การสร้างอุปกรณ์ทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ

นายปราโมทย์ สิงห์ทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2551

ปราโมทย์ สิงห์ทอง : การสร้างอุปกรณ์ทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ
(PROTOTYPE APPARATUS OF ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์, 115 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการสร้างเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบขั้นตอนเดียว ซึ่งสารทำงานที่ใช้ คือ สารละลายลิเธียมโบรไมด์/น้ำ โดยที่สารทำความเย็น คือ น้ำ และสารดูดซับ คือ ลิเธียมโบรไมด์ ซึ่งเครื่องมือทดลองต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 4 ส่วน คือ อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น (Generator) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) อุปกรณ์ทำระเหย (Evaporator) และอุปกรณ์ดูดซับ (Absorber) ซึ่งชุดทดลองนี้ต้องสามารถช่วยให้นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้เข้าใจถึงการทำงานจริงของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ นอกเหนือจากทฤษฎีในตำราเรียน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคตได้ ซึ่งในการสร้างเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ในการทดลองที่ความเข้มข้นสูง คือ ช่วงของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ที่ไหลออกจากอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นไปยังอุปกรณ์ดูดซับใช้ความเข้มข้นของสารละลายลิเธียมโบรไมด์เท่ากับ 20% LiBr และที่ความเข้มข้นต่ำ คือ ช่วงของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ที่ไหลออกจากอุปกรณ์ดูดซับไปยังอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นใช้ความเข้มข้นของสารละลายลิเธียมโบรไมด์เท่ากับ 15% LiBr ซึ่งด้านความดันสูง คือ ความดันที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น และอุปกรณ์ควบแน่นเท่ากับ 72 kPa และที่ด้านความดันต่ำ คือ ความดันที่อุปกรณ์ทำระเหย และอุปกรณ์ดูดซับเท่ากับ 5.34 kPa ซึ่งด้านความดันต่ำเป็นความดันต่ำที่สุดที่ปั๊มสุญญากาศสามารถทำได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าความสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับที่ได้จัดสร้างขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 ตามสภาวะการทดลองดังกล่าว

สาขาวิชาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

PRAMOTE SINGTHONG : PROTOTYPE APPARATUS OF ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM. THESIS ADVISER : ASSOC. PROF. FLT.LT. KONTORN CHAMNIPRASART, Ph.D. 115 PP.

ABSORPTION REFRIGEATION/LITHIUM BROMIDE

This thesis present study and building a prototype apparatus of single stage effect of absorption refrigeration system. A machine is using lithium bromide solution, which using water as refrigerant and lithium bromide as absorbent. The 4 main components are Generator, Condenser, Evaporator and Absorber. A prototype apparatus of absorption refrigeration system is used for undergraduate students program of mechanical engineering, Suranaree University of Technology study and understand of real operation. For experimental study, the operational condition strong solution is 20% LiBr and weak solution is 15% LiBr. For high pressure at generator and condenser is 72 kPa and low pressure at evaporator and absorber is 5.34 kPa which low pressure operate at vacuum pump could generate this pressure. From experimental show that the average Coefficient of Performance (COP) is 0.55

School of Mechanical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2008 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

อาจารย์ รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณอภิรักษ์ พยัคฆา คุณจารุวรรณ ตั้งต้นสกุลวงศ์ คุณพรสวรรค์ ทองใบ คุณวิกันดา ศรีเดช และคุณชโลธร ธรรมแท้ ที่ให้กำลังใจและให้คำปรึกษา แก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณเกรียงไกร เพ็ชรน้ำเขียว คุณสุพิชฌาย์ มีสุขเจ้าสำราญ และอาจารย์โศรฎา แข็งการ ที่ช่วยเป็นกำลังใจ ช่วยให้คำปรึกษา และช่วยลงมือลงแรงในงานวิจัยนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ คุณขุนแผน ปฏิมาประกร ที่ช่วยให้คำแนะนำในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ขอขอบคุณพี่ ๆ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณอาภรณ์พรรณ ศรีอัครวิทยา และคุณทัศนีย์ ทิพย์สาคร ที่คอยช่วยเหลือผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยให้คำปรึกษาด้วยดีเสมอมา และรองศาสตราจารย์ ดร.ศรัทธา อาภรณ์รัตน์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบการผลิต สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ช่วยให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัย และเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้เยี่ยมชมงานวิจัย

ขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำและปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขออุทิศวิทยานิพนธ์เล่มนี้แด่ดวงวิญญาณของบิดาของผู้วิจัย ที่หวังจะเห็นความสำเร็จของผู้วิจัย และขอบคุณมารดาของผู้วิจัยที่ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และให้โอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ปราโมทย์ สิงห์ทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....2
2 ปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 บทนำ.....3
2.2 ประวัติความเป็นมาของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ.....3
2.3 หลักการพื้นฐานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ.....3
2.4 ส่วนประกอบหลักของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 4
2.5 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 5
2.6 คุณสมบัติของสารทำงานในระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 5
2.7 การออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับชนิดต่าง ๆ 6
2.7.1 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับแบบขั้นตอนเดียว (Single-effect absorption system).....6
2.7.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบแปลงพลังงานความร้อน (Absorption heat transformer).....7

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.3 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบหลายขั้นตอน (Multi-effect absorption refrigeration cycle) 8
2.7.4 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ใช้ร่วมกับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่าง อุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับอุปกรณ์ดูดซับ (Absorption refrigeration Cycle with GAX) 10
2.7.5 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบใช้ร่วมกับอุปกรณ์ดูดซับนำความร้อนกลับมาใช้ (Absorption refrigeration cycle with an absorber-heat-recovery) 10
2.7.6 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบครึ่งขั้นตอน (Half-effect absorption refrigeration cycle) 11
2.7.7 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Combined vapor absorption-compression cycle) 12
2.7.8 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบสองวัฏจักร (Dual-cycle absorption refrigeration) 13
2.7.9 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ใช้ร่วมกับOsmotic Membrane (Osmotic-membrane absorption cycle) 14

3 วิธีดำเนินการวิจัย 15

3.1 บทนำ 15
3.2 สมมติฐานการออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับแบบขั้นตอนเดียว 15
3.3 ขั้นตอนการออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 16
3.3.1 วิเคราะห์ที่อุปกรณ์ทำระเหย 16
3.3.2 วิเคราะห์ที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 18
3.3.3 วิเคราะห์ที่อุปกรณ์ควบแน่น 21
3.3.4 วิเคราะห์ที่อุปกรณ์ดูดซับ 21
3.3.5 สมการสมดุลพลังงานและสมดุลมวล 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ขนาดของอุปกรณ์ 25
3.4.1 การหาขนาดของอุปกรณ์ควบแน่น 25
3.4.2 การหาขนาดของอุปกรณ์ทำระเหยและอุปกรณ์ดูดซับ 29
3.5 การสร้างเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 30
3.5.1 อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 30
3.5.2 อุปกรณ์ควบแน่น 32
3.5.3 อุปกรณ์ทำระเหย 34
3.5.4 อุปกรณ์ดูดซับ 35
3.5.5 ชุดสร้างภาระความร้อนให้อุปกรณ์ทำระเหย 36
3.5.6 วิธีการทดสอบรอยรั่วในอุปกรณ์ 37
3.5.7 โต๊ะวางเครื่องมือทดลองต้นแบบ ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 38
3.5.8 ชุดเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 38
3.5.9 ระบบควบคุม และการแสดงผลเครื่องมือ ทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 41
3.6 ขั้นตอนการทดลอง 45
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 46
4.1 ผลการทดลอง 46
4.2 อภิปรายผลการทดลอง 49
4.3 สาเหตุของความแตกต่างระหว่างค่าจากการออก แบบกับค่าจากการทดลอง 52
4.3.1 ความดัน 53
4.3.2 ความเข้มข้นของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ 54
4.3.3 อัตราการดูดซับไอน้ำของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ 55
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 58
5.1 สรุปผลการวิจัย 58
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย 58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.1 เครื่องมือวัด....59
5.2.2 ปั๊มสุญญากาศ....59
5.2.3 การเดินระบบท่อ....59
5.2.4 การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทำระเหย
และอุปกรณ์ดูดซับสำหรับการวิจัยต่อไป....60
5.2.5 เพิ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน....60
รายการอ้างอิง....63
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การคำนวณออกแบบสร้างระบบทำความเย็นแบบดูดซับ....66
ก.1 ขนาดของอุปกรณ์....67
ก.1.1 การหาขนาดของอุปกรณ์ควบแน่น....67
ก.1.2 การหาขนาดของอุปกรณ์ทำระเหย....74
ก.1.3 การหาขนาดของอุปกรณ์ดูดซับ....78
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น....84
ข.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ
การทำความเย็น (การทดลองที่ 1)....85
ข.1.1 พลังงานความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์
แยกสารทำความเย็น....85
ข.1.2 พลังงานความร้อนที่นำออกจากอุปกรณ์ควบแน่น....87
ข.1.3 พลังงานความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์ทำระเหย....87
ข.1.4 พลังงานความร้อนที่นำออกจากอุปกรณ์ดูดซับ....89
ข.1.5 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น....89
ภาคผนวก ค. แบบสร้างเครื่องมือทดลองต้นแบบ
ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ....90
ภาคผนวก ง. เอกสารคู่มือการทดลองเครื่องมือทดลองต้นแบบ
ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ....105
ง.1 จุดประสงค์การทดลอง....106

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ง.2 ทฤษฎี 106
ง.3 ส่วนประกอบหลักของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 108
ง.4 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 109
ง.5 คุณสมบัติของสารทำงานในระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 109
ง.6 ขั้นตอนการทดลอง.....110
ง.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง 112
ง.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 114
ประวัติผู้เขียน 115

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ข้อมูลการออกแบบเบื้องต้นระบบทำความเย็นแบบดูดซับ....16
3.2 ค่าการออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบขั้นตอนเดียว....24
3.3 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการออกแบบ....25
3.4 พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการออกแบบ....30
4.1 ผลการทดลอง....47
4.2 พลังงานความร้อนที่อุปกรณ์ต่าง ๆ และ
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น....49
ง.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง....112

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงวัฏจักรระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 4
2.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบขั้นตอนเดียว
ใช้ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 7
2.3 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบแปลงพลังงานความร้อน 8
2.4 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบสองขั้นตอน 9
2.5 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบสามขั้นตอน 9
2.6 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ใช้ร่วมกับการแลกเปลี่ยนความร้อน
ระหว่างอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับอุปกรณ์ดูดซับ 10
2.7 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบใช้ร่วมกับ
อุปกรณ์ดูดซับนำความร้อนกลับมาใช้ 11
2.8 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบครึ่งขั้นตอน 12
2.9 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ 13
2.10 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบสองวัฏจักร 14
2.11 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ใช้ร่วมกับ Osmotic Membrane 14
3.1 แผนภาพระบบทำความเย็นแบบดูดซับ แบบขั้นตอนเดียว 16
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน, อุณหภูมิ
และความเข้มข้นของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ 18
3.3 แผนภาพ เอนทัลปี-ความเข้มข้น ของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ 19
3.4 ค่าที่ได้จากการออกแบบพล๊อตบน Duhring Chart 25
3.5 อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 31
3.6 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ 31
3.7 Heater ขนาด 2000 W 32
3.8 Thermocouple Type K 32
3.9 อุปกรณ์ควบแน่น 33
3.10 ถังพัก 33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.11 อุปกรณ์ทำระเหย 34
3.12 สวิตซ์วัดระดับของเหลว 34
3.13 วาล์วไฟฟ้า 35
3.14 อุปกรณ์ดูดซับ 35
3.15 ชุดสร้างภาระความร้อนให้กับอุปกรณ์ทำระเหย 36
3.16 ชุดควบคุมอุณหภูมิ ของชุดสร้างภาระความร้อน 37
3.17 ปั๊มไดอะแฟรม อัตราการไหล 4 $L \cdot min^{-1}$ 37
3.18 โต๊ะวางเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 38
3.19 ปั๊มไดอะแฟรม อัตราการไหล 1 $L \cdot min^{-1}$ 39
3.20 วาล์วบริการ 39
3.21 สายต่อกับปั๊มสุญญากาศและวาล์วบริการ 40
3.22 ปั๊มสุญญากาศ 40
3.23 วาล์วลดความดัน 41
3.24 ชุดเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 41
3.25 ชุดเบรกเกอร์ 42
3.26 Magnetic Switch ตัดต่อการทำงานของแท่งความร้อนไฟฟ้า 42
3.27 ด้านหน้าเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 43
3.28 ชุดแสดงผลอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ 43
3.29 ชุดควบคุมอุณหภูมิสารละลายที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 44
3.30 ชุดอ่านกำลังไฟฟ้าของแท่งความร้อนไฟฟ้า 44
4.1 ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิของเครื่องมือทดลองต้นแบบ ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 48
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของ อุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น 49
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์ทำระเหย กับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น 50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของ
อุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับค่าพลังงานความร้อน
ที่ให้กับอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 51

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์ทำระเหย
กับค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 51

4.6 อุณหภูมิ และอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการทดลองกับการออกแบบ 52

4.7 อุณหภูมิ, ความดัน และความเข้มข้นของสารละลายลิเธียมโบรไมด์ที่ได้จาก
การทดลองกับการออกแบบ 53

4.8 (a) สภาวะออกแบบที่อุปกรณ์ทำระเหย (b) สภาวะการทดลองที่อุปกรณ์ทำระเหย 54

4.9 แผนภาพตำแหน่งการเปรียบเทียบค่าระหว่างการออกแบบกับการทดลอง
ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ 55

4.10 ตำแหน่งการลงจุดระหว่างการออกแบบกับการทดลองบน Duhring Chart 56

5.1 การออกแบบอุปกรณ์ทำระเหย และอุปกรณ์ดูดซับใหม่ 61

5.2 แบบสร้างเพื่อทำการวิจัยต่อไป 62

ค.1 แบบสร้าง Generator 91

ค.2 แบบสร้าง Generator Cover 92

ค.3 แบบสร้าง Condenser 93

ค.4 แบบสร้าง Cover Top of Condenser 94

ค.5 แบบสร้าง Cover Bottom of Condenser 95

ค.6 แบบสร้าง Receiver 96

ค.7 แบบสร้าง Absorber 97

ค.8 แบบสร้าง Cover Top of Absorber 98

ค.9 แบบสร้าง Cover Bottom of Absorber 99

ค.10 แบบสร้าง Evaporator 100

ค.11 แบบสร้าง Cover Top of Evaporator 101

ค.12 แบบสร้าง Cover Bottom of Evaporator 102

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ค.13 แบบสร้าง Table for Receiver and Generator.....103
ค.14 แบบสร้าง Table 104
ง.1 แสดงวัฏจักรระบบทำความเย็นแบบดูดซับ.....106
ง.2 ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิของเครื่องมือทดลองต้นแบบ
ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ.....113

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	=	พื้นที่
C_p	=	ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่
COP	=	สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น
D_i	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ
D_o	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ
F	=	สัมประสิทธิ์ความถูกต้อง
F_i	=	ค่าความสกปรกของผิวด้านในท่อ
F_o	=	ค่าความสกปรกของผิวด้านนอกท่อ
g	=	อัตราเร่งเนื่องจากค่าแรงโน้มถ่วงของโลก
h_f	=	เอนทัลปีของของเหลวอิ่มตัว
h_{fg}	=	ความร้อนแฝงของการควบแน่น
h_g	=	เอนทัลปีของไออิ่มตัว
h_i	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนสำหรับการไหลด้านในท่อ
h_o	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนสำหรับการไหลด้านนอกท่อ
H_{sh}	=	เอนทัลปีไอร้อนยวดยิ่ง
k	=	สภาพนำความร้อนของวัสดุ
k_l	=	สภาพนำความร้อนของน้ำ
L	=	ความยาวท่อ
$\dot{m}$	=	อัตราการไหลโดยมวล
Nu	=	Nusselt Number
P	=	ความดัน
Pr	=	Prandtl Number
$\dot{Q}$	=	อัตราการถ่ายเทความร้อน
$\dot{Q}_a$	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ออกจากอุปกรณ์ดูดซับ
$\dot{Q}_c$	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ออกจากอุปกรณ์ควบแน่น
$\dot{Q}_e$	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์ทำระเหย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$\dot{Q}_g$	=	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น
Re_D	=	Reynolds Number
T	=	อุณหภูมิ
T_w	=	อุณหภูมิที่ผนังท่อ
T_v	=	อุณหภูมิของไอน้ำ
U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด
V_m	=	ค่าความเร็วเฉลี่ย
X	=	ความเข้มข้นของลิเธียมโบรไมด์ในสารละลายลิเธียมโบรไมด์
ρ	=	ความหนาแน่น
ρ_l	=	ความหนาแน่นของน้ำ
ρ_v	=	ความหนาแน่นของไอน้ำ
v	=	ปริมาตรจำเพาะ
μ	=	ค่าความหนืดสัมบูรณ์
w	=	งานที่ให้กับปั๊ม
$\Delta T_{\ln}$	=	Log mean temperature
ΔT_L	=	ความแตกต่างของอุณหภูมิของของเหลวร้อนและเย็นที่ทางออก
ΔT_O	=	ความแตกต่างของอุณหภูมิของของเหลวร้อนและเย็นที่ทางเข้า