย จำนวน 17.1 กิโลกรัม

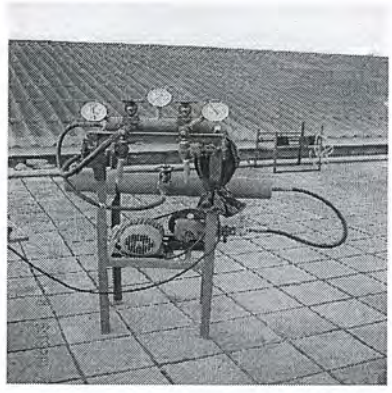
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมสารละลายในระบบนั้นเริ่มจากทำให้ระบบเป็นสุญญากาศ โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ จากนั้นเติมน้ำแข็งที่สะอาดโดยการต่อสายยางเข้ากับระบบและถังใส่น้ำสะอาด ระบบที่เป็นสุญญากาศก็จะสามารถดูดน้ำเข้าไปในระบบได้ จนได้ปริมาณที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นทำการเติมแอมโมเนียโดยใช้ท่อ Stainless ชนิดท่ออ่อน ต่อเข้ากับระบบและถังแอมโมเนีย ทำการเปิดวาล์วที่ถังของแอมโมเนีย ซึ่งความดันในถังแอมโมเนียมีประมาณ 11-12 bar ในช่วงแรกแอมโมเนียจะเข้าสู่ระบบได้เนื่องจากระบบที่ยังเป็นสุญญากาศและความดันในถังมากกว่าในระบบ ซึ่งในช่วงนี้แอมโมเนียสามารถเข้าสู่ระบบด้วยความรวดเร็ว จนกระทั่งความดันในระบบเท่ากับความดันในถังแอมโมเนียหรือแตกต่างกันน้อยมาก ในช่วงนี้แอมโมเนียสามารถเข้าสู่ระบบได้โดยอาศัยน้ำในระบบเป็นตัวดูดซึมเข้าไป แต่ปริมาณแอมโมเนียที่เข้าไปจะมีปริมาณน้อย ต้องใช้เวลาในการเติมนาน วิธีการแก้ก็คือ ใช้น้ำร้อนราดลงบนถังแอมโมเนียเพื่อให้อุณหภูมิในถังเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ความดันในถังแอมโมเนียเพิ่มขึ้นมากกว่าในระบบ และนำน้ำแข็งวางบนระบบเพื่อให้ความร้อนที่เกิดจากการดูดซึมแอมโมเนียของน้ำระบายออกอย่างรวดเร็ว และจะทำให้ระบบมีความดันต่ำลงด้วย ซึ่งวิธีดังกล่าวทำให้สามารถเติมแอมโมเนียเข้าสู่ระบบได้อย่างรวดเร็วได้ ขณะเติมสารละลายในระบบนั้นเราจะทำการปิด Valve 1. และ Valve 2. เพื่อป้องกันแอมโมเนียเข้าสู่ Condenser และ Evaporator

ระบบสุญญากาศ (นิ้วปรอท)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (F°)
27.99	100
28.50	90
28.98	80
29.18	70
29.40	60
29.66	50
29.71	40
29.76	30
29.82	20
29.86	10
29.87	5
29.88	0
29.90	-10

ตารางที่ 4-2 แสดงอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายใต้ความดันสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-16 ชุดทดสอบความดันด้วยน้ำ

4.6 การทำสุญญากาศระบบ (Evacuating The system)

เป็นการทำระบบให้เป็นสุญญากาศ หรือที่เรียกว่า การทำแวคคั่ม จะทำหลังจากการตรวจสอบรอยรั่วระบบแล้ว เพื่อจะเติมสารละลายเข้าระบบ การทำสุญญากาศนั้นจะใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ดูดเอาอากาศและความชื้นภายในระบบออกให้หมด ถ้าเป็นระบบเก่าก็รวมการขจัดสารทำความเย็นที่เสื่อมคุณภาพออกจากระบบด้วย

ในขณะที่กำลังทำสุญญากาศระบบนั้น ค่าความดันเกจความดันต่ำ จะอ่านค่าได้ต่ำกว่า 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว เกจจะแสดงให้เห็นว่าในระบบเป็นสุญญากาศซึ่งหมายถึงความดันในระบบมีค่าน้อยกว่าความดันบรรยากาศ สิ่งสำคัญที่ต้องการทำสุญญากาศระบบคือ ต้องการดูดความชื้นออกจากระบบให้หมด จากหลักการที่ว่าเมื่อลดความดันที่ผิวหน้าของเหลวจะทำให้จุดเดือดของของเหลวนั้นต่ำลงด้วย ฉะนั้นเมื่อระบบเป็นสุญญากาศที่ความสูงปรอทประมาณ 29 นิ้วปรอท น้ำจะมีจุดเดือดที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นที่เหลืออยู่ในระบบจะถูกเปลี่ยนสถานะและถูกดูดออกมา

ถ้าเครื่องปั๊มสุญญากาศมีขีดความสามารถดีพอจะทำระบบให้เป็นสุญญากาศได้ 29 นิ้วปรอทแล้ว การทำสุญญากาศของระบบสามารถใช้เวลาน้อยลงได้ แต่ถ้าเครื่องปั๊มสุญญากาศมีขีดความสามารถน้อยกว่าก็จำเป็นต้องใช้เวลาในการทำสุญญากาศนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเครื่องปั๊มสุญญากาศจะต้องทำระบบให้เป็นสุญญากาศอย่างน้อย ได้ถึง 28 นิ้วปรอท เป็นอย่างน้อย จึงจะสามารถทำให้ระบบไม่มีความชื้นหลงเหลืออยู่

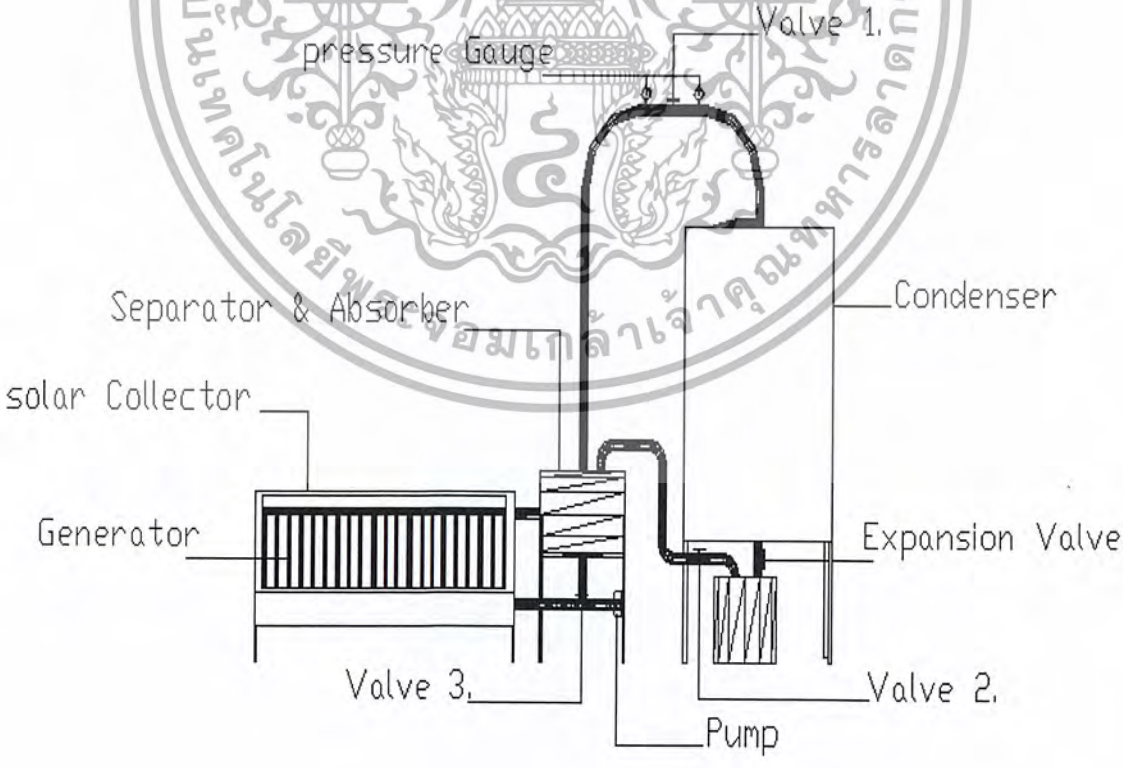
รูปที่ 4-17 เครื่องปั๊มสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบนั้นจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงรับพลังงานในตอนกลางวัน และการทำความเย็นในตอนกลางคืน สามารถอธิบายได้ดังนี้

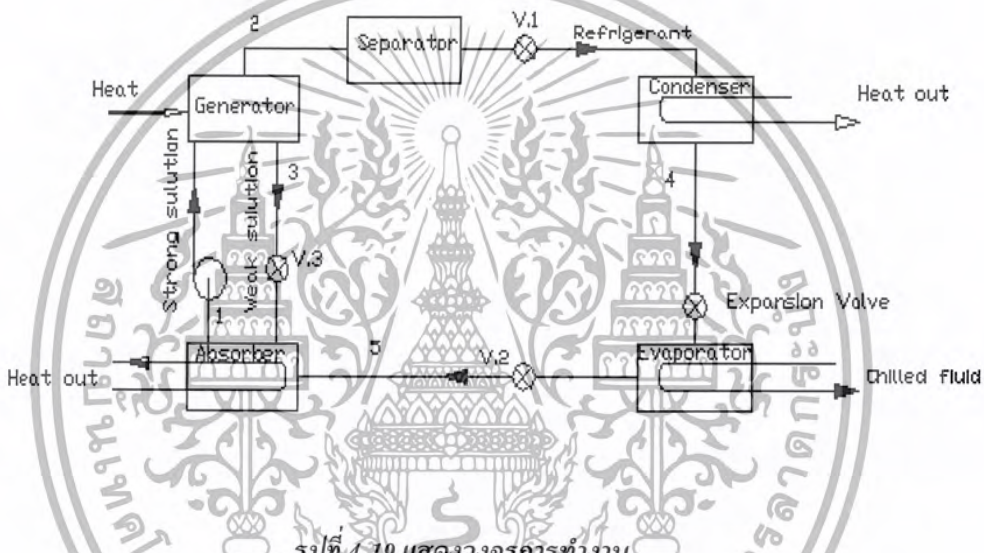
4.7.1 ช่วงรับพลังงาน เมื่อแผงรับแสงอาทิตย์ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับสารละลายในระบบที่อยู่ภายใน Generator เมื่อสารละลายได้รับความร้อนความหนาแน่นจะลดลง ทำให้สารละลายส่วนนี้ไหลเข้าสู่ Separator ส่วนสารละลายภายใน Separator ที่อยู่ด้านล่างไม่ได้รับความร้อนมีความหนาแน่นมากกว่าก็จะไหลเข้าไปแทนที่ใน Generator จึงทำให้เกิดการไหลวนในระบบ โดยที่ Valve 3. จะถูกเปิดตลอดเวลาขณะทำงานในช่วงรับพลังงาน ใน Separator ออกแบบให้มีพื้นที่ว่างสำหรับให้แอมโมเนียซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำแยกตัวออกจากน้ำ เข้าสู่ Condenser ซึ่งเราจะทำการเปิด Valve 1. เมื่อความดันในระบบเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 13 bar อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาประมาณ 10.00 นาฬิกา จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 80 องศาเซลเซียส ที่ความดันคงที่ ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้แอมโมเนียจะสามารถแยกออกจากน้ำได้ แอมโมเนียที่แยกตัวออกจากน้ำก็จะเข้าสู่ Condenser ใน Condenser จะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากแอมโมเนียโดยการหล่อเย็นด้วยน้ำ เมื่อความร้อนถูกถ่ายเทออกจากแอมโมเนีย แอมโมเนียก็จะควบแน่นกลายเป็นของเหลวสะสมอยู่ใน Condenser ซึ่งภายในCondenser ได้มีการออกแบบไว้ให้มีถังเก็บแอมโมเนียเพื่อเก็บแอมโมเนียที่มีสถานะเป็นของเหลวไว้ด้านล่างสุด เมื่อเห็นว่าอุณหภูมิในระบบไม่เพิ่มแล้วก็จะทำการปิด Valve 1. เพื่อป้องกันแอมโมเนียไหลย้อนกลับ ซึ่งเป็นการสิ้นสุดการทำงานในช่วงรับพลังงาน



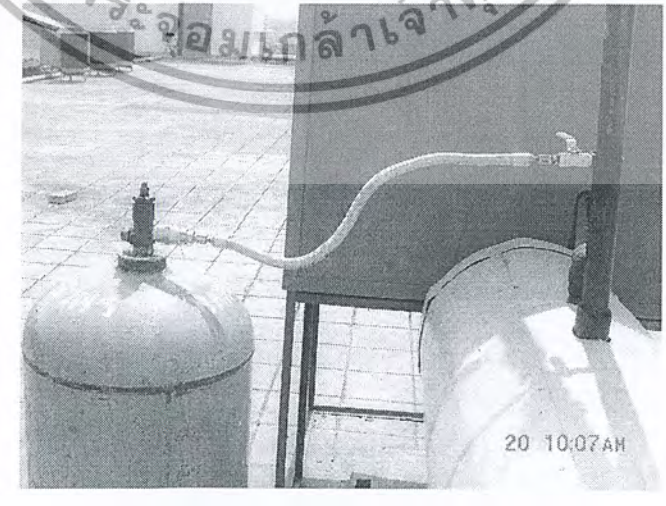
รูปที่ 4-18 โครงสร้างโดยรวมอธิบายการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 ช่วงการทำความเย็นจะรอจนกระทั่ง สารละลายใน Absorber (Separator ในช่วงรับพลังงาน) มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ความดันลดลงเหลือ 4.8 bar ที่เวลาประมาณ 24 .00 นาฬิกา การทำความเย็นจะเริ่มขึ้นโดยปรับ Expansion Valve และเปิด valve 2. ให้แอมโมเนียที่สะสมอยู่ใน Condenser ฉีดเป็นฝอยละอองเข้าสู่ Evaporator เมื่อแอมโมเนียเข้าสู่ Evaporator ก็จะรับความร้อนจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำความเย็นทำให้แอมโมเนียเดือดกลายเป็นไอ สารละลายเจือจางและมีอุณหภูมิต่ำภายใน Absorber ก็จะสามารถดูดซึมแอมโมเนียจนสารละลายเจือจางกลายเป็นสารละลายเข้มข้นอีกครั้งหนึ่ง ในขณะทำความเย็นนั้นเราจะทำการหมุนปั๊มด้วยมือเพื่อให้สารละลายในระบบเกิดการไหลวนเพื่อนำความร้อนที่เกิดจากการดูดซึมแอมโมเนีย ระบายทิ้งบริเวณแผงรับความร้อน ซึ่งขณะหมุนปั๊มจะต้องปิด Valve 3. เพื่อป้องกันแอมโมเนียไหลย้อนกลับ



รูปที่ 4-19 แสดงวงจรการทำงาน



รูปที่ 4-20 แสดงการเติมแอมโมเนียเข้าระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การปรับ Expansion Valve

เนื่องจาก ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการปรับอัตราการไหลของ Expansion Valve จึงใช้วิธีการทดลองปรับ โดยที่ Expansion Valve จะมีการแบ่งสเกลออกเป็น 10 ส่วน ได้ทำการทดลองปรับที่ 0.5,1,1.5,2 ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่า การปรับตำแหน่ง 1 สามารถทำความเย็นได้ดีที่สุด

4.9 การทดลอง

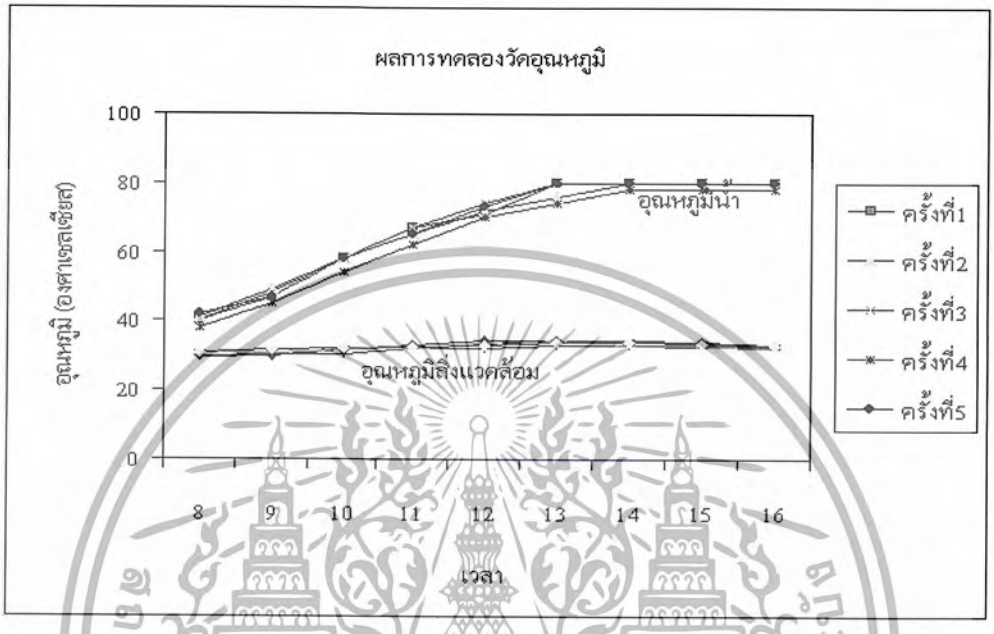
หลังจากที่ทำการเติมอัตราส่วนผสมของสารละลายได้ตามที่กำหนดไว้แล้ว ก็เริ่มการทำงานของระบบโดยเปิดรับแสงอาทิตย์ในตอนกลางวัน จดบันทึกการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ ความดัน สังเกต การเคลื่อนที่ของสารละลายจาก กระจกดูสารละลาย และการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น กลิ่นของแอมโมเนียหากมีการรั่วเกิดขึ้น เสียงการเคลื่อนที่ของแอมโมเนียขณะเปิดวาล์ว เป็นต้น

ส่วนตอนกลางคืน เริ่มทำความเย็นที่เวลาประมาณ 24.00 นาฬิกา ก็จะทำการ จดบันทึก การเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ ความดัน และการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่นเดียวกับตอนกลางวัน จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

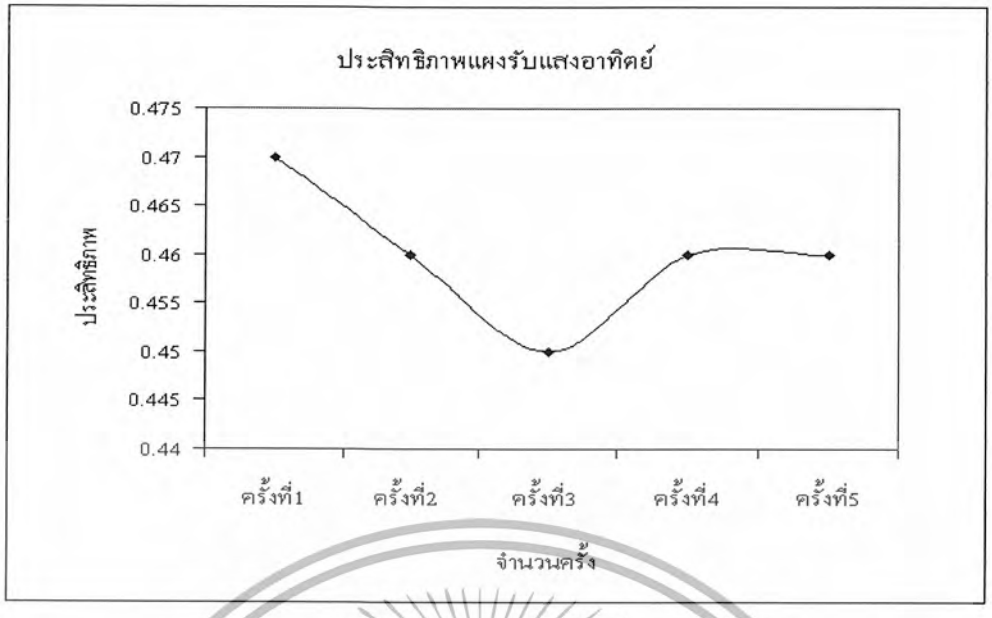
5.1 กราฟแสดงผลการทดลอง



รูปที่ 5-1 ผลการทดลองอุณหภูมิ

หลังจากที่สร้างแผงรับแสงอาทิตย์เสร็จแล้วได้สร้างชุดทดลองขึ้นมาแล้วต่อเข้ากับแผงรับแสงอาทิตย์ ดังรูป 4-11 หลังจากนั้นทำการเปิดรับแสงอาทิตย์ เพื่อให้น้ำในระบบเกิดการไหลวนแล้วทำการวัดอุณหภูมิในชุดทดลองทุกๆชั่วโมง ผลที่ได้คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ได้จากการวัดประมาณ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลาประมาณ 13.00 นาฬิกา อุณหภูมิบรรยากาศภายนอก 34 องศาเซลเซียส โดยใช้มวลของน้ำทั้งหมด 180 ลิตร ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นได้เลือกทำการวัดในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง จำนวน 5 วัน ผลที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกันทุกครั้งที่ทำการวัด ในช่วงก่อนรับแสงอาทิตย์ เวลาประมาณ 8 .00 นาฬิกา อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากการหุ้มฉนวน จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงเวลา 13.00 นาฬิกา และจะคงที่จนถึงเวลาประมาณ 17.00 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-2 ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์

จากการนำผลการวัดอุณหภูมิที่ได้ไปคำนวณประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ มีค่าประมาณ 45-47 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีออกสู่ภายนอก การพาความร้อนภายในแผง และการนำความร้อนสู่ฉนวน โดยอ้างอิงค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกทั้งหมด ประมาณ 936 W/m^2 โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\eta_s = \frac{Q_s}{Q_r} \tag{5.1}$$

เมื่อ

η_s คือ ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์

Q_s คือ อัตราความร้อนที่แผงรับได้ (W/m^2)

Q_r คือ ความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก (W/m^2)

ซึ่งประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้คือ

1. กระจกที่วางปิดด้านบนต้องโปร่งต่อแสงเป็นอย่างมาก ฉะนั้นต้องหมั่นทำความสะอาดอยู่ตลอดเวลา

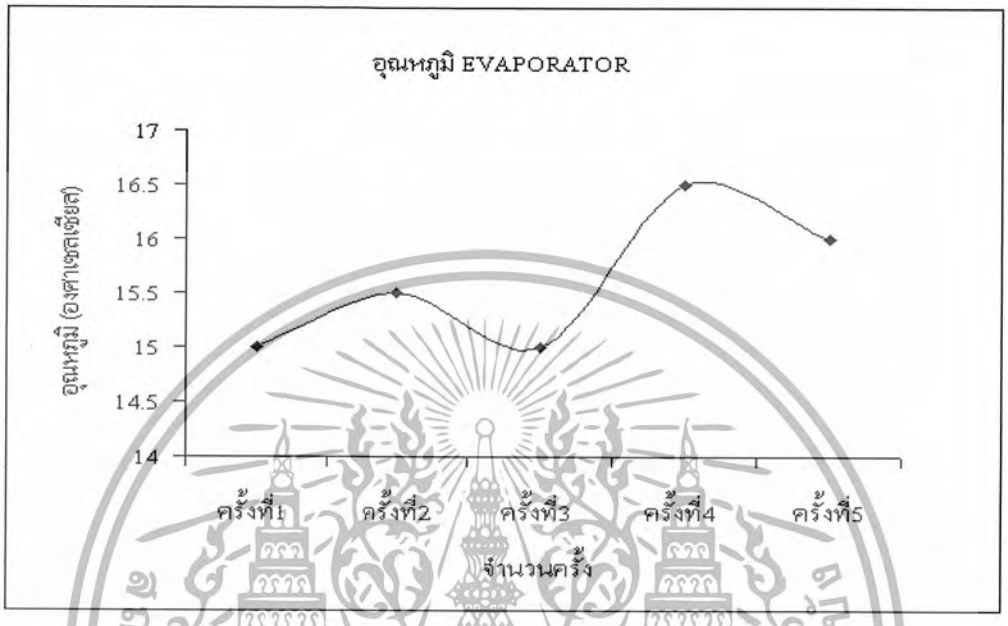
2. การสูญเสียความร้อนต้องน้อยสุด โดยการหุ้มฉนวนโดยรอบและต้องระมัดระวังเรื่องความชื้น เพราะฉนวนบางชนิด เช่น ใยแก้ว สามารถดูดซับความชื้นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสามารถในการดูดรังสีของแผ่นดูดแสงต้องมากสุด อาจเลือกใช้สารเลือกรังสีเคลือบพิเศษ เช่น ผิวเคลือบนิเกิลดำ โครเมียมดำ ในกรณีใช้สีดำอย่างเดียว ต้องทาให้ทั่วทั้งแผ่นดูดแสงเป็นสีดำสนิท

4. การแผ่รังสีคลื่นยาวๆ ต้องน้อย

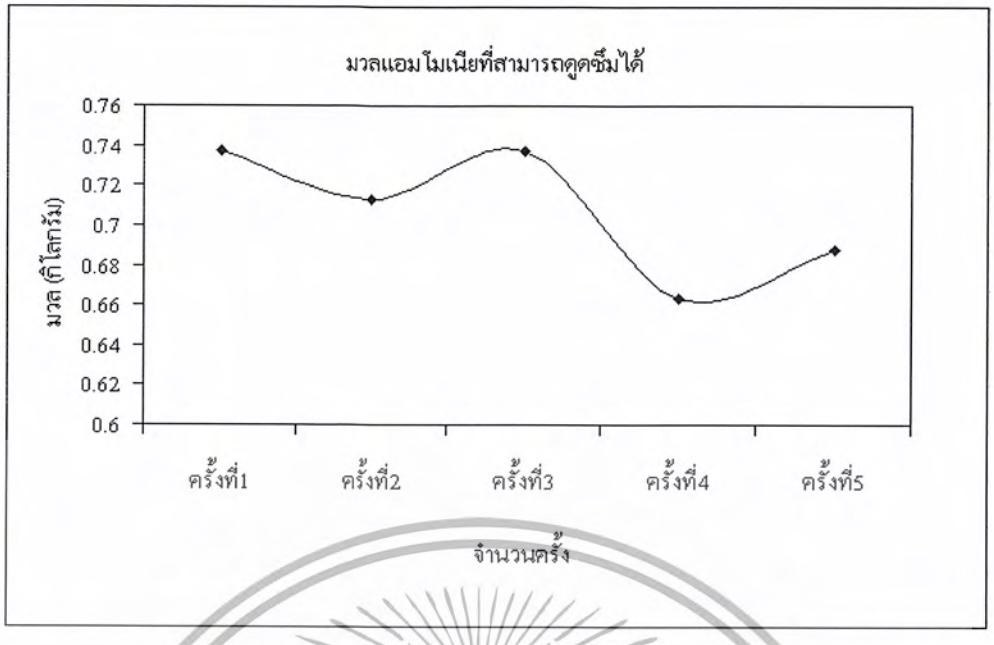
5. อุณหภูมิของแผ่นดูดแสงต้องน้อยในขณะใช้งานซึ่งจะมีผลให้ความร้อนสูญเสียออกไปน้อย



รูปที่ 5-3 ความเย็นที่สามารถทำได้

การทำความเย็น เริ่มทำในตอนกลางคืน เวลาประมาณ 24.00 นาฬิกา เพื่อรอให้สารละลายเจือจางใน Separator มีอุณหภูมิต่ำลง แล้วไปสิ้นสุดที่เวลาประมาณ 6.00 นาฬิกา โดยขณะทำความเย็น จะต้องเปิดฉนวนบริเวณ Absorber เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการดูดซึมแอมโมเนีย ของสารละลาย และทำการหมุนปั๊มด้วยมือเพื่อเพิ่มการไหลเวียนของสารละลาย ให้มากขึ้นการระบายความร้อนก็จะเร็วขึ้น ทำให้การดูดซึมแอมโมเนียของสารละลายเจือจางดีขึ้น หลังจากครบเวลาการทำความเย็นตามที่กำหนดไว้แล้ว จึงทำการวัดอุณหภูมิภายใน Evaporator ผลที่ได้ปรากฏว่า สามารถ ทำน้ำที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นน้ำเย็นที่ 15 องศาเซลเซียส ที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน Evaporator เพียงครั้งเดียวในการทำความเย็นแต่ละครั้ง เนื่องจากถ้าหากเราทำการเปิดวัดอุณหภูมิทุกๆ ชั่วโมงจะทำให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ Evaporator จะทำให้ผลที่ได้เกิดความผิดพลาดได้ ซึ่งนำผลที่ได้โดยเลือกครั้งที่ดีที่สุด 5 ครั้งมาแสดง ดังรูปที่ 5-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-4 ความสามารถดูดซึมแอมโมเนีย

ในส่วนของการดูดซึมสารทำความเย็น ของสารละลายจาก Evaporator ซึ่งมวลที่สารละลายสามารถดูดซึมได้ ในแต่ละรอบทำความเย็น มีค่าประมาณ 0.6-0.7 กิโลกรัม โดยใช้วิธีการคำนวณจากความสามารถในการทำความเย็น โดยสามารถทำน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นน้ำเย็นที่ ประมาณ 15 องศาเซลเซียส โดยสามารถคำนวณได้จาก สูตร

$$m_w c_p \Delta T = m_a (h_g - h_f) \qquad (5.3)$$

เมื่อ

m_w คือ มวลของน้ำที่ต้องการทำความเย็น จำนวน 10 kg

C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่าเท่ากับ 4.184 kJ/kg K

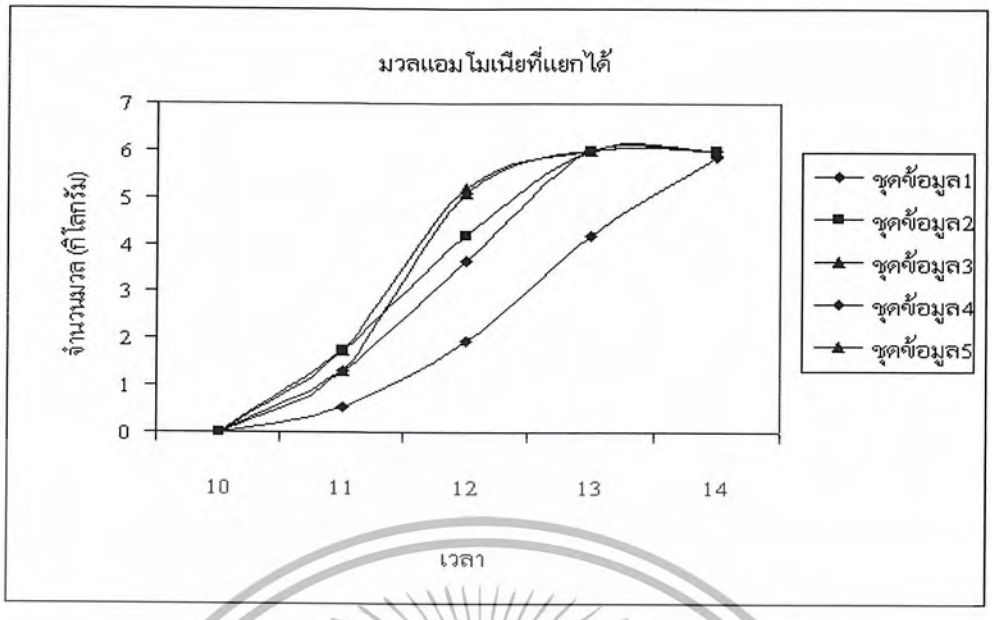
ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำที่สามารถทำความเย็นได้แต่ละครั้ง (K)

m_a คือ มวลแอมโมเนียที่สามารถดูดซึมได้ (kg)

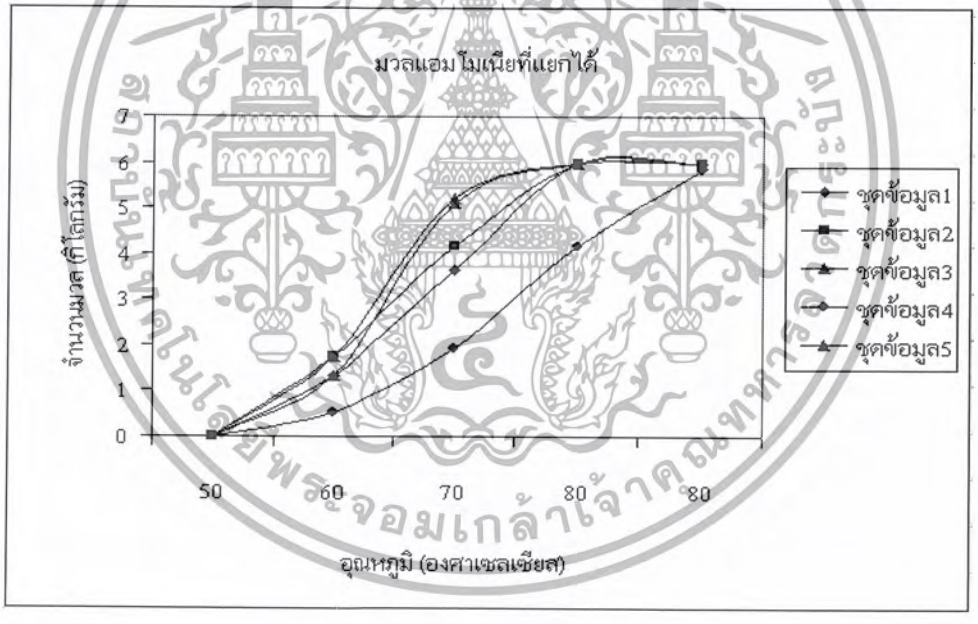
h_g คือ Enthalpy ของแอมโมเนียมีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัวที่อุณหภูมิ Condenser (kJ/kg)

h_f คือ Enthalpy ของแอมโมเนียมีสถานะเป็นไออิ่มตัว ที่อุณหภูมิภายใน Evaporator (kJ/kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



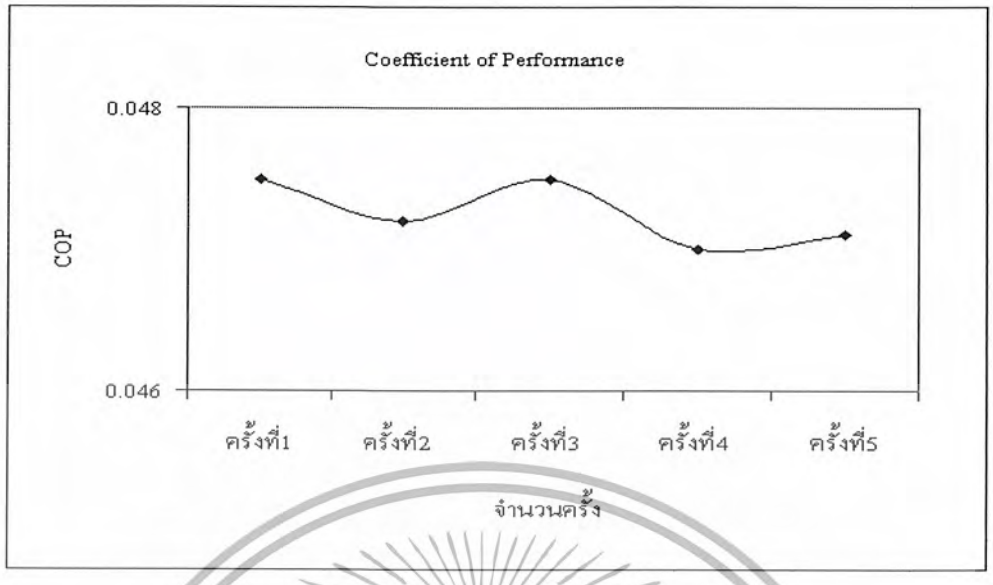
รูปที่ 5-5 แอมโมเนียที่สามารถแยกได้เทียบกับเวลา



รูปที่ 5-6 แอมโมเนียที่สามารถแยกได้เทียบกับอุณหภูมิ

เนื่องจากงบประมาณที่มีจำกัด การวัดมวลที่สามารถแยกตัวออกจากสารละลายโดยตรงนั้นไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีอ่านค่าจากกราฟ โดยอ้างอิง อุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้นของสารละลายในระบบ ที่บันทึกค่าได้ ผลที่ได้คือ ในตอนกลางวัน สามารถแยกมวลออกจากสารละลายได้ประมาณ 6 กิโลกรัม โดยสารทำความเย็นจะสามารถแยกตัวออกจากสารละลายในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น คือช่วงตั้งแต่เวลาประมาณ 10.00 นาฬิกา ถึง เวลา 13.00 นาฬิกา โดยการบันทึกค่าต่างๆ เลือกวันที่ท้องฟ้าโปร่ง ทั้งหมด 5 วัน ผลที่ได้ทั้ง 5 วันมีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ

จากการนำผลของการทำความเย็นที่ได้มาคำนวณสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะได้ค่าประมาณ 0.046-0.048 สาเหตุที่ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะมีค่าน้อยก็เนื่องมาจากสารละลายสามารถดูดซึมสารทำความเย็นได้น้อยความสามารถในการทำความเย็นจึงน้อยตามไปด้วย โดยสามารถคำนวณสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะได้จากสูตร

$$COP = \frac{Q_{ev}}{Q_s} \qquad (5.2)$$

เมื่อ

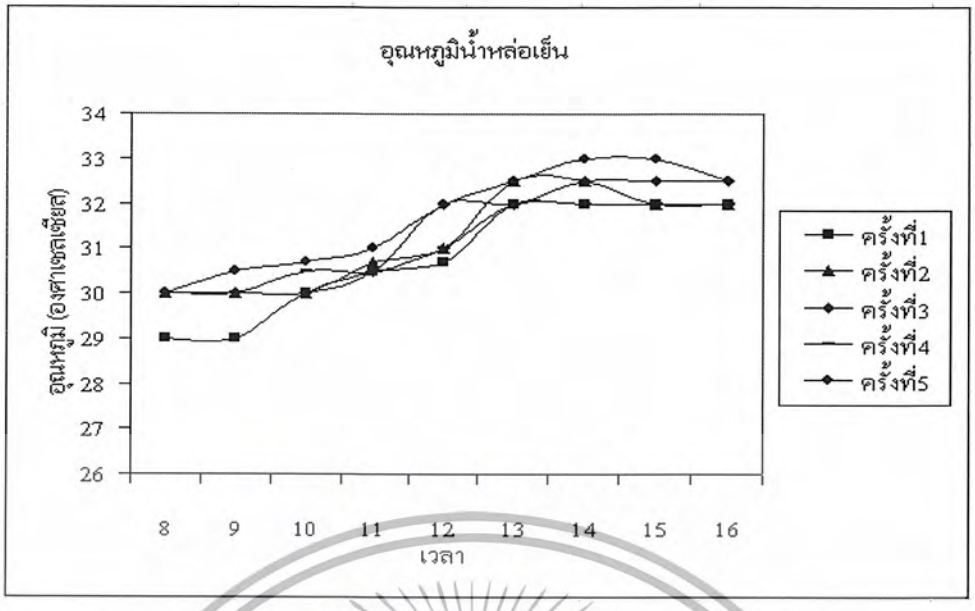
COP คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ

Qev คือ อัตราการทำความเย็น (W)

Qs คือ อัตราความร้อนที่แผงได้รับ (W)

ความจริงแล้ว การใช้เทอม COP เพื่อวัดสมรรถนะของระบบดูดซึมนั้นไม่ค่อยจะเหมาะสมเท่าใดนัก เนื่องจากมันจะให้ค่าที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับระบบอัดไอ เนื่องจากค่า COP ของระบบอัดไอเป็นอัตราส่วนระหว่าง อัตราการทำความเย็นต่อกำลังงานที่ต้องใช้ ซึ่งปกติแล้วพลังงานในรูปของงานนั้นมักมีมูลค่าเป็นราคาที่แพงกว่าพลังงานในรูปของความร้อนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5- 8 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

แอมโมเนียที่แยกตัวออกจากสารดูดซึม อยู่ในสถานะของไอเข้าสู่ Condenser เนื่องจากใน Condenser มีการหล่อเย็นฉะนั้นความดันจึงต่ำกว่าส่วนของ Separator แอมโมเนียจึงสามารถแยกตัวเข้าไปเก็บสะสมอยู่ได้ การระบายความร้อนออกนั้นช่วยให้แอมโมเนียกลั่นตัวเป็นของเหลวทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นปริมาตรการเก็บจึงเล็กลง การทำให้อุณหภูมิใน Condenser ยิ่งต่ำแอมโมเนียก็จะสามารถแยกตัวออกจากสารดูดซึมเข้าเก็บสะสมใน Condenser ได้มาก ซึ่งจากทำการวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นใน Condenser ปรากฏว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ เหมือนที่ได้ออกแบบไว้ในตอนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
วิจารณ์และสรุปผล

6.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองแต่ละครั้งต้องอาศัยสภาพอากาศที่เหมาะสม คือต้องเป็นวันที่ท้องฟ้าโปร่งมีแสงแดดจ้าทั้งวัน ผลการทดลองที่ได้จึงจะสมบูรณ์ ปริมาณการส่งผ่านความร้อนจากแผ่นดูดแสงนั้นขึ้นอยู่กับ ค่าสภาพการนำความร้อนและความหนาของวัสดุ ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำหน้าที่เป็นแผ่นดูดแสงคือ แผ่นอลูมิเนียม ซึ่งมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำกว่าทองแดงหรือเงิน ซึ่งมีราคาแพง ส่วน Generator ทำด้วยท่อเหล็กซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำ และมีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ซึ่งยังถือว่ามีความหนามากอยู่ เนื่องจากในระบบมีความดันสูง จึงต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของระบบด้วย หากใช้ขนาดท่อบางกว่านี้ก็อาจทนความดันในระบบไม่ได้ ส่วนการเพิ่มพื้นที่ในการรับความร้อนของแผ่นดูดแสงซึ่งได้ขึ้นรูปเป็นลอนนูนตามลักษณะของท่อนั้นยังถือว่าน้อย เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านเครื่องมือการกดขึ้นรูป ส่วนการประกอบแผ่นกระจกใสปิดด้านบนของแผงรับความร้อนนั้นต้องระวังเรื่องความชื้นเพราะถ้าหากมีความชื้นอยู่ภายในแผงแล้ว ตอนกลางคืนความชื้นเหล่านี้จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะบริเวณกระจกซึ่งจะเป็นตัวกั้นรังสีแสงอาทิตย์ ที่จะส่งผ่านไปยังแผ่นดูดแสงในตอนกลางวัน ซึ่งทำให้แผ่นดูดแสงรับความร้อนได้น้อยลง การหุ้มฉนวนของแผงรับแสงอาทิตย์ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยการหุ้มฉนวนนั้นต้องทำการหุ้มอย่างละเอียดทุกด้านเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและป้องกันการถ่ายเท เข้า-ออก ของอากาศระหว่างภายในและภายนอกแผงด้วย เพราะถ้ามีอากาศถ่ายเท เข้า-ออก แล้ว จะทำให้มีการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพามากขึ้น

จากการเติมแอมโมเนียที่อัตราส่วนผสม 55 เปอร์เซ็นต์โดยมวลแอมโมเนีย ผลที่ได้ปรากฏว่าปริมาณแอมโมเนียสามารถแยกเข้าสู่ Condenser ได้ประมาณ 6 กิโลกรัม ต่อการรับแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน เนื่องจากความเข้มข้นของแอมโมเนียที่มีมากกว่าจึงทำให้การแยกตัวออกจากน้ำได้ง่าย ปริมาณแอมโมเนียที่แยกได้จึงมีปริมาณมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่เราต้องการในส่วนของการทำงานในช่วงรับพลังงาน แต่จากผลการทดลองทำความเย็นปรากฏว่าสามารถลดอุณหภูมิของน้ำได้เพียงประมาณ 15 องศาเซลเซียสเท่านั้น ซึ่งถือว่ายังลดอุณหภูมิได้น้อย ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้มข้นของสารละลายใน Absorber หลังจากแอมโมเนียซึ่งแยกตัวออกไปแล้ว 6 กิโลกรัม ยังมีความเข้มข้นมากซึ่งยังเหลือความเข้มข้นโดยมวลของแอมโมเนียประมาณ 45.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การดูดซึมแอมโมเนียจาก Evaporator ของสารละลายใน Absorber ทำได้น้อย ปริมาณความร้อนที่รับจากภาระการทำความเย็นเพื่อไประบายทิ้งที่ Absorber โดยแอมโมเนียจึงทำได้น้อย ส่วนแอมโมเนียที่เหลือก็จะสะสมเป็นของเหลวอยู่ภายในท่อ Evaporator ไม่สามารถนำความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ไประบายทิ้งได้ ซึ่งในการทำความเย็นครั้งต่อไปจำเป็นที่จะต้องไล่แอมโมเนียที่สะสมอยู่ใน ท่อ Evaporator ส่วนนี้กลับไปที่ Absorber โดยการใส่น้ำร้อนลงไปในห้องแช่เย็น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความดันและการระเหยตัวของแอมโมเนียภายใน Evaporator ทำให้แอมโมเนียเข้าสู่ Absorber กลายเป็นสารละลายเข้มข้นที่ 55 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของแอมโมเนียอีกครั้งหนึ่ง

ในส่วนของการหล่อเย็นภายใน Condenser นั้น ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็นโดยท่อสารทำความเย็นแช่อยู่ภายในน้ำโดยที่น้ำอยู่นิ่งทำให้ต้องสร้างถังหล่อเย็นมีขนาดใหญ่ ซึ่งจะใช้ต้นทุนในการสร้างสูง แต่ก็ประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการที่ไม่ต้องใช้พลังงานในการทำให้น้ำหล่อเย็นหมุนเวียนเพื่อนำความร้อนจากการถ่ายเทจากแอมโมเนียไประบายออกสู่ภายนอก และจากผลการวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นปรากฏว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส ส่วนหนึ่งมาจากการรับความร้อนจากการถ่ายเทของแอมโมเนียในระบบ และส่วนหนึ่งมาจากความร้อนภายนอก คือจากแสงอาทิตย์ เนื่องจากถังหล่อเย็นวางไว้กลางแจ้งโดยไม่มีหลังคากันความร้อนจากแสงแดด ซึ่งถ้าหากทำหลังคากันแสงอาทิตย์ก็จะสามารถลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นได้อีกทางหนึ่ง

6.2 สรุปผลการทดลอง

6.2..1 ความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ในเมืองไทยสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในรูปของพลังความร้อนเพื่อทำความเย็นได้

6.2.2 อัตราการแยกตัวของแอมโมเนียจากสารดูดซึมขึ้นอยู่กับ ความร้อนที่ให้แก่ Generator และความเข้มข้นของสารละลาย

6.2.3 อัตราการดูดซึมแอมโมเนียของสารละลายขึ้นอยู่กับ การระบายความร้อนออกจาก Separator และความเข้มข้นของสารละลาย

6.2.4 อัตราการดูดซึมแอมโมเนียของสารละลายจะเพิ่มขึ้นหากใช้ปั๊มเพื่อให้สารละลายเกิดการไหลวนในระบบ

6.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะมีค่าประมาณ 0.046-0.048

6.2.6 ประสิทธิภาพแผงรับแสงมีค่าประมาณ 0.45-0.47

6.2.7 ความสามารถในการแยกตัวของสารละลายจะเพิ่มขึ้นถ้าติดตั้งอุปกรณ์รวมแสง เพื่อให้แสงอาทิตย์ตกกระทบกับแผ่นรับแสงได้ทุกขณะ

6.2.8 วัสดุที่ใช้ รวมทั้งการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต้องปราศจากรอยรั่ว ทั้งระบบการทำงานของภายในแต่ละอุปกรณ์

6.3 แผนงานการทดลองต่อในอนาคต

ทำการลดอัตราส่วนผสมที่ 50 และ45 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย ตามลำดับ เพื่อดูแนวโน้มความสามารถในการทำความเย็น เพื่อให้ได้อัตราส่วนของการทำความเย็นที่ดีที่สุด

6.4 ข้อเสนอแนะ

6.4.1 ติดตั้งกระจกดูสารทำความเย็นที่ถังเก็บแอมโมเนียและทำสเกลเพื่อดูปริมาณแอมโมเนียที่สามารถแยกเข้าสู่ Condenser ในช่วงรับพลังงาน

6.4.2 ทำหลังคาที่ถังหล่อเย็นเพื่อป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น

6.4.3 ออกแบบฉนวนที่ Absorber ให้สามารถเปิด-ปิดได้เพื่อเพิ่มการระบายความร้อนออกในช่วงการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] อัครเดช สินธุภัค, "การทำความเย็น'', ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, ปี พ.ศ. 2532,

[2] พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การถ่ายเทความร้อน'',ภาควิศวกรรมเครื่องกล,ปี พ.ศ. 2542,

[3] ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, "การทำความเย็น และ ปรับอากาศ'',ปี พ.ศ. 2523,

[4] มนตรี พิรุณเกษตร, " การถ่ายเทความร้อน", มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปี พ.ศ. 2541,

[5] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล" จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปี พ.ศ. 2521,

[6] สมศักดิ์ สุโมตตยกุล, "เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ" ซีเอ็ดยูเคชั่น, ปี พ.ศ. 2533,

[7] สนอง อิ่มเอม, "Refrigeration and Airconditioning" วิทยากร, ปี พ.ศ. 2542,

[8] Yunus A.Cengel, Michael A.Boles, "Thermodynamic'', vol.2,1989,

[9] Hu Jing, " solar powered charcoal/Methanol adsorption refrigerator'', December 1992,

[10] Anderson, "Refrigeration" Newnes technical books, C 1971,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้