

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาประสิทธิภาพคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศโดยแผ่นบิด  
EFFICIENCY IMPROVEMENT OF EVAPORATOR COIL  
WITH TWISTED-TAPE INSERTION



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน...103998  
วัน,เดือน,ปี...28.๗.๒552

๘.....
๙.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาประสิทธิภาพคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศโดยการสอดใส่แผ่นบิด

Efficiency improvement of evaporator coil with twisted-tape insertion

คณะผู้จัดทำ

1. นายชนกร วิเชียรสมุทร รหัสประจำตัว 48010358
2. นายรัชนนท์ ฐานะศิริพงศ์ รหัสประจำตัว 48010375
3. นางสาวพลอย ไพรินทร์ รหัสประจำตัว 48010593



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพัฒนาประสิทธิภาพคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศโดยแผ่นบิด

นายชนากร วิเชียรสมุทร  
นายรัชนนท์ ฐานะศิริพงศ์  
นางสาวพลอย ไพรินทร์  
รศ.ดร. ชินรัชย์ เชียรพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2551

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการทำการค้นคว้าเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของคอยล์เย็น โดยการสอดใส่แผ่นบิด พฤติกรรมของค่านัสเซิลท์นัมเบอร์ (Nusselt number) และอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน ถูกปรับ โดยค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number) ซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงความยาวระยะช่วงบิดของแผ่นบิดในท่อคอยล์ การไหลของสารทำความเย็นในท่อคอยล์ เมื่อได้รับความร้อนจากอากาศที่ไหลผ่าน จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ สารทำความเย็นถูกปรับให้มี การไหลหมุนวนตามแผ่นบิดที่สอดใส่ จากการเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ของสารทำความเย็น ชั้นขีดผิว (Boundary layer) จะบางลง ทำให้การหน่วงการไหลภายในท่อดีขึ้น ซึ่งในการออกแบบที่ดีคาดการณ์ได้ว่าสารทำความเย็นจะสามารถแลกเปลี่ยนอัตราการถ่ายเทความร้อนกับผิวท่อภายใน ได้มากขึ้น ทำให้เครื่องทำความเย็นมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่สูงขึ้น

## Efficiency improvement of evaporator coil with twisted-tape insertion

Thanakorn Vichiensamuth

Tatchanon Thanasiripong

Ploy Phairintr

Assc. Prof. Chinrak Thienpong Advisor

### ABSTRACT

This project concerns with experimental study on heat transfer efficiency in an evaporator coil with twisted-tape inserts. The behavior of Nusselt number and Heat flow rate is governed by Reynolds number and pitch length. In this study, the liquid refrigerant enters the evaporator coil tube which inserted with a twisted-tape and change phase to gas after receiving heat from outside air flow. The flow pattern in the tube is generated by twisted-tape of different pitch lengths cause turbulent flow. We expect that the good design will result in better heat exchange between refrigerant and tube surface. This would eventually lead to higher Coefficient of Performance (COP).

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยความอนุเคราะห์สนับสนุนจากหน่วยงาน และบุคคลต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ชินรัชย์ เขียวพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้คำแนะนำและเอาใจใส่ดูแลเสมอมา และขอขอบพระคุณ ผศ.รวิชัย นาคพิพัฒน์ ผู้ซึ่งจุดประกายความคิดริเริ่มโครงการนี้ และให้คำปรึกษาแนะนำในการสร้างเครื่องทดลอง

ขอขอบคุณ บริษัท จาร์คีน แมททีสตัน(ประเทศไทย) จำกัด ผู้ให้งบประมาณสนับสนุนโครงการ และผู้เชี่ยวชาญท่านต่างๆของทางบริษัท ที่ให้คำแนะนำอย่างดียิ่ง

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายชนากร วิเชียรสมุทร

นายธัชชนนท์ สุวานะศิริพงศ์

นางสาวพลอย ไพรินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญกราฟ	VII
สารบัญรูปภาพ	VIII
รายการคำย่อและสัญลักษณ์	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 ทฤษฎีการทำความเย็น	3
2.2 ประเภทของระบบทำความเย็น	3
2.3 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	4
2.4 วงจรของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ	4
2.5 คอนเดนซิ่งยูนิต	6
2.6 โครงสร้างไซโครเมตริก	6
2.7 โครงสร้าง P-h diagram	8
2.8 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	10
2.9 การแบ่งการทำงานของระบบทำความเย็น	12
2.10 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น	12
2.11 สถานะการไหลของของไหล	14
2.12 ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนในท่อ	15
2.13 Nusselt Number	16
2.14 ความสัมพันธ์การพาความร้อน การไหลแบบเทอร์บูเลนต์ในท่อกลม	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.15 การเพิ่มการถ่ายเทความร้อน	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
3.1 ชุดอุปกรณ์การทดลอง	18
3.2 อุปกรณ์บริการระบบ	21
3.3 การบริการระบบ	24
3.4 วิธีการทดลอง	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง	41
4.1 สูตรการคำนวณที่ใช้ในการทดลอง	41
4.2 การคำนวณค่า COP ทางทฤษฎี	43
4.3 การคำนวณค่า COP จากการทดลอง	48
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	49
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	49
5.2 สรุปผลการทดลอง	52
5.3 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	55

## สารบัญตาราง

ตารางที่

3-1 แสดงอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายใต้ความดันสูญญากาศ

หน้าที่

33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ

กราฟที่	หน้าที่
4-1 แสดง p-h diagram ของท่อเปล่า	43
4-2 แสดง p-h diagram ของท่อใส่แผ่นบีดระยะ 3.2 ซม.	44
4-3 แสดง p-h diagram ของท่อใส่แผ่นบีดระยะ 3.7 ซม.	45
4-4 แสดง p-h diagram ของท่อใส่แผ่นบีดระยะ 4.4 ซม.	46
4-5 แสดง p-h diagram ของท่อใส่แผ่นบีดระยะ 5.6 ซม.	47
4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง COP ของแผ่นบีดในระยะพิทช์ต่างๆ ต่อ เวลา	48
4-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบีดในระยะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก COPเฉลี่ย	48
5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบีดในระยะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก Nu เฉลี่ย	49
5-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง COP ของแผ่นบีดในระยะพิทช์ต่างๆ ต่อ เวลา	50
5-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบีดในระยะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก $\Delta P$ เฉลี่ย	51
5-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบีดในระยะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก COP เฉลี่ย	52

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้าที่
2-1	แสดงอุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็น	4
2-2	แสดงแผนภูมิไซโครเมตริก	6
2-3	แสดงแผนภาพของอุณหภูมิ	7
2-4	แสดงสำหรับอากาศอิมตัว อุณหภูมิกระเปาะแห้ง กระเปาะเปียก และจุดน้ำค้างจะเท่ากัน	7
2-5	แสดงกระบวนการปรับอากาศต่างๆ	8
2-6	แสดงโครงสร้างของ P-h diagram	9
2-7	แสดง P-h diagram แสดงเส้นความเสี้ยนคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ เส้นเอนทาลปีคงที่	9
2-8	แสดงแผนภูมิ P-h ไดอะแกรม ของน้ำยา R-12	10
2-9	แสดงหลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น	11
2-10	แสดง P-h diagram	11
2-11	แสดงสภาพวงรอบทางทฤษฎี(Theoretical cycle) ตามเส้นประ และวงรอบแท้จริง (Actual cycle) ของระบบเครื่องทำความเย็น	13
2-12	แสดงการก่อตัวของชั้นซัดผิวของการไหลในท่อกลม	14
2-13	แสดงการก่อตัวของบาวนด์รีทางความร้อนในท่อกลม	15
2-14	แสดงการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแบบการใส่แผ่นบิด	17
3-1	แสดงเครื่องทดลองจริง	18
3-2	แสดงคอมพิวเตอร์แบบเปลือกหุ้มปิด	18
3-3	แสดงท่อแคปพิลารี	19
3-4	แสดงมาตรวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็นชนิดใช้ลูกกลอยวัดปริมาณการไหล	19
3-5	แสดงมาตรวัดความดัน	19
3-6	แสดงอุปกรณ์วัดพลังงานแบบคลังสายไฟที่ต้องการวัด	20
3-7	แสดงตัวทำความร้อนและตัวปรับหรี	20
3-8	แสดงเครื่องวัดความเร็วลม	21
3-9	แสดงมิตตัดท่อ	21
3-10	แสดงเครื่องมือบานท่อแฟลร์	22
3-11	แสดงเหล็กขยายท่อ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
3-12 แสดงเครื่องมือตัดท่อ	23
3-13 แสดงเกจแมนิโฟลด์	23
3-14 แสดงเครื่องมือตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์	23
3-15 แสดงการลบมูมท่อภายในและภายนอก	24
3-16 แสดงสปริงคัตท่อ	25
3-17 แสดงการใช้เครื่องมือตัดท่อ	25
3-18 แสดงการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว	25
3-19 แสดงขั้นตอนการบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว	26
3-20 แสดงขั้นตอนการบานท่อ	27
3-21 แสดงรูปตัดของการต่อท่อ โดยใช้เฟลร์นัตและข้อต่อ	27
3-22 แสดงรูปตัดของการต่อท่อโดยการเชื่อม	28
3-23 แสดงตัวอย่างของข้อต่อ	28
3-24 แสดงการต่อใช้เกจแมนิโฟลด์	29
3-25 แสดงวาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่	29
3-26 แสดงวาล์ว A อยู่ในตำแหน่งเปิด และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิด	30
3-27 แสดงวาล์ว A อยู่ในตำแหน่งปิด และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิด	30
3-28 แสดงวาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิดทั้งคู่	30
3-29 แสดงการตรวจรั่วโดยใช้ฟองสบู่	32
3-30 แสดงตะเกียงตรวจรั่ว	32
3-31 แสดงอุปกรณ์ตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์	32
3-32 แสดงปั๊มสุญญากาศ	34
3-33 แสดงการทำสุญญากาศ	35
3-34 แสดงการเติมน้ำยาในสถานะแก๊สเข้าในระบบทางด้านความดันต่ำ	36
3-35 แสดงการชาร์จน้ำยาเข้าระบบในการทดลอง	36
3-36 แสดงการเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยใช้วิธีสุญญากาศ	37
3-37 แสดงการเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยวิธีใช้เครื่องอัด	38
3-38 แสดงเครื่องทดลอง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
3-39	แสดงแผ่นบิกระยะพิทช์ 3.2 ซม.	40
3-40	แสดงแผ่นบิกระยะพิทช์ 3.7 ซม.	40
3-41	แสดงแผ่นบิกระยะพิทช์ 4.4 ซม.	40
3-42	แสดงแผ่นบิกระยะพิทช์ 5.6 ซม.	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการคำย่อและสัญลักษณ์

COP	ประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ
D	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อคอยล์ (m)
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของสารทำความเย็น ( $W/m^2 \cdot K$ )
$h_A$	เอนทาลปีของอากาศก่อนเข้าท่อคอยล์เย็น (kJ/kg)
$h_B$	เอนทาลปีของอากาศหลังเข้าท่อคอยล์เย็น (kJ/kg)
$h_1$	เอนทาลปีของสารทำความเย็นหลังเข้าท่อคอยล์เย็น (kJ/kg)
$h_2$	เอนทาลปีของสารทำความเย็นหลังเข้าคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)
$h_4$	เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าท่อคอยล์เย็น (kJ/kg)
I	กระแสไฟฟ้า (Ampere)
k	ค่าการนำความร้อน ( $W/m \cdot K$ )
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น (kg/s)
$\dot{m}_{air}$	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)
Nu	ค่าตัวเลขเทย์ลอร์
$P_{comp}$	กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ (kW)
Pr	ค่าพริ้นด์เทย์ลอร์
$\dot{Q}_{air}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ (kW)
$Re_D$	ค่าเรย์โนลด์ส
$T_d$	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
$T_w$	อุณหภูมิกระเปาะเปียก
V	ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (Volt)
$v_{air}$	ความเร็วของอากาศ (m/s)
$\rho_{air}$	ความหนาแน่นของอากาศ ( $kg/m^3$ )
$\rho$	ความหนาแน่นของสารทำความเย็น ( $kg/m^3$ )
$\mu$	สัมประสิทธิ์ความหนืดสัมบูรณ์ ( $N \cdot s/m^2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้การทำความเย็นได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการนำระบบการทำความเย็นมาอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน ตลอดจนนำไปใช้ในการเก็บรักษาอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค และยังได้นำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนั้นการการพัฒนาทางด้านการทำความเย็นจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น อันเป็นผลให้วัสดุฉนวนและทรัพยากรต่างๆถูกใช้มากขึ้นตามไปด้วย

จากสาเหตุข้างต้น โครงการนี้จึงเกิดขึ้น โดยจุดประสงค์ของโครงการนี้ คือ เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการทำความเย็น โดยจะพัฒนาในส่วนของคุณสมบัติของฉนวนและคอยล์เย็นให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดียิ่งขึ้น ทำได้โดยการสอดใส่แผ่นฉนวนเข้าไปในท่อคอยล์ เพื่อให้การไหลภายในท่อคอยล์เปลี่ยนจากการไหลแบบราบเรียบเป็นการไหลแบบปั่นป่วน การไหลปั่นป่วนจะช่วยให้สารทำความเย็นสัมผัสกับพื้นที่ผิวภายในของท่อคอยล์มากขึ้น การแลกเปลี่ยนความร้อนก็จะมากขึ้นด้วย

การแลกเปลี่ยนความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นจะช่วยในการลดขนาดของแผงคอยล์ให้มีเล็กลง ซึ่งจะช่วยให้เราลดการใช้วัสดุฉนวนและสารทำความเย็นภายในระบบให้น้อยลง

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 พิจารณาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการไหลแบบปั่นป่วน โดยการสอดใส่แผ่นฉนวน

1.2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเมื่อทำการสอดใส่แผ่นฉนวนในลักษณะและระยะพิทช์ต่างๆ

1.2.3 นำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยเพื่อช่วยในการพัฒนาและ ออกแบบคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นในเครื่องทำความเย็น

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาและออกแบบเครื่องทำความเย็น โดยสารทำความเย็นที่ใช้เป็น R-12

1.3.2 แผ่นฉนวนมีความยาวรวม 11.2 ซม. โดยมีระยะพิทช์ 3.2, 3.7, 4.4 และ 5.6 ซม. ตามลำดับ

1.3.3 ระยะเวลาการทดลองประมาณ 2 ชม. เพื่อรอรอบเสถียร

1.3.4 นำผลการทดลองของแผ่นฉนวนแต่ละชนิดมาคำนวณหาประสิทธิภาพการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 วิธีการดำเนินงาน

ในโครงการนี้เริ่มต้นโดยการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวกับการไหลของสารทำความเย็น นำมาวิเคราะห์ค่าการทำความเย็นของท่อคอยล์ที่สอดคล้องใส่แผ่นบีด นำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาระยะพิทช์ที่ทำให้สารทำความเย็นเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท่อคอยล์ได้ดีที่สุด โดยรายละเอียดของผลการทดลอง และผลการเปรียบเทียบที่ได้จากการทดลองกับผลการคำนวณทางทฤษฎีนั้นจะแสดงไว้ในผลการทดลองและสรุปผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ทฤษฎีการทำความเย็น

##### 2.1.1 การทำความเย็น (Refrigeration)

โดยทั่วไปสามารถนิยามการทำความเย็นอย่างสั้นๆ ว่าเป็นการเอาความร้อนออก แต่ที่จริงแล้ว การทำความเย็นเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงวิธีการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่าง หรือของเหลวให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

##### 2.1.2 ความร้อนที่คิดเป็นภาระ (Heat Load)

อัตราหรือจำนวนความร้อนที่ออกจากบริเวณเนื้อที่ที่ต้องทำความเย็น หรือความร้อนจากแหล่งวัตถุ เพื่อให้อุณหภูมิที่ต้องการและสามารถรักษาสภาวะของอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ความร้อนที่คิดเป็นภาระในการทำความเย็นจะเป็นผลรวมจากความร้อนแหล่งต่างๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึม ความร้อนที่เกิดจากร่างกายคน ความร้อนจากผลิตภัณฑ์ ความร้อนจากมอเตอร์ หลอดไฟฟ้า หรือจากอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องนำมาคิดในการกำหนดขนาดของอุปกรณ์ในการทำความเย็นทั้งสิ้น

##### 2.1.3 สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid Refrigerant)

ขณะที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ มันสามารถดูดความร้อนแฝงไว้เป็นจำนวนมากซึ่งได้นำมาใช้เป็นหลักการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น ในปัจจุบันการกลายเป็นไอของของเหลวในลักษณะเป็นตัวทำความเย็นจะมีข้อดีกว่าการหลอมละลายของแข็ง และการกลายเป็นไอสามารถควบคุมได้ง่ายกว่า ผลของความเย็นที่ได้จากการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นสามารถที่จะเริ่มต้นหรือหยุดขณะใดขณะหนึ่งได้ สามารถที่จะกำหนดความเย็นล่วงหน้าได้ และอุณหภูมิการกลายเป็นไอของของเหลวสามารถควบคุมได้โดยการปรับความดัน และของเหลวที่กลายเป็นไอแล้วสามารถเก็บรวบรวมไว้และพร้อมจะทำให้เป็นของเหลวกลับมาใช้ได้

#### 2.2 ประเภทของระบบทำความเย็น

ในการทำให้อุณหภูมิลดลงจากปกติ (Ambient Air Temperature) ลงมาถึงอุณหภูมิที่ต้องการนั้น สามารถใช้ระบบทำความเย็นได้หลายรูปแบบ ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นแบบทางกลและไม่ใช้ทางกล ดังนี้

2.2.1 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)

2.2.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดละลาย (Absorption Refrigeration System)

2.2.3 ระบบทำความเย็นด้วยอากาศ แบบระบบปิด (Air Refrigeration System Closed)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ระบบทำความเย็นแบบใช้หัวฉีด-ไอน้ำ (Steam Jet Refrigeration System)

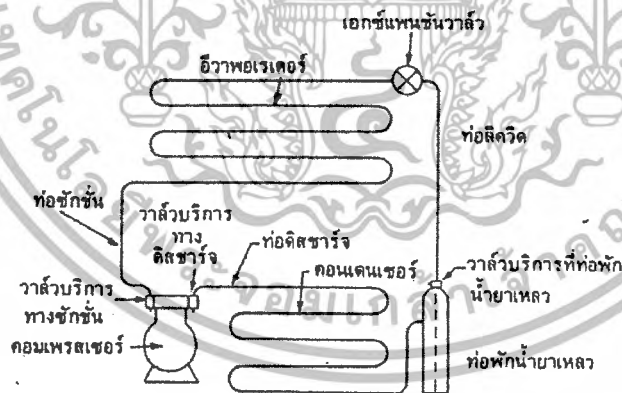
2.2.5 ระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Refrigeration System)

2.2.6 ระบบแม่เหล็กที่ใช้ในการทำอุณหภูมิต่ำ (Magnetic System of Producing Low Temperature)

## 2.3 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)

ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอได้ออกแบบ และสร้างขึ้น โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์ ดังนี้

1. ของไหลดูดความร้อน ในขณะที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ และยอมให้ความร้อนขณะเปลี่ยนแปลงจากสถานะไอเป็นของเหลว
2. ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะอุณหภูมิจะคงที่ แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงกับความดัน ที่ความดันคงที่จุดหนึ่ง การกลายเป็นไอจะเกิดขึ้น ณ จุดที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น
3. ความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิต่ำ
4. การเลือกโลหะที่ใช้ทำเครื่องควบแน่นจะต้องเป็นโลหะที่มีการนำความร้อนสูง
5. พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆ สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก โดยกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์



รูปที่ 2-1 อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็น

## 2.4 วงจรของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ

ในวัฏจักรการทำความเย็นจะประกอบด้วยกระบวนการระเหย การหลอมตัว และการหมุนเวียนของสารทำความเย็นในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอเกิดเมื่อมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ การหลอมตัวจากไอเป็นของเหลวเกิดเมื่อความดันสูงและอุณหภูมิสูง ซึ่งวงจรของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญและมีหน้าที่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอจะดูดปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ลดลง
2. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นไอ โดยดูดไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ และอัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง จนถึงจุดที่ไอพร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา
3. คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นไอควบแน่นเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยา เมื่อถูกระบายความร้อนแผ่ออกจะควบแน่นเป็นของเหลวแต่จะมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่
4. ถังเก็บน้ำยาเหลว (Receiver Tank) น้ำยาเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งมาเก็บที่นี้ก่อนถูกส่งไปยังเอกแพนชันวาล์ว
5. วาล์วควบคุมการไหลของสารทำความเย็น (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ในอีวาพอเรเตอร์
6. ท่อดูด (Suction Line) ท่อทางเดินน้ำยาในสถานะไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ไปยังทางดูดของคอมเพรสเซอร์
7. ท่อส่ง (Discharge Line) ท่อทางเดินน้ำยาในสถานะไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจากทางจ่ายของคอมเพรสเซอร์ไปยังคอนเดนเซอร์
8. ท่อน้ำยาเหลว (Liquid Line) ท่อทางเดินน้ำยาที่ต่อระหว่างถังพักน้ำยากับวาล์วควบคุมการไหล น้ำยาเหลวที่อุณหภูมิและความดันสูงจากถังพักน้ำยาจะถูกส่งไปยังวาล์วควบคุมการไหลผ่านท่อนี้

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ซึ่งอาจมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งในระบบทำความเย็นบางระบบ แต่อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับอีกระบบหนึ่งซึ่งมีดังต่อไปนี้

9. ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Dryer) เป็นอุปกรณ์ที่จะให้น้ำยาทำความเย็นผ่านได้แต่จะป้องกันสารดูดความชื้น ผุ่นผง หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่ติดมากับน้ำยาทำความเย็นในระบบไม่ให้ผ่านไปได้ครายเออร์หรือสารดูดซับความชื้นที่ใช้ภัยทั่วไปมีซิลิกาเจล (Silica Gel) แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulphate) อะลูมินาเจล (Alumina Gel) เป็นต้น ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น ตะกอน กรด ออกจากน้ำยาที่ไหลเวียนภายในระบบ ฟิลเตอร์ดรายเออร์จะติดตั้งอยู่ที่ท่อน้ำยาเหลวใกล้กับทางเข้าของวาล์วควบคุมการไหล และตำแหน่งที่ติดตั้งต้องอยู่ในบริเวณที่เย็น ไม่ถูกปะทะด้วยลมร้อน เพราะสารดูดความชื้นจะรับความชื้นได้มากกว่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิต่ำ ถ้าอยู่ในที่ร้อนเปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้นจะลดลง ทำให้ความชื้นในระบบที่ดูดซับไว้คายออกมาบางส่วนและจะไปจุดตันที่วาล์วควบคุมการไหล

10. กระจกมองน้ำยา (Sight Glass) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อใช้สำหรับมองดูน้ำยาภายในระบบเครื่องทำความเย็นว่ามีเพียงพอหรือไม่ซึ่งโดยปกติแล้วจะติดตั้งในช่วงท่อของเหลว

11. แอ็กคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์ และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ มีหน้าที่คอยป้องกันไม่ให้มีน้ำยาเหลวจากอีวาพอเรเตอร์ถูกกลับเข้าคอมเพรสเซอร์โดยตรง

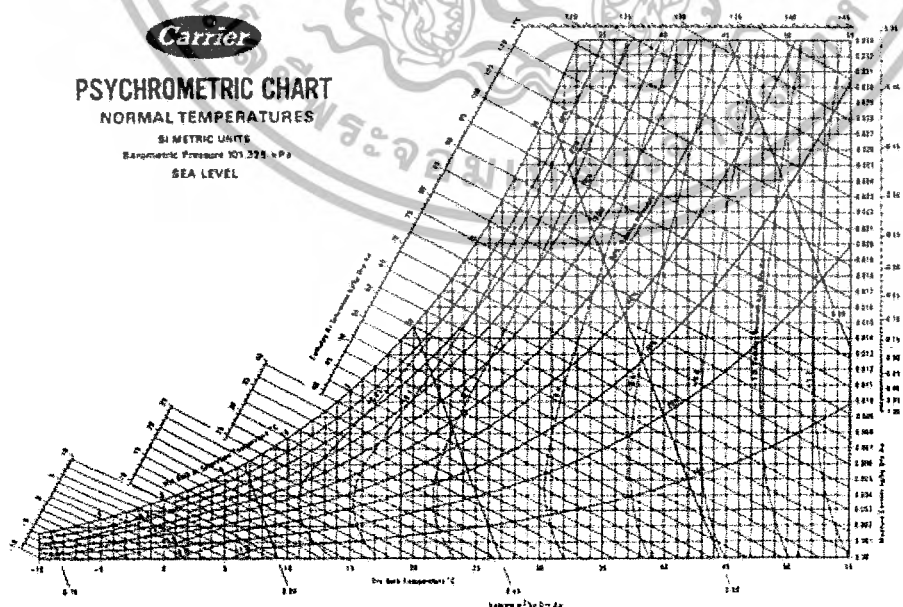
## 2.5 คอนเดนซิงยูนิต (Condensing Unit)

ส่วนของระบบที่ทำหน้าที่ทำให้น้ำยาภายในระบบกลับตัวเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นน้ำยาเหลวซึ่งประกอบไปด้วยคอมเพรสเซอร์ ท่อส่ง คอนเดนเซอร์ และถังพักน้ำยา โดยปกติแล้วคอนเดนซิงยูนิตแบ่งออกได้เป็น 2 แบบตามลักษณะการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ คือ

1. คอนเดนซิงยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled Condensing Unit)
2. คอนเดนซิงยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled Condensing Unit)

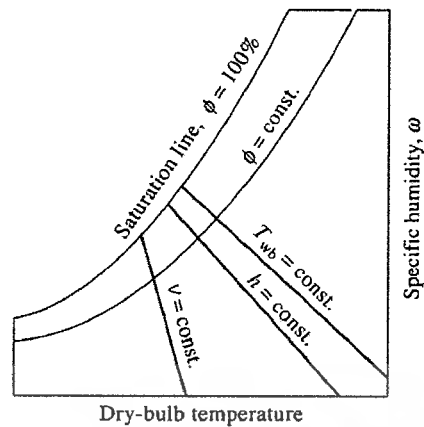
## 2.6 โครงสร้างไซโครเมตริก

แผนภูมิไซโครเมตริกเป็นแผนภูมิที่ได้มาจากการคิดคำนวณค่าสมบัติของสถานะอากาศต่างๆ ให้เป็นแผนภูมิที่ง่ายต่อการอ่าน โดยถูกใช้กันอย่างกว้างขวางในการออกแบบระบบปรับอากาศ แผนภูมิไซโครเมตริก ที่ความดัน 1 atm หรือ 14.696 psia ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-2 ในหน่วยของ SI



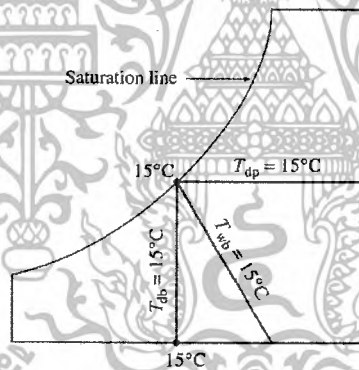
รูปที่ 2-2 แผนภูมิไซโครเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 แผนภาพของอุณหภูมิตัว

รูปร่างพื้นฐานทั่วไปของแผนภูมิไซโครเมตริก ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-3 กล่าวคือ อุณหภูมิ กระเปาะแห้งถูกแสดงไว้เป็นแกนนอน และค่าความชื้นจำเพาะถูกแสดงไว้เป็นแกนตั้ง ส่วนที่ปลาย ด้านซ้ายของแผนภูมิ เราจะเห็นเส้นโค้ง ซึ่งเรียกว่า เส้นอิ่มตัว (Saturation Line) แทนที่จะเป็นเส้นตรง สภาวะของอากาศอิ่มตัวทั้งหมดจะอยู่บนเส้นโค้งนี้ ดังนั้น เส้นโค้งนี้ก็คือเส้นโค้งที่มีค่าความชื้น สัมพัทธ์ 100% ส่วนเส้นโค้งที่ค่าคงที่ของความชื้นสัมพัทธ์อื่นๆ ก็ได้แสดงในรูปร่างที่คล้ายคลึงกัน



รูปที่ 2-4 สำหรับอากาศอิ่มตัว อุณหภูมิกระเปาะแห้ง กระเปาะเปียก และจุดน้ำค้างจะเท่ากัน

เส้นของอุณหภูมิกะเปาะเปียกคงที่ จะมีลักษณะเฉียงลงมาจากขวามือ และเส้นของปริมาณ จำเพาะคงที่ (ในหน่วยของ  $\text{m}^3/\text{kg dry air}$ ) จะดูคล้ายคลึงกัน เว้นแต่ว่าจะมีความชื้นที่มากกว่า ส่วนเส้น ของค่าเอนทาลปีคงที่ (ในหน่วยของ  $\text{kJ/kg dry air}$ ) เกือบจะขนานกับเส้นของอุณหภูมิกะเปาะเปียก คงที่ ดังนั้น เส้นของอุณหภูมิกะเปาะเปียกคงที่จึงมักถูกใช้เป็นส่วนเส้นของเอนทาลปีคงที่ในแผนภูมิ เดียวกันด้วย

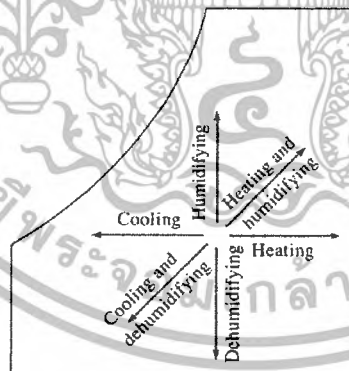
สำหรับอากาศอิ่มตัว อุณหภูมิกะเปาะแห้ง กระเปาะเปียก และจุดน้ำค้างจะเท่ากัน ดังรูปที่ 2-4 ดังนั้นอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศของบรรยากาศที่จุดใดๆ บนแผนภูมิสามารถหาได้โดยการลากเส้น แนวนอน (เส้นของ  $\omega = \text{คงที่}$  หรือ  $P_v = \text{คงที่}$ ) จากจุดนั้นๆ ไปยังเส้นอิ่มตัว ค่าอุณหภูมิจุดตัดคือ ค่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้แผนภูมิไซโครเมตริก ยังมีคุณค่าช่วยทำให้มองเห็นภาพของกระบวนการปรับอากาศได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น กระบวนการทำความร้อน หรือกระบวนการทำความเย็นธรรมดา จะปรากฏเป็นเส้นแนวนอนบนแผนภูมิ ถ้าไม่มีกระบวนการเพิ่มความชื้น(Hummidification) หรือกระบวนการลดความชื้น(Dehummidification) เข้ามาเกี่ยวข้อง (นั่นคือ  $\omega =$  คงที่) และถ้ามีการเบี่ยงเบนจากเส้นแนวนอนแล้ว จะชี้ให้เห็นว่ามีการเพิ่มความชื้นหรือเอาความชื้นออกจากอากาศในระหว่างกระบวนการปรับอากาศ

การรักษาบริเวณที่อยู่อาศัยและสิ่งอำนวยความสะดวกในอุตสาหกรรมให้มีอุณหภูมิและความชื้นตามต้องการนั้น ต้องอาศัยกระบวนการที่เรียกว่า กระบวนการปรับอากาศ กระบวนการเหล่านี้จะรวมถึงการให้ความร้อนอย่างง่าย(simple heating) หรือการเพิ่มอุณหภูมิ การทำความเย็นอย่างง่าย(simple cooling) หรือการกำจัดความชื้นออก ในบางครั้งเราจำเป็นต้องใช้กระบวนการสองกระบวนการหรือมากกว่าเพื่อให้อากาศอยู่ในสถานะที่มีอุณหภูมิและระดับความชื้นที่ต้องการ

กระบวนการปรับอากาศต่าง ๆ มากมายแสดงในแผนภูมิ Psychrometric ดังรูปที่ 2-5 ข้อสังเกตคือ การบวนการให้ความร้อนและกระบวนการทำความเย็นอย่างง่ายจะปรากฏเป็นเส้นแนวนอนบนแผนภูมินี้ เพราะค่าปริมาณความชื้นของอากาศคงที่ ( $\omega =$  คงที่) ในระหว่างกระบวนการ ในฤดูหนาวอากาศมักจะถูกให้ความร้อนและเพิ่มความชื้น แน่ในฤดูร้อนอากาศมักจะถูกทำให้เย็นและลดความชื้นลง กระบวนการเหล่านี้จะปรากฏบนแผนภูมิไซโครเมตริก ในลักษณะใดนั้น คำตอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-5 ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2-5 กระบวนการปรับอากาศง่าย ๆ

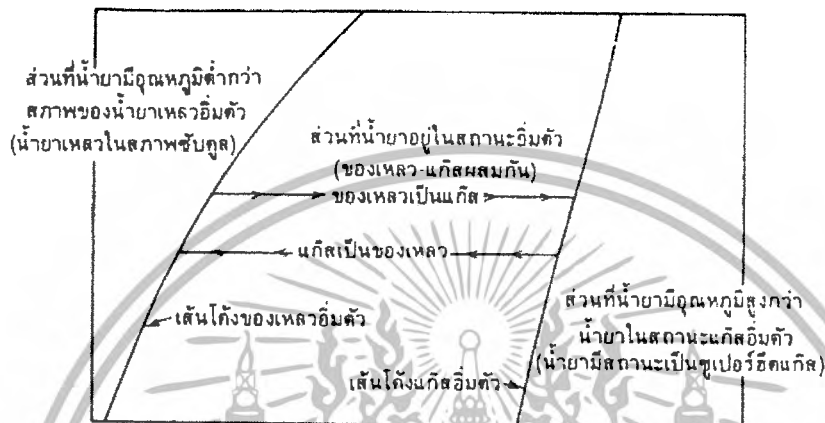
## 2.7 โครงสร้าง P-h diagram

โครงสร้างของ P-h ไดอะแกรม ได้แสดงดังรูปที่ 2-6 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่น้ำยามีสภาพอิ่มตัวซึ่งอยู่ตรงกลาง ส่วนที่น้ำยามีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหยหรือเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ในทางกลับกันน้ำยาที่มีสถานะเป็นไอพร้อมที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพของน้ำยาเหลวอิ่มตัวซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายมือ น้ำยามีสถานะเป็นของเหลวอัดตัว (Subcooled)
3. ส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพของน้ำยาในสถานะไออิ่มตัว ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของน้ำยา ซึ่งมีสถานะเป็น ไอคง (Superheated)



รูปที่ 2-6 โครงสร้างของ P-h diagram

เส้นอัตราส่วนระหว่างน้ำยาเหลวกับน้ำยาที่เป็นแก๊ส 10%



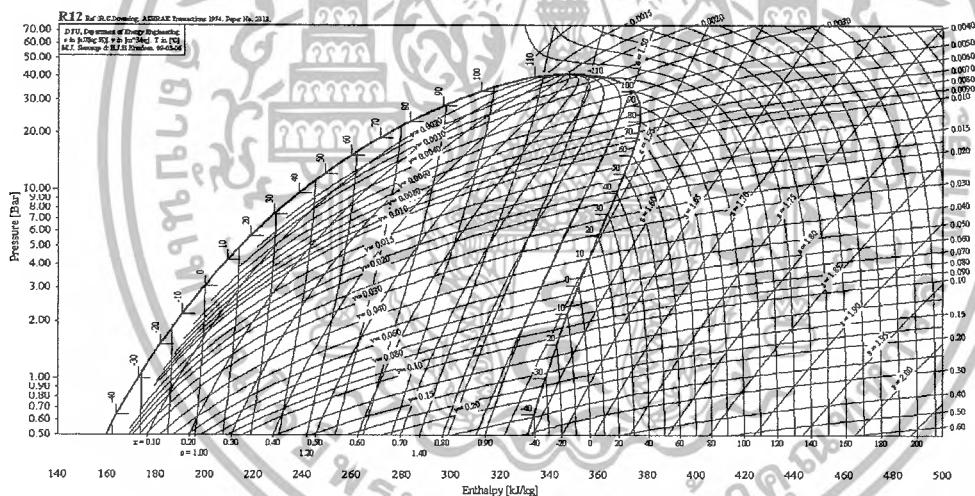
รูปที่ 2-7 P-h diagram แสดงเส้นความเส็งคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ เส้นเอนทัลปีคงที่

รายละเอียดของ โครงสร้าง P-h ไดอะแกรม

1. เส้นความดันสมบูรณ์มีหน่วยเป็น bar เป็นเส้นที่อยู่ในแนวนอนตลอด
2. เส้นอัตราส่วนระหว่างน้ำยาเหลวกับน้ำยาที่เป็นไอ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์เป็นเส้นโค้งในแนวตั้ง ซึ่งอยู่ในส่วนกลาง 11 เส้น แต่ละเส้นจะบอกถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของน้ำยาอิ่มตัวที่มีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหย หรือเดือดเป็นไอ ในทางกลับกัน ไอที่กลั่นตัวเป็นของเหลว เส้นซ้ายมือสุดเป็นเส้นของเหลวอิ่มตัว ส่วนเส้นที่อยู่ขวามือสุดเป็นเส้นไออิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เส้นอุณหภูมิมีหน่วยเป็น เซลเซียส เป็นเส้นประ เส้นอุณหภูมินี้จะอยู่ในแนวนอนเฉพาะที่ น้ำยามีสภาพอิ่มตัวเท่านั้นจะสูงขึ้น เมื่อน้ำยามีสภาพเป็นของเหลวอิ่มตัว หรือมีอุณหภูมิ น้อยกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว และจะต่ำลงเมื่อน้ำยามีสภาพเป็น ไอคง หรือมีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิอิ่มตัว
4. เส้นเอนทาลปีคงที่(Constant Enthalpy) มีหน่วยเป็น kJ/kg เป็นเส้นที่อยู่ในแนวตั้ง
5. เส้นปริมาตรจำเพาะ(Constant Volume) มีหน่วยเป็น  $\text{kg/m}^3$  เป็นเส้น โค้งในแนวนอนซึ่งอยู่ ในส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำยาที่มีสภาพเป็น ไออิ่มตัว
6. เส้นเอนโทรปีคงที่(Constant Entropy) มีหน่วยเป็น  $\text{kJ/kg}\cdot\text{C}^\circ$  เป็นเส้นทแยงมุมในแนวตั้ง แยกขึ้นจากเส้นอิ่มตัว ซึ่งอยู่ในส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไออิ่มตัว เส้นนี้แสดงการอัดตัวของ น้ำยาที่มีสภาพเป็น ไอให้มีความดันสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยไม่มีการถ่ายเท ความร้อนและความเสียดทาน

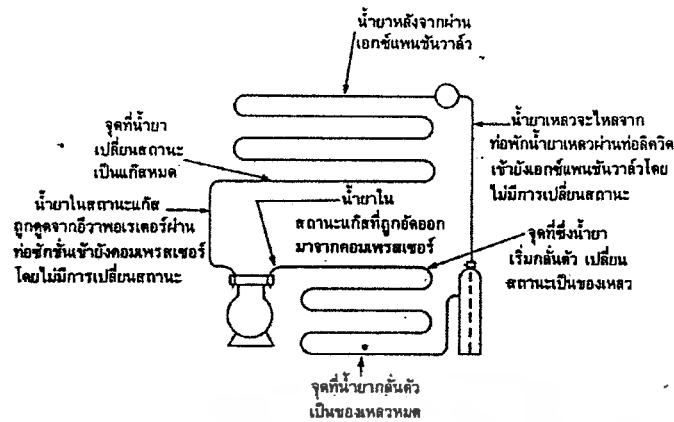


รูปที่ 2-8 แผนภูมิ P-h โคเออร์แกรม ของน้ำยา R-12

## 2.8 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

เริ่มจากถังพักน้ำยาเหลว น้ำยาในถังพักมีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหล โดยผ่านทางท่อของเหลว ซึ่งวาล์วควบคุมอัตราการไหลจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์ โดยลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ และดูดซับปริมาณความร้อนภายในอีวาพอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

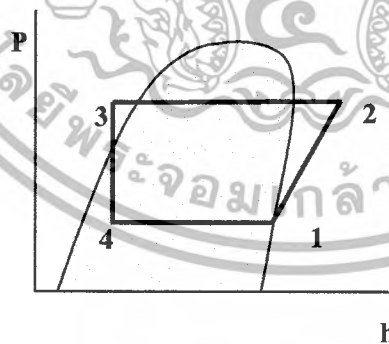


รูป 2-9 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น

ขณะที่น้ำยาเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ จะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำลง และถ้ามีฉนวนกันความร้อนกันโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ไว้ ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถผ่านเข้าไปได้โดยหรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิกายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง

ไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์จะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดผ่านทางท่อดูดและอัดส่งออกจากท่อส่งในลักษณะ ไอคงที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์โดยคายระบายความร้อนออก แต่น้ำยาเหลวนี้ยังคงมีอุณหภูมิและความดันสูงอยู่ และถูกส่งเข้าไปยังถังพักน้ำยาเหลว ก่อนที่จะถูกส่งไปยังวาล์วควบคุมอัตราไหลอีกครั้งหนึ่งเป็นอันครบวัฏจักรของการทำความเย็น

จากรูปที่ 2-10 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นสามารถแสดงด้วย P-h diagram ดังนี้



รูป 2-10 P-h diagram

ที่สภาวะ 1 >> 2 สารทำความเย็นสถานะ ไออิ่มตัว ที่ความดัน  $P_1$  และอุณหภูมิ  $T_1$  ถูกอัดตัวแบบไอเซนโทรปิกโดยคอมเพรสเซอร์ จนเป็น ไอคงซึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น  $P_2$  และ  $T_2$  ตามลำดับ

ที่สภาวะ 2 >> 3 สารทำความเย็นสถานะ ไอคงไหลเข้าคอนเดนเซอร์ และถูกหล่อเย็นโดยการบวนการความดันคงที่ สารทำความเย็นสถานะ ไอคงจะคายความร้อนให้กับเครื่องควบแน่น จนกระทั่งควบแน่นเป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สภาวะ 3 >> 4 สารทำความเย็นไหลผ่านทวอท์เทิลวาล์ว (Throttle Valve) และจะขยายตัวแบบสม่ำเสมอเป็นกระบวนการเอนทาลปีคงที่ไม่มีงาน จนทำให้อุณหภูมิและความดันลดลงเป็น  $P_4$  และ  $T_4$  ตามลำดับ

ที่สภาวะ 4 >> 1 สารทำความเย็นไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอโดยดูดความร้อนจากอีวาพอเรเตอร์ จนทำให้อุณหภูมิภายในอีวาพอเรเตอร์ลดต่ำลงแล้วให้ความเย็นออกมา

## 2.9 การแบ่งการทำงานของระบบทำความเย็น

พิจารณาจากความดันภายในระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำของระบบ

1. ด้านความดันสูง (High Side) ประกอบด้วยท่อทางส่งของคอมเพรสเซอร์ ท่อส่ง คอนเดนเซอร์ ถึงพิกน้ำยาเหลว ท่อของเหลว และทางเข้าของวาล์วควบคุมอัตราการไหล ความดันของน้ำยา ด้านความดันสูงนี้บางครั้งเราเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (Condensing Pressure) หรือ ความดันด้านอัด (Discharge Pressure)
2. ด้านความดันต่ำ (Low Side) ประกอบด้วยทางออกของวาล์วควบคุมอัตราการไหล อีวาพอเรเตอร์ ท่อดูด และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ความดันของน้ำยา ด้านต่ำนี้ บางครั้งเรียกว่า ความดันทางอีวาพอเรเตอร์ หรือความดันด้านดูด (Suction Pressure) หรือความดันด้านกลับ (Back Pressure)

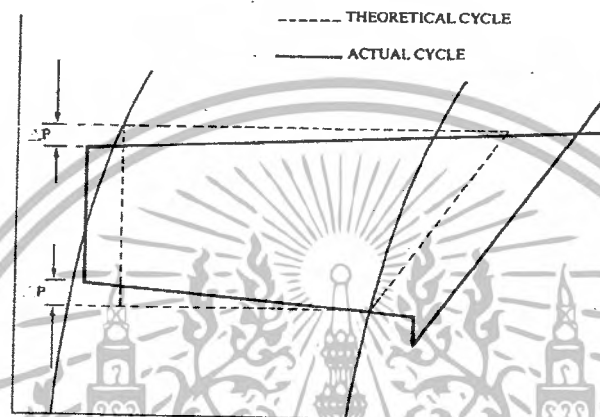
## 2.10 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น (Actual Vapor Compression Refrigerating Cycle)

สิ่งที่ทำให้วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็นชนิดอัด ไอแตกต่างจากทางทฤษฎี คือ

1. อุณหภูมิของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ถูกทำให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว (Subcooled Liquid) ก่อนที่จะผ่านเข้าไปในวาล์วควบคุมอัตราการไหล
2. เพื่อให้ค่าการทำความเย็น (Refrigerating Effect ,R.E.) ต่อหน่วยมวลของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น
3. ไอของสารทำความเย็นจะเป็นไอร้อนยวดยิ่งก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ เป็นการทำให้ค่าการทำความเย็นต่อหน่วยมวลสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในทางทฤษฎี การอัดสารทำความเย็นแบบไอเซนโทรปิกแต่ในทางปฏิบัติยุ่งยากมาก และไม่สามารถทำได้ และความดันในช่วงอัดตัวนี้จะแตกต่างจากอีวาพอเรเตอร์ และคอนเดนเซอร์ โดยความดันก่อนการอัดตัวจะลดลง เนื่องจากเกิดความสูญเสียในขณะที่ผ่านท่อ และไอร้อนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ไอสารทำความเย็นดูดไว้จากผนังกระบอกสูบ



รูปที่ 2-11 สภาพวงรอบทางทฤษฎี (Theoretical cycle) ตามเส้นประและวงรอบแท้จริง (Actual cycle) ของระบบเครื่องทำความเย็น

สมการที่ใช้ในการคำนวณการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นจาก p-h Diagram คอมเพรสเซอร์ (Compressor) กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์สามารถหาได้จาก

$$W_c = m (h_2 - h_1)$$

เมื่อ  $W_c$  คือ กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

$h_1$  คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนที่จะเข้าคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น kJ/kg

$h_2$  คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น kJ/kg

$m$  คือ ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น kg/s

คอนเดนเซอร์ (Condenser) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกที่คอนเดนเซอร์หาได้จาก

$$q_c = m (h_3 - h_2)$$

เมื่อ  $q_c$  คือ ปริมาณความร้อนที่คายออกที่คอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

$h_3$  คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็น kJ/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ค่าการทำคามเย็นที่อีวาพอเรเตอร์หาได้จาก

$$R.E. = m (h_1 - h_4)$$

เมื่อ Refrigerating Effect (R.E.) คือค่าการทำคามเย็น มีหน่วยเป็น kJ/s

$h_4$  คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ มีหน่วยเป็น kJ/kg

$h_1$  คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ มีหน่วยเป็น kJ/kg

ประสิทธิภาพของการทำความเย็น

$$COP = R.E./W_c$$

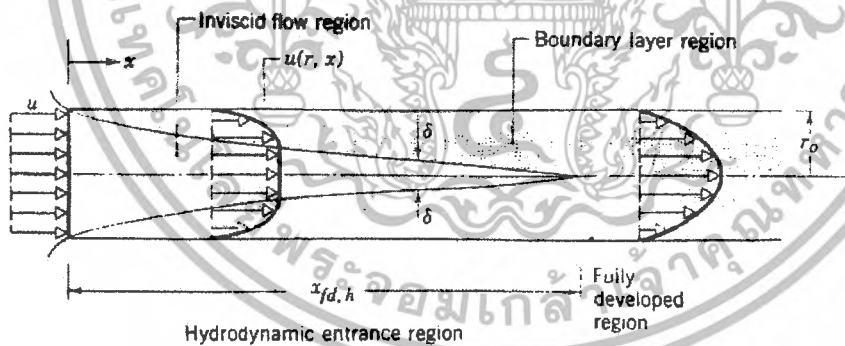
อัตราการใช้พลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

$$EER = \text{Btu/hr} = COP \times 3.412$$

System Capacity อัตราความสามารถในการดูดความร้อนของสารทำความเย็น

$$Q_c = m (R.E.)$$

## 2.11 สถานะการไหลของของไหล



รูปที่ 2-12 การก่อตัวของชั้นขีดผิวของการไหลในท่อกลม

พิจารณาการไหลในท่อกลมที่มีรัศมี  $r_0$  ตามรูปที่ สำหรับการไหลภายในท่อนั้นต้องคำนึงถึงการขยายตัวของช่องบริเวณทางเข้า (entry region) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าการไหลนั้นเป็นอย่างไร แบบราบเรียบหรือปั่นป่วน เรย์โนลด์ส์นัมเบอร์สำหรับการไหลภายในท่อกลมกำหนดเป็น

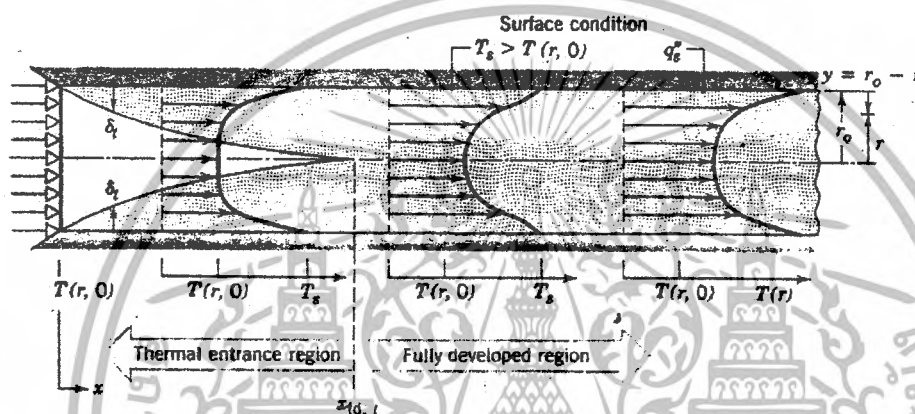
$$Re_D \equiv \frac{\rho u_m D}{\mu}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรย์โนลด์ส์นัมเบอร์วิกฤตสำหรับการเปลี่ยนแปลงการไหล  
การไหลแบบราบเรียบเป็นปั่นป่วนเริ่มต้นจาก  $Re_D \approx 2300$   
การไหลเป็นแบบปั่นป่วนเต็มที่ที่  $Re_D \geq 4000$

สำหรับการไหลแบบราบเรียบ ( $Re_D \leq 2300$ ) ความยาวของช่องบริเวณทางเข้าสำหรับการ  
ปรับตัวหาได้สมการ

$$\left( \frac{x_{fd,h}}{D} \right)_{lam} \approx 0.05 Re_D Pr$$



รูปที่ 2-13 การก่อตัวของบาวน์คาร์ทางความร้อนในท่อกลม

ส่วนในการไหลแบบปั่นป่วน นั้นไม่มีสภาพที่แน่นอนสำหรับหาระยะทางสำหรับการปรับตัว  
แต่รู้เพียงว่าไม่เกี่ยวข้องกับเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ และมีค่าประมาณดังนี้

$$10 \leq \left( \frac{x_{fd,h}}{D} \right)_{lam} \leq 60$$

สำหรับค่าที่ใช้เราจะสมมติว่า  $x_{fd} > 10D$  สำหรับการไหลแบบปั่นป่วน

## 2.12 อัตราการถ่ายเทความร้อนในท่อ

$$Q = mc_p \Delta T = mc_p (T_o - T_i)$$

พิจารณาการไหลในท่อของไหล ไหลด้วยอัตรามวลคงที่ และมีการพาความร้อนเกิดขึ้นผิว  
ภายใน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ ของของไหลรวมทั้งการนำความร้อน  
ในทิศทางแนวแกนจะไม่น่าคิดละทิ้งได้ ดังนั้นถ้าไม่มีงานเพลลา ซึ่งกระทำโดยของไหลขณะไหลผ่านท่อ  
แล้ว จะมีเพียงอิทธิพลเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน และกับงานจากการไหลเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการของอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ในท่อร้อนที่อยู่ในชุดทดลองดังนี้

$$Q_h = m_h c_{ph} \Delta T_h = m_h c_{ph} (T_o - T_i)_h$$

นอกจากนี้แล้วเรายังสามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนได้จากค่าเอนทาลปีที่มีการเปลี่ยนแปลงไประหว่างการถ่ายเทความร้อน

$$Q = m\Delta h = m(h_o - h_i)$$

### 2.13 Nusselt Number

ค่า Nusselt Number เป็นพารามิเตอร์ไร้มิติ ที่มีความสำคัญต่อความร้อนซึ่งอาจจะเรียกว่าเป็นอัตราส่วนการนำการพาความร้อน จะเห็นได้จากสูตร

$$Nu_D = \frac{Dh}{k}$$

### 2.14 ความสัมพันธ์การพาความร้อน การไหลแบบเทอร์บูเลนซ์ในท่อกลม

สมการสำหรับหา  $Nu_x$  สำหรับการไหลแบบเทอร์บูเลนซ์ที่ปรับตัวเต็มที่แล้วในท่อกลมเรียบ เสนอโดย Colburn ซึ่งได้มาจาก Chilton – Colburn analogy โดยการแทนสมการลงในสมการการเทียบคู่จะอยู่ในรูป

$$\frac{C_f}{2} = \frac{f}{8} = StPr^{2/3} = \frac{Nu_D}{Re_D Pr^{2/3}}$$

สมการของ Colburn จะเป็น

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{2/3}$$

Dittus – Boelter ได้เสนอสมการซึ่งแตกต่างกันเล็กน้อย เป็น

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$$

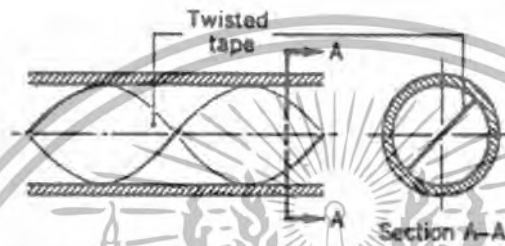
โดยที่  $n = 0.4$  สำหรับการทำให้ร้อน ( $T_s > T_m$ )

$n = 0.3$  สำหรับการทำให้เย็น ( $T_s < T_m$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.15 การเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

มีวิธีหลายประการสำหรับช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในการไหลภายในท่อ วิธีที่ยอมรับกัน โดยการเพิ่มค่า  $h$  เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวการพาให้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ค่า  $h$  อาจเพิ่มได้โดยการทำให้เกิดการหมุนวน (swirl) ด้วยการสอดใส่ของแผ่นบิดเกลียว (twisted-tape) ตามรูปที่ 2-14 การสอดแทรกนี้ ประกอบด้วยแผ่นบางที่ถูกบิดเป็นคาบของมุม  $360^\circ$  เป็นผลให้ความเร็วของการไหลเพิ่ม เนื่องจากความเร็วสัมผัสเพิ่มใกล้ผนังท่อ และแผ่นบิดเกลียวยังทำให้พื้นที่การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มการถ่ายอัตรการถ่ายเทความร้อนอาจเป็นผลให้เกิดความดันลด (pressure drop) มากขึ้น

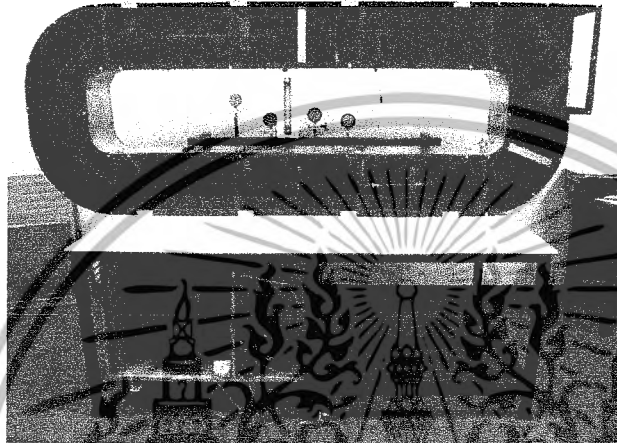


รูปที่ 2-14 การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแบบการใส่แผ่นบิด

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 ชุดอุปกรณ์ในการทดลอง



รูปที่ 3-1 เครื่องทดลองจริง

อุปกรณ์ที่ติดตั้งในชุดทดลองวัฏจักรความเย็นชนิดอัดไอประกอบด้วย

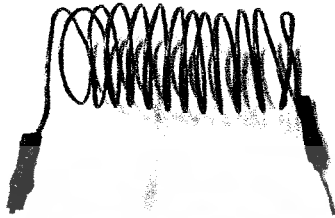
1. คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ(Air-cooled Condenser) การไหลของอากาศเป็นแบบบังคับโดยการใช้พัดลม
2. คอมเพรสเซอร์แบบเปลือกหุ้มปิด(Hermatic Compressor) คือแบบที่ตัวคอมเพรสเซอร์และตัวขับเคลื่อนประกอบเข้าด้วยกัน และถูกเชื่อมปิดสนิท ซึ่งมีข้อดีคือป้องกันการรั่วได้ดี มีขนาดเล็ก ทำงานได้เงียบ มีการสั่นสะเทือนน้อย นิยมใช้กับเครื่องทำความเย็นชนิดใช้ในบ้าน แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถแยกตัวขับเคลื่อนมาซ่อมเฉพาะส่วนที่เสียได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถอดเพื่อตรวจซ่อมยากเพราะถูกประกอบกันไว้ด้วยวิธีเชื่อม โดยในการทดลองนั้นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้รุ่น QA91V22GA ขนาด 1/2 HP 1 เฟส



รูปที่ 3-2 คอมเพรสเซอร์แบบเปลือกหุ้มปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ท่อแคปพิลลารี (Capillary Tube) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นและลดความดันจากท่อน้ำยาเหลวไปยังอีวาพอเรเตอร์ เนื่องจากความต้านทานความเสียดทานสูง เป็นผลมาจากความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดเล็ก



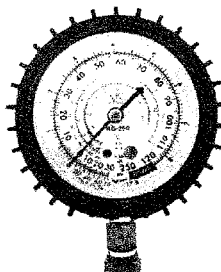
รูปที่ 3-3 ท่อแคปพิลลารี

4. มาตรวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็นชนิดใช้ลูกกลอยวัดปริมาณการไหล (Rotameter) สำหรับสารทำความเย็น R-12



รูปที่ 3-4 มาตรวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็นชนิดใช้ลูกกลอยวัดปริมาณการไหล

5. ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Drier) จะติดตั้งอยู่ที่ท่อน้ำยาเหลวใกล้กับทางเข้าของชุดปรับอัตราการไหลเพื่อทำหน้าที่ดูดความชื้นในระบบที่หลงเหลืออยู่ไม่ให้ผ่านเข้าไปอุดตันที่ท่อแคปพิลลารี และตำแหน่งของฟิลเตอร์ดรายเออร์ จะต้องอยู่ในบริเวณที่เย็นเพราะสารดูดความชื้นจะดูดซับความชื้นได้มากที่อุณหภูมิต่ำ สารดูดความชื้น โดยทั่วไป ได้แก่ ซิลิกาเจล (Silica Gel) แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulphate) อลูมินาเจล (Alumina Gel) มีคุณสมบัติการดูดความชื้น ตะกอนและกรด ออกจากสารทำความเย็นในระบบ
6. มาตรวัดความดัน (Pressure Gage)



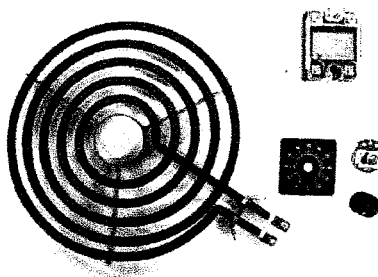
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เทอร์โมมิเตอร์แบบแอลกอฮอล์ (Thermometer)
8. อุปกรณ์วัดพลังงานแบบคล้องสายไฟที่ต้องการวัด (Clamp-on Power meters) เป็นเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุดเนื่องจากสะดวกในการใช้งานคือ ไม่ต้องปลดสายไฟออกจากวงจรมาทำการวัด เพียงแค่ใช้หัวคิบบแอมมิเตอร์คล้องกับสายไฟที่ต้องการวัดเส้นใดเส้นหนึ่งก็สามารถอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านในวงจรได้



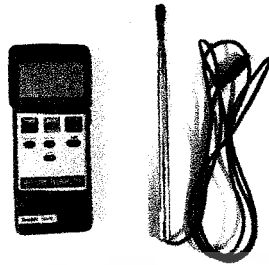
รูปที่ 3-6 อุปกรณ์วัดพลังงานแบบคล้องสายไฟที่ต้องการวัด

9. สารทำความเย็น R-12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ , Dichlorodifluoromethane) เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ในการทดลองที่มีความสามารถในการคงสภาพได้ดีมาก แม้ว่าจะอยู่ในสภาวะงานหนักๆ แต่อย่างไรก็ตามถ้า R-12 สัมผัสกับเปลวไฟหรือได้รับความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าก็อาจกลายเป็นสารพิษได้ R-12 ควบคุมที่ความดันปานกลางมีจุดเดือดต่ำกว่าความดันบรรยากาศ มีจุดเดือด  $-29.8$  องศาเซลเซียส สามารถใช้ได้ทั้งระบบที่มีอุณหภูมิสูง ปานกลาง และต่ำ และใช้ได้กับเครื่องอัดทั้งสามแบบ R-12 สามารถผสมผสานกับน้ำมันได้ แต่กลับมีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เนื่องจากจะไม่มีฟิล์มน้ำมันเกิดขึ้นในอีวาพอเรเตอร์และเครื่องควบแน่น ซึ่งต่างจากสารทำความเย็นชนิดอื่น ที่รวมกับน้ำมันแล้วทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ และเครื่องควบแน่นลดลง
10. ตัวทำความร้อน (Heater) ขนาด 2,800 วัตต์ และตัวปรับหรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ใช้สำหรับการวัดความเร็วลมภายในระบบ



รูปที่ 3-8 เครื่องวัดความเร็วลม

12. แผ่นกระจายความร้อน (Baffle Plate) เพื่อกระจายความร้อนในช่องลมให้สม่ำเสมอ

13. ช่องลม (Orifice) เป็นแผ่นกั้นลมมีช่องให้ลมผ่านตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 18 ซม. ใช้ในการคำนวณหาความเร็วลม

### 3.2 อุปกรณ์บริการระบบ

งานติดตั้งเครื่องทำความเย็นต้องอาศัยเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินการติดตั้ง โดยมีอุปกรณ์บริการดังต่อไปนี้

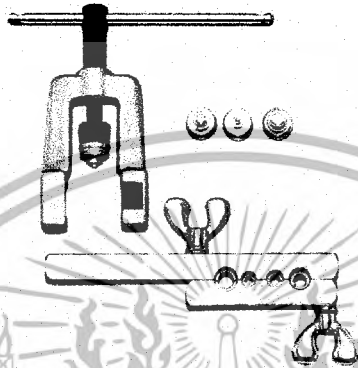
1. มีดตัดท่อหรือคัตเตอร์ (Cutter) เป็นเครื่องมือสำหรับตัดท่อที่ใช้ในระบบบวจระน้ำยาทำความเย็นมีด้วยกันหลายขนาดเพื่อความเหมาะสมกับงานที่ใช้



รูปที่ 3-9 มีดตัดท่อ

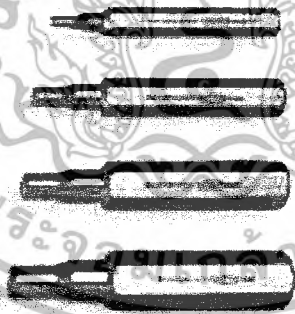
2. ริมเมอร์ (Reamer) เป็นตัวปรับแต่งพื้นที่ผิวปากท่อหลังจากที่ได้ตัดท่อแล้วปากท่อจะไม่เรียบก่อนที่จะนำไปใช้งาน ต้องปรับแต่งบริเวณปากท่อ ให้เรียบเสียก่อน ด้วยริมเมอร์ ตัวริมเมอร์นี้อาจมีอยู่ในชุดมีดตัดท่อก็ได้

3. เครื่องมือบานแฟลร์ (Flaring Tool) เป็นเครื่องมือที่ใช้บานแฟลร์ท่อทองแดงประกอบด้วยตัวจับท่อทองแดง(Flaring Bar) ซึ่งมีรูขนาดต่างๆ เป็นชุดจับท่อให้แน่นในขณะตอกหรือขันทำบานแฟลร์ตัวขันหรือตอกเพื่อบานแฟลร์ซึ่งสามารถทำการ บานแฟลร์ได้ทั้งชั้นเดียวและสองชั้นแล้วแต่งานที่จะนำไปใช้ สำหรับการบานแฟลร์ชั้นเดียวเป็นการบานแฟลร์ชนิดธรรมดา



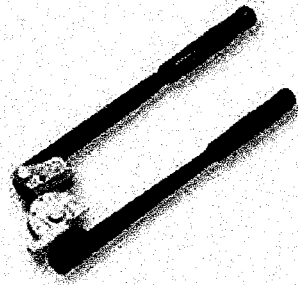
รูปที่ 3-10 เครื่องมือบานท่อแฟลร์

4. เหล็กขยายท่อ(Swaging Tools) เมื่อต้องการต่อท่อขนาดเดียวกันด้วยการเชื่อมประสานปากท่อที่จะเอามาต่อกันนั้นจะต้องขยายด้านใดด้านหนึ่งให้โตพอที่จะนำปากท่ออันที่จะนำปากท่ออันที่ไม่ได้ขยายใส่เข้าไปได้พอดี ซึ่งในการนี้จะต้องขยายท่อ



รูปที่ 3-11 เหล็กขยายท่อ

5. เครื่องมือดัดท่อ(Tube Bender) เพื่อให้การดัดท่อเป็นไปตามที่ต้องการโดยไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ท่อ เครื่องมือดัดท่อที่มีรูปร่างลักษณะต่างๆ กันสามารถดัดท่อให้อยู่ในรูปแบบและมุมมองต่างๆ กันได้



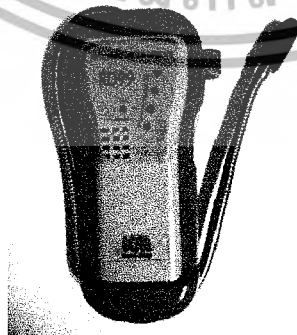
รูปที่ 3-12 เครื่องมือคัดท่อ

6. เกจแมนนิโฟลด์ (Manifold Gage Set) ใช้สำหรับวัดแรงดันของน้ำยาทำความเย็นทั้งด้านต่ำและด้านสูงของเครื่องทำความเย็นว่ามีมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 3-13 เกจแมนนิโฟลด์

7. เครื่องมือตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Leak Detector) ใช้สำหรับตรวจหารอยรั่วของระบบขณะที่มีน้ำยาเหลืออยู่ในระบบ หรือ อัดน้ำยาทำความเย็น R-12 หรือ R-22 เข้าไปเพื่อตรวจรั่ว



รูปที่ 3-14 เครื่องมือตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การบริการระบบ

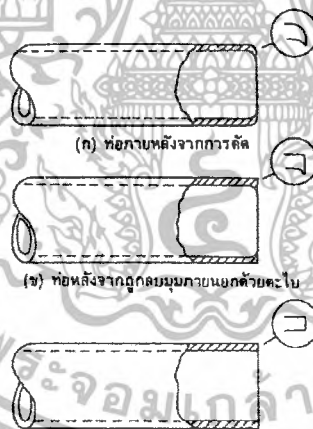
#### 3.3.1 การตัดท่อ (cutting tubing)

โดยทั่วไปมีเครื่องใช้อยู่ 2 ชนิด คือ

1. การตัดท่อโดยใช้คัตเตอร์ ส่วนมากใช้สำหรับตัดท่อทองแดงชนิดอ่อน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
  - วางท่อลงระหว่างโรลเลอร์ และใบมีดของคัตเตอร์
  - หมุนตัวปรับตั้งระยะใบมีดให้ฝังลงเนื้อท่อทองแดงเล็กน้อย
  - หมุนตัวคัตเตอร์ซ้ำๆ รอบท่อจะทำให้ใบมีดหมุนฝังเนื้อท่อโดยรอบ
  - หมุนหัวปรับระยะใบมีดลงในเนื้อท่ออีก แล้วหมุนตัวคัตเตอร์ซ้ำๆ รอบท่อ ทำซ้ำจนท่อขาด
2. การตัดท่อโดยใช้เลื่อย ส่วนมากใช้สำหรับตัดท่อชนิดแข็ง ซึ่งควรมีตัวจับท่อ(Clamp) ไว้สำหรับจับยึดท่อเพื่อความสะดวกในการเลื่อยตัดท่อด้วย

#### 3.3.2 การคว้านปลายท่อ (Reamed)

เมื่อเสร็จจากการตัดท่อทุกครั้งจะต้องคว้านปลายท่อให้เรียบร้อย ข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญมากในการเตรียมท่อเพื่อการบานท่อหรือบานแฟลร์



(ก) ท่อที่ถูกปรับด้วยตะไบและริมเบอร์ พร้อมที่จะบานท่อแบบแฟลร์

รูปที่ 3-15 การลบมุมท่อภายในและภายนอก

#### 3.3.3 การตัดท่อ (Bending Tubing)

ในการตัดท่อทางเดินน้ำยา มีเครื่องช่วยในการตัดท่อดังนี้

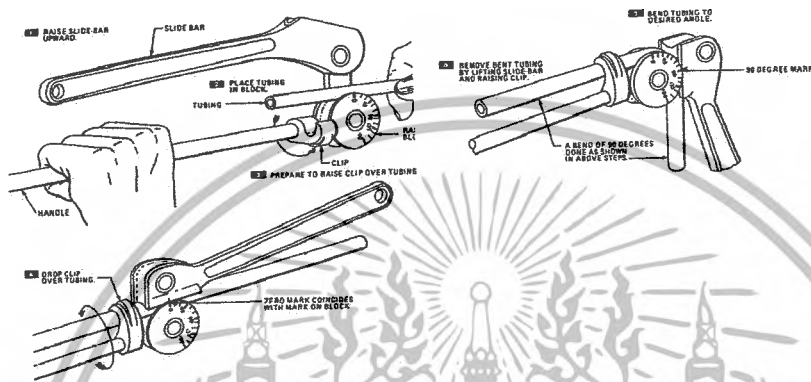
1. สปริง(Tube Bending spring) เป็นเครื่องช่วยในการตัดท่อ อาจใช้สวมภายในและภายนอกท่อเพื่อช่วยในการตัด มีขนาดต่างๆ กันตามขนาดของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-16 สปริงตัดท่อ

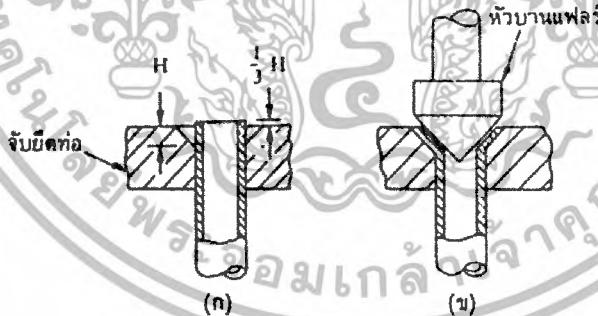
2. เครื่องมือตัดท่อ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ อกศาการตัด ค้ำหมุนตัดท่อ ค้ำยึดท่อที่ตัด



รูปที่ 3-17 การใช้เครื่องมือตัดท่อ

### 3.3.4 การบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว

โดยการเริ่มบานแฟลร์ จะต้องแน่ใจว่า ที่ปลายท่อ ได้รับการคว้านเรียบร้อย



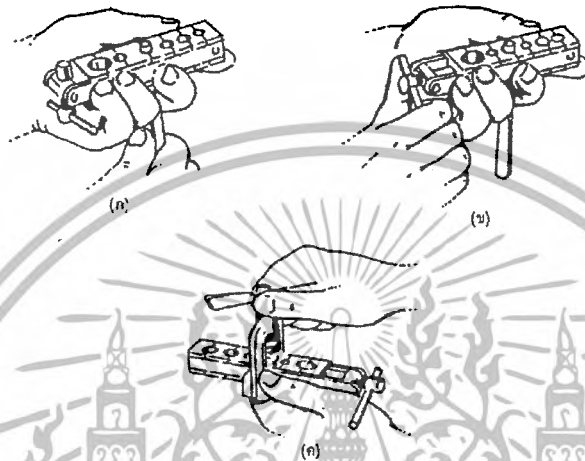
รูปที่ 3-18 การบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว

ขั้นตอนการทำงานของการทำงานบานแฟลร์ท่อชั้นเดียว

1. ใส่ท่อท่อที่ตัดและคว้านปลายไว้เรียบร้อยแล้วเข้าในตัวจับท่อ ให้ขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากัน ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับเล็กน้อยประมาณ 3/16 นิ้ว
2. จับยึดตัวจับให้แน่น
3. สวมตัวบานแฟลร์เข้าในตัวจับท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หยคน้ำมันคอมเพรสเซอร์เล็กน้อย ลงบนกรวยของตัวบานเฟลร์ท่อ ค่อยๆ หมุนให้กรวยกดลงบนปลายท่อ
5. เมื่อบานเฟลร์ท่อเรียบร้อย ให้คลายเกลียว ถอนกรวยออกและถอดตัวบานเฟลร์ท่อออกจากตัวจับท่อ
6. คลายตัวจับท่อ ถอดเอาท่อที่บานเฟลร์เรียบร้อยออก

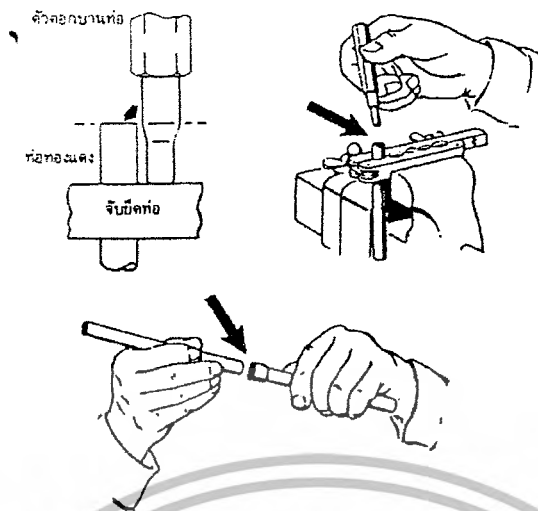


รูปที่ 3-19 ขั้นตอนการบานเฟลร์ท่อขึ้นเดียว

### 3.3.5 การบานท่อแบบตอกบานท่อ

ต้องใช้เครื่องมือซึ่งประกอบด้วยตัวจับยึดท่อและเหล็กตอกบาน ซึ่งจะมีขนาดต่างๆ กันตามแต่ขนาดของท่อ ที่ต้องการตอกบาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ใส่ท่อที่ตัดและคว้านปลายท่อเรียบร้อยแล้วลงในตัวจับท่อ ให้ขนาดของท่อและขนาดของรูเท่ากัน ปลายท่อสูงกว่าระดับของตัวจับท่อ ประมาณเท่ากับช่วงบนของตัวตอกบาน
2. จับยึดตัวจับให้แน่น
3. ใส่ตัวบานท่อลงในท่อจับให้ตรง
4. ใช้ค้อนค่อยๆ ตอกตัวบานท่อเข้าไปในท่อจนสุด
5. เมื่อบานท่อเรียบร้อยแล้ว จับตัวบานท่อออก
6. คลายตัวจับท่อถอนเอาท่อที่บานเรียบร้อยแล้วออก

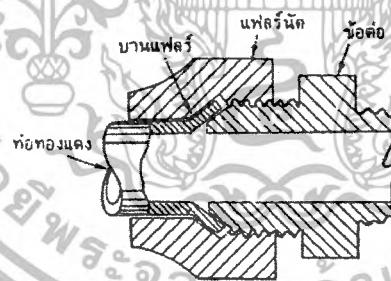


รูปที่ 3-20 ขั้นตอนการบานท่อ

### 3.3.6 การต่อท่อทางเดินน้ำยา

ในการต่อท่อทางเดินน้ำยาของระบบเครื่องทำความเย็นนั้น ทำได้ 2 วิธีคือ

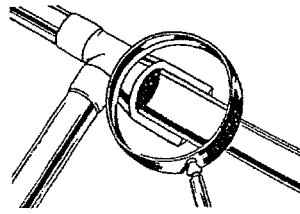
1. การต่อท่อโดยใช้เฟลร์นิตและข้อต่อ เมื่อขันให้เฟลร์นิต กระชับแน่นเข้ากับตัวข้อต่อ จะบีบปลายท่อที่บานเฟลร์ไว้ ทำให้น้ำยาภายในท่อทางเดินน้ำยาไม่รั่วออกมา แต่ถ้การบานท่อเฟลร์ไม่เรียบร้อย ผิวของท่อที่บานเฟลร์ไว้ สัมผัสกันเฟลร์นิตและข้อต่อไม่ดี ก็จะไม่เกิดการรั่วของน้ำยาในระบบที่จุดต่อนี้ได้



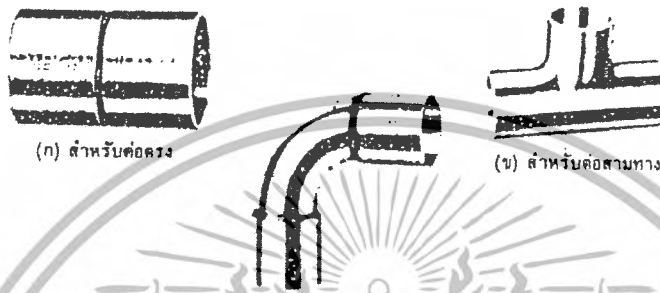
รูปที่ 3-21 รูปตัดของการต่อท่อ โดยใช้เฟลร์นิตและข้อต่อ

2. การต่อท่อโดยการเชื่อมตอ ในการเชื่อมตอท่อนี้ ถ้าเป็นท่อชนิดแข็ง การบานท่อทำไม่ได้ เพราะท่อจะแตก ฉะนั้นจึงใช้ข้อต่อสำเร็จรูป หากเป็นท่อทองแดงชนิดอ่อนการเชื่อมตอโดยทั่วไป การเชื่อมตอท่อ ถ้าเป็นการต่อท่อทองแดงเข้าด้วยกันแล้ว มักใช้เชื่อมเงิน (Silver Brazing) และถ้าเป็นการต่อระหว่างท่อทองแดงกับเหล็กควรใช้เชื่อมทองเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-22 รูปตัดของการต่อท่อโดยการเชื่อม



รูปที่ 3-23 ตัวอย่างของข้อต่อ

#### ขั้นตอนการปฏิบัติงานเชื่อมท่อ

1. ตัดท่อตามความยาวที่ต้องการ คว้านปลายท่อให้เรียบร้อย
2. ทำความสะอาดผิวนอก ด้วยกระดาษทราย หรือผ้าทราย
3. ทำความสะอาดผิวในท่อด้วยแปรงหรือกระดาษทราย
4. ทาฟลักซ์ (Flux) ผิวในของข้อต่อ
5. ทาฟลักซ์บนผิวนอกของท่อ
6. ใช้หัวเชื่อมแก๊สเป่าให้ความร้อนขึ้นงานจนแดง แล้วนำไปแตะหลอดเชื่อม สังเกตดูการวิ่งของเนื้อเงินเชื่อมคอยตั้งแปลวไฟออกให้พอดี ให้เนื้อเงินจับโดยรอบ

#### 3.3.7 เกจแมนิโฟลด์

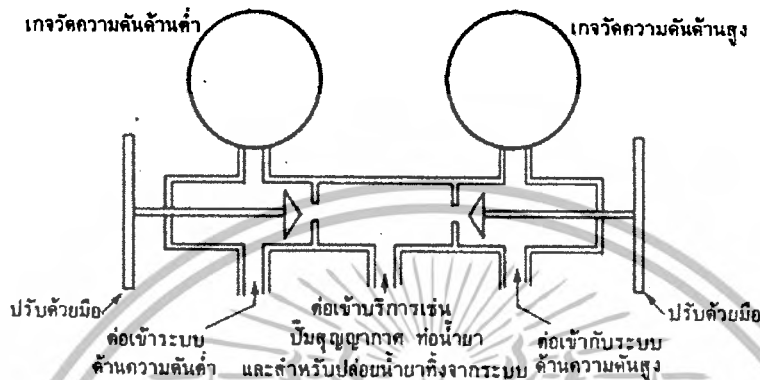
##### เกจแมนิโฟลด์ประกอบด้วย

1. มาตรวัดความดันด้านสูง (High Pressure Gage) มีสเกลบอกค่าความดันบนหน้าปัดเพียงอันเดียว ตามปกติจะเริ่มจาก 0 ถึง 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
2. มาตรวัดความดันด้านต่ำ (Low Pressure Gage) เป็นมาตรวัดความดันแบบผสม (Compound Gage) ใช้วัดค่าความดันที่สูงและต่ำกว่าบรรยากาศ สเกลที่บอกค่าความดันจะบอกตั้งแต่ -30 ถึง 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ 0 ถึง 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
3. วาล์วปรับด้วยมือ 3 ตัว
4. สายชาร์จน้ำยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การใช้เกจแมนิโฟลด์

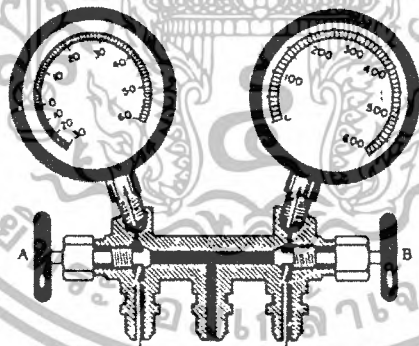
1. ท่อซ้ายมือของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อเข้ากับด้านความดันต่ำ
2. ท่อขวามือของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อเข้ากับด้านความดันสูง
3. ท่อกลางของเกจแมนิโฟลด์ใช้ต่อสำหรับบริการเช่น บีม์สูญญากาศ ท่อน้ำยา เป็นต้น



รูปที่ 3-24 การต่อใช้เกจแมนิโฟลด์

## ลักษณะต่างๆ ของการใช้เกจแมนิโฟลด์

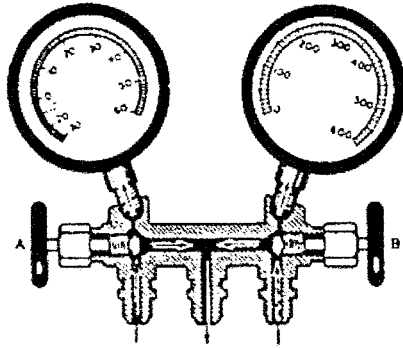
1. ใช้อ่านค่าความดันของระบบ ซึ่งวาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่ความดันระบบทางด้านความดันต่ำและความดันสูงอ่านได้จากเกจทั้งคู่



รูปที่ 3-25 วาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่

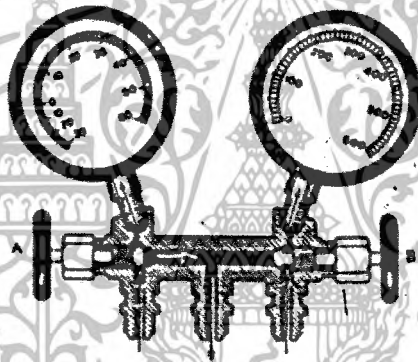
2. ใช้สำหรับชาร์จน้ำยาเข้าระบบหรือปล่อยน้ำยาออกจากระบบ วาล์ว A อยู่ตำแหน่งเปิด วาล์ว B อยู่ตำแหน่งปิด ใช้สำหรับน้ำยา (สถานะไอ) จากที่อบบรรจุน้ำยาผ่านเข้าไปในระบบในทางกลับกัน ถ้าปล่อยสารกลางของเกจแมนิโฟลด์ออกจากท่อน้ำยา และวาล์วอยู่ในตำแหน่งนี้แล้วก็จะเป็นการปล่อยน้ำยาออกจากระบบทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



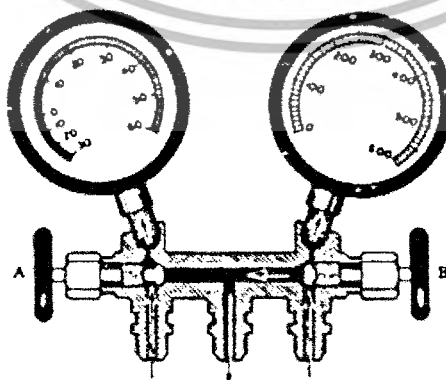
รูปที่ 3-26 วาล์ว A อยู่ในตำแหน่งเปิด และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งปิด

3. ใช้สำหรับไล่อากาศในสาย (Purging) หรือปล่อยน้ำยาออกจากระบบทางด้านความดันสูง วาล์ว A อยู่ในตำแหน่งปิด และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิด เป็นการใช้น้ำยาจากระบบทางด้านความดันสูงไล่อากาศในสาย หรือเป็นการปล่อยน้ำยาทิ้งออกจากในระบบ



รูปที่ 3-27 วาล์ว A อยู่ในตำแหน่งปิด และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิด

4. ใช้สำหรับทำสุญญากาศระบบ วาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิดทั้งคู่ สายท่อกลางของระบบต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 3-28 วาล์ว A และวาล์ว B อยู่ในตำแหน่งเปิดทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนการใช้เกจแมนิโพลด์

1. หาดำแหน่งของวาล์วบริการในระบบ
2. คลายฝาครอบสำหรับต่อเข้าเกจที่วาล์วบริการอย่างช้าๆ
3. ตรวจสอบว่า วาล์วของเกจแมนิโพลด์ อยู่ในตำแหน่งปิดทั้งคู่หรือยัง
4. ต่อสายเกจเข้ากับวาล์วบริการ
5. ถ้าเป็นระบบที่ใช้วาล์วบริการปรับด้วยมือ หมุนวาล์วบริการตามเข็มนาฬิกาประมาณ 1/4 รอบ
6. ขณะนี้ควรอ่านค่าความดันเกจได้บนเกจทั้งคู่ ถ้าไม่มีความดันเกิดขึ้น แสดงว่าภายในระบบไม่มีน้ำยา ให้หาดำแหน่งรั่วและทำการแก้ไข
7. ไล่อากาศในสายที่จุดนี้โดย
  - คลายสายที่เกจแมนิโพลด์เล็กน้อย ปล่อยไอสารทำความเย็นทิ้งออกประมาณ 3 วินาที
  - คลายสายกลางของเกจแมนิโพลด์ออกจากท่อน้ำยาเล็กน้อย ใช้น้ำยาในระบบไล่อากาศ โดยเปิดวาล์วของเกจแมนิโพลด์ทั้งคู่ ปล่อยน้ำยาจากในระบบรั่วทิ้งออกจากปลายสายกลางแล้วจึงจับปลายสายกลางเข้ากับท่อน้ำยาให้แน่น ปิดวาล์วเกจแมนิโพลด์ทั้งคู่อีกครั้งหนึ่ง
8. เกจแมนิโพลด์ขณะนี้พร้อมใช้งานแล้ว

### 3.3.8 การตรวจรั่วระบบ

#### 1. สูญญากาศระบบเพื่อตรวจ

ทำโดยเมื่อทำสูญญากาศระบบแล้ว ให้ปิดวาล์วเกจแมนิโพลด์ทิ้งไว้ประมาณ 8-24 ชั่วโมงแล้ว

ดูว่าเข็มมาตรสูงขึ้นหรือไม่

- ถ้าเข็มสูงขึ้นแสดงว่าระบบรั่ว ต้องหาจุดที่รั่วและแก้ไขใหม่
- ถ้าเข็มไม่สูงขึ้นแสดงว่าระบบไม่รั่ว สามารถชาร์จน้ำยาเข้าระบบต่อได้

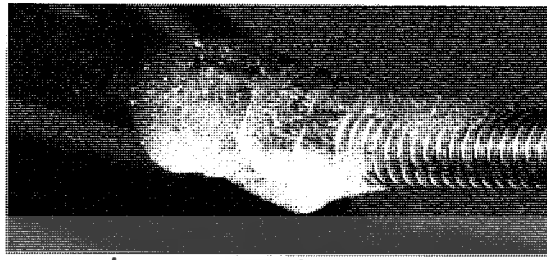
#### 2. เพิ่มความดันให้แก่ระบบเพื่อตรวจรั่ว

ทำโดยอัดไอสารทำความเย็น R-12 เข้าระบบ กระทำ 3 ขั้นตอนดังนี้

- อัดไอสารทำความเย็นเข้าในระบบประมาณ 20-30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นการตรวจรั่วครั้งที่ 1
- อัดไอสารทำความเย็นเพิ่มเข้าในระบบจนถึง 70-100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นการตรวจรั่วครั้งที่ 2
- ถ้าพบว่าไม่มีการรั่วทั้งสองครั้งที่อัดไอสารทำความเย็นแล้ว ให้อัดไอสารทำความเย็นเพิ่มเข้าในระบบอีก จนถึง 200-250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเป็นการตรวจสอบครั้งสุดท้าย

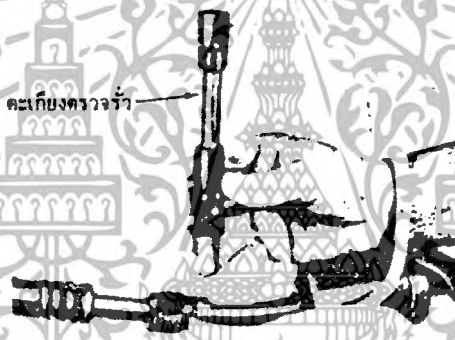
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ฟองสบู่ ใช้การอัดไอของสารทำความเย็นเข้าไปในระบบ และใช้ฟองสบู่ตรวจรั่วตามข้อต่อต่างๆ ตามทางเดินน้ำยา หากมีการรั่วฟองสบู่จะโป่งออกจนแตก



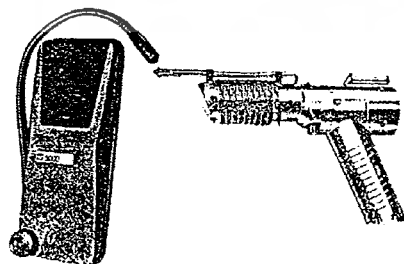
รูปที่ 3-29 การตรวจรั่วโดยใช้ฟองสบู่

4. ใช้ตะเกียง การตรวจรั่ววิธีนี้อาศัยหลักคุณสมบัติน้ำยา R-12, R-22 นั่นคือเมื่อถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนสีเปลวไฟ จากสีเหลืองส้ม เป็นสีเขียวทองอ่อน



รูปที่ 3-30 ตะเกียงตรวจรั่ว

5. ใช้เครื่องตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์ การตรวจรั่ววิธีนี้ใช้ตรวจระบบที่ใช้ น้ำยา R-12 และ R-22 เท่านั้น เครื่องตรวจรั่วนี้อาจมีลักษณะเป็นแบบปืนหรือแบบกล่อง มีหลักการทำงานคือ มีปลายรับสัมผัสผัสแก๊สที่ไวมาก ซึ่งถ้าพบว่า มีน้ำยารั่วจะทำให้เกิดเสียงดังเป็นสัญญาณให้รู้



รูปที่ 3-31 อุปกรณ์ตรวจรั่วอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.9 การทำสุญญากาศระบบ (System Evacuating)

การทำสุญญากาศระบบ หรือที่เรียกว่า การทำแวกคัม จะกระทำภายหลังจากการตรวจรื้อระบบ ก่อนที่จะนำน้ำยาเข้าระบบ การทำสุญญากาศเป็นการใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ(Vacuum Pump) ดูดเอา อากาศและความชื้นภายในระบบออกให้หมด ถ้าเป็นระบบเก่าก็รวมการขจัดน้ำยาที่เสื่อมคุณภาพออกจากระบบ

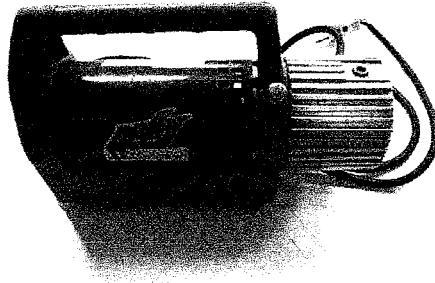
ในขณะที่กำลังทำสุญญากาศระบบ ค่าความดันของมาตรความดันต่ำ จะอ่านได้ต่ำกว่า 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มาตรจะแสดงให้เห็นว่าในระบบเป็นสุญญากาศซึ่งหมายถึงว่าความดันในระบบขณะนี้น้อยกว่าความดันบรรยากาศ

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการทำสุญญากาศคือ ต้องดูความชื้นออกจากระบบให้หมด จากหลังการที่ว่าเมื่อลดความดันที่ผิวหน้าของของเหลวจะทำให้จุดเดือดของของเหลวลดต่ำลงด้วย ฉะนั้นเมื่อระบบสุญญากาศหรือที่ความสูงของปรอทใกล้ 29 นิ้วปรอท น้ำจะมีจุดเดือดที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นที่เหลืออยู่ในระบบจะถูกเปลี่ยนสถานะ และถูกดูดออกมา

ระบบสุญญากาศ (นิ้วปรอท)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (°F)
24.04	140
25.10	130
26.45	120
27.32	110
27.99	100
28.50	90
28.89	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
29.91	-20

ตารางที่ 3-1 แสดงอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำภายใต้ความดันสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-32 ป้มสูญญากาศ

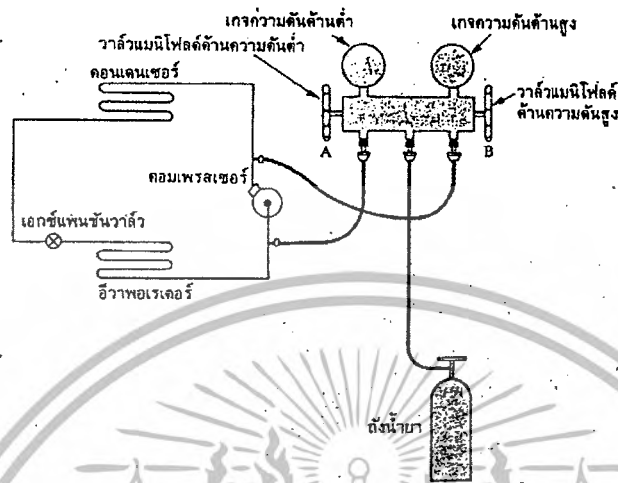
การทำสูญญากาศระบบควรทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อชุดเกจแมนิโพลด์เข้ากับวาล์วบริการ
2. เปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโพลด์
3. ต่อสายท่อกลางของเกจแมนิโพลด์เข้ากับป้มสูญญากาศ
4. เดินเครื่องป้มสูญญากาศ
5. เข้มความดันของมาตรวัดความดันต่ำเริ่มลดต่ำกว่าตำแหน่ง 0 (มาตรความดันสูงจะไม่สามารถอ่านค่าได้)
6. เมื่อเข็มวัดความดันต่ำอ่านค่าถึง  $-29.92$  นิ้วปรอทให้เดินเครื่องป้มสูญญากาศต่อไปอีก 20 นาที
7. ถ้าเข็มของมาตรวัดความดันต่ำไม่สามารถลดลงถึง  $-29.92$  นิ้วปรอท ให้ทำการตรวจสอบข้อต่อต่างๆใหม่หมด
8. มาตรการทางสูญญากาศที่อ่านได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ให้หมุนวาล์วทั้งคู่ของ เกจแมนิโพลด์ ให้อยู่ในตำแหน่งปิด ถ้าค่าความดันสูงขึ้น (แต่ยังต่ำกว่า 0 ปอนด์/ตารางนิ้ว) แสดงว่าระบบรั่ว ให้หยุดเครื่องป้มสูญญากาศ แล้วค้นหาที่รั่ว
9. ถ้ามาตรการทางสูญญากาศคงที่ อยู่ในขณะที่วาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโพลด์ อยู่ในตำแหน่งปิด แสดงว่าป้มสูญญากาศไม่ดีพอ
10. ภายหลังจากเดินเครื่องป้มสูญญากาศ 20-30 นาที แล้ว ปิดวาล์วทั้งคู่ของเกจแมนิโพลด์
11. หยุดเดินเครื่องป้มสูญญากาศ
12. ขณะนี้ระบบทำสูญญากาศเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะชาร์จน้ำยาเข้าในระบบต่อไป

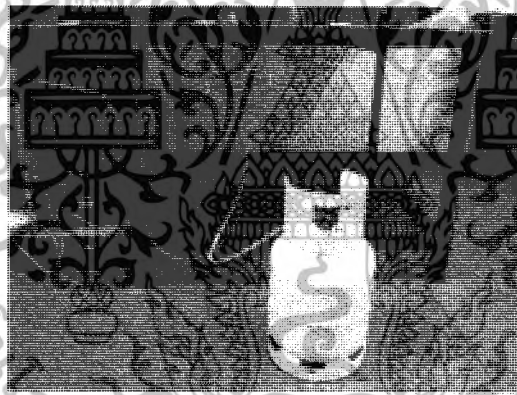
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8. ทดลองเดินเครื่องทำความเย็นในขณะที่ยังติดเกจแมนิโพลด์อยู่กับระบบอย่างน้อยประมาณ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 3-34 การเติมน้ำยาในสถานะแก๊สเข้าไปในระบบทางด้านความดันต่ำ



รูปที่ 3-35 การซาร์จน้ำยาเข้าระบบในการทดลอง

หลักการเติมน้ำยามีหลักพึงสังเกตในขณะปฏิบัติดังนี้

1. ค่าความดันมาตรฐานของระบบ จะต้องคอยสังเกตค่าความดันมาตรฐานของระบบทางด้านความดันต่ำและคอยคุมให้ได้ค่าความดันตามเกณฑ์ สำหรับเครื่องทำความเย็นโดยทั่วไปที่ใช้ น้ำยา R-12 ค่าความดันภายในระบบควรมีค่าโดยประมาณดังนี้
  - ด้านความดันต่ำ 8 – 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
  - ด้านความดันสูง 160 – 170 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

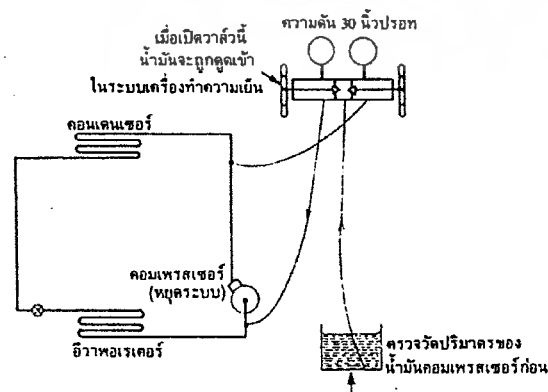
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สังเกตดูน้ำยาเหลวที่กระจกมองน้ำยา ถ้าหารังน้ำยาเข้าระบบเต็มพอดีแล้วจะเห็นน้ำยาเหลวไหลผ่านกระจกมองน้ำยาที่ติดตั้งในช่วงท่อน้ำยาเหลวโดยไม่มีฟองไอสารทำความเย็นวิ่งผ่านให้เห็นเลย
3. สังเกตการณ์จับตัวของหยดน้ำโดยรอบนอกท่อทางดูด จำต้องระวังอย่าเติมน้ำยาเข้าในระบบมากเกินไป จนเกิดน้ำแข็งจับรอบท่อทางดูดเลยเข้าไปถึงหัวคอมเพรสเซอร์ ซึ่งแสดงว่าน้ำยาเหลวท่วมเลยเข้ามาเดือดเปลี่ยนสถานะดูดรับปริมาณความร้อนถึงบริเวณนี้ อาจทำให้เกิดอันตรายแก่ถิ่นของคอมเพรสเซอร์ได้

### 3.3.11 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์

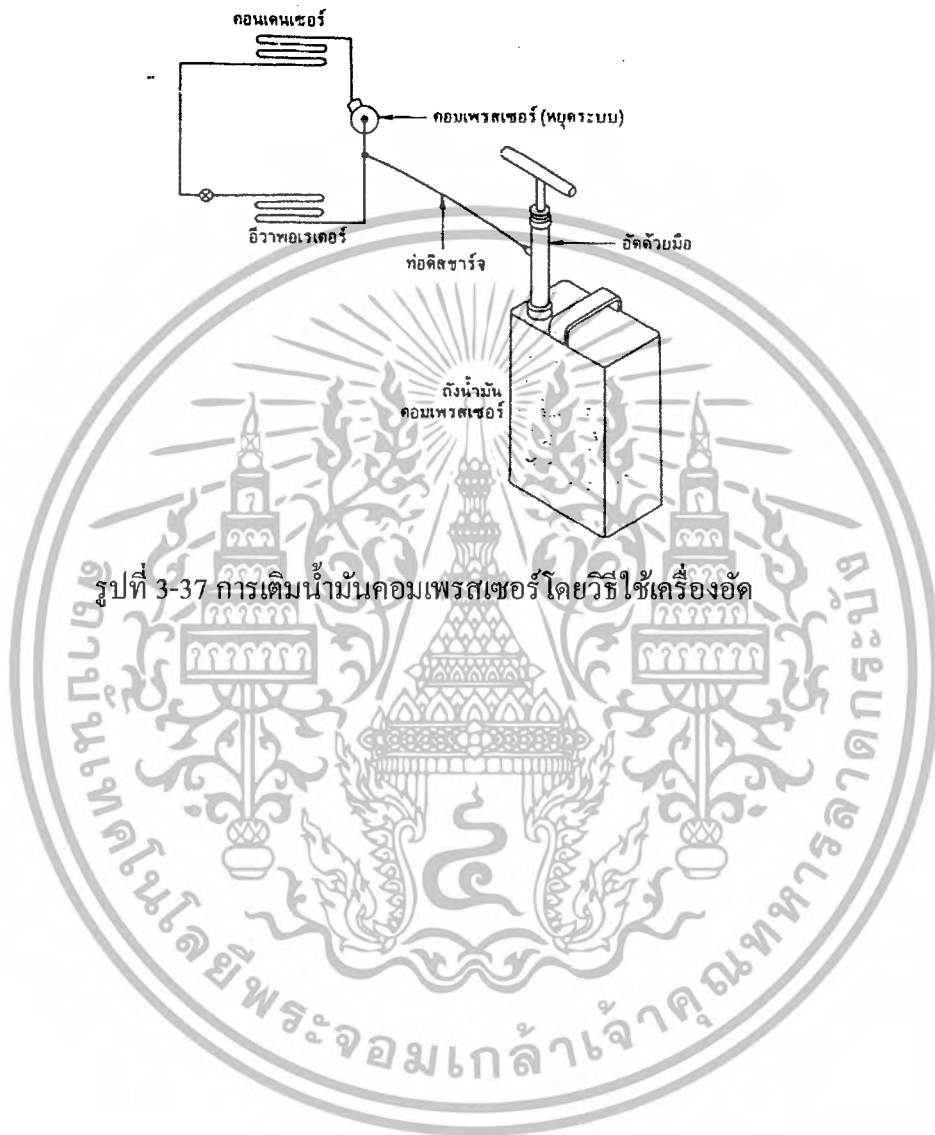
จะกระทำเมื่อระบบมีการรั่วของน้ำยาและน้ำยาได้พาเอาน้ำมันคอมเพรสเซอร์ ออกจากระบบมากหรือในกรณีที่เปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบน้ำยาเครื่องทำความเย็นแล้วน้ำมันคอมเพรสเซอร์ถูกพ่นทิ้งออกมาด้วย

ในขณะที่ระบบทำงาน ระดับของน้ำมันคอมเพรสเซอร์ที่มองเห็นในกระจกมองระดับน้ำมันควรอยู่ที่ระดับกึ่งกลาง สำหรับเครื่องทำความเย็นที่จำเป็นต้องเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์เข้าระบบ อาจสามารถทำได้โดย ทำสุญญากาศระบบ แล้วดูดเอาน้ำมันเข้าไปในระบบ หรืออาจทำได้โดยใช้เครื่องอัดน้ำมันเข้าระบบ ซึ่งการทำสุญญากาศเพื่อดูดน้ำมันเข้าระบบ เมื่อระบบเครื่องทำความเย็นได้ทำสุญญากาศระบบไว้แล้ว ให้ปิดวาล์วเกจแมนิโฟลด์ทั้งคู่ เตรียมถายน้ำมันคอมเพรสเซอร์ไว้ในถัง ให้มีปริมาตรเท่าที่ต้องการชาร์จเข้าในระบบ ปลดปลายสายกลางของเกจแมนิโฟลด์จากเครื่องสุญญากาศมาจุ่มลงในถังน้ำมันที่เตรียมไว้ เมื่อเปิดวาล์วทางด้านความดันต่ำของเกจแมนิโฟลด์ น้ำมันคอมเพรสเซอร์จะถูกดูดเข้าในระบบ ให้ปลายสายกลาง จุ่มอยู่ในน้ำมันตลอดเวลาเพื่อให้ดูดน้ำมันเข้าในระบบจนหมด จากนั้นเครื่องทำความเย็นจะต้องทำสุญญากาศใหม่เพื่อชาร์จน้ำยาเข้าในระบบต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่ 3-36 การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์โดยใช้วิธีสุญญากาศให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

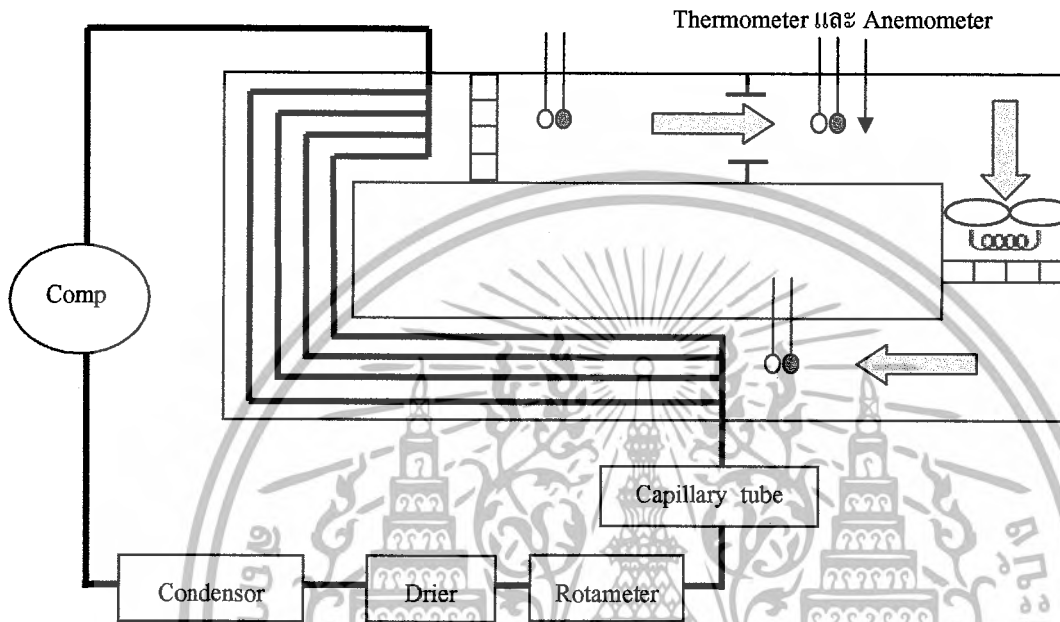
การเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์ โดยใช้เครื่องอัดที่ใช้กำลังมือสูบน้ำมันออกจากถังบรรจุ อัดเข้าในระบบที่ทางคูดของคอมเพรสเซอร์ หรือเข้าห้องเพลลาข้อเหวี่ยงของคอมเพรสเซอร์ การอัดน้ำมันเข้าในระบบด้วยกำลังมือนี้จะต้องทำในขณะที่หยุดระบบเครื่องทำความเย็น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการทดลอง

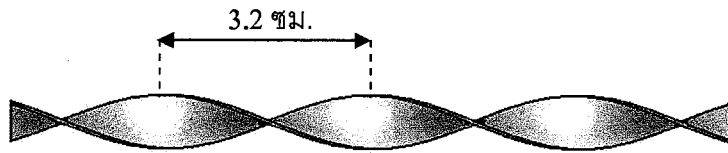
วิธีการทดลองเพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพคอยล์ร้อนและคอยล์เย็น โดยการใส่แผ่นบีดมี ขั้นตอนดังนี้



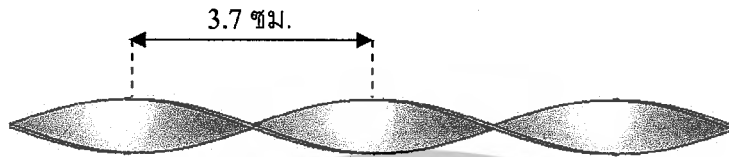
รูปที่ 3-38 เครื่องทดลอง

1. เตรียมการทดลองโดยเริ่มต้นจากใช้ท่อเปล่าที่ยังไม่มีการใส่แผ่นบีด
2. ทำการเดินระบบของเครื่องทดลอง รวมทั้งเปิดเครื่องทำความร้อนของระบบที่ 30% ของความร้อนที่ทำได้
3. อ่านค่าอุณหภูมิ, ความดัน และอัตราการไหลของสารทำความเย็น ในส่วนของอากาศจะทำการวัด ความเร็วลม และอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง ณ จุดต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองในตารางการทดลองทุกๆ 2 นาทีในช่วงแรก และทุกๆ 5 นาทีในช่วงที่ 2
4. นำค่าที่ได้จากการวัดไปคำนวณหาค่า  $Nu$ ,  $\Delta P$  และ COP (ตามสมการในหัวข้อที่ 4.1)
5. เมื่อทำการทดลองท่อเปล่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อ ไปทดลองโดยใส่แผ่นบีดที่มีระยะพิทช์ต่างๆ ลงไปในท่อคอยล์ แล้วทำตามขั้นตอนเหมือนท่อเปล่าจาก 1-4
  - แผ่นบีดที่มีระยะพิทช์ 3.2 ซม. ยาว 11.2 ซม.
  - แผ่นบีดที่มีระยะพิทช์ 3.7 ซม. ยาว 11.2 ซม.
  - แผ่นบีดที่มีระยะพิทช์ 4.4 ซม. ยาว 11.2 ซม.
  - แผ่นบีดที่มีระยะพิทช์ 5.6 ซม. ยาว 11.2 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-39 แผ่นบิตระยะพิทช์ 3.2 ซม.



รูปที่ 3-40 แผ่นบิตระยะพิทช์ 3.7 ซม.



รูปที่ 3-41 แผ่นบิตระยะพิทช์ 4.4 ซม.



รูปที่ 3-42 แผ่นบิตระยะพิทช์ 5.6 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 สูตรการคำนวณที่ใช้ในการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดได้แบ่งการทดลองออกเป็น 5 แบบ คือ

1. ท่อเปล่า
2. ท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.2 ซม.
3. ท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.7 ซม.
4. ท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 4.4 ซม.
5. ท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 5.6 ซม.

โดยการทดลองแต่ละแบบ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง ผลการทดลองที่ได้จะนำมาทำการคำนวณหา ค่าต่างๆ ดังนี้

การหาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

ช่องลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ( $d$ ) = 18 cm. และ ความเร็วลมเฉลี่ย ( $v_{air}$ ) = 2.53 m/s

หาพื้นที่ของช่องลม ( $A$ )

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (4.1)$$

อัตราการไหลของอากาศ ( $\dot{m}_{air}$ )

$$\dot{m}_{air} = (\rho v A)_{air} \quad (4.2)$$

อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน ( $\dot{Q}_{air}$ )

$$\dot{Q}_{air} = \dot{m}_{air} (h_A - h_B) \quad (4.3)$$

โดยค่าเอนทาลปีหาได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก

กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ ( $Power_{comp}$ )

$$Power_{comp} = VI \cos \theta \quad (4.4)$$

$\cos \theta = 0.62$  หาได้จากการวัด โดยใช้ Clamp-on Power Meters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP)

คำนวณ โดยใช้อากาศ

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{air}}}{\text{Power}_{\text{comp}}} \quad (4.5)$$

คำนวณ โดยใช้ p-h diagram (ทางทฤษฎี)

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad (4.6)$$

การหาอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER)

$$\text{EER} = \text{COP} \times 3.412 \quad (4.7)$$

การหาค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ ( $Re_D$ )

$$Re_D = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{4\dot{m}}{\pi D \mu} \quad (4.8)$$

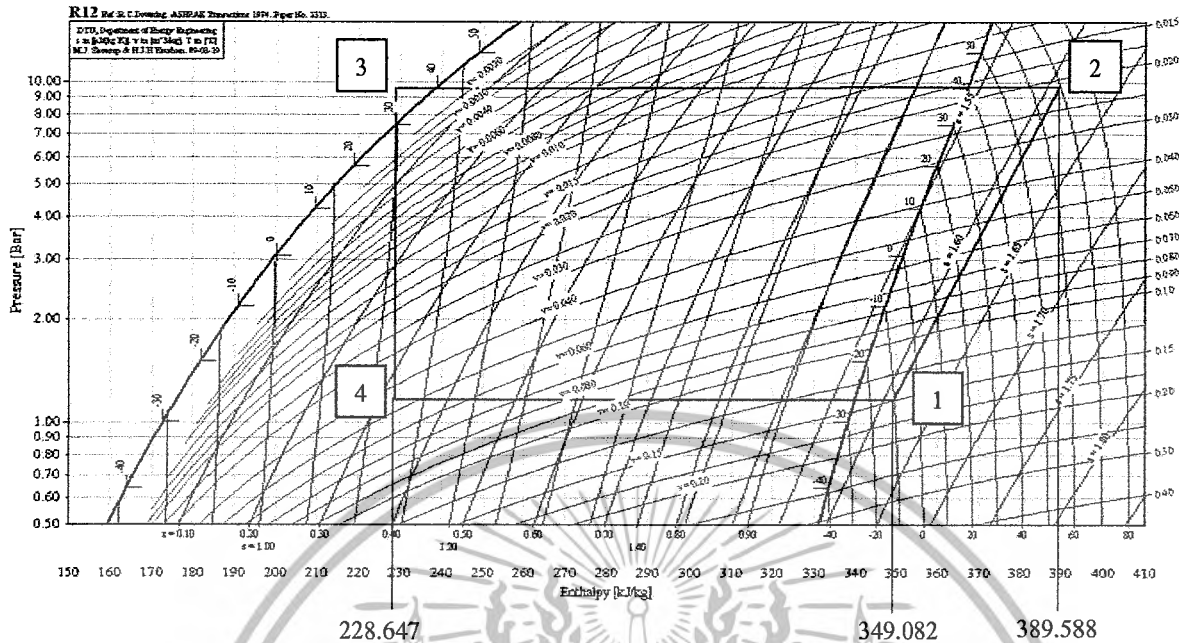
การหาค่านัสเซลท์นัมเบอร์ ( $Nu$ )

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad (4.9)$$

ใช้สมการของ Dittus-Boelter ในการหาค่า  $Nu$  ในที่นี้จะกำหนด  $n = 0.4$  สำหรับการทำให้ร้อน ( $T_s > T_m$ )

$$Nu = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n \quad (4.10)$$

## 4.2 การคำนวณค่า COP ทางทฤษฎี



กราฟที่ 4-1 แสดง p-h diagram ของท่อเปล่า

จาก P-h Diagram

ที่จุดที่ 1:  $T_1 = -10.60 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_1 = 16.9 \text{ psi} = 1.165 \text{ bar}$

$h_1 = 349.082 \text{ kJ/kg}$

ที่จุดที่ 2:  $T_2 = 69.67 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_2 = 140.5 \text{ psi} = 9.687 \text{ bar}$

$h_2 = 389.588 \text{ kJ/kg}$

ที่จุดที่ 3:  $T_3 = 30.70 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_3 = 138.5 \text{ psi} = 9.549 \text{ bar}$

$h_3 = 228.647 \text{ kJ/kg}$

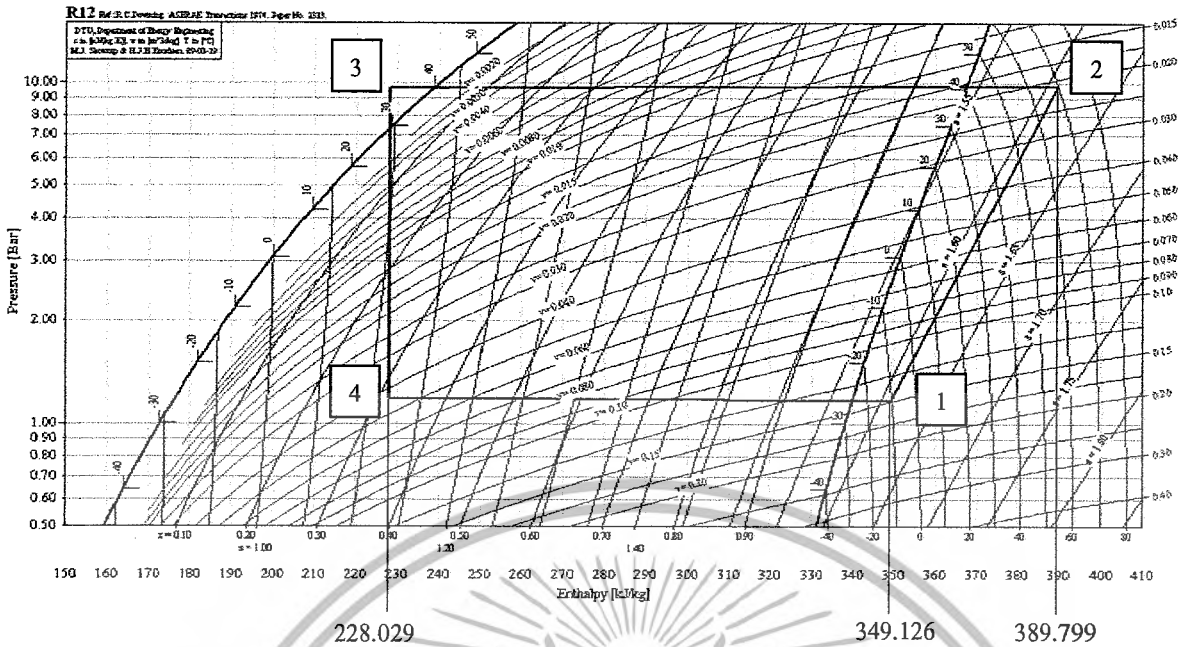
ที่จุดที่ 4:  $h_4 = h_3 = 228.647 \text{ kJ/kg}$

จากการทดลองอัตราการไหลของสารทำความเย็น ( $\dot{m}$ )  $0.090 \text{ kg/min}$

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{349.082 - 228.647}{389.588 - 349.082} = 2.973$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4-2 แสดง p-h diagram ของท่อใส่แผ่นปิกระยะ 3.2 ซม.

จาก P-h Diagram

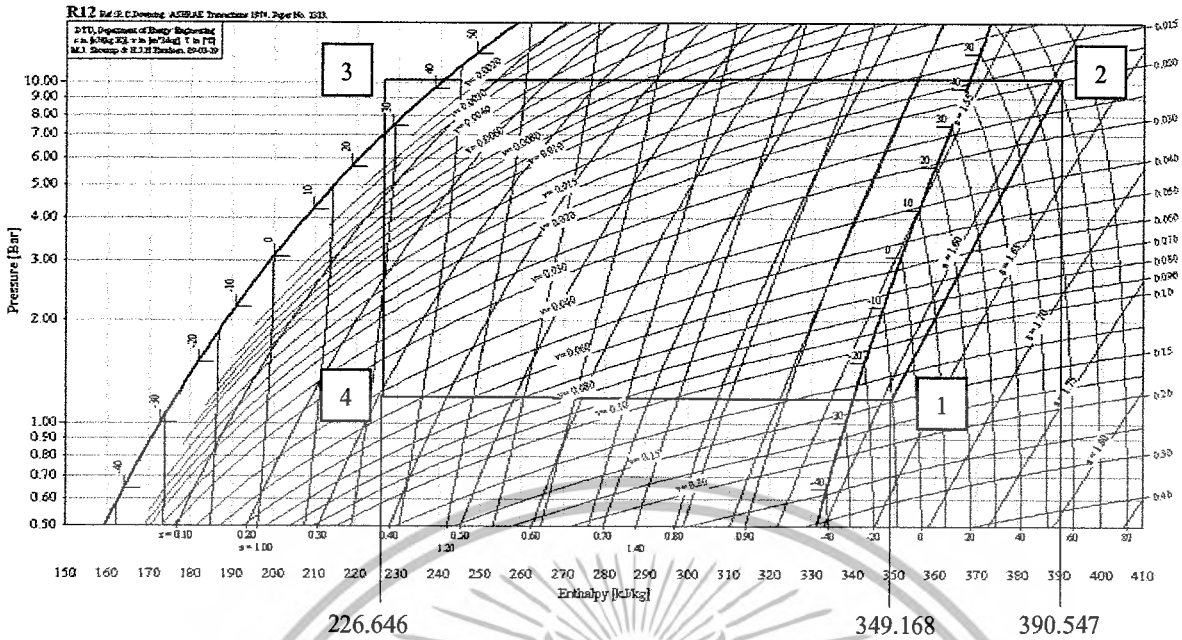
ที่จุดที่ 1: $T_1 = -10.50\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_1 = 17.0\text{ psi} = 1.172\text{ bar}$	$h_1 = 349.126\text{ kJ/kg}$
ที่จุดที่ 2: $T_2 = 70.19\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_2 = 142.5\text{ psi} = 9.825\text{ bar}$	$h_2 = 389.799\text{ kJ/kg}$
ที่จุดที่ 3: $T_3 = 30.20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_3 = 140.0\text{ psi} = 9.655\text{ bar}$	$h_3 = 228.029\text{ kJ/kg}$
ที่จุดที่ 4: $h_4 = h_3 = 228.029\text{ kJ/kg}$		

จากการทดลองอัตราการไหลของสารทำความเย็น ( $\dot{m}$ )  $0.105\text{ kg/min}$

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$\text{COP}_{\text{ref}, 3.2\text{cm.}} = \frac{349.126 - 228.029}{389.799 - 349.126} = 2.977$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4-3 แสดง p-h diagram ของท่อใส่แผ่นบิกระยะ 3.7 ซม.

จาก P-h Diagram

- ที่จุดที่ 1:  $T_1 = -10.40\text{ }^{\circ}\text{C}$        $P_1 = 17.1\text{ psi} = 1.180\text{ bar}$        $h_1 = 349.168\text{ kJ/kg}$
- ที่จุดที่ 2:  $T_2 = 71.89\text{ }^{\circ}\text{C}$        $P_2 = 148.5\text{ psi} = 10.204\text{ bar}$        $h_2 = 390.547\text{ kJ/kg}$
- ที่จุดที่ 3:  $T_3 = 28.50\text{ }^{\circ}\text{C}$        $P_3 = 146.0\text{ psi} = 10.136\text{ bar}$        $h_3 = 226.646\text{ kJ/kg}$
- ที่จุดที่ 4:  $h_4 = h_3 = 226.646\text{ kJ/kg}$

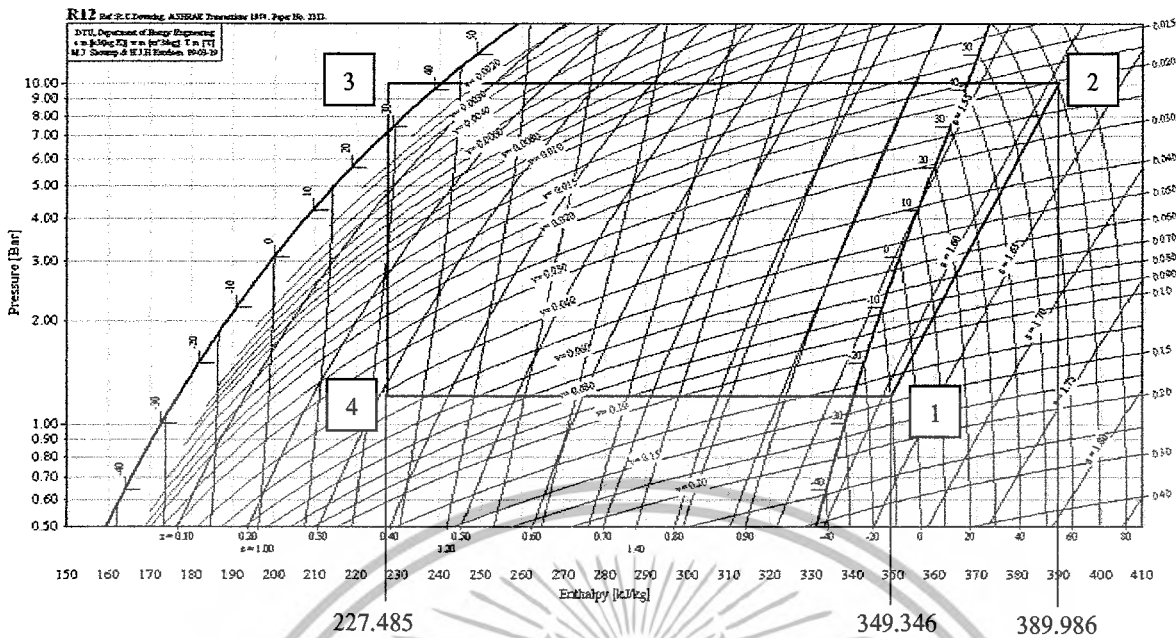
จากการทดลองอัตราการไหลของสารทำความเย็น ( $\dot{m}$ ) 0.110 kg/min

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$\text{COP}_{\text{ref}, 3.7\text{cm.}} = \frac{349.168 - 226.646}{390.547 - 349.168} = 2.961$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





กราฟที่ 4-5 แสดง p-h diagram ของท่อใต้แผ่นปีกระยะ 5.6 ซม.

จาก P-h Diagram

ที่จุดที่ 1: $T_1 = -10.00\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_1 = 17.5\text{ psi} = 1.207\text{ bar}$	$h_1 = 349.346\text{ kJ/kg}$
ที่จุดที่ 2: $T_2 = 70.96\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_2 = 146.5\text{ psi} = 10.101\text{ bar}$	$h_2 = 389.986\text{ kJ/kg}$
ที่จุดที่ 3: $T_3 = 28.1\text{ }^{\circ}\text{C}$	$P_3 = 144.5\text{ psi} = 9.790\text{ bar}$	$h_3 = 227.485\text{ kJ/kg}$
ที่จุดที่ 4: $h_4 = h_3 = 227.485\text{ kJ/kg}$		

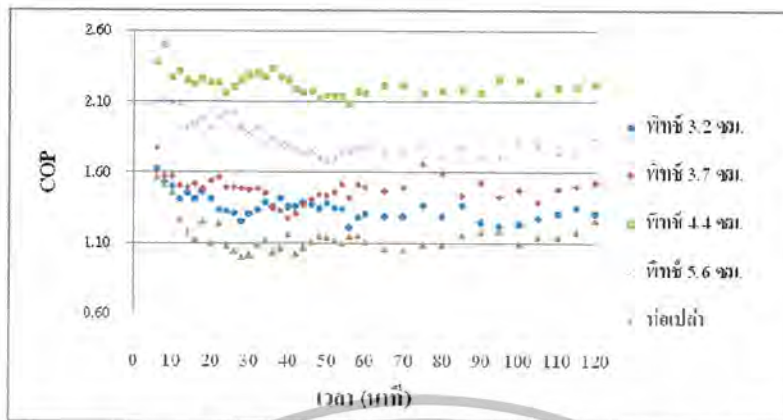
จากการทดลองอัตราการไหลของสารทำความเย็น ( $\dot{m}$ )  $0.100\text{ kg/min}$

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_4)}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$\text{COP}_{\text{ref}, 5.6\text{cm}} = \frac{349.346 - 227.485}{389.986 - 349.346} = 2.999$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การคำนวณค่า COP จากการทดลอง



กราฟที่ 4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง COP ของแผ่นปิดในระยะพิทช์ต่างๆ ต่อ เวลา

ตัวอย่างการคำนวณค่า COP จากการทดลอง

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (0.18)^2 = 0.0254 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{\text{air}} = (\rho v A)_{\text{air}} = 1.3 \times 2.53 \times 0.0254 = 0.0837 \text{ kg/s}$$

จากการทดลองท่อคอยล์ที่แผ่นปิดระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 1 ในนาทิตั้ง 60

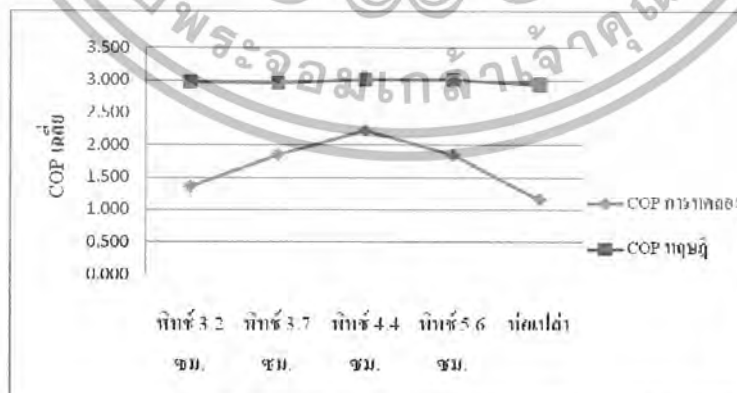
ที่จุด A:  $T_{w,A} = 14.3^\circ\text{C}$     $T_{d,A} = 24.9^\circ\text{C}$    จากแผนภูมิไซโครเมตริก  $h_A = 39.84 \text{ kJ/kg}$

ที่จุด B:  $T_{w,B} = 11.6^\circ\text{C}$     $T_{d,B} = 21.1^\circ\text{C}$    จากแผนภูมิไซโครเมตริก  $h_B = 32.93 \text{ kJ/kg}$

$$\dot{m}_{\text{air}} (h_A - h_B) = 0.0837 (39.84 - 32.93) = 0.601 \text{ kW}$$

$$\text{Power}_{\text{comp}} = VI \cos \theta = 230 \times 1.680 \times 0.62 = 0.251 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{air}}}{\text{Power}_{\text{comp}}} = \frac{0.601}{0.251} = 2.39$$



กราฟที่ 4-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นปิดในระยะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก COPเฉลี่ย

จะเห็นได้ว่าค่า COP ที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่า ทางทฤษฎี ที่คำนวณจากส่วนของสารทำ

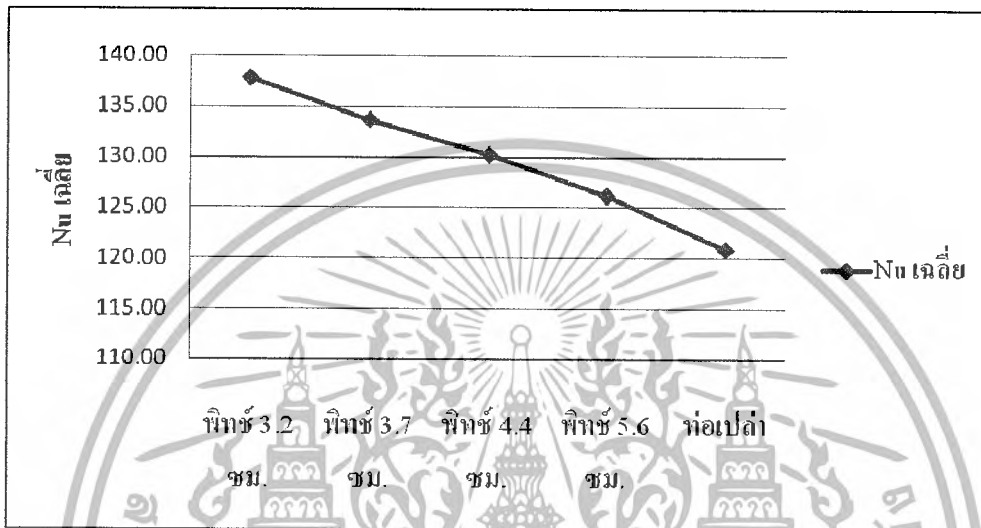
ความเย็น R12 โดย P-h diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

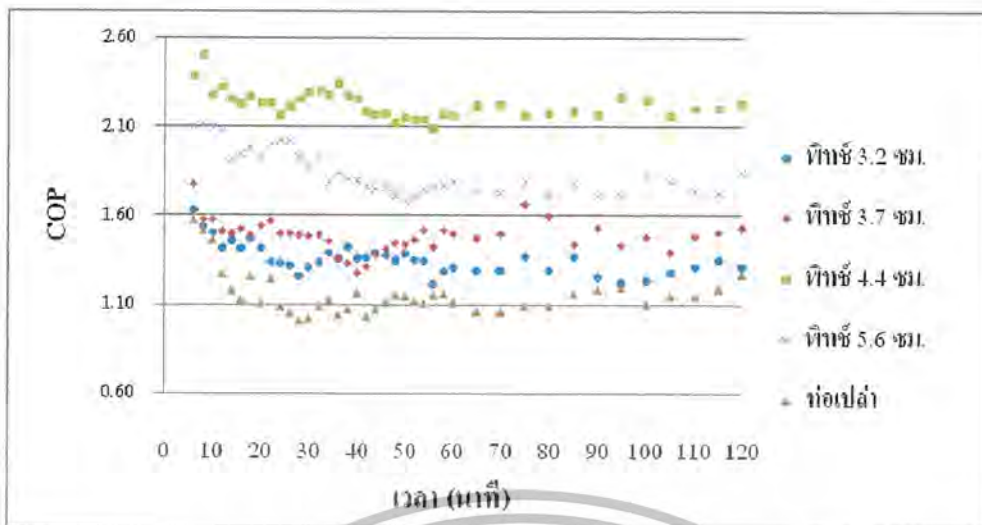
### วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

#### 5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง



กราฟที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบิดในระยหะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก Nu เฉลี่ย

1. จากกราฟที่ 5-1 จะเห็นได้ว่าที่ระยหะพิทช์ 3.2 ซม. จะมีค่าค่านัทเชลท์นัมเบอร์ (Nu) สูงกว่าแผ่นบิดที่มีระยหะพิทช์เท่ากับ 3.7 ซม., 4.4 ซม. และ 5.6 ซม. ตามลำดับ เนื่องจากการไหลแบบปั่นป่วนของแผ่นบิดที่ระยหะพิทช์ 3.2 ซม. มีลักษณะบิดโค้งงอมาก ชั้นซิดผิวจึงบางลง ทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและพื้นผิวภายในของท่อคอยล์ดีกว่าการใส่แผ่นบิดในระยหะพิทช์อื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามการใส่แผ่นบิดนั้นทำให้ค่าค่านัทเชลท์นัมเบอร์สูงกว่าท่อคอยล์ที่ไม่มีการใส่แผ่นบิด

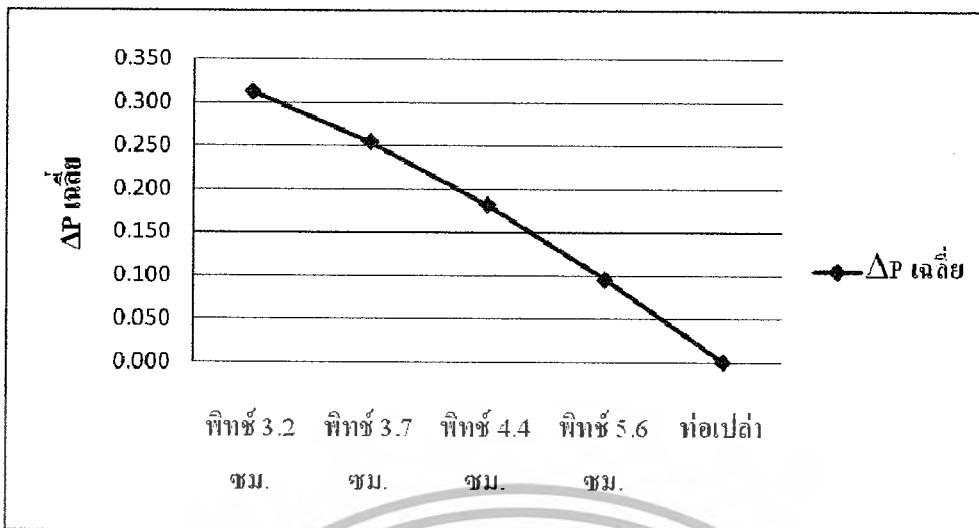


กราฟที่ 5-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง COP ของแผ่นบิดในระยะเวลาพิทช์ต่างๆ ต่อเวลา

- จากกราฟที่ 5-2 จะเห็นได้ว่าท่อคอยล์ที่มีการใส่แผ่นบิดระยะเวลาพิทช์ 4.4 ซม. จะมีค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP) มากที่สุด ส่วนระยะเวลาพิทช์ 5.6 ซม., 3.7 ซม. และระยะเวลาพิทช์ 3.2 ซม. มีค่าน้อยลงตามลำดับดังกราฟ

จากการใส่แผ่นบิดที่ระยะเวลาพิทช์ 3.2 และ 3.7 ซม. ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนมากเกินไปจึงเกิดน้ำแข็งเกาะที่บริเวณผิวท่อคอยล์ ซึ่งน้ำแข็งเหล่านั้นเกิดจากความชื้นที่มีในอากาศ น้ำแข็งมีคุณสมบัติเป็นฉนวน ดังนั้นหลังจากการเกิดน้ำแข็งแล้วอากาศจะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้น้อยลง จึงทำให้ค่า COP ลดลง การใส่แผ่นบิดระยะเวลาพิทช์ 4.4 และ 5.6 ซม. เกิดการไหลแบบปั่นป่วนในระดับที่พอเหมาะ น้ำแข็งจึงเกิดไม่เร็วเกินไป ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่สม่ำเสมอและเป็นไปตามทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งแผ่นบิดที่มีระยะเวลาพิทช์สั้นกว่าจะแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า เห็นได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อนของแผ่นบิดที่มีระยะเวลาพิทช์ 4.4 และ 5.6 ซม. จะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า 3.2 และ 3.7 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

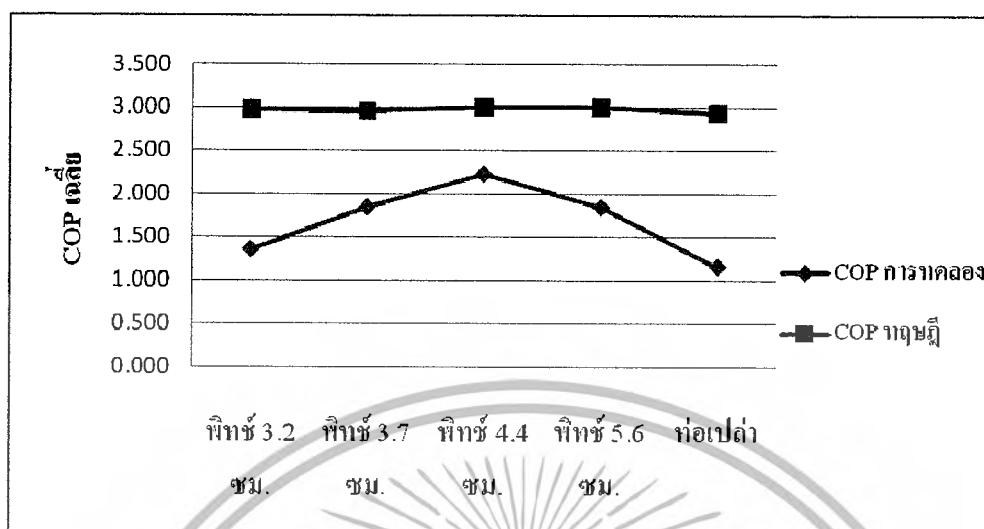


กราฟที่ 5-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบิดในระยะพิทช์ต่างๆ เทียบจาก  $\Delta P$  เฉลี่ย

- จากกราฟที่ 5-3 จะเห็นได้ว่าการใส่แผ่นบิดทำให้สารทำความเย็นเกิดความดันลด มากกว่าท่อคอยล์เปล่า และเมื่อลดระยะพิทช์จะทำให้ความดันลด เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยจากการทดลอง แผ่นบิดที่ทำให้เกิดความดันลดมากที่สุดก็คือแผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 3.2 ชม.
- จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใส่แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์น้อยไม่ได้ทำให้ค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP) ดีขึ้นเสมอไปแต่ก็ยังขึ้นอยู่กับกำลังงานที่ใช้ขับของคอมเพรสเซอร์ และปัจจัยการเกิดน้ำแข็งที่บริเวณผิวท่อคอยล์ซึ่งขัดขวางการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เกิดขึ้น
- จากผลการทดลอง ค่า COP ที่ได้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งค่า COP ตามปกติควรจะมีค่ามากกว่า 3.107 (ตามมาตรฐาน มอก.2134-2545) แต่ค่า COP การทดลองได้ค่า COP ที่สูงสุดมีค่าเพียง 2.223 จากการใส่แผ่นบิดระยะ 4.4 ชม.เนื่องมาจากการวางตัวของท่อคอยล์เย็นในการทดลองนั้นเป็นแนวยาวตามท่อลม ซึ่งทำให้แลกเปลี่ยนความร้อนได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 สรุปผลการทดลอง



กราฟที่ 5-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นบิดในระยะเวลาพิทช์ต่างๆ เทียบจาก COP เดลิเวอรี่

1. เมื่อเปรียบเทียบค่า Nu และค่าความดันตกของแผ่นบิดระยะเวลาพิทช์ต่างๆ จะเห็นว่าแผ่นบิดที่ระยะเวลาพิทช์ 3.2 ซม. จะให้ค่า Nu และความดันตกที่สูงกว่าแผ่นบิดที่ระยะเวลาพิทช์อื่นๆ นั่นแสดงว่าการถ่ายเทความร้อนและความดันตกของแผ่นบิดที่ระยะเวลาพิทช์ 3.2 ซม. เกิดขึ้นมากที่สุดด้วย
2. การใส่แผ่นบิดลงไปในท่อคอยล์ เป็นการเพิ่มความปั่นป่วนของการไหลในท่อคอยล์ให้เพิ่มมากขึ้น ทำให้การถ่ายเทความร้อนเพิ่มเกิดมากขึ้นด้วย โดยสังเกตได้จากค่า Nu ของท่อคอยล์ที่มีการใส่แผ่นบิดจะมีแนวโน้มมากขึ้นจากท่อคอยล์เปล่า
3. การใส่แผ่นบิดระยะเวลาพิทช์ต่างๆ ในท่อคอยล์นั้นทำให้ค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP) เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับท่อคอยล์เปล่าเพราะอัตราส่วนของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับกำลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์มีค่ามากกว่าท่อคอยล์เปล่า
4. เมื่อเปรียบเทียบค่า COP จากการทดลองและจากทฤษฎี จะเห็นได้ว่าค่า COP ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าน้อยกว่า เนื่องมาจากเกิดการสูญเสียจากการไหลของอากาศภายในอุโมงค์ลม เช่น การวางตัวของท่อคอยล์ การเกิดน้ำแข็งบริเวณท่อคอยล์ เป็นต้น
5. เนื่องจากการเกิดน้ำแข็งขึ้นบริเวณท่อคอยล์ที่เร็วเกินไปของการใส่แผ่นบิดที่มีระยะเวลาพิทช์น้อย ซึ่งไปขัดขวางขวางการแลกเปลี่ยนความร้อน จึงทำให้ค่า COP ของการใส่แผ่นบิดระยะเวลา 4.4 ซม. มีค่ามากที่สุด

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. จากโครงการนี้ สามารถยืนยันได้ว่า การใส่แผ่นบิคภายในท่อคอยล์ของเครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องทำความเย็นต่างๆ ทำให้การถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำความเย็นดีขึ้น
2. นอกจากการถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำความเย็นที่มากขึ้นแล้ว การใส่แผ่นบิคก็จะทำให้ความดันลดในท่อคอยล์เพิ่มมากขึ้นด้วย ถ้าถึงงานที่ใช้ปั๊มคอมเพรสเซอร์จึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามควรหาระยะพิทซ์ของแผ่นบิคที่เหมาะสมในการใช้งานจริง โดยอาจอ้างอิงข้อมูลเบื้องต้นจากผลการทดลองในโครงการฉบับนี้
3. การเกิดน้ำแข็งที่บริเวณท่อคอยล์นั้นก็ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง ดังนั้นการออกแบบเครื่องปรับอากาศที่ดีความลดการเกิดน้ำแข็งลงเพื่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่สูงขึ้น
4. ถ้าผู้ที่มีความสนใจทำโครงการนี้ต่อไปควรมีการปรับปรุงอุปกรณ์เพิ่มเติม ที่จะใช้ในระบบ เพื่อให้ความสามารถในการวัดผลต่างๆ ในการทดลองเพิ่มมากขึ้น



## บรรณานุกรม

- [1] รศ.ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์, “การถ่ายเทความร้อน”, มิถุนายน พ.ศ.2542
- [2] นิติเวช ทองนุช (2548) วิทยานิพนธ์, “การเพิ่มสมรรถนะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนโดยใช้แผ่นบิดแบ่งเป็นช่วงในท่อ”, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2548
- [3] อัครเดช สิทธุภัก, “การทำความเย็น”, ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] อัครเดช สิทธุภัก, “การปรับอากาศ”, ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] สมศักดิ์ สุโมตยกุล, “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- [6] Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, “Thermodynamics”, McGraw-Hill, 2002
- [7] S. K. Saha, U. N. Gaitonde and A. W. Date. Heat transfer and pressure drop characteristics of turbulent flow in a circular tube fitted with regularly spaced twisted-tape elements. *Experimental Thermal and Fluid Science*, Volume 3, Issue 6, November 1990, Pages 632-640.
- [8] Z. G. Xu, D. H. T. Gotham, M. W. Collins, J. E. R. Coney, C. G. W. Sheppard and S.Merdjani. A numerical and experimental study of turbulent flow through the evaporator coil in an air-conditioning unit. *International Journal of Refrigeration*, Volume 19, Issue 6, July 1996, Pages 369-381

## ภาคผนวก

### ข้อมูลผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 1-1 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 1

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	11.0	-16.5	11.0	-16.5	120.0	38.0	120.0	31.4	1.620
4	13.5	-14	13.5	-14	120.0	38.0	120.0	31.4	1.600
6	14.0	-13.5	14.0	-13.5	120.0	38.0	120.0	31.2	1.600
8	14.0	-13.5	14.0	-13.5	123.0	40.0	122.0	30.9	1.610
10	14.5	-12.8	14.5	-12.8	124.0	40.0	123.0	30.9	1.620
12	14.5	-12.8	14.5	-12.8	123.0	40.0	122.0	30.7	1.610
14	14.8	-12.5	14.8	-12.5	122.0	40.0	122.0	30.5	1.610
16	14.8	-12.5	14.8	-12.5	123.0	40.0	122.0	30.5	1.610
18	14.7	-12.6	14.7	-12.6	123.0	40.0	122.0	30.5	1.580
20	15.0	-12.3	15.0	-12.3	122.0	39.5	121.0	30.5	1.580
22	15.0	-12.3	15.0	-12.3	122.0	39.5	122.0	30.4	1.600
24	15.1	-12.3	15.1	-12.3	123.0	40.0	122.0	30.5	1.590
26	15.2	-12.2	15.2	-12.2	123.0	40.0	122.0	30.5	1.600
28	15.2	-12.2	15.2	-12.2	123.0	40.0	122.0	30.5	1.610
30	15.4	-12.1	15.4	-12.1	124.0	40.5	122.0	30.4	1.600
32	15.5	-12	15.5	-12	123.0	40.0	121.0	30.4	1.570
34	15.5	-12	15.5	-12	122.0	40.0	121.0	30.4	1.610
36	15.4	-12.1	15.4	-12.1	122.0	40.0	121.0	30.5	1.610
38	15.7	-11.8	15.7	-11.8	123.0	40.0	121.0	30.5	1.580
40	15.8	-11.7	15.8	-11.7	123.0	40.0	121.0	30.5	1.580
42	16.0	-11.5	16.0	-11.5	122.0	40.0	121.0	30.5	1.590
44	15.9	-11.6	15.9	-11.6	122.0	40.0	121.0	30.5	1.580
46	16.0	-11.5	16.0	-11.5	122.0	40.0	121.0	30.6	1.580
48	16.1	-11.4	16.1	-11.4	122.0	40.0	121.0	30.5	1.540
50	16.2	-11.3	16.2	-11.3	122.0	40.0	121.0	30.5	1.590
52	16.4	-11.1	16.4	-11.1	122.0	40.0	121.0	30.5	1.540
54	16.3	-11.2	16.3	-11.2	122.0	40.0	121.0	30.5	1.560
56	16.4	-11.1	16.4	-11.1	122.0	40.0	121.0	30.5	1.530
58	16.4	-11.1	16.4	-11.1	122.0	40.0	121.0	30.5	1.580
60	16.6	-10.9	16.6	-10.9	122.0	40.0	121.0	30.5	1.570
65	16.7	-10.8	16.7	-10.8	122.0	40.0	120.5	30.4	1.560
70	16.7	-10.8	16.7	-10.8	121.0	39.5	120.5	30.4	1.560
75	16.7	-10.8	16.7	-10.8	122.0	39.5	120.5	30.4	1.560
80	16.7	-10.8	16.7	-10.8	122.0	40.0	120.5	30.4	1.560
85	16.8	-10.7	16.8	-10.7	121.0	39.5	120.5	30.4	1.570
90	16.8	-10.7	16.8	-10.7	122.0	40.0	120.5	30.4	1.580
95	16.6	-10.9	16.6	-10.9	122.5	40.0	120.5	30.4	1.560
100	16.8	-10.7	16.8	-10.7	122.0	40.0	121.0	30.4	1.580
105	16.9	-10.6	16.9	-10.6	122.0	40.0	120.5	30.4	1.580
110	16.9	-10.6	16.9	-10.6	122.5	40.0	121.0	30.5	1.580
115	16.9	-10.6	16.9	-10.6	122.0	40.0	120.5	30.5	1.560
120	16.9	-10.6	16.9	-10.6	123.0	40.0	121.0	30.5	1.570

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 1-1 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time	$T_{w\text{ก่อนevap}}$	$T_{d\text{ก่อนevap}}$	$T_{w\text{หลังevap}}$	$T_{d\text{หลังevap}}$	$T_{w\text{หลังfan}}$	$T_{w\text{หลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	Power <sub>comp</sub>
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	19.4	27.0	18.0	25.0	18.4	26.5	0.090	0.242
4	18.7	27.0	17.2	24.8	17.8	26.0	0.100	0.239
6	16.8	26.3	15.2	24.0	15.0	25.2	0.100	0.239
8	15.6	25.6	14.0	23.0	14.7	24.4	0.095	0.241
10	15.0	25.0	13.5	22.3	14.0	23.7	0.090	0.242
12	14.8	24.4	13.2	21.9	13.5	23.2	0.095	0.241
14	14.5	24.1	13.0	21.6	13.2	22.8	0.095	0.241
16	14.4	24.0	13.0	21.4	13.2	22.6	0.095	0.241
18	14.2	23.8	12.9	21.2	13.2	22.4	0.090	0.236
20	14.2	23.7	12.8	21.0	13.1	22.3	0.090	0.236
22	14.0	23.5	12.5	20.9	13.0	22.1	0.090	0.239
24	14.0	23.4	12.4	20.8	12.9	21.9	0.090	0.238
26	13.8	23.2	12.3	20.6	12.8	21.8	0.090	0.239
28	13.8	23.0	12.2	20.5	12.5	21.7	0.090	0.241
30	13.7	23.0	12.1	20.4	12.4	21.6	0.090	0.239
32	13.4	22.9	11.9	20.1	12.2	21.4	0.095	0.235
34	13.2	22.7	11.3	19.9	11.9	21.2	0.095	0.241
36	13.0	22.5	11.0	19.7	11.7	21.0	0.095	0.241
38	12.7	22.2	11.0	19.6	11.5	21.0	0.095	0.236
40	12.7	22.1	10.9	19.4	11.2	20.8	0.095	0.236
42	12.5	22.0	10.8	19.3	11.1	20.7	0.095	0.238
44	12.3	21.9	10.7	19.2	11.1	20.6	0.095	0.236
46	12.2	21.8	10.6	19.1	11.1	20.4	0.090	0.236
48	12.2	21.7	10.6	19.0	11.0	20.4	0.095	0.230
50	12.2	21.8	10.6	19.0	11.0	20.3	0.090	0.238
52	12.2	21.8	10.6	19.0	11.0	20.3	0.090	0.230
54	12.2	21.8	10.6	19.0	11.0	20.3	0.090	0.233
56	12.2	21.7	10.5	19.0	11.0	20.3	0.090	0.229
58	12.2	21.8	10.5	19.0	11.0	20.3	0.095	0.236
60	12.2	21.7	10.5	19.0	11.0	20.3	0.095	0.235
65	12.0	21.5	10.4	18.8	11.0	20.1	0.095	0.233
70	12.0	21.4	10.4	18.8	11.0	20.1	0.095	0.233
75	12.0	21.4	10.4	18.8	10.9	20.0	0.095	0.233
80	12.0	21.1	10.2	18.6	10.8	20.0	0.095	0.233
85	11.9	21.0	10.2	18.4	10.7	19.8	0.095	0.235
90	11.9	21.0	10.2	18.4	10.7	19.8	0.095	0.236
95	11.9	21.0	10.2	18.4	10.7	19.8	0.095	0.233
100	12.0	21.1	10.2	18.4	10.7	19.9	0.095	0.236
105	12.0	21.1	10.2	18.4	10.7	19.9	0.095	0.236
110	12.0	21.1	10.2	18.4	10.7	19.8	0.095	0.236
115	12.0	21.1	10.2	18.4	10.7	19.8	0.095	0.233
120	11.9	21.0	10.2	18.4	10.7	19.8	0.095	0.235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 1-1 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time	$h_{f\text{oil, evap}}$	$h_{\text{น้ำ, evap}}$	$\Delta h_{\text{evap}}$	$\dot{Q}_{\text{air}}$	COP	EER	$P_{\text{น้ำ, evap}}$	$h_{\text{น้ำ, evap, ref}}$
(min)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kW)	-	-	(kPa)	(kJ/kg)
2	55.16	50.68	4.48	0.3750	1.55	5.28	75.8	346.53
4	52.86	48.21	4.65	0.3892	1.63	5.55	93.1	347.60
6	46.95	42.36	4.59	0.3842	1.61	5.48	96.5	347.81
8	43.45	39.07	4.38	0.3666	1.52	5.20	96.5	347.81
10	41.77	37.75	4.02	0.3365	1.39	4.74	100.0	348.15
12	41.23	36.97	4.26	0.3566	1.48	5.05	100.0	348.15
14	40.40	36.46	3.94	0.3298	1.37	4.67	102.0	348.28
16	40.13	36.46	3.67	0.3072	1.28	4.35	102.0	348.28
18	39.59	36.21	3.38	0.2829	1.20	4.09	101.4	348.23
20	39.60	35.95	3.65	0.3055	1.29	4.41	103.4	348.36
22	39.06	35.19	3.87	0.3239	1.35	4.62	103.4	348.36
24	39.06	34.94	4.12	0.3448	1.45	4.95	104.1	348.36
26	38.53	34.69	3.84	0.3214	1.34	4.58	104.8	348.39
28	38.53	34.44	4.09	0.3423	1.42	4.85	104.8	348.39
30	38.27	34.19	4.08	0.3415	1.43	4.87	106.2	348.42
32	37.48	33.69	3.79	0.3172	1.35	4.61	106.9	348.46
34	36.95	32.22	4.73	0.3959	1.64	5.61	106.9	348.46
36	36.44	31.49	4.95	0.4143	1.72	5.87	106.2	348.42
38	35.67	31.50	4.17	0.3490	1.48	5.04	108.2	348.55
40	35.67	31.26	4.41	0.3691	1.56	5.33	108.9	348.60
42	35.16	31.02	4.14	0.3465	1.46	4.97	110.3	348.68
44	34.66	30.78	3.88	0.3248	1.37	4.69	109.6	348.64
46	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.37	4.67	110.3	348.68
48	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.40	4.79	111.0	348.73
50	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.36	4.64	111.7	348.77
52	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.40	4.79	113.1	348.86
54	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.39	4.73	112.4	348.82
56	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.41	4.82	113.1	348.86
58	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.37	4.67	113.1	348.86
60	34.41	30.55	3.86	0.3231	1.38	4.70	114.5	348.95
65	33.91	30.08	3.83	0.3206	1.37	4.69	115.1	348.99
70	33.92	30.08	3.84	0.3214	1.38	4.70	115.1	348.99
75	33.92	30.08	3.84	0.3214	1.38	4.70	115.1	348.99
80	33.92	29.61	4.31	0.3607	1.55	5.28	115.1	348.99
85	33.67	29.61	4.06	0.3398	1.45	4.94	115.8	349.04
90	33.67	29.61	4.06	0.3398	1.44	4.91	115.8	349.04
95	33.67	29.61	4.06	0.3398	1.46	4.97	114.5	348.95
100	33.92	29.61	4.31	0.3607	1.53	5.21	115.8	349.04
105	33.92	29.61	4.31	0.3607	1.53	5.21	116.5	349.08
110	33.92	29.61	4.31	0.3607	1.53	5.21	116.5	349.08
115	33.92	29.61	4.31	0.3607	1.55	5.28	116.5	349.08
120	33.67	29.61	4.06	0.3398	1.45	4.94	116.5	349.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 1-2 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 2

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	9.0	-18.5	9.0	-18.5	123.0	40.0	122.0	31.9	1.540
4	12.0	-15.5	12.0	-15.5	120.0	39.5	120.0	31.8	1.550
6	13.0	-14.5	13.0	-14.5	120.0	39.5	119.0	30.9	1.580
8	13.2	-14.3	13.2	-14.3	122.0	40.0	121.0	30.9	1.570
10	13.3	-14.2	13.3	-14.2	122.0	40.0	120.0	30.6	1.590
12	13.5	-14	13.5	-14	123.0	40.0	121.0	30.4	1.600
14	13.5	-14	13.5	-14	123.0	40.0	121.0	30.6	1.600
16	14.0	-13.5	14.0	-13.5	123.0	40.0	121.0	30.8	1.580
18	13.9	-13.6	13.9	-13.6	123.5	40.0	121.0	30.8	1.580
20	14.0	-13.5	14.0	-13.5	123.0	40.0	121.0	30.6	1.600
22	14.3	-13.2	14.3	-13.2	123.0	40.0	121.0	30.6	1.570
24	14.4	-13	14.4	-13	124.0	40.0	121.0	30.6	1.600
26	14.4	-13	14.4	-13	124.0	40.0	121.0	30.6	1.570
28	14.5	-12.8	14.5	-12.8	124.0	40.0	121.0	30.8	1.570
30	14.6	-12.7	14.6	-12.7	124.0	40.0	121.0	30.6	1.540
32	15.0	-12.3	15.0	-12.3	124.0	40.0	122.0	30.6	1.560
34	15.0	-12.3	15.0	-12.3	123.0	40.0	121.0	30.8	1.570
36	15.1	-12.3	15.1	-12.3	123.0	40.0	121.0	30.8	1.570
38	15.0	-12.3	15.0	-12.3	124.0	40.0	121.0	30.8	1.590
40	15.2	-12.2	15.2	-12.2	124.0	40.5	122.0	30.6	1.570
42	15.4	-12.1	15.4	-12.1	124.0	40.5	122.0	30.6	1.580
44	15.4	-12.1	15.4	-12.1	124.0	40.5	121.0	30.6	1.570
46	15.4	-12.1	15.4	-12.1	124.0	40.0	121.0	30.4	1.580
48	15.7	-11.8	15.7	-11.8	124.0	40.0	121.0	30.4	1.580
50	16.0	-11.5	16.0	-11.5	124.0	40.0	122.0	30.4	1.600
52	15.9	-11.6	15.9	-11.6	124.0	40.0	121.0	30.5	1.550
54	16.1	-11.4	16.1	-11.4	123.0	40.0	121.0	30.7	1.580
56	16.3	-11.2	16.3	-11.2	124.0	40.0	121.0	30.6	1.580
58	16.4	-11.1	16.4	-11.1	124.0	40.0	121.0	30.6	1.570
60	16.4	-11.1	16.4	-11.1	123.0	40.0	121.0	30.7	1.590
65	16.6	-10.9	16.6	-10.9	122.5	40.0	122.0	30.6	1.600
70	16.6	-10.9	16.6	-10.9	123.0	40.0	121.0	30.6	1.570
75	16.6	-10.9	16.6	-10.9	123.0	40.0	121.0	30.7	1.610
80	17.0	-10.5	17.0	-10.5	123.0	40.0	121.0	30.6	1.620
85	17.0	-10.5	17.0	-10.5	123.0	40.0	121.0	30.6	1.570
90	17.1	-10.4	17.1	-10.4	124.0	40.0	121.0	30.4	1.610
95	17.0	-10.5	17.0	-10.5	123.5	40.0	121.0	30.8	1.580
100	17.0	-10.5	17.0	-10.5	123.0	40.0	121.0	30.8	1.610
105	17.0	-10.5	17.0	-10.5	123.0	40.0	121.0	30.6	1.590
110	17.0	-10.5	17.0	-10.5	124.0	40.0	121.0	30.6	1.590
115	17.1	-10.4	17.1	-10.4	123.5	40.0	121.0	30.8	1.590
120	17.1	-10.4	17.1	-10.4	125.0	40.5	124.0	30.6	1.600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1-2 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$T_{\text{วก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{ดก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{ดหลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$m_{\text{ref}}$ (kg/min)	$\text{Power}_{\text{comp}}$ (kW)
2	19.2	28.0	17.4	26.2	19.0	26.8	0.070	0.230
4	18.2	28.7	17.0	25.9	18.5	26.8	0.100	0.232
6	17.5	29.2	15.8	25.9	16.5	26.7	0.090	0.236
8	16.3	29.0	14.5	25.5	15.0	26.4	0.090	0.235
10	15.7	28.1	13.8	24.9	14.4	26.0	0.095	0.238
12	14.7	27.0	13.2	24.0	14.0	25.3	0.095	0.239
14	14.2	26.0	12.8	23.3	13.2	24.6	0.095	0.239
16	13.8	25.6	12.5	22.8	13.0	24.0	0.090	0.236
18	13.6	25.0	12.1	22.2	12.9	23.5	0.090	0.236
20	13.4	24.8	12.0	21.9	12.5	23.3	0.095	0.239
22	13.2	24.4	11.8	21.5	12.0	22.8	0.095	0.235
24	12.9	24.0	11.7	21.3	12.0	22.6	0.095	0.239
26	12.8	24.0	11.5	21.1	12.0	22.4	0.095	0.235
28	12.7	23.8	11.4	21.0	12.0	22.2	0.095	0.235
30	12.6	23.4	11.3	20.7	11.9	22.0	0.095	0.230
32	12.5	23.1	11.1	20.5	11.8	21.7	0.090	0.233
34	12.4	23.0	11.0	20.2	11.8	21.6	0.090	0.235
36	12.3	22.9	11.0	20.2	11.6	21.4	0.090	0.235
38	12.2	22.8	10.9	20.0	11.3	21.3	0.090	0.238
40	12.2	22.8	10.8	20.0	11.3	21.2	0.090	0.235
42	12.0	22.5	10.8	19.9	11.1	21.1	0.090	0.236
44	11.9	22.5	10.7	19.8	11.1	21.0	0.095	0.235
46	11.9	22.3	10.6	19.7	11.1	21.0	0.095	0.236
48	11.9	22.1	10.5	19.6	11.0	20.9	0.095	0.236
50	11.9	22.0	10.5	19.5	11.0	20.7	0.095	0.239
52	11.8	22.0	10.5	19.5	11.0	20.7	0.095	0.232
54	11.8	22.1	10.5	19.5	11.0	20.7	0.090	0.236
56	11.9	22.1	10.5	19.5	11.0	20.7	0.090	0.236
58	11.8	22.0	10.5	19.5	11.0	20.7	0.095	0.235
60	11.7	22.0	10.5	19.5	11.0	20.6	0.095	0.238
65	11.7	22.0	10.5	19.2	11.0	20.5	0.095	0.239
70	11.7	21.9	10.5	19.2	11.0	20.4	0.090	0.235
75	11.8	22.0	10.5	19.2	11.0	20.5	0.095	0.241
80	11.9	22.0	10.6	19.2	11.1	20.5	0.095	0.242
85	12.1	22.0	10.7	19.2	11.0	20.6	0.090	0.235
90	11.9	22.0	10.5	19.2	11.0	20.6	0.090	0.241
95	11.8	22.0	10.5	19.2	11.0	20.6	0.095	0.236
100	11.7	22.0	10.5	19.2	11.0	20.5	0.095	0.241
105	11.7	22.0	10.5	19.2	11.0	20.5	0.095	0.238
110	11.7	22.0	10.5	19.2	11.0	20.5	0.095	0.238
115	11.8	22.0	10.5	19.2	11.0	20.6	0.095	0.238
120	11.9	22.0	10.5	19.2	11.0	20.6	0.095	0.239

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1-2 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ท่อ evapor}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{ถัง evapor}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{ถัง evapor}}$ (kPa)	$h_{\text{ถัง evapor ref}}$ (kJ/kg)
2	54.46	48.47	5.99	0.5014	2.18	7.43	62.1	345.70
4	51.20	47.56	3.64	0.3047	1.31	4.49	82.7	346.96
6	48.99	44.02	4.97	0.4160	1.76	6.01	89.6	347.38
8	45.39	40.37	5.02	0.4202	1.79	6.11	91.0	347.46
10	43.67	38.49	5.18	0.4336	1.82	6.22	91.7	347.51
12	40.88	36.93	3.95	0.3306	1.38	4.72	93.1	347.60
14	39.54	35.90	3.64	0.3047	1.27	4.35	93.1	347.60
16	38.47	35.15	3.32	0.2779	1.18	4.01	96.5	347.81
18	37.96	34.15	3.81	0.3189	1.35	4.61	95.8	347.77
20	37.43	33.91	3.52	0.2946	1.23	4.20	96.5	347.81
22	36.92	33.42	3.50	0.2930	1.25	4.26	98.6	347.94
24	36.15	33.17	2.98	0.2494	1.04	3.56	99.3	348.04
26	35.89	32.68	3.21	0.2687	1.14	3.91	99.3	348.04
28	35.64	32.44	3.20	0.2678	1.14	3.89	100.0	348.15
30	35.39	32.20	3.19	0.2670	1.16	3.96	100.7	348.19
32	35.14	31.72	3.42	0.2863	1.23	4.19	103.4	348.36
34	34.89	31.48	3.41	0.2854	1.22	4.15	103.4	348.36
36	34.64	31.48	3.16	0.2645	1.13	3.84	104.1	348.35
38	34.39	31.25	3.14	0.2628	1.11	3.77	103.4	348.36
40	34.39	31.01	3.38	0.2829	1.21	4.11	104.8	348.39
42	33.89	31.01	2.88	0.2411	1.02	3.48	106.2	348.42
44	33.64	30.77	2.87	0.2402	1.02	3.49	106.2	348.42
46	33.65	30.54	3.11	0.2603	1.10	3.76	106.2	348.42
48	33.65	30.30	3.35	0.2804	1.19	4.05	108.2	348.55
50	33.65	30.30	3.35	0.2804	1.17	4.00	110.3	348.68
52	33.41	30.30	3.11	0.2603	1.12	3.83	109.6	348.64
54	33.40	30.30	3.10	0.2595	1.10	3.75	111.0	348.73
56	33.65	30.30	3.35	0.2804	1.19	4.05	112.4	348.82
58	33.41	30.30	3.11	0.2603	1.11	3.78	113.1	348.86
60	33.16	30.30	2.86	0.2394	1.01	3.44	113.1	348.86
65	33.16	30.31	2.85	0.2385	1.00	3.40	114.5	348.95
70	33.16	30.31	2.85	0.2385	1.02	3.47	114.5	348.95
75	33.41	30.31	3.10	0.2595	1.08	3.68	114.5	348.95
80	33.65	30.55	3.10	0.2595	1.07	3.66	117.2	349.13
85	34.15	30.78	3.37	0.2821	1.20	4.10	117.2	349.13
90	33.65	30.31	3.34	0.2796	1.16	3.96	117.9	349.17
95	33.41	30.31	3.10	0.2595	1.10	3.75	117.2	349.13
100	33.16	30.31	2.85	0.2385	0.99	3.38	117.2	349.13
105	33.16	30.31	2.85	0.2385	1.00	3.42	117.2	349.13
110	33.16	30.30	2.86	0.2394	1.01	3.44	117.2	349.13
115	33.41	30.31	3.10	0.2595	1.09	3.72	117.9	349.17
120	33.65	30.31	3.34	0.2796	1.17	3.99	117.9	349.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 1-3 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 3

Time	P <sub>ก่อนevap</sub>	T <sub>ก่อนevap</sub>	P <sub>หลังevap</sub>	T <sub>หลังevap</sub>	P <sub>หลังcomp</sub>	T <sub>หลังcomp</sub>	P <sub>หลังcond</sub>	T <sub>หลังcond</sub>	I <sub>comp</sub>
(min)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(amp)
2	12.0	-15.5	12.0	-15.5	139.0	44.0	136.0	30.8	1.610
4	13.0	-14.5	13.0	-14.5	139.0	44.0	137.0	30.8	1.620
6	14.5	-12.8	14.5	-12.8	139.0	44.0	137.0	30.6	1.620
8	15.0	-12.3	15.0	-12.3	139.5	44.5	137.5	30.5	1.630
10	16.0	-11.5	16.0	-11.5	140.0	44.5	138.0	30.6	1.640
12	15.5	-12	15.5	-12	140.0	44.5	138.0	30.7	1.650
14	15.5	-12	15.5	-12	140.0	44.5	138.0	30.6	1.610
16	15.8	-11.7	15.8	-11.7	140.5	44.5	138.0	30.6	1.610
18	15.8	-11.7	15.8	-11.7	140.0	44.5	138.0	30.7	1.600
20	16.0	-11.5	16.0	-11.5	140.0	44.5	138.0	30.6	1.620
22	16.0	-11.5	16.0	-11.5	140.0	44.5	138.0	30.6	1.610
24	16.0	-11.5	16.0	-11.5	140.0	44.5	138.0	30.6	1.630
26	16.0	-11.5	16.0	-11.5	140.0	44.5	138.0	30.6	1.600
28	16.0	-11.5	16.0	-11.5	140.0	44.5	138.0	30.6	1.610
30	16.2	-11.3	16.2	-11.3	140.0	44.5	138.0	30.6	1.610
32	16.2	-11.3	16.2	-11.3	140.0	44.5	138.0	30.6	1.610
34	16.2	-11.3	16.2	-11.3	141.0	45.0	139.0	30.6	1.630
36	16.2	-11.3	16.2	-11.3	141.0	45.0	139.0	30.6	1.610
38	16.2	-11.3	16.2	-11.3	141.0	45.0	139.0	30.8	1.610
40	16.2	-11.3	16.2	-11.3	141.0	45.0	139.0	30.8	1.620
42	16.2	-11.3	16.2	-11.3	141.0	45.0	139.0	30.8	1.610
44	16.2	-11.3	16.2	-11.3	141.0	45.0	139.0	30.6	1.630
46	16.7	-10.8	16.7	-10.8	140.5	44.5	138.0	30.8	1.610
48	16.7	-10.8	16.7	-10.8	140.5	44.5	138.5	30.8	1.630
50	16.9	-10.6	16.9	-10.6	140.5	44.5	139.0	30.9	1.630
52	16.9	-10.6	16.9	-10.6	140.5	44.5	138.5	30.9	1.630
54	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.0	45.0	139.0	30.7	1.630
56	17.0	-10.5	17.0	-10.5	140.5	44.5	139.0	30.9	1.620
58	17.0	-10.5	17.0	-10.5	140.5	44.5	139.0	30.9	1.620
60	16.9	-10.6	16.9	-10.6	140.5	44.5	138.5	30.7	1.610
65	16.9	-10.6	16.9	-10.6	140.5	44.5	139.0	30.8	1.610
70	16.9	-10.6	16.9	-10.6	141.0	45.0	139.0	30.9	1.630
75	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.0	45.0	139.0	30.9	1.630
80	17.0	-10.5	17.0	-10.5	140.5	44.5	139.0	30.8	1.620
85	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.0	45.0	139.0	30.6	1.620
90	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.5	45.0	140.0	31	1.610
95	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.0	45.0	139.5	30.9	1.610
100	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.5	45.0	139.5	30.9	1.610
105	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.5	45.0	139.5	30.8	1.620
110	17.0	-10.5	17.0	-10.5	141.5	45.0	139.5	30.9	1.620
115	17.0	-10.5	17.0	-10.5	140.5	44.5	138.5	30.9	1.630
120	17.0	-10.5	17.0	-10.5	140.5	44.5	139.0	30.8	1.630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1-3 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 3 (ต่อ)

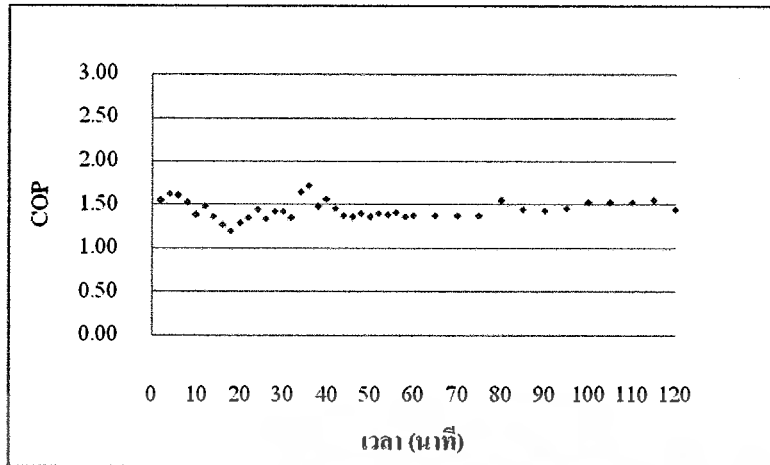
Time (min)	$T_{\text{วก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{ดก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{ดหลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{ว หลังfan}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$m_{\text{ref}}$ (kg/min)	Power <sub>comp</sub> (kW)
2	21.0	26.9	19.5	24.8	20.8	26.3	0.090	0.241
4	19.0	26.5	17.9	24.1	18.3	25.6	0.105	0.242
6	16.7	25.7	15.3	23.0	16.0	24.4	0.100	0.242
8	15.8	25.1	14.5	22.5	15.1	23.9	0.100	0.244
10	15.0	24.9	13.8	21.9	14.6	23.5	0.095	0.245
12	14.6	24.2	13.3	21.3	14.0	22.8	0.095	0.247
14	14.2	23.9	13.0	21.0	13.6	22.5	0.095	0.241
16	14.0	23.7	12.8	20.5	13.4	22.1	0.090	0.241
18	13.9	23.2	12.6	20.3	13.0	21.8	0.095	0.239
20	13.7	23.0	12.6	20.1	13.0	21.6	0.090	0.242
22	13.7	23.0	12.3	20.0	13.0	21.4	0.090	0.241
24	13.4	22.9	12.1	19.9	13.0	21.3	0.090	0.244
26	13.2	22.7	12.0	19.8	12.9	21.1	0.090	0.239
28	13.1	22.7	12.0	19.7	12.6	21.0	0.090	0.241
30	13.1	22.6	12.0	19.6	12.6	20.9	0.090	0.241
32	13.0	22.4	11.9	19.4	12.5	20.9	0.095	0.241
34	13.0	22.2	11.8	19.3	12.3	20.7	0.095	0.244
36	13.0	22.1	11.9	19.2	12.2	20.7	0.095	0.241
38	13.0	22.1	11.8	19.2	12.2	20.7	0.100	0.241
40	13.0	22.1	11.7	19.2	12.2	20.7	0.090	0.242
42	13.0	22.1	11.8	19.2	12.2	20.6	0.090	0.241
44	13.0	22.2	11.7	19.2	12.2	20.6	0.090	0.244
46	13.0	22.2	11.7	19.1	12.3	20.4	0.090	0.241
48	13.0	22.1	11.7	19.2	12.1	19.7	0.090	0.244
50	13.0	22.2	11.7	19.3	12.1	19.7	0.090	0.244
52	13.0	22.2	11.7	19.3	12.1	19.6	0.090	0.244
54	13.0	22.2	11.7	19.2	12.0	19.6	0.090	0.244
56	13.0	22.2	11.7	19.2	12.0	19.7	0.090	0.242
58	13.0	22.1	11.6	19.2	12.0	19.6	0.090	0.242
60	13.0	22.1	11.6	19.2	12.0	19.6	0.090	0.241
65	12.9	22.1	11.6	19.2	12.0	19.5	0.090	0.241
70	12.9	22.3	11.6	19.2	12.0	19.4	0.090	0.244
75	12.9	22.4	11.6	19.2	12.0	19.5	0.095	0.244
80	12.9	22.6	11.6	19.2	12.0	19.5	0.095	0.242
85	12.9	22.7	11.6	19.4	12.0	19.7	0.090	0.242
90	12.9	22.4	11.5	19.3	12.0	19.7	0.090	0.241
95	12.9	22.4	11.4	19.2	12.0	19.8	0.090	0.241
100	12.9	22.3	11.5	19.3	12.1	19.8	0.090	0.241
105	12.9	22.6	11.4	19.3	12.1	19.8	0.090	0.242
110	12.9	22.4	11.4	19.3	12.0	19.8	0.090	0.242
115	12.8	22.5	11.4	19.3	12.0	19.8	0.095	0.244
120	12.9	22.6	11.3	19.4	12.0	19.8	0.090	0.244

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

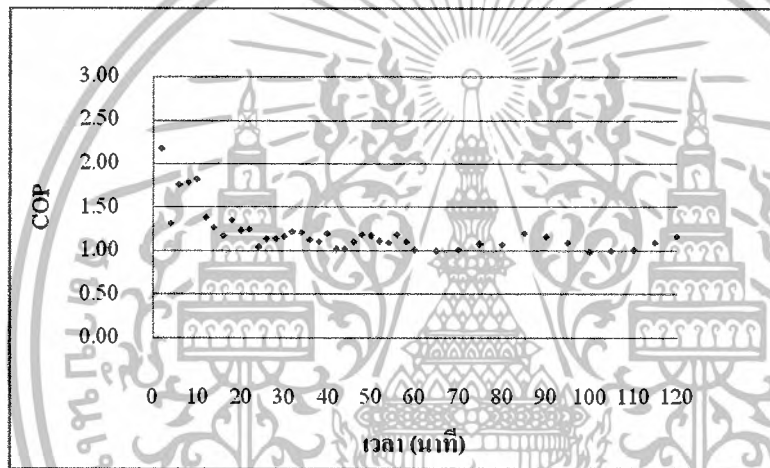
ตารางที่ 1-3 ผลการทดลองท่อเปล่า ครั้งที่ 3 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ท่อEvap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{น้ำEvap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{น้ำEvap}}$ (kPa)	$h_{\text{น้ำEvap ref}}$ (kJ/kg)
2	60.68	55.57	5.11	0.4277	1.78	6.06	82.7	346.96
4	53.85	50.40	3.45	0.2888	1.19	4.07	89.6	347.38
6	46.67	42.66	4.01	0.3356	1.39	4.73	100.0	348.15
8	44.04	40.44	3.60	0.3013	1.24	4.22	103.4	348.36
10	41.77	38.56	3.21	0.2687	1.10	3.74	110.3	348.68
12	40.68	37.25	3.43	0.2871	1.16	3.97	106.9	348.46
14	39.59	36.47	3.12	0.2611	1.08	3.70	106.9	348.46
16	39.05	35.97	3.08	0.2578	1.07	3.65	108.9	348.60
18	38.80	35.46	3.34	0.2796	1.17	3.99	108.9	348.60
20	38.27	35.46	2.81	0.2352	0.97	3.31	110.3	348.68
22	38.27	34.70	3.57	0.2988	1.24	4.24	110.3	348.68
24	37.48	34.20	3.28	0.2745	1.13	3.84	110.3	348.68
26	36.95	34.20	2.75	0.2302	0.96	3.28	110.3	348.68
28	36.69	34.20	2.49	0.2084	0.87	2.95	110.3	348.68
30	36.70	34.20	2.50	0.2093	0.87	2.97	111.7	348.77
32	36.44	33.71	2.73	0.2285	0.95	3.24	111.7	348.77
34	36.45	33.46	2.99	0.2503	1.03	3.50	111.7	348.77
36	36.45	33.71	2.74	0.2293	0.95	3.25	111.7	348.77
38	36.45	33.46	2.99	0.2503	1.04	3.55	111.7	348.77
40	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.12	3.82	111.7	348.77
42	36.45	33.46	2.99	0.2503	1.04	3.55	111.7	348.77
44	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.11	3.80	111.7	348.77
46	36.45	33.22	3.23	0.2704	1.12	3.83	115.1	348.99
48	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.11	3.80	115.1	348.99
50	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.11	3.80	116.5	349.08
52	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.11	3.80	116.5	349.08
54	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.11	3.80	117.2	349.13
56	36.45	33.21	3.24	0.2712	1.12	3.82	117.2	349.13
58	36.45	32.97	3.48	0.2913	1.20	4.10	117.2	349.13
60	36.45	32.97	3.48	0.2913	1.21	4.13	116.5	349.08
65	36.19	32.97	3.22	0.2695	1.12	3.82	116.5	349.08
70	36.18	32.97	3.21	0.2687	1.10	3.76	116.5	349.08
75	36.18	32.97	3.21	0.2687	1.10	3.76	117.2	349.13
80	36.18	32.97	3.21	0.2687	1.11	3.79	117.2	349.13
85	36.18	32.96	3.22	0.2695	1.11	3.80	117.2	349.13
90	36.18	32.72	3.46	0.2896	1.20	4.11	117.2	349.13
95	36.18	32.48	3.70	0.3097	1.29	4.39	117.2	349.35
100	36.18	32.72	3.46	0.2896	1.20	4.11	117.2	349.35
105	36.18	32.47	3.71	0.3105	1.28	4.37	117.2	349.35
110	36.18	32.47	3.71	0.3105	1.28	4.37	117.2	349.35
115	36.18	32.47	3.71	0.3105	1.27	4.35	117.2	349.35
120	36.18	32.23	3.95	0.3306	1.36	4.63	117.2	349.35

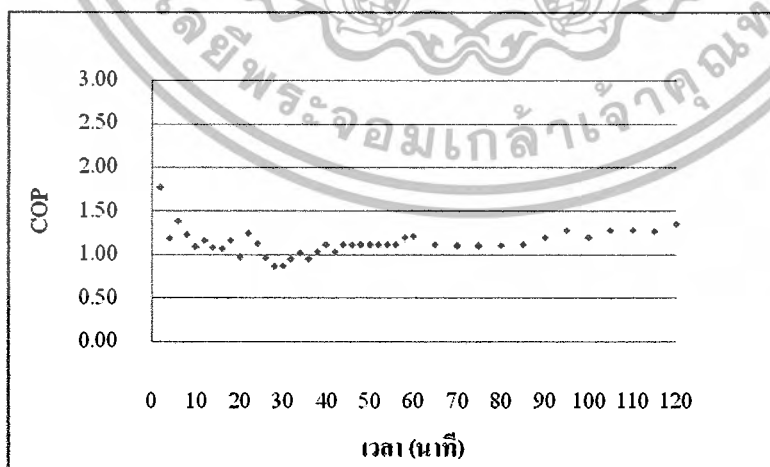
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ A-1 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อเปล่า ครั้งที่ 1



กราฟที่ A-2 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อเปล่า ครั้งที่ 2



กราฟที่ A-3 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อเปล่า ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 1

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	11.0	-16.5	10.8	-16.7	140.0	44.5	137.0	30.4	1.650
4	14.0	-13.5	13.7	-13.8	140.5	44.5	138.0	30.4	1.680
6	14.0	-13.5	13.8	-13.7	140.0	44.5	138.0	30.4	1.660
8	14.8	-12.5	14.3	-13.1	141.0	45.0	139.0	30.2	1.660
10	14.9	-12.4	14.4	-13	141.5	45.0	139.5	30.2	1.660
12	15.0	-12.3	14.6	-12.7	141.5	45.0	139.5	30.2	1.670
14	15.3	-12.1	15.0	-12.3	141.5	45.0	139.5	30.2	1.640
16	15.3	-12.1	15.2	-12.2	141.5	45.0	139.5	30.2	1.660
18	15.4	-12.1	15.3	-12.1	142.0	45.0	140.0	30.2	1.670
20	15.7	-11.8	15.3	-12.1	142.0	45.0	140.0	30.2	1.650
22	15.8	-11.7	15.5	-12	142.0	45.0	140.0	30.2	1.650
24	15.9	-11.6	15.6	-11.9	142.0	45.0	140.0	30.2	1.630
26	16.1	-11.4	15.8	-11.7	142.0	45.0	140.0	30.2	1.660
28	16.2	-11.3	15.8	-11.7	142.0	45.0	140.0	30.2	1.630
30	16.3	-11.2	15.9	-11.6	142.0	45.0	140.0	30.2	1.660
32	16.3	-11.2	16.0	-11.5	142.5	45.0	140.0	30.3	1.650
34	16.4	-11.1	16.0	-11.5	142.0	45.0	140.0	30.3	1.640
36	16.4	-11.1	16.0	-11.5	142.5	45.0	140.5	30.3	1.640
38	16.4	-11.1	16.0	-11.5	142.5	45.0	140.0	30.3	1.630
40	16.4	-11.1	16.0	-11.5	142.5	45.0	140.0	30.3	1.630
42	16.5	-11	16.3	-11.2	142.0	45.0	140.0	30.4	1.640
44	16.5	-11	16.3	-11.2	142.5	45.0	140.5	30.3	1.640
46	16.8	-10.7	16.5	-11	142.5	45.0	140.5	30.3	1.640
48	16.8	-10.7	16.5	-11	142.5	45.0	140.5	30.4	1.640
50	16.8	-10.7	16.5	-11	142.5	45.0	140.5	30.4	1.640
52	16.9	-10.6	16.5	-11	142.0	45.0	140.0	30.4	1.660
54	16.9	-10.6	16.5	-11	143.0	45.5	140.5	30.4	1.660
56	16.8	-10.7	16.5	-11	142.5	45.0	140.0	30.3	1.650
58	16.8	-10.7	16.4	-11.1	142.5	45.0	140.0	30.3	1.670
60	16.9	-10.6	16.6	-10.9	142.5	45.0	140.0	30.3	1.690
65	16.9	-10.6	16.6	-10.9	142.5	45.0	140.0	30.3	1.640
70	16.9	-10.6	16.6	-10.9	142.5	45.0	140.0	30.4	1.670
75	17.0	-10.5	16.6	-10.9	142.5	45.0	140.0	30.4	1.650
80	17.0	-10.5	16.6	-10.9	143.0	45.5	140.0	30.4	1.660
85	17.1	-10.4	17.0	-10.5	143.5	45.5	140.5	30.4	1.680
90	17.1	-10.4	17.0	-10.5	144.0	45.5	141.0	30.4	1.670
95	17.2	-10.3	17.0	-10.5	143.5	45.5	140.5	30.4	1.640
100	17.2	-10.3	17.0	-10.5	143.5	45.5	140.5	30.4	1.640
105	17.3	-10.2	17.0	-10.5	143.5	45.5	140.5	30.4	1.710
110	17.3	-10.2	17.0	-10.5	143.5	45.5	140.5	30.4	1.750
115	17.4	-10.1	17.1	-10.4	143.5	45.5	140.5	30.4	1.730
120	17.3	-10.2	17.1	-10.4	143.5	45.5	140.5	30.4	1.720

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 ผลการทดลองท่อสอดีเส้นบิต ระยะพิทซ์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time	$T_{\text{วก่อนvap}}$	$T_{\text{ดก่อนvap}}$	$T_{\text{วหลังvap}}$	$T_{\text{ดหลังvap}}$	$T_{\text{วหลังfan}}$	$T_{\text{วหลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	Power <sub>comp</sub>
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	20.7	27.8	19.8	25.8	20.1	26.0	0.095	0.247
4	18.3	27.9	17.0	25.1	18.5	25.0	0.100	0.251
6	16.6	27.2	14.9	24.4	15.7	24.5	0.120	0.248
8	15.2	26.8	13.7	23.6	14.5	23.7	0.120	0.248
10	14.8	26.2	13.1	23.0	14.0	23.1	0.110	0.248
12	14.4	25.9	12.9	22.6	13.7	22.8	0.110	0.250
14	14.1	25.6	12.8	22.3	13.2	22.5	0.120	0.245
16	14.0	25.2	12.6	22.0	13.1	22.2	0.110	0.248
18	13.9	25.0	12.4	21.9	13.0	22.0	0.110	0.250
20	13.8	25.0	12.3	21.7	13.0	21.9	0.110	0.247
22	13.7	24.9	12.2	21.6	13.0	21.6	0.110	0.247
24	13.8	24.8	12.1	21.4	12.9	21.5	0.110	0.244
26	13.7	24.5	12.0	21.3	12.8	21.4	0.110	0.248
28	13.5	24.4	12.0	21.1	12.7	21.2	0.105	0.244
30	13.4	24.2	12.0	21.0	12.7	21.1	0.110	0.248
32	13.4	24.2	12.0	21.0	12.5	21.1	0.105	0.247
34	13.4	24.2	11.9	21.0	12.4	21.0	0.105	0.245
36	13.3	24.1	11.9	20.9	12.4	21.0	0.110	0.245
38	13.3	24.2	11.8	20.9	12.4	21.0	0.120	0.244
40	13.2	24.2	11.8	20.8	12.3	21.0	0.110	0.244
42	13.2	24.2	11.8	20.8	12.2	21.0	0.105	0.245
44	13.2	24.1	11.8	20.8	12.2	21.0	0.105	0.245
46	13.3	24.1	11.8	20.8	12.3	21.0	0.105	0.245
48	13.3	24.2	11.9	20.9	12.4	21.0	0.105	0.245
50	13.3	24.1	11.9	20.8	12.4	21.0	0.110	0.245
52	13.3	24.1	11.9	20.8	12.4	21.0	0.110	0.248
54	13.3	24.1	11.9	20.8	12.4	21.0	0.110	0.248
56	13.3	24.1	11.9	20.8	12.4	21.0	0.110	0.247
58	13.3	24.1	11.9	20.8	12.4	21.0	0.110	0.250
60	13.2	24.1	11.9	20.8	12.3	21.0	0.110	0.253
65	13.2	24.2	11.9	20.8	12.4	21.0	0.110	0.245
70	13.3	24.4	11.9	20.9	12.4	21.0	0.110	0.250
75	13.7	24.7	12.0	21.0	12.7	21.0	0.110	0.247
80	13.8	24.8	12.0	21.0	12.8	21.1	0.110	0.248
85	13.9	24.8	12.0	21.0	12.8	21.1	0.110	0.251
90	13.6	24.3	12.0	20.9	12.8	21.2	0.110	0.250
95	13.4	24.1	12.0	20.8	12.6	21.0	0.110	0.245
100	13.2	24.0	11.8	20.6	12.3	20.8	0.105	0.245
105	13.1	23.9	11.8	20.6	12.1	20.7	0.110	0.256
110	13.1	23.8	11.7	20.3	12.1	20.5	0.110	0.262
115	13.0	23.9	11.7	20.3	12.1	20.4	0.110	0.259
120	13.1	23.9	11.7	20.3	12.1	20.3	0.110	0.257

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ก่อนevap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{หลังevap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{หลังevap}}$ (kPa)	$h_{\text{หลังevap ref}}$ (kJ/kg)
2	59.59	56.55	3.04	0.2544	1.03	3.52	74.5	346.45
4	51.54	47.59	3.95	0.3306	1.32	4.49	94.5	347.68
6	46.33	41.50	4.83	0.4043	1.63	5.56	95.1	347.73
8	42.28	38.25	4.03	0.3373	1.36	4.64	98.6	348.00
10	41.18	36.69	4.49	0.3758	1.51	5.17	99.3	348.04
12	40.09	36.18	3.91	0.3273	1.31	4.47	100.7	348.19
14	39.28	35.93	3.35	0.2804	1.14	3.90	103.4	348.36
16	39.02	35.42	3.60	0.3013	1.21	4.14	104.8	348.39
18	38.72	34.91	3.81	0.3189	1.28	4.36	105.5	348.44
20	38.49	34.66	3.83	0.3206	1.30	4.43	105.5	348.44
22	38.22	34.41	3.81	0.3189	1.29	4.41	106.9	348.46
24	38.49	34.17	4.32	0.3616	1.48	5.06	107.6	348.51
26	38.23	33.92	4.31	0.3607	1.45	4.96	108.9	348.60
28	37.70	33.92	3.78	0.3164	1.30	4.43	108.9	348.60
30	37.45	33.92	3.53	0.2955	1.19	4.06	109.6	348.64
32	37.45	33.92	3.53	0.2955	1.20	4.09	110.3	348.68
34	37.45	33.67	3.78	0.3164	1.29	4.40	110.3	348.68
36	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.20	4.09	110.3	348.68
38	37.18	33.43	3.75	0.3139	1.29	4.39	110.3	348.68
40	36.92	33.43	3.49	0.2921	1.20	4.09	110.3	348.68
42	36.92	33.43	3.49	0.2921	1.19	4.07	112.4	348.82
44	36.92	33.43	3.49	0.2921	1.19	4.07	112.4	348.82
46	37.19	33.43	3.76	0.3147	1.28	4.38	113.8	348.90
48	36.92	33.68	3.24	0.2712	1.11	3.77	113.8	348.90
50	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.20	4.09	113.8	348.90
52	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.18	4.04	113.8	348.90
54	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.18	4.04	113.8	348.90
56	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.19	4.06	113.8	348.90
58	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.18	4.01	113.1	348.87
60	37.19	33.68	3.51	0.2938	1.16	3.97	114.5	348.95
65	36.92	33.68	3.24	0.2712	1.11	3.77	114.5	348.95
70	37.18	33.68	3.50	0.2930	1.17	4.00	114.5	348.95
75	38.23	33.92	4.31	0.3607	1.46	4.99	114.5	348.95
80	38.49	33.92	4.57	0.3825	1.54	5.26	114.5	348.95
85	38.76	33.92	4.84	0.4051	1.61	5.50	117.2	349.13
90	37.97	33.93	4.04	0.3381	1.35	4.62	117.2	349.13
95	37.52	33.93	3.59	0.3005	1.23	4.18	117.2	349.13
100	36.93	33.43	3.50	0.2930	1.19	4.08	117.2	349.13
105	36.67	33.43	3.24	0.2712	1.06	3.62	117.2	349.13
110	36.67	33.19	3.48	0.2913	1.11	3.80	117.2	349.13
115	36.41	33.19	3.22	0.2695	1.04	3.56	117.9	349.17
120	36.67	33.19	3.48	0.2913	1.13	3.86	117.9	349.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 ผลการทดลองท่อสอดีเส้นผ่านมิต ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 2

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	11.9	-15.6	11.6	-16.0	141.5	44.5	137.5	30.2	1.630
4	13.8	-13.7	13.5	-14.0	138.0	43.5	136.0	30.2	1.650
6	15.3	-12.1	15.0	-12.3	140.0	44.5	137.5	29.7	1.660
8	15.8	-11.7	15.5	-12.0	140.0	44.5	138.0	29.7	1.660
10	16.2	-11.3	16.0	-11.5	140.5	44.5	138.5	29.6	1.660
12	16.3	-11.2	16.0	-11.5	141.0	44.5	139.0	29.6	1.660
14	16.3	-11.2	16.0	-11.5	141.0	44.5	139.0	29.6	1.660
16	16.4	-11.1	16.2	-11.3	141.0	44.5	139.0	29.6	1.670
18	16.5	-11	16.2	-11.3	141.5	45.0	139.0	29.6	1.680
20	16.7	-10.8	16.4	-11.1	141.5	45.0	139.0	29.6	1.690
22	16.7	-10.8	16.4	-11.1	141.5	45.0	139.0	29.9	1.650
24	16.8	-10.7	16.4	-11.1	141.5	45.0	139.0	29.9	1.660
26	16.9	-10.6	16.5	-11.0	141.5	45.0	139.0	29.9	1.650
28	16.9	-10.6	16.5	-11.0	141.5	45.0	139.0	29.9	1.660
30	16.9	-10.6	16.5	-11.0	141.5	45.0	139.0	30.0	1.650
32	17.0	-10.5	16.7	-10.8	142.0	45.0	139.5	30.1	1.660
34	17.0	-10.5	16.7	-10.8	142.0	45.0	139.5	30.1	1.650
36	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	140.0	30.2	1.670
38	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
40	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.670
42	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	45.0	139.5	30.1	1.640
44	17.2	-10.3	16.8	-10.7	141.5	45.0	139.5	30.1	1.650
46	17.2	-10.3	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.1	1.680
48	17.2	-10.3	16.8	-10.7	141.5	45.0	139.5	30.1	1.690
50	17.3	-10.2	17.0	-10.5	141.5	45.0	139.5	30.2	1.680
52	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
54	17.3	-10.2	17.0	-10.5	141.5	45.0	139.5	30.2	1.660
56	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
58	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.0	45.0	140.0	30.2	1.660
60	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.680
65	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.670
70	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.660
75	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.3	1.680
80	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.660
85	17.5	-10	17.1	-10.4	142.0	45.0	140.0	30.2	1.680
90	17.3	-10.2	17.1	-10.4	142.5	45.0	140.0	30.2	1.670
95	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.650
100	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.670
105	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.650
110	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.2	1.670
115	17.3	-10.2	17.0	-10.5	142.5	45.0	140.0	30.3	1.670
120	17.3	-10.2	17.1	-10.4	142.5	45.0	140.0	30.3	1.690

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 ผลการทดลองท่อสอดีเส้นผ่านมิต ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$T_{\text{วก่อนvap}}$ (°C)	$T_{\text{ดก่อนvap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังvap}}$ (°C)	$T_{\text{ดหลังvap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$m_{\text{ref}}$ (kg/min)	Power <sub>comp</sub> (kW)
2	21.2	27.0	19.6	24.8	21.0	25.1	0.095	0.244
4	19.5	27.1	18.3	24.6	19.0	24.8	0.105	0.247
6	18.0	27.0	16.3	23.9	17.2	24.0	0.105	0.248
8	16.4	26.4	14.8	23.0	15.5	23.2	0.110	0.248
10	15.6	26.0	14.0	22.6	14.9	22.7	0.105	0.248
12	15.1	25.6	13.6	22.0	14.3	22.2	0.105	0.248
14	15.0	25.1	13.3	21.7	14.0	21.9	0.110	0.248
16	14.8	25.0	13.2	21.6	14.0	21.8	0.110	0.250
18	14.7	24.9	13.0	21.2	14.0	21.6	0.105	0.251
20	14.6	24.7	13.0	21.1	13.8	21.2	0.110	0.253
22	14.4	24.6	12.9	21.0	13.6	21.1	0.105	0.247
24	14.3	24.4	12.9	20.9	13.6	21.0	0.110	0.248
26	14.2	24.2	12.7	20.8	13.4	21.0	0.105	0.247
28	14.0	24.1	12.6	20.6	13.2	21.0	0.105	0.248
30	14.0	24.0	12.4	20.5	13.1	20.9	0.105	0.247
32	14.0	24.0	12.4	20.5	13.0	20.8	0.110	0.248
34	14.0	24.0	12.3	20.4	13.0	20.6	0.105	0.247
36	13.9	23.9	12.3	20.3	13.0	20.5	0.110	0.250
38	13.9	23.9	12.2	20.2	13.0	20.4	0.105	0.247
40	13.8	23.9	12.1	20.2	12.9	20.3	0.105	0.250
42	13.8	23.8	12.1	20.1	12.9	20.3	0.110	0.245
44	13.7	23.6	12.0	20.0	12.9	20.2	0.110	0.247
46	13.7	23.6	12.0	20.0	12.9	20.2	0.105	0.251
48	13.7	23.6	12.0	20.0	12.8	20.2	0.110	0.253
50	13.7	23.7	12.0	20.0	12.8	20.2	0.105	0.251
52	13.7	23.8	12.0	20.0	12.8	20.2	0.110	0.247
54	13.7	23.8	12.0	20.0	12.8	20.2	0.110	0.248
56	13.2	23.7	12.0	20.0	12.8	20.2	0.105	0.247
58	13.6	23.7	12.0	20.0	12.7	20.2	0.105	0.248
60	13.6	23.7	11.9	20.0	12.7	20.2	0.110	0.251
65	13.5	23.7	11.9	20.0	12.7	20.2	0.110	0.250
70	13.5	23.7	11.9	20.0	12.7	20.1	0.110	0.248
75	13.4	23.6	11.8	20.0	12.6	20.1	0.110	0.251
80	13.3	23.4	11.9	20.0	12.4	20.1	0.110	0.248
85	13.3	23.4	11.8	20.0	12.4	20.1	0.105	0.251
90	13.3	23.4	11.8	20.0	12.4	20.1	0.105	0.250
95	13.3	23.4	11.8	20.0	12.4	20.1	0.110	0.247
100	13.4	23.4	11.8	20.0	12.4	20.1	0.110	0.250
105	13.4	23.4	11.8	20.0	12.4	20.1	0.120	0.247
110	13.4	23.9	11.8	20.0	12.4	20.2	0.120	0.250
115	13.4	23.9	11.8	20.1	12.5	20.3	0.110	0.250
120	13.2	23.7	11.7	20.0	12.3	20.1	0.110	0.253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 ผลการทดลองที่ถอดไล่แผ่นบิต ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{flood, evap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{หลัง, evap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{หลัง, evap}}$ (kPa)	$h_{\text{หลัง, evap, ref}}$ (kJ/kg)
2	61.40	55.91	5.49	0.4595	1.89	6.43	80.0	346.73
4	55.49	51.65	3.84	0.3214	1.30	4.45	93.1	347.60
6	50.62	45.53	5.09	0.4260	1.72	5.86	103.4	348.36
8	45.76	41.26	4.50	0.3767	1.52	5.18	106.9	348.46
10	43.44	39.08	4.36	0.3649	1.47	5.02	110.3	348.68
12	42.03	38.02	4.01	0.3356	1.35	4.61	110.3	348.68
14	41.77	37.01	4.76	0.3984	1.61	5.48	110.3	348.68
16	41.21	36.98	4.23	0.3541	1.42	4.84	111.7	348.77
18	40.92	36.47	4.45	0.3725	1.48	5.06	111.7	348.77
20	40.66	36.47	4.19	0.3507	1.39	4.74	113.1	348.86
22	40.12	36.21	3.91	0.3273	1.33	4.53	113.1	348.86
24	39.85	36.22	3.63	0.3038	1.22	4.18	113.1	348.86
26	39.58	35.70	3.88	0.3248	1.32	4.49	113.8	348.90
28	39.04	35.45	3.59	0.3005	1.21	4.13	113.8	348.90
30	39.05	34.94	4.11	0.3440	1.39	4.76	113.8	348.90
32	39.05	34.94	4.11	0.3440	1.39	4.73	115.1	348.99
34	39.05	34.69	4.36	0.3649	1.48	5.05	115.1	348.99
36	38.76	34.69	4.07	0.3407	1.36	4.66	115.8	349.04
38	38.76	34.44	4.32	0.3616	1.47	5.00	115.8	349.04
40	38.51	34.44	4.07	0.3407	1.36	4.66	115.8	349.04
42	38.52	34.44	4.08	0.3415	1.39	4.75	115.8	349.04
44	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.46	4.99	115.8	349.04
46	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.44	4.90	115.8	349.04
48	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.43	4.87	115.8	349.04
50	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.44	4.90	117.2	349.13
52	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.46	4.99	117.2	349.13
54	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.45	4.96	117.2	349.13
56	36.93	33.94	2.99	0.2503	1.01	3.46	117.2	349.13
58	37.99	33.94	4.05	0.3390	1.37	4.66	117.2	349.13
60	37.99	33.69	4.30	0.3599	1.43	4.89	117.2	349.13
65	37.72	33.69	4.03	0.3373	1.35	4.61	117.2	349.13
70	37.72	33.69	4.03	0.3373	1.36	4.64	117.2	349.13
75	37.46	33.45	4.01	0.3356	1.34	4.56	117.2	349.13
80	37.20	33.69	3.51	0.2938	1.18	4.04	117.2	349.13
85	37.20	33.45	3.75	0.3139	1.25	4.26	117.9	349.17
90	37.20	33.45	3.75	0.3139	1.26	4.29	117.9	349.17
95	37.20	33.45	3.75	0.3139	1.27	4.34	117.2	349.13
100	37.46	33.45	4.01	0.3356	1.34	4.59	117.2	349.13
105	37.46	33.45	4.01	0.3356	1.36	4.64	117.2	349.13
110	37.45	33.45	4.00	0.3348	1.34	4.58	117.2	349.13
115	37.45	33.44	4.01	0.3356	1.34	4.59	117.2	349.13
120	36.93	33.20	3.73	0.3122	1.24	4.22	117.9	349.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3 ผลการทดลองท่อสอดีเส้นผ่านบิด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 3

Time	P <sub>ก่อนevap</sub>	T <sub>ก่อนevap</sub>	P <sub>หลังevap</sub>	T <sub>หลังevap</sub>	P <sub>หลังcomp</sub>	T <sub>หลังcomp</sub>	P <sub>หลังcond</sub>	T <sub>หลังcond</sub>	I <sub>comp</sub>
(min)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(amp)
2	13.8	-13.7	13.4	-14.1	142.0	45.0	138.5	30.4	1.640
4	14.8	-12.5	14.4	-14.1	139.0	44.0	137.0	30.4	1.640
6	15.3	-12.1	15.0	-12.3	140.0	44.5	138.0	30.2	1.660
8	16.3	-11.2	15.0	-12.3	140.5	44.5	138.0	30.0	1.690
10	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.0	44.5	138.5	30.0	1.690
12	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.0	44.5	138.5	29.8	1.700
14	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	29.9	1.660
16	16.9	-10.6	16.6	-10.9	141.5	44.5	139.0	29.9	1.660
18	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.0	1.680
20	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	29.9	1.650
22	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.1	1.630
24	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.1	1.640
26	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.2	1.640
28	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.2	1.640
30	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.0	1.650
32	16.8	-10.7	16.5	-11.0	141.5	44.5	139.0	30.2	1.650
34	16.9	-10.6	16.6	-10.9	141.5	44.5	139.0	30.2	1.670
36	16.9	-10.6	16.6	-10.9	141.5	44.5	139.0	30.2	1.650
38	17.0	-10.5	16.7	-10.8	141.5	44.5	139.0	30.2	1.640
40	17.0	-10.5	16.7	-10.8	142.0	45.0	139.5	30.2	1.660
42	17.0	-10.5	16.8	-10.7	141.5	45.0	139.5	30.1	1.660
44	17.0	-10.5	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.5	30.1	1.640
46	17.0	-10.5	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.0	30.1	1.660
48	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.0	30.2	1.660
50	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.5	30.2	1.630
52	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.5	30.2	1.660
54	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.0	44.5	139.0	30.1	1.660
56	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.0	30.2	1.640
58	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.0	30.2	1.660
60	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.0	30.2	1.640
65	17.1	-10.4	16.8	-10.7	141.5	44.5	139.0	30.2	1.640
70	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.630
75	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
80	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
85	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.620
90	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.660
95	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.640
100	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
105	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.650
110	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.660
115	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.660
120	17.1	-10.4	16.8	-10.7	142.0	45.0	139.5	30.2	1.680

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นบิด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

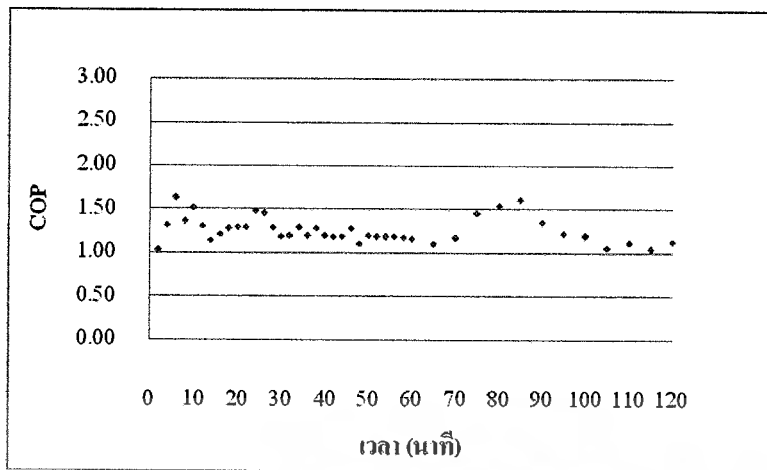
Time	$T_{\text{วก่อนevap}}$	$T_{\text{ดก่อนevap}}$	$T_{\text{วหลังevap}}$	$T_{\text{ดหลังevap}}$	$T_{\text{วหลังfan}}$	$T_{\text{วหลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	$\text{Power}_{\text{comp}}$
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	20.0	27.8	18.3	25.2	19.5	26.6	0.090	0.245
4	18.0	28.0	16.9	25.0	17.4	25.0	0.105	0.245
6	17.0	27.9	15.4	24.4	15.4	24.5	0.120	0.248
8	16.0	27.6	14.1	23.8	15.0	24.0	0.120	0.253
10	15.5	27.0	13.8	23.3	14.4	23.5	0.100	0.253
12	15.2	26.8	13.4	23.0	14.1	23.1	0.110	0.254
14	15.0	26.4	13.2	22.7	14.0	22.9	0.110	0.248
16	15.0	26.2	13.2	22.5	14.0	22.7	0.110	0.248
18	14.6	26.0	12.7	22.2	13.4	22.5	0.110	0.251
20	14.0	25.5	12.2	22.0	13.0	22.1	0.110	0.247
22	13.6	25.0	12.0	21.5	12.7	21.9	0.110	0.244
24	13.3	24.9	11.8	21.3	12.5	21.7	0.110	0.245
26	13.1	24.8	11.7	21.1	12.4	21.3	0.105	0.245
28	13.0	24.4	11.5	21.0	12.1	21.1	0.110	0.245
30	13.0	24.2	11.4	20.9	12.0	21.0	0.110	0.247
32	13.0	24.1	11.3	20.7	12.0	21.0	0.105	0.247
34	13.0	24.1	11.3	20.7	12.0	21.0	0.105	0.250
36	13.0	24.0	11.2	20.6	12.0	21.0	0.110	0.247
38	13.0	24.0	11.2	20.6	12.0	20.9	0.105	0.245
40	13.0	24.0	11.2	20.6	12.0	20.8	0.110	0.248
42	13.0	24.0	11.2	20.5	12.0	20.8	0.110	0.248
44	12.9	24.0	11.1	20.5	12.0	20.8	0.110	0.245
46	12.8	23.8	11.1	20.3	11.9	20.6	0.110	0.248
48	12.8	23.8	11.0	20.2	11.9	20.5	0.120	0.248
50	12.8	23.8	11.0	20.2	11.8	20.3	0.110	0.244
52	12.7	23.7	11.0	20.1	11.8	20.3	0.110	0.248
54	12.7	23.7	11.0	20.0	11.8	20.3	0.110	0.248
56	12.7	23.6	11.0	20.0	11.8	20.2	0.105	0.245
58	12.6	23.4	11.0	20.0	11.7	20.2	0.120	0.248
60	12.6	23.4	11.0	20.0	11.7	20.2	0.110	0.245
65	12.6	23.4	10.9	20.0	11.7	20.1	0.105	0.245
70	12.5	23.2	10.9	19.9	11.6	20.0	0.105	0.244
75	12.4	23.0	10.8	19.8	11.5	20.0	0.110	0.247
80	12.2	23.0	10.8	19.8	11.4	20.0	0.110	0.247
85	12.2	23.0	10.7	19.6	11.4	20.0	0.110	0.242
90	12.1	23.0	10.7	19.6	11.3	20.0	0.110	0.248
95	12.1	22.9	10.7	19.6	11.3	20.0	0.110	0.245
100	12.2	23.0	10.8	19.8	11.3	20.0	0.110	0.247
105	12.6	23.5	10.9	20.0	11.6	20.0	0.110	0.247
110	12.8	23.8	11.0	20.0	11.7	20.1	0.110	0.248
115	13.0	24.0	11.0	20.1	11.8	20.2	0.110	0.248
120	13.0	24.0	11.1	20.2	11.9	20.3	0.110	0.251

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

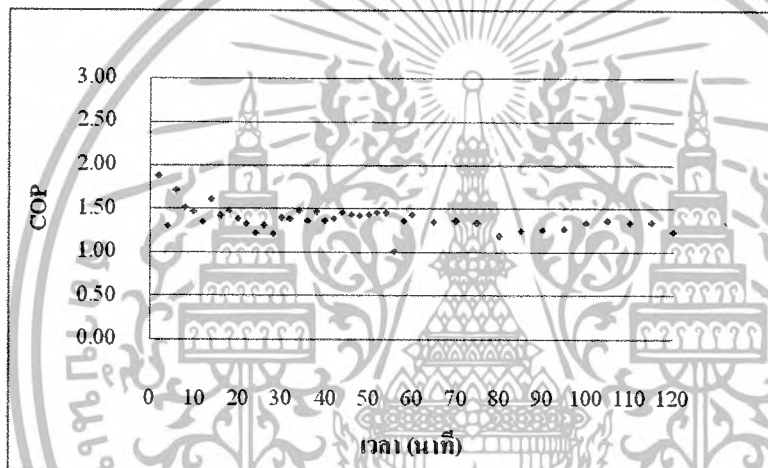
ตารางที่ 2-3 ผลการทดลองท่อสอลใต้แผ่นบิต ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

Time (min)	$h_{f\text{in} \text{evap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{in} \text{evap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP	EER	$P_{\text{in} \text{evap}}$ (kPa)	$h_{\text{in} \text{evap ref}}$ (kJ/kg)
2	57.16	51.63	5.53	0.4629	1.89	6.44	92.4	347.55
4	50.59	47.29	3.30	0.2762	1.13	3.84	99.3	348.10
6	47.51	42.91	4.60	0.3850	1.55	5.29	103.4	348.36
8	44.55	39.32	5.23	0.4378	1.73	5.91	103.4	348.36
10	43.13	38.53	4.60	0.3850	1.52	5.20	113.8	348.90
12	42.28	37.47	4.81	0.4026	1.58	5.40	113.8	348.90
14	41.73	36.95	4.78	0.4001	1.61	5.50	113.8	348.90
16	41.74	36.96	4.78	0.4001	1.61	5.50	114.5	348.95
18	40.63	35.67	4.96	0.4152	1.65	5.64	113.8	348.90
20	39.01	34.40	4.61	0.3859	1.56	5.34	113.8	348.90
22	37.96	33.91	4.05	0.3390	1.39	4.75	113.8	348.90
24	37.17	33.42	3.75	0.3139	1.28	4.37	113.8	348.90
26	36.65	33.18	3.47	0.2904	1.18	4.04	113.8	348.90
28	36.40	32.68	3.72	0.3114	1.27	4.33	113.8	348.90
30	36.40	32.44	3.96	0.3315	1.34	4.58	113.8	348.90
32	36.40	32.20	4.20	0.3515	1.43	4.86	113.8	348.90
34	36.40	32.20	4.20	0.3515	1.41	4.80	114.5	348.95
36	36.41	31.96	4.45	0.3725	1.51	5.15	114.5	348.95
38	36.41	31.96	4.45	0.3725	1.52	5.18	115.1	348.99
40	36.41	31.96	4.45	0.3725	1.50	5.12	115.1	348.99
42	36.41	31.96	4.45	0.3725	1.50	5.12	115.8	349.04
44	36.15	31.72	4.43	0.3708	1.51	5.16	115.8	349.04
46	35.89	31.72	4.17	0.3490	1.41	4.80	115.8	349.04
48	35.89	31.48	4.41	0.3691	1.49	5.07	115.8	349.04
50	35.89	31.48	4.41	0.3691	1.51	5.17	115.8	349.04
52	35.64	31.49	4.15	0.3474	1.40	4.78	115.8	349.04
54	35.64	31.49	4.15	0.3474	1.40	4.78	115.8	349.04
56	35.64	31.49	4.15	0.3474	1.42	4.83	115.8	349.04
58	35.39	31.49	3.90	0.3264	1.32	4.49	115.8	349.04
60	35.39	31.49	3.90	0.3264	1.33	4.54	115.8	349.04
65	35.39	31.25	4.14	0.3465	1.41	4.82	115.8	349.04
70	35.14	31.25	3.89	0.3256	1.34	4.56	115.8	349.04
75	34.89	31.01	3.88	0.3248	1.32	4.49	115.8	349.04
80	34.38	31.01	3.37	0.2821	1.14	3.90	115.8	349.04
85	34.38	30.78	3.60	0.3013	1.24	4.25	115.8	349.04
90	34.13	30.78	3.35	0.2804	1.13	3.86	115.8	349.04
95	34.13	30.78	3.35	0.2804	1.14	3.90	115.8	349.04
100	34.38	31.01	3.37	0.2821	1.14	3.90	115.8	349.04
105	35.39	31.25	4.14	0.3465	1.40	4.79	115.8	349.04
110	35.89	31.49	4.40	0.3683	1.48	5.06	115.8	349.04
115	36.41	31.49	4.92	0.4118	1.66	5.66	115.8	349.04
120	36.41	31.73	4.68	0.3917	1.56	5.32	115.8	349.04

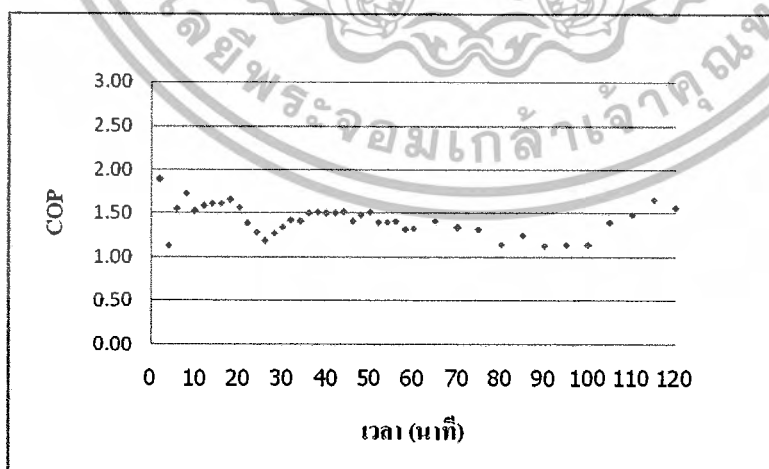
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ A-4 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 1



กราฟที่ A-5 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 2



กราฟที่ A-6 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.2 ซม. ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-1 ผลการทดลองท่อสอดีไซน์แบนบิต ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 1

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	11.1	-16.4	11.0	-16.5	143.5	45.0	142.0	27.9	1.680
4	13.5	-14	13.4	-14.1	144.0	45.5	142.5	28.0	1.680
6	13.5	-14	13.3	-14.2	144.5	45.5	143.5	27.9	1.670
8	13.8	-13.7	13.5	-14	144.5	45.5	143.0	28.1	1.670
10	14.2	-13.3	13.7	-13.8	144.5	45.5	143.5	28.1	1.670
12	14.1	-13.4	13.7	-13.8	145.0	45.5	143.5	28.2	1.650
14	14.8	-12.5	14.3	-13.2	145.5	45.5	143.5	28.2	1.640
16	14.9	-12.4	14.5	-12.8	145.5	46.0	144.5	28.4	1.640
18	15.0	-12.3	14.5	-12.8	145.5	46.0	144.0	28.4	1.640
20	15.1	-12.3	14.6	-12.7	145.5	46.0	144.0	28.5	1.640
22	15.1	-12.3	14.7	-12.6	145.5	46.0	144.0	28.6	1.660
24	15.0	-12.3	14.8	-12.5	145.5	46.0	144.0	28.5	1.650
26	15.2	-12.2	14.9	-12.4	145.5	46.0	144.0	28.5	1.650
28	15.2	-12.2	15.0	-12.3	145.0	45.5	143.0	28.5	1.620
30	15.2	-12.2	15.0	-12.3	145.5	46.0	143.5	28.5	1.620
32	15.2	-12.2	15.0	-12.3	145.5	46.0	143.5	28.5	1.640
34	15.2	-12.2	15.2	-12.2	145.5	46.0	144.0	28.4	1.640
36	15.8	-11.7	15.5	-12.0	145.5	46.0	143.5	28.5	1.640
38	15.8	-11.7	15.5	-12.0	145.5	46.0	144.0	28.5	1.640
40	15.9	-11.6	15.5	-12.0	145.5	46.0	144.0	28.5	1.670
42	16.0	-11.5	15.6	-11.9	145.5	46.0	144.0	28.5	1.650
44	16.0	-11.5	15.7	-11.8	145.5	46.0	144.0	28.5	1.650
46	16.0	-11.5	15.7	-11.8	145.5	46.0	144.0	28.4	1.650
48	16.1	-11.4	15.8	-11.7	145.5	46.0	144.0	28.5	1.650
50	16.2	-11.3	16.0	-11.5	146.0	46.0	144.5	28.4	1.690
52	16.2	-11.3	16.0	-11.5	146.0	46.0	144.5	28.5	1.700
54	16.3	-11.2	16.1	-11.4	146.0	46.0	144.5	28.6	1.630
56	16.3	-11.2	16.1	-11.4	146.0	46.0	144.5	28.6	1.660
58	16.3	-11.2	16.1	-11.4	145.5	46.0	144.0	28.5	1.630
60	16.4	-11.1	16.2	-11.3	145.5	46.0	144.0	28.5	1.670
65	16.1	-11.4	16.0	-11.5	145.5	46.0	144.0	28.2	1.640
70	16.3	-11.2	16.0	-11.5	146.0	46.0	145.0	28.5	1.670
75	16.5	-11.0	16.4	-11.1	146.5	46.5	145.0	28.6	1.650
80	16.3	-11.2	16.0	-11.5	146.5	46.5	145.0	28.7	1.640
85	16.4	-11.1	16.2	-11.3	146.5	46.5	145.0	28.6	1.780
90	16.8	-10.7	16.4	-11.1	146.5	46.5	145.0	28.6	1.680
95	16.4	-11.1	16.2	-11.3	146.5	46.5	145.0	28.6	1.67
100	16.5	-11.0	16.6	-10.9	146.5	46.5	145.0	28.6	1.690
105	16.6	-10.9	16.6	-10.9	146.0	46.0	144.5	28.6	1.640
110	16.9	-10.6	16.6	-10.9	147.0	46.5	145.0	28.5	1.680
115	17.0	-10.5	16.5	-11.0	146.5	46.5	145.0	28.6	1.670
120	17.1	-10.4	16.7	-10.8	147.5	46.5	146.0	28.8	1.700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-1 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นปิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time (min)	$T_{\text{ว่อก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{ด่อก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{ว่หลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{ด่หลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{ว่หลังfan}}$ (°C)	$T_{\text{ว่หลังfan}}$ (°C)	$m_{\text{ref}}$ (kg/min)	Power <sub>comp</sub> (kW)
2	21.9	28.7	20.5	27.0	20.8	27.1	0.105	0.251
4	19.7	28.2	17.6	25.8	18.0	26.1	0.105	0.251
6	17.4	27.8	15.7	25.0	15.9	25.4	0.100	0.250
8	16.3	27.0	14.5	24.3	14.8	24.8	0.110	0.250
10	15.7	26.5	14.0	23.7	14.0	24.0	0.110	0.250
12	15.4	26.1	13.7	23.2	13.8	23.6	0.105	0.247
14	15.2	25.9	13.5	22.9	13.4	23.2	0.105	0.245
16	14.9	25.6	13.2	22.6	13.1	22.9	0.110	0.245
18	14.8	25.2	13.1	22.3	13.0	22.7	0.105	0.245
20	14.7	25.0	13.0	22.1	13.0	22.4	0.105	0.245
22	14.5	24.9	12.9	22.0	13.0	22.1	0.105	0.248
24	14.4	24.6	12.8	21.8	13.0	22.0	0.105	0.247
26	14.3	24.6	12.7	21.6	12.8	22.0	0.105	0.247
28	14.3	24.3	12.6	21.4	12.7	21.7	0.105	0.242
30	14.1	24.2	12.4	21.3	12.6	21.7	0.105	0.242
32	14.1	24.1	12.4	21.3	12.5	21.7	0.105	0.245
34	14.1	24.0	12.7	21.2	12.5	21.5	0.110	0.245
36	14.1	24.0	12.4	21.2	12.4	21.4	0.105	0.245
38	14.1	24.0	12.5	21.1	12.4	21.3	0.105	0.245
40	14.0	24.0	12.4	21.1	12.5	21.2	0.110	0.250
42	14.0	24.0	12.4	21.1	12.5	21.2	0.105	0.247
44	14.0	24.0	12.4	21.1	12.5	21.2	0.105	0.247
46	14.0	24.0	12.3	21.0	12.4	21.2	0.105	0.247
48	14.0	23.9	12.3	21.0	12.4	21.2	0.105	0.247
50	14.0	23.9	12.3	21.0	12.4	21.1	0.110	0.253
52	14.0	23.9	12.3	21.0	12.4	21.1	0.105	0.254
54	14.0	23.9	12.3	21.0	12.4	21.1	0.105	0.244
56	14.0	23.9	12.4	21.0	12.4	21.1	0.105	0.248
58	14.0	23.9	12.3	21.0	12.4	21.2	0.110	0.244
60	14.0	23.9	12.3	20.9	12.4	21.1	0.105	0.250
65	14.0	23.9	12.4	21.0	12.4	21.2	0.105	0.245
70	14.0	23.7	12.4	20.9	12.5	21.0	0.105	0.250
75	14.0	23.6	12.3	20.8	12.5	21.0	0.105	0.247
80	14.0	23.5	12.3	20.8	12.4	21.0	0.110	0.245
85	13.9	23.4	12.3	20.6	12.3	21.0	0.105	0.266
90	13.9	23.4	12.3	20.8	12.4	21.0	0.105	0.251
95	13.9	23.4	12.3	20.7	12.4	21.0	0.105	0.250
100	13.9	23.6	12.3	20.8	12.4	21.0	0.105	0.253
105	13.9	23.6	12.4	20.8	12.4	21.0	0.105	0.245
110	14.1	23.8	12.4	20.8	12.4	21.0	0.105	0.251
115	14.3	23.9	12.4	21.0	12.8	21.1	0.105	0.250
120	14.4	24.0	12.5	21.2	12.9	21.1	0.100	0.254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-1 ผลการทดลองที่ถอดใส่แผ่นบิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ref, evap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{ref, evap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{ref, evap}}$ (kPa)	$h_{\text{ref, evap, ref}}$ (kJ/kg)
2	63.89	58.92	4.97	0.4160	1.66	5.65	75.8	172.61
4	56.13	49.41	6.72	0.5625	2.24	7.64	92.4	347.55
6	48.73	43.75	4.98	0.4168	1.67	5.70	91.7	347.51
8	45.44	40.40	5.04	0.4218	1.69	5.77	93.1	347.59
10	43.71	39.05	4.66	0.3900	1.56	5.33	94.5	347.68
12	42.87	38.26	4.61	0.3859	1.56	5.34	94.5	347.68
14	42.31	37.74	4.57	0.3825	1.56	5.32	98.6	347.94
16	41.47	36.96	4.51	0.3775	1.54	5.25	100.0	348.15
18	41.21	36.70	4.51	0.3775	1.54	5.25	100.0	348.15
20	40.93	36.45	4.48	0.3750	1.53	5.22	100.7	348.19
22	40.38	36.19	4.19	0.3507	1.41	4.82	101.4	348.23
24	40.12	35.94	4.18	0.3499	1.42	4.84	102.0	348.28
26	39.85	35.68	4.17	0.3490	1.41	4.83	102.7	348.32
28	39.85	35.43	4.42	0.3700	1.53	5.21	103.4	348.36
30	39.31	34.93	4.38	0.3666	1.51	5.16	103.4	348.36
32	39.31	34.93	4.38	0.3666	1.50	5.10	103.4	348.36
34	39.32	34.93	4.39	0.3674	1.50	5.11	104.8	348.39
36	39.32	34.93	4.39	0.3674	1.50	5.11	106.9	348.46
38	39.32	35.18	4.14	0.3465	1.41	4.82	106.9	348.46
40	39.05	34.93	4.12	0.3448	1.38	4.71	106.9	348.46
42	39.05	34.93	4.12	0.3448	1.40	4.77	107.6	348.51
44	39.05	34.93	4.12	0.3448	1.40	4.77	108.2	348.55
46	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.48	5.06	108.2	348.55
48	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.48	5.06	108.9	348.60
50	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.45	4.94	110.3	348.68
52	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.44	4.91	110.3	348.68
54	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.50	5.12	111.0	348.73
56	39.05	34.93	4.12	0.3448	1.39	4.74	111.0	348.73
58	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.50	5.12	111.0	348.73
60	39.05	34.68	4.37	0.3658	1.47	5.00	111.7	348.77
65	39.05	34.93	4.12	0.3448	1.38	4.71	110.3	348.68
70	39.05	34.93	4.12	0.3448	1.38	4.71	110.3	348.68
75	39.06	34.68	4.38	0.3666	1.47	5.01	113.1	348.90
80	39.06	34.68	4.38	0.3666	1.47	5.01	110.3	348.68
85	38.79	34.69	4.10	0.3432	1.37	4.69	111.7	348.77
90	38.79	34.68	4.11	0.3440	1.38	4.70	113.1	348.90
95	38.79	34.68	4.11	0.3440	1.38	4.70	111.7	348.77
100	38.79	34.68	4.11	0.3440	1.36	4.65	114.5	348.95
105	38.79	34.94	3.85	0.3222	1.31	4.48	114.5	348.95
110	39.32	34.94	4.38	0.3666	1.46	4.98	114.5	348.95
115	39.89	34.93	4.96	0.4152	1.66	5.67	113.8	348.90
120	40.13	35.18	4.95	0.4143	1.63	5.56	115.1	348.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2 ผลการทดลองท่อสอดีเส้นผ่านบิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 2

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	14.2	-13.3	14.0	-13.5	149.5	47.0	146.0	29.2	1.640
4	14.9	-12.4	14.5	-12.8	146.5	46.0	144.5	29.0	1.680
6	16.5	-11	16.3	-11.2	147.5	46.5	145.0	28.6	1.670
8	16.7	-10.8	16.5	-11	148.0	46.5	145.0	28.5	1.660
10	16.9	-10.6	16.5	-11	148.0	46.5	145.5	28.5	1.680
12	17.1	-10.4	16.7	-10.8	148.0	46.5	145.5	28.5	1.660
14	17.1	-10.4	16.7	-10.8	148.0	46.5	145.5	28.5	1.670
16	17.0	-10.5	16.6	-10.9	148.5	46.5	145.0	28.5	1.640
18	17.1	-10.4	16.8	-10.7	149.0	47.0	146.0	28.5	1.640
20	17.2	-10.3	16.9	-10.6	148.5	46.5	146.5	28.5	1.640
22	17.2	-10.3	16.9	-10.6	149.0	47.0	146.5	28.5	1.650
24	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.5	46.5	146.0	28.5	1.640
26	17.1	-10.4	16.9	-10.6	149.0	47.0	146.0	28.5	1.640
28	17.3	-10.2	17.0	-10.5	149.0	47.0	146.5	28.5	1.660
30	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.5	46.5	146.0	28.5	1.670
32	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.5	46.5	146.0	28.5	1.650
34	17.2	-10.3	16.9	-10.6	148.5	46.5	146.0	28.5	1.660
36	17.3	-10.2	17.1	-10.4	148.0	46.5	145.5	28.5	1.660
38	17.4	-10.1	17.2	-10.2	149.5	47.0	146.5	28.5	1.650
40	17.3	-10.2	17.1	-10.4	149.0	47.0	146.5	28.5	1.660
42	17.5	-10	17.4	-10.1	149.5	47.0	146.5	28.5	1.640
44	17.4	-10.1	17.1	-10.4	148.0	46.5	146.0	28.5	1.650
46	17.3	-10.2	17.0	-10.5	148.0	46.5	146.0	28.5	1.640
48	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.5	46.5	146.0	28.5	1.650
50	17.2	-10.3	17.0	-10.5	149.0	47.0	146.5	28.5	1.620
52	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.0	46.5	145.5	28.5	1.630
54	17.3	-10.2	17.0	-10.5	148.0	46.5	145.0	28.5	1.630
56	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.0	46.5	146.0	28.5	1.650
58	17.2	-10.3	17.0	-10.5	148.0	46.5	145.5	28.5	1.620
60	17.3	-10.2	17.1	-10.4	148.5	46.5	146.0	28.5	1.640
65	17.4	-10.1	17.2	-10.3	148.0	46.5	146.0	28.5	1.650
70	17.5	-10	17.3	-10.2	148.5	46.5	146.0	28.5	1.640
75	17.4	-10.1	17.1	-10.4	148.0	46.5	145.5	28.5	1.660
80	17.8	-9.7	17.5	-10	148.5	46.5	146.0	28.5	1.670
85	17.7	-9.8	17.3	-10.2	148.5	46.5	146.0	28.5	1.660
90	17.8	-9.7	17.5	-10	148.0	46.5	145.5	28.5	1.620
95	17.6	-9.9	17.4	-10.1	148.5	46.5	146.0	28.5	1.650
100	17.7	-9.8	17.5	-10	148.5	46.5	146.0	28.5	1.670
105	17.5	-10	17.3	-10.2	148.5	46.5	146.0	28.5	1.680
110	17.4	-10.1	17.3	-10.2	148.0	46.5	145.5	28.5	1.650
115	17.6	-9.9	17.4	-10.1	148.0	46.5	145.5	28.5	1.680
120	17.7	-9.8	17.4	-10.1	148.5	46.5	146.0	28.5	1.660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2 ผลการทดลองท่อสอดีไซน์แบนด์ ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time	$T_{\text{ว่ก่อนvap}}$	$T_{\text{ด่ก่อนvap}}$	$T_{\text{ว่หลังvap}}$	$T_{\text{ด่หลังvap}}$	$T_{\text{ว่หลังfan}}$	$T_{\text{ว่หลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	$\text{Power}_{\text{comp}}$
(min)	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	(kg/min)	(kW)
2	21.7	27.5	20.2	25.3	20.3	21.5	0.100	0.245
4	20.2	27.5	19.0	25.0	19.1	20.8	0.100	0.251
6	19.0	27.3	17.2	24.3	17.3	19.1	0.105	0.250
8	17.2	26.6	15.6	23.4	15.9	18.0	0.110	0.248
10	17.0	26.1	15.2	23.1	15.2	17.3	0.110	0.251
12	16.7	26.0	15.0	23.0	15.0	17.2	0.110	0.248
14	16.4	25.8	14.8	22.8	15.0	17.2	0.105	0.250
16	16.2	25.8	14.6	22.6	14.8	17.0	0.105	0.245
18	16.0	25.8	14.5	22.2	14.7	16.8	0.100	0.245
20	16.0	25.0	14.3	22.0	14.5	16.6	0.110	0.245
22	16.0	25.0	14.2	22.0	14.4	16.5	0.105	0.247
24	15.8	24.9	14.1	21.9	14.1	16.2	0.105	0.245
26	15.7	24.9	14.0	21.8	14.0	16.1	0.120	0.245
28	15.7	24.8	14.0	21.7	14.0	16.1	0.110	0.248
30	15.6	24.7	14.0	21.5	14.0	16.0	0.105	0.250
32	15.6	24.6	14.0	21.5	14.0	16.1	0.105	0.247
34	15.6	24.4	14.0	21.4	14.0	16.0	0.105	0.248
36	15.3	24.1	13.9	21.2	14.0	16.1	0.105	0.248
38	15.2	24.0	13.8	21.1	14.0	16.0	0.105	0.247
40	15.1	24.0	13.8	21.0	13.9	15.9	0.105	0.248
42	15.0	23.8	13.6	20.9	13.8	15.8	0.105	0.245
44	15.0	23.7	13.5	20.8	13.8	15.8	0.100	0.247
46	15.0	23.6	13.5	20.8	13.6	15.6	0.105	0.245
48	15.0	23.5	13.5	20.6	13.6	15.5	0.105	0.247
50	15.0	23.4	13.5	20.5	13.6	15.5	0.105	0.242
52	15.0	23.3	13.4	20.4	13.6	15.4	0.105	0.244
54	15.0	23.2	13.3	20.4	13.5	15.3	0.105	0.244
56	14.9	23.1	13.3	20.3	13.4	15.3	0.105	0.247
58	14.9	23.1	13.3	20.3	13.4	15.3	0.105	0.242
60	14.9	23.2	13.3	20.4	13.3	15.2	0.105	0.245
65	14.8	23.1	13.2	20.3	13.4	15.3	0.105	0.247
70	14.8	23.1	13.1	20.3	13.3	15.2	0.105	0.245
75	14.8	23.2	13.1	20.3	13.1	15.0	0.105	0.248
80	14.8	23.2	13.1	20.3	13.2	15.1	0.105	0.250
85	14.7	23.1	13.1	20.3	13.1	15.1	0.100	0.248
90	14.7	23.1	13.0	20.2	13.0	14.9	0.100	0.242
95	14.6	23.0	13.0	20.2	13.0	15.0	0.105	0.247
100	14.8	23.2	13.0	20.3	13.0	14.9	0.105	0.250
105	14.7	23.3	13.0	20.3	13.0	14.9	0.105	0.251
110	14.8	23.2	13.0	20.3	13.0	14.9	0.100	0.247
115	14.8	23.3	13.0	20.4	13.0	15.0	0.100	0.251
120	14.9	23.6	13.0	20.3	13.1	14.9	0.105	0.248

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2 ผลการทดลองท่อสอดีสี่แผ่นบิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ที่ } 0 \text{ Levap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{ที่ } 1 \text{ Levap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{ที่ } 1 \text{ Levap}}$ (kPa)	$h_{\text{ที่ } 1 \text{ Levap ref}}$ (kJ/kg)
2	63.20	57.93	5.27	0.4411	1.80	6.14	96.5	347.81
4	57.86	53.90	3.96	0.3315	1.32	4.50	100.0	348.15
6	53.83	48.22	5.61	0.4696	1.88	6.42	112.4	348.82
8	48.15	43.51	4.64	0.3884	1.56	5.34	113.8	348.90
10	47.56	42.38	5.18	0.4336	1.73	5.89	113.8	348.90
12	46.66	41.82	4.84	0.4051	1.63	5.57	115.1	348.99
14	45.77	41.27	4.50	0.3767	1.51	5.15	115.1	348.99
16	45.18	40.72	4.46	0.3733	1.52	5.19	114.5	348.95
18	44.60	40.45	4.15	0.3474	1.42	4.83	115.8	349.04
20	44.62	39.91	4.71	0.3942	1.61	5.49	116.5	349.08
22	44.62	39.64	4.98	0.4168	1.69	5.77	116.5	349.08
24	44.04	39.37	4.67	0.3909	1.59	5.44	117.2	349.13
26	43.76	39.10	4.66	0.3900	1.59	5.43	116.5	349.08
28	43.76	39.10	4.66	0.3900	1.57	5.36	117.2	349.13
30	43.47	39.11	4.36	0.3649	1.46	4.99	117.2	349.13
32	43.48	39.11	4.37	0.3658	1.48	5.06	117.2	349.13
34	43.48	39.11	4.37	0.3658	1.47	5.03	116.5	349.08
36	42.64	38.85	3.79	0.3172	1.28	4.36	117.9	349.17
38	42.36	38.58	3.78	0.3164	1.28	4.38	118.6	349.27
40	42.07	38.58	3.49	0.2921	1.18	4.02	117.9	349.17
42	41.80	38.05	3.75	0.3139	1.28	4.37	120.0	349.30
44	41.80	37.79	4.01	0.3356	1.36	4.64	117.9	349.17
46	41.80	37.79	4.01	0.3356	1.37	4.67	117.2	349.13
48	41.81	37.79	4.02	0.3365	1.36	4.65	117.2	349.13
50	41.81	37.79	4.02	0.3365	1.39	4.74	117.2	349.13
52	41.81	37.53	4.28	0.3582	1.47	5.02	117.2	349.13
54	41.81	37.27	4.54	0.3800	1.56	5.32	117.2	349.13
56	41.54	37.27	4.27	0.3574	1.45	4.94	117.2	349.13
58	41.54	37.27	4.27	0.3574	1.48	5.04	117.2	349.13
60	41.53	37.27	4.26	0.3566	1.45	4.96	117.9	349.17
65	41.26	37.01	4.25	0.3557	1.44	4.92	118.6	349.21
70	41.26	36.75	4.51	0.3775	1.54	5.25	119.3	349.27
75	41.26	36.75	4.51	0.3775	1.52	5.19	117.9	349.17
80	41.26	36.75	4.51	0.3775	1.51	5.16	120.7	349.35
85	40.98	36.75	4.23	0.3541	1.43	4.87	119.3	349.27
90	40.96	36.49	4.47	0.3741	1.54	5.27	120.7	349.35
95	40.71	36.49	4.22	0.3532	1.43	4.89	120.0	349.30
100	41.26	36.49	4.77	0.3992	1.60	5.46	120.7	349.35
105	40.98	36.49	4.49	0.3758	1.50	5.11	119.3	349.27
110	41.26	36.49	4.77	0.3992	1.62	5.52	119.3	349.27
115	41.25	36.49	4.76	0.3984	1.59	5.41	120.0	349.30
120	41.51	36.49	5.02	0.4202	1.69	5.78	120.0	349.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-3 ผลการทดลองท่อสอดีไซน์แผ่นบิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 3

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	14.9	-12.4	14.7	-12.6	149.0	47.0	145.0	28.7	1.640
4	15.0	-12.3	14.8	-12.5	145.5	45.5	143.0	28.6	1.680
6	16.4	-11.1	16.2	-11.3	146.5	46.0	144.5	28.4	1.670
8	16.8	-10.7	16.5	-11	147.5	46.0	145.0	28.4	1.680
10	16.8	-10.7	16.5	-11	147.0	46.0	145.0	28.2	1.660
12	17.1	-10.4	16.6	-10.9	147.5	46.0	145.0	28.4	1.660
14	17.2	-10.3	16.9	-10.6	147.0	46.0	144.5	28.4	1.670
16	17.3	-10.2	16.9	-10.6	147.0	46.0	145.0	28.2	1.670
18	17.6	-9.9	16.9	-10.6	147.0	46.0	144.5	28.4	1.650
20	17.8	-9.7	17.4	-10.1	148.0	46.5	145.5	28.3	1.660
22	17.8	-9.7	17.4	-10.1	148.0	46.5	145.0	28.4	1.660
24	17.9	-9.6	17.5	-10	148.0	46.5	145.0	28.4	1.670
26	18.0	-9.5	17.6	-9.9	148.0	46.5	145.0	28.4	1.660
28	18.1	-9.4	17.6	-9.9	148.0	46.5	145.5	28.4	1.680
30	18.1	-9.4	17.7	-9.8	148.5	46.5	146.0	28.5	1.670
32	18.1	-9.4	17.9	-9.6	148.0	46.5	145.0	28.5	1.660
34	18.2	-9.3	17.9	-9.6	148.0	46.5	145.0	28.6	1.640
36	18.2	-9.3	18.0	-9.5	149.0	47.0	146.0	28.6	1.660
38	18.2	-9.3	17.7	-9.8	149.0	47.0	146.0	28.6	1.650
40	18.0	-9.5	17.9	-9.6	148.5	46.5	145.0	28.6	1.660
42	18.0	-9.5	17.9	-9.6	149.0	47.0	146.0	28.6	1.680
44	18.1	-9.4	18.0	-9.5	148.5	46.5	145.5	28.6	1.650
46	18.2	-9.3	17.9	-9.6	148.5	46.5	146.5	28.5	1.640
48	18.2	-9.3	17.6	-9.9	148.5	46.5	145.0	28.5	1.630
50	18.3	-9.2	17.9	-9.6	148.5	46.5	145.5	28.4	1.650
52	18.3	-9.2	17.8	-9.7	148.5	46.5	145.5	28.4	1.630
54	18.2	-9.3	17.9	-9.6	148.0	46.5	145.5	28.4	1.620
56	18.0	-9.5	18.0	-9.5	148.0	46.5	146.0	28.4	1.670
58	18.1	-9.4	18.0	-9.5	148.5	46.5	145.5	28.4	1.640
60	18.0	-9.5	18.0	-9.5	148.5	46.5	145.5	28.6	1.640
65	17.9	-9.6	18.3	-9.2	148.5	46.5	145.0	28.4	1.640
70	17.9	-9.6	18.1	-9.4	148.0	46.5	145.0	28.2	1.640
75	18.0	-9.5	17.7	-9.8	148.0	46.5	145.5	28.2	1.670
80	18.0	-9.5	18.0	-9.5	148.0	46.5	145.0	28.2	1.650
85	17.9	-9.6	17.8	-9.7	148.0	46.5	145.0	28.3	1.650
90	17.9	-9.6	17.8	-9.7	148.0	46.5	145.0	28.3	1.650
95	17.9	-9.6	17.7	-9.8	148.0	46.5	145.0	28.1	1.650
100	17.9	-9.6	17.7	-9.8	148.0	46.5	145.0	28.1	1.650
105	17.9	-9.6	17.7	-9.8	147.5	46.0	145.0	27.9	1.680
110	17.9	-9.6	17.7	-9.8	147.5	46.0	145.0	27.9	1.660
115	17.9	-9.6	17.7	-9.8	147.5	46.0	145.0	27.9	1.680
120	17.8	-9.7	17.5	-10	147.5	46.0	145.0	27.9	1.670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-3 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

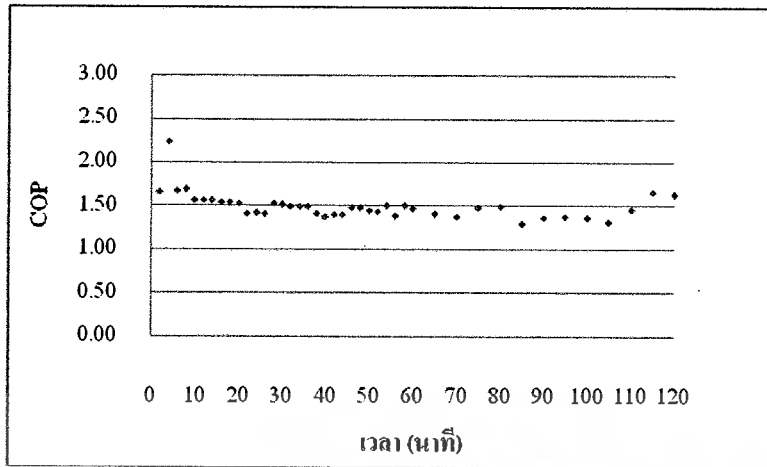
Time (min)	$T_{w\text{ก่อนevap}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{d\text{ก่อนevap}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{w\text{หลังevap}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{d\text{หลังevap}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{w\text{หลังfan}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{d\text{หลังfan}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$m_{\text{ref}}$ (kg/min)	$\text{Power}_{\text{comp}}$ (kW)
2	22.6	27.9	21.2	25.8	21.4	26.0	0.100	0.245
4	21.1	27.9	20.2	25.4	20.1	25.4	0.120	0.251
6	20.5	27.6	18.9	24.9	18.6	25.0	0.100	0.250
8	19.2	27.0	17.8	24.2	17.8	24.5	0.110	0.251
10	18.4	26.9	17.0	23.9	17.0	24.0	0.105	0.248
12	18.1	26.5	16.8	23.5	16.9	23.9	0.105	0.248
14	18.0	26.1	16.6	23.2	16.8	23.4	0.100	0.250
16	17.9	26.0	16.4	23.0	16.5	23.2	0.100	0.250
18	17.7	26.0	16.2	23.0	16.4	23.1	0.105	0.247
20	17.7	26.0	16.2	22.9	16.2	23.0	0.105	0.248
22	17.7	25.9	16.1	22.7	16.2	23.0	0.105	0.248
24	17.6	25.9	16.1	22.7	16.0	23.0	0.105	0.250
26	17.5	25.8	16.0	22.6	16.0	22.9	0.105	0.248
28	17.4	25.7	16.0	22.6	16.0	22.9	0.105	0.251
30	17.5	25.7	16.0	22.5	16.0	22.8	0.100	0.250
32	17.5	25.7	16.0	22.5	16.0	22.8	0.105	0.248
34	17.4	25.3	16.0	22.4	16.0	22.8	0.105	0.245
36	17.3	25.0	16.0	22.2	16.0	22.6	0.105	0.248
38	17.3	24.9	16.0	22.0	16.0	22.3	0.105	0.247
40	17.1	24.9	15.8	21.9	15.8	22.1	0.105	0.248
42	17.0	24.7	15.7	21.9	15.8	22.0	0.105	0.251
44	17.0	24.7	15.6	21.8	15.7	22.0	0.105	0.247
46	16.9	24.4	15.5	21.7	15.6	22.0	0.105	0.245
48	16.9	24.1	15.4	21.5	15.4	21.9	0.105	0.244
50	16.9	24.1	15.4	21.0	15.4	21.4	0.110	0.247
52	16.8	24.0	15.3	21.2	15.4	21.6	0.105	0.244
54	16.7	24.0	15.2	21.2	15.3	21.4	0.105	0.242
56	16.7	24.0	15.2	21.2	15.3	21.3	0.105	0.250
58	16.8	24.0	15.2	21.2	15.3	21.3	0.105	0.245
60	16.8	24.0	15.2	21.2	15.2	21.4	0.105	0.245
65	16.8	24.0	15.2	21.2	15.2	21.4	0.105	0.245
70	16.8	24.0	15.2	21.1	15.3	21.4	0.110	0.245
75	16.5	24.0	14.4	20.9	14.2	21.0	0.110	0.250
80	15.9	23.7	14.0	20.6	14.1	21.0	0.105	0.247
85	15.7	23.4	14.0	20.5	14.0	20.9	0.105	0.247
90	15.7	23.2	13.9	20.3	14.0	20.8	0.100	0.247
95	15.5	23.1	13.9	20.3	13.8	20.7	0.105	0.247
100	15.4	23.0	13.7	20.1	13.8	20.5	0.105	0.247
105	15.3	23.0	13.7	20.1	13.8	20.3	0.105	0.251
110	15.3	23.0	13.8	20.1	13.8	20.2	0.110	0.248
115	15.2	23.1	13.8	20.2	13.8	20.3	0.105	0.251
120	15.2	23.2	13.8	20.2	13.8	20.3	0.110	0.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

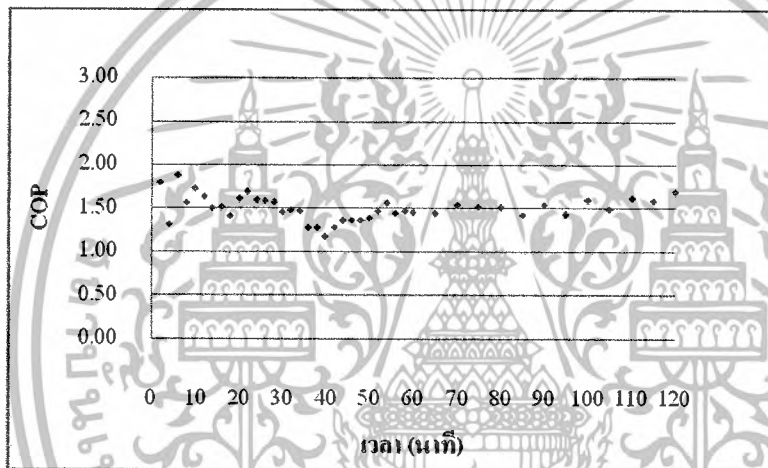
ตารางที่ 3-3 ผลการทดลองท่อสอดีไซน์แบนด์ ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

Time (min)	$h_{ref,levap}$ (kJ/kg)	$h_{ind,levap}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{levap}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{air}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{ind,levap}$ (kPa)	$h_{ind,levap,ref}$ (kJ/kg)
2	61.40	55.91	5.49	0.4595	1.87	6.39	101.4	348.23
4	55.49	51.65	3.84	0.3214	1.28	4.37	102.0	348.28
6	50.62	45.53	5.09	0.4260	1.71	5.82	111.7	348.77
8	45.76	41.26	4.50	0.3767	1.50	5.12	113.8	348.90
10	43.44	39.08	4.36	0.3649	1.47	5.02	113.8	348.90
12	42.03	38.02	4.01	0.3356	1.35	4.61	114.5	348.95
14	41.77	37.01	4.76	0.3984	1.60	5.44	116.5	349.08
16	41.21	36.98	4.23	0.3541	1.42	4.84	116.5	349.08
18	40.92	36.47	4.45	0.3725	1.51	5.15	116.5	349.08
20	40.66	36.47	4.19	0.3507	1.41	4.82	120.0	349.30
22	40.12	36.21	3.91	0.3273	1.32	4.50	120.0	349.30
24	39.85	36.22	3.63	0.3038	1.22	4.15	120.7	349.35
26	39.58	35.70	3.88	0.3248	1.31	4.46	121.3	349.39
28	39.04	35.45	3.59	0.3005	1.20	4.08	121.3	349.39
30	39.05	34.94	4.11	0.3440	1.38	4.70	122.0	349.44
32	39.05	34.94	4.11	0.3440	1.39	4.73	123.4	349.53
34	39.05	34.69	4.36	0.3649	1.49	5.08	123.4	349.53
36	38.76	34.69	4.07	0.3407	1.37	4.68	124.1	349.57
38	38.76	34.44	4.32	0.3616	1.47	5.00	122.0	349.44
40	38.51	34.44	4.07	0.3407	1.37	4.68	123.4	349.53
42	38.52	34.44	4.08	0.3415	1.36	4.64	123.4	349.53
44	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.46	4.99	124.1	349.57
46	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.47	5.02	123.4	349.53
48	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.48	5.05	121.3	349.39
50	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.46	4.99	123.4	349.53
52	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.48	5.05	122.7	349.48
54	38.25	33.94	4.31	0.3607	1.49	5.08	123.4	349.53
56	36.93	33.94	2.99	0.2503	1.00	3.42	124.1	349.57
58	37.99	33.94	4.05	0.3390	1.38	4.72	124.1	349.57
60	37.99	33.69	4.30	0.3599	1.47	5.01	124.1	349.57
65	37.72	33.69	4.03	0.3373	1.38	4.69	126.2	349.70
70	37.72	33.69	4.03	0.3373	1.38	4.69	124.8	349.62
75	37.46	33.45	4.01	0.3356	1.34	4.59	122.0	349.44
80	37.20	33.69	3.51	0.2938	1.19	4.06	124.1	349.57
85	37.20	33.45	3.75	0.3139	1.27	4.34	122.7	349.48
90	37.20	33.45	3.75	0.3139	1.27	4.34	122.7	349.48
95	37.20	33.45	3.75	0.3139	1.27	4.34	122.0	349.44
100	37.46	33.45	4.01	0.3356	1.36	4.64	122.0	349.44
105	37.46	33.45	4.01	0.3356	1.34	4.56	122.0	349.44
110	37.45	33.45	4.00	0.3348	1.35	4.60	122.0	349.44
115	37.45	33.44	4.01	0.3356	1.34	4.56	122.0	349.44
120	36.93	33.20	3.73	0.3122	1.25	4.27	120.7	349.35

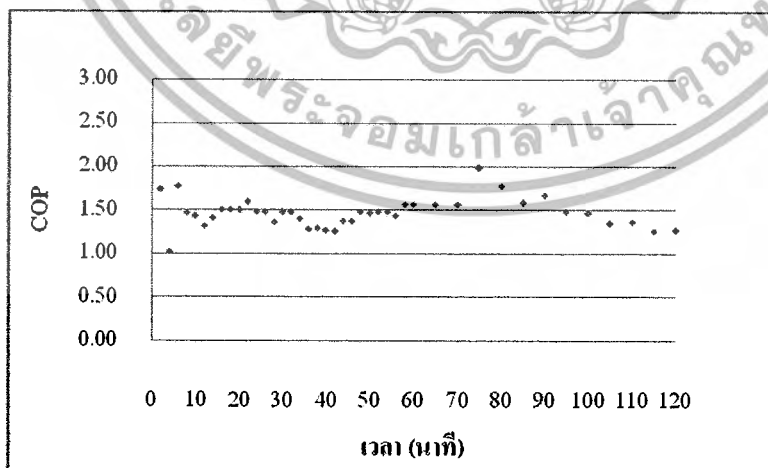
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ A-7 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นปิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 1



กราฟที่ A-8 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นปิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 2



กราฟที่ A-9 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นปิด ระยะพิทช์ 3.7 ซม. ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 1

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	11.0	-16.5	11.0	-16.5	141.5	44.5	138.5	27.6	1.640
4	13.9	-13.6	13.7	-13.8	143.5	45.5	139.5	27.6	1.680
6	14.0	-13.5	13.9	-13.6	144.0	45.5	141.0	27.6	1.670
8	14.8	-12.5	14.6	-12.7	143.5	45.5	141.0	27.6	1.680
10	14.8	-12.5	14.6	-12.7	144.0	45.5	141.0	27.6	1.680
12	15.0	-12.3	14.7	-12.6	144.0	45.5	141.0	27.6	1.660
14	15.1	-12.3	14.8	-12.5	144.0	45.5	142.0	27.6	1.660
16	15.7	-11.8	15.3	-12.1	144.0	45.5	142.0	27.6	1.660
18	15.6	-11.9	15.2	-12.2	144.0	45.5	142.0	27.6	1.660
20	15.7	-11.8	15.5	-12	144.0	45.5	142.0	27.6	1.670
22	15.9	-11.6	15.6	-11.9	145.0	45.5	142.5	27.6	1.650
24	16.0	-11.5	15.7	-11.8	145.0	45.5	142.5	27.6	1.680
26	16.1	-11.4	15.9	-11.6	145.0	45.5	142.5	27.9	1.680
28	16.2	-11.3	16.0	-11.5	145.0	45.5	142.5	27.9	1.650
30	16.4	-11.1	16.3	-11.2	145.5	45.5	143.0	27.9	1.650
32	16.5	-11	16.3	-11.2	145.5	45.5	143.0	27.9	1.660
34	16.6	-10.9	16.4	-11.1	145.5	45.5	143.0	27.9	1.660
36	16.5	-11	16.4	-11.1	145.5	45.5	143.0	27.9	1.650
38	16.6	-10.9	16.4	-11.1	145.5	45.5	143.0	27.9	1.670
40	16.7	-10.8	16.5	-11	145.5	45.5	143.0	27.9	1.680
42	16.7	-10.8	16.5	-11	145.5	45.5	143.0	28.0	1.670
44	16.9	-10.6	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.0	28.1	1.650
46	16.8	-10.7	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.0	28.1	1.650
48	16.8	-10.7	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.0	28.1	1.670
50	16.9	-10.6	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.0	28.1	1.660
52	17.0	-10.5	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.5	28.1	1.660
54	17.0	-10.5	16.8	-10.7	145.5	45.5	143.0	28.1	1.670
56	17.1	-10.4	16.8	-10.7	145.5	45.5	143.0	28.1	1.660
58	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.0	28.1	1.690
60	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.0	28.1	1.680
65	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.0	27.9	1.680
70	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.5	28.1	1.660
75	17.1	-10.4	17.0	-10.5	146.0	46.0	144.0	28.2	1.670
80	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.5	28.2	1.670
85	17.2	-10.3	17.0	-10.5	146.0	46.0	144.0	28.2	1.660
90	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.5	45.5	144.0	28.2	1.680
95	17.3	-10.2	17.0	-10.5	146.0	46.0	144.0	28.2	1.680
100	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.0	28.2	1.660
105	17.3	-10.2	17.1	-10.4	146.5	46.0	144.5	28.2	1.680
110	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.0	28.2	1.680
115	17.3	-10.2	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.0	28.2	1.690
120	17.3	-10.2	17.1	-10.4	146.5	46.0	144.5	28.2	1.670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองท่อสอได้แผ่นบิด ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time	$T_{\text{ว่อก่อนevap}}$	$T_{\text{ดื่อก่อนevap}}$	$T_{\text{ว่หลังevap}}$	$T_{\text{ดื่หลังevap}}$	$T_{\text{ว่หลังfan}}$	$T_{\text{ดื่หลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	Power <sub>comp</sub>
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	22.3	28.1	20.6	26.4	21.6	26.9	0.090	0.245
4	20.2	28.1	18.3	25.7	19.2	25.9	0.090	0.251
6	18.0	27.9	15.6	24.9	16.8	25.0	0.110	0.250
8	16.7	27.2	14.0	24.0	15.1	24.4	0.095	0.251
10	16.0	26.7	13.3	23.4	14.5	23.8	0.095	0.251
12	15.6	26.4	12.9	23.0	14.0	23.0	0.095	0.248
14	15.2	26.0	12.7	22.6	13.8	23.0	0.100	0.248
16	15.1	26.0	12.5	22.4	13.4	22.8	0.100	0.248
18	15.0	25.9	12.3	22.3	13.3	22.5	0.100	0.248
20	15.0	25.7	12.2	22.1	13.1	22.4	0.100	0.250
22	14.9	25.5	12.1	21.9	13.0	22.1	0.100	0.247
24	14.7	25.2	12.0	21.8	13.0	22.0	0.100	0.251
26	14.7	25.2	11.9	21.7	12.9	22.0	0.095	0.251
28	14.6	25.1	11.9	21.6	12.9	21.9	0.100	0.247
30	14.5	25.0	11.8	21.5	12.8	21.8	0.105	0.247
32	14.5	25.0	11.8	21.4	12.8	21.8	0.105	0.248
34	14.4	25.0	11.7	21.4	12.7	21.7	0.105	0.248
36	14.5	24.9	11.7	21.2	12.7	21.6	0.105	0.247
38	14.2	24.9	11.6	21.2	12.6	21.6	0.100	0.250
40	14.1	24.7	11.6	21.1	12.5	21.3	0.105	0.251
42	14.1	24.7	11.6	21.0	12.5	21.2	0.100	0.250
44	14.1	24.6	11.5	21.0	12.4	21.1	0.100	0.247
46	14.0	24.5	11.5	21.0	12.4	21.1	0.105	0.247
48	14.0	24.7	11.4	21.0	12.3	21.2	0.105	0.250
50	14.1	24.8	11.4	21.0	12.3	21.2	0.100	0.248
52	14.1	24.8	11.4	21.0	12.3	21.2	0.100	0.248
54	14.1	24.9	11.4	21.0	12.4	21.2	0.105	0.250
56	14.2	24.9	11.6	21.0	12.4	21.3	0.105	0.248
58	14.3	24.9	11.6	21.1	12.4	21.3	0.105	0.253
60	14.3	24.9	11.6	21.1	12.4	21.3	0.105	0.251
65	14.4	25.0	11.6	21.1	12.5	21.4	0.105	0.251
70	14.4	25.0	11.6	21.2	12.5	21.4	0.105	0.248
75	14.4	25.0	11.7	21.2	12.5	21.5	0.100	0.250
80	14.4	25.0	11.6	21.2	12.4	21.5	0.105	0.250
85	14.4	24.9	11.6	21.1	12.4	21.4	0.105	0.248
90	14.4	25.0	11.6	21.2	12.4	21.4	0.100	0.251
95	14.5	25.0	11.6	21.3	12.6	21.6	0.105	0.251
100	14.4	25.0	11.6	21.2	12.6	21.6	0.105	0.248
105	14.2	24.7	11.6	21.0	12.5	21.3	0.105	0.251
110	14.1	24.5	11.5	21.0	12.3	21.3	0.105	0.251
115	14.1	24.5	11.5	21.0	12.2	21.3	0.105	0.253
120	14.0	24.4	11.3	20.9	12.2	21.1	0.105	0.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองท่อสอดีไซน์แบนบิต ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ก่อน evap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{หลัง evap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP	EER	$P_{\text{หลัง evap}}$ (kPa)	$h_{\text{หลัง evap ref}}$ (kJ/kg)
2	65.40	59.29	6.11	0.5114	2.09	7.12	75.8	346.53
4	57.84	51.61	6.23	0.5215	2.08	7.08	94.5	347.68
6	50.59	43.47	7.12	0.5959	2.39	8.14	95.8	347.77
8	46.62	39.05	7.57	0.6336	2.52	8.61	100.7	348.19
10	44.57	37.20	7.37	0.6169	2.46	8.38	100.7	348.19
12	43.43	36.17	7.26	0.6077	2.45	8.35	101.4	348.23
14	42.30	35.66	6.64	0.5558	2.24	7.64	102.0	348.28
16	42.02	35.16	6.86	0.5742	2.31	7.89	105.5	348.44
18	41.74	34.65	7.09	0.5934	2.39	8.16	104.8	348.39
20	41.75	34.40	7.35	0.6152	2.46	8.41	106.9	348.46
22	41.48	34.16	7.32	0.6127	2.48	8.47	107.6	348.51
24	40.93	33.91	7.02	0.5876	2.34	7.98	108.2	348.55
26	40.93	33.66	7.27	0.6085	2.42	8.27	109.6	348.64
28	40.65	33.66	6.99	0.5851	2.37	8.09	110.3	348.68
30	40.38	33.42	6.96	0.5826	2.36	8.06	112.4	348.82
32	40.38	33.42	6.96	0.5826	2.35	8.01	112.4	348.82
34	40.11	33.17	6.94	0.5809	2.34	7.99	113.1	348.86
36	40.38	33.17	7.21	0.6035	2.45	8.35	113.1	348.86
38	39.57	32.93	6.64	0.5558	2.23	7.60	113.1	348.86
40	39.30	32.93	6.37	0.5332	2.12	7.24	113.8	348.90
42	39.30	32.93	6.37	0.5332	2.14	7.29	113.8	348.90
44	39.30	32.68	6.62	0.5541	2.25	7.66	114.5	348.95
46	39.04	32.68	6.36	0.5323	2.16	7.36	114.5	348.95
48	39.03	32.44	6.59	0.5516	2.21	7.54	114.5	348.95
50	39.30	32.44	6.86	0.5742	2.31	7.89	114.5	348.95
52	39.30	32.44	6.86	0.5742	2.31	7.89	116.5	349.08
54	39.30	32.44	6.86	0.5742	2.30	7.85	115.8	349.04
56	39.57	32.93	6.64	0.5558	2.24	7.64	115.8	349.04
58	39.84	32.93	6.91	0.5784	2.29	7.81	116.5	349.08
60	39.84	32.93	6.91	0.5784	2.30	7.86	117.2	349.13
65	40.11	32.93	7.18	0.6010	2.39	8.16	117.2	349.13
70	40.11	32.93	7.18	0.6010	2.42	8.26	117.2	349.13
75	40.11	33.17	6.94	0.5809	2.33	7.94	117.2	349.13
80	40.11	32.93	7.18	0.6010	2.41	8.21	117.2	349.13
85	40.11	32.93	7.18	0.6010	2.42	8.26	117.2	349.13
90	40.11	32.93	7.18	0.6010	2.39	8.16	117.2	349.13
95	40.38	32.92	7.46	0.6244	2.49	8.48	117.2	349.13
100	40.11	32.93	7.18	0.6010	2.42	8.26	117.9	349.17
105	39.57	32.93	6.64	0.5558	2.21	7.55	117.9	349.17
110	39.31	32.68	6.63	0.5549	2.21	7.54	117.9	349.17
115	39.31	32.68	6.63	0.5549	2.20	7.49	117.9	349.17
120	39.04	32.20	6.84	0.5725	2.29	7.82	117.9	349.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 2

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	13.1	-14.4	13.0	-14.5	144.5	45.5	140.5	28.2	1.630
4	14.3	-13	14.2	-13.1	142.5	45.0	139.5	28.2	1.650
6	15.1	-12.3	15.0	-12.3	144.0	45.5	141.0	28.0	1.650
8	15.9	-11.6	15.8	-11.7	144.0	45.5	141.0	28.0	1.670
10	16.0	-11.5	15.9	-11.6	144.0	45.5	141.0	28.0	1.660
12	16.1	-11.4	16.0	-11.5	144.0	45.5	141.0	28.0	1.640
14	16.1	-11.4	16.0	-11.5	144.5	45.5	141.0	28.0	1.650
16	16.5	-11	16.3	-11.2	144.5	45.5	141.0	28.0	1.660
18	16.5	-11	16.3	-11.2	144.5	45.5	141.0	28.0	1.670
20	16.4	-11.1	16.3	-11.2	144.5	45.5	141.0	28.0	1.680
22	16.8	-10.7	16.5	-11	144.5	45.5	141.5	28.0	1.680
24	16.9	-10.6	16.5	-11	144.5	45.5	141.5	28.0	1.660
26	16.9	-10.6	16.7	-10.8	144.5	45.5	141.5	28.0	1.630
28	16.9	-10.6	16.7	-10.8	144.5	45.5	142.0	28.0	1.650
30	16.9	-10.6	16.7	-10.8	145.0	45.5	142.0	28.0	1.650
32	16.9	-10.6	16.7	-10.8	144.5	45.5	141.5	28.0	1.640
34	16.9	-10.6	16.7	-10.8	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
36	16.9	-10.6	16.7	-10.8	144.5	45.5	141.5	28.1	1.640
38	17.0	-10.5	16.8	-10.7	145.0	45.5	142.0	28.1	1.670
40	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
42	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.660
44	17.1	-10.4	17.0	-10.5	145.0	45.5	142.0	28.0	1.660
46	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.640
48	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.650
50	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.650
52	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
54	17.1	-10.4	16.9	-10.6	145.0	45.5	142.0	28.1	1.640
56	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.650
58	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.640
60	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.0	45.5	142.0	28.1	1.660
65	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.640
70	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.640
75	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.0	45.5	142.5	28.2	1.650
80	17.3	-10.2	17.3	-10.2	145.0	45.5	142.0	28.2	1.660
85	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.660
90	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.670
95	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.670
100	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.0	45.5	142.5	28.2	1.650
105	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.5	45.5	143.0	28.2	1.680
110	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.0	28.2	1.670
115	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.0	28.2	1.670
120	17.2	-10.3	17.2	-10.3	145.5	45.5	143.0	28.2	1.660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองท่อสอได้แผ่นบิด ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time	$T_{\text{วก่อนevap}}$	$T_{\text{ดก่อนevap}}$	$T_{\text{วหลังevap}}$	$T_{\text{ดหลังevap}}$	$T_{\text{วหลังfan}}$	$T_{\text{วหลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	Power <sub>comp</sub>
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	21.4	27.5	19.2	25.4	20.2	26.5	0.080	0.244
4	19.1	27.6	17.2	24.9	18.1	25.0	0.095	0.247
6	17.2	27.1	14.7	24.0	16.0	24.4	0.115	0.247
8	16.0	26.9	13.1	23.3	14.1	23.8	0.105	0.250
10	15.1	26.4	12.6	22.9	13.6	23.0	0.100	0.248
12	14.9	26.0	12.1	22.4	13.1	22.9	0.100	0.245
14	14.5	25.7	11.9	22.1	13.0	22.3	0.100	0.247
16	14.2	25.2	11.7	21.9	12.7	22.0	0.105	0.248
18	14.2	25.3	11.6	21.8	12.5	22.0	0.100	0.250
20	14.2	25.3	11.6	21.8	12.4	22.0	0.100	0.251
22	14.2	25.3	11.5	21.8	12.3	22.0	0.100	0.251
24	14.1	25.1	11.5	21.7	12.3	21.9	0.100	0.248
26	14.0	25.0	11.5	21.5	12.2	21.8	0.100	0.244
28	14.0	25.0	11.3	21.4	12.1	21.6	0.105	0.247
30	14.0	24.9	11.2	21.2	12.1	21.5	0.100	0.247
32	14.0	24.9	11.1	21.1	12.0	21.3	0.105	0.245
34	13.9	24.6	11.1	21.1	12.0	21.2	0.105	0.244
36	13.8	24.3	11.0	21.1	12.0	21.1	0.105	0.245
38	13.8	24.2	11.0	20.9	12.0	21.0	0.100	0.250
40	13.8	24.2	11.0	20.9	12.0	21.0	0.105	0.244
42	13.6	24.1	11.0	20.8	12.0	21.0	0.105	0.248
44	13.6	24.1	11.0	20.8	11.9	21.0	0.105	0.248
46	13.6	24.1	11.0	20.7	11.9	21.0	0.105	0.245
48	13.5	24.0	11.0	20.7	11.9	21.0	0.100	0.247
50	13.5	24.0	11.0	20.6	11.9	20.9	0.105	0.247
52	13.4	24.0	11.0	20.5	11.9	20.9	0.100	0.244
54	13.4	24.0	10.9	20.5	11.8	20.8	0.100	0.245
56	13.3	24.0	10.9	20.5	11.8	20.8	0.110	0.247
58	13.4	24.0	10.9	20.5	11.8	20.8	0.110	0.245
60	13.4	24.0	11.0	20.5	11.9	20.7	0.100	0.248
65	13.3	24.0	10.9	20.4	11.7	20.7	0.100	0.245
70	13.2	24.0	10.9	20.3	11.8	20.7	0.100	0.245
75	13.2	23.9	10.9	20.4	11.7	20.6	0.100	0.247
80	13.2	24.0	10.9	20.4	11.7	20.6	0.095	0.248
85	13.2	24.0	10.8	20.4	11.8	20.6	0.100	0.248
90	13.3	24.0	10.9	20.4	11.8	20.7	0.100	0.250
95	13.5	24.0	10.9	20.4	11.9	20.7	0.105	0.250
100	13.5	24.0	10.9	20.4	11.8	20.7	0.105	0.247
105	13.5	24.0	11.0	20.6	11.9	20.9	0.100	0.251
110	13.5	24.0	10.9	20.6	11.8	20.8	0.100	0.250
115	13.5	24.0	10.9	20.4	11.8	20.8	0.110	0.250
120	13.5	24.0	10.9	20.4	11.8	20.8	0.110	0.248

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ก่อนevap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{หลังevap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{หลังevap}}$ (kPa)	$h_{\text{หลังevap ref}}$ (kJ/kg)
2	62.10	54.55	7.55	0.6319	2.59	8.85	89.6	347.38
4	54.15	48.20	5.95	0.4980	2.02	6.89	97.9	348.02
6	48.14	40.96	7.18	0.6010	2.44	8.31	103.4	348.36
8	44.57	36.68	7.89	0.6604	2.65	9.03	108.9	348.60
10	42.01	35.40	6.61	0.5533	2.23	7.61	109.6	348.64
12	41.46	34.15	7.31	0.6118	2.50	8.51	110.3	348.68
14	40.36	33.65	6.71	0.5616	2.28	7.77	110.3	348.68
16	39.56	33.16	6.40	0.5357	2.16	7.36	112.4	348.82
18	39.56	32.92	6.64	0.5558	2.23	7.60	112.4	348.82
20	39.56	32.92	6.64	0.5558	2.21	7.55	112.4	348.82
22	39.56	32.67	6.89	0.5767	2.30	7.83	113.8	348.90
24	39.29	32.67	6.62	0.5541	2.23	7.62	113.8	348.90
26	39.02	32.68	6.34	0.5307	2.18	7.43	115.1	348.99
28	39.02	32.19	6.83	0.5717	2.32	7.91	115.1	348.99
30	39.03	31.95	7.08	0.5926	2.40	8.20	115.1	348.99
32	39.03	31.71	7.32	0.6127	2.50	8.53	115.1	348.99
34	38.76	31.71	7.05	0.5901	2.42	8.26	115.1	348.99
36	38.52	31.47	7.05	0.5901	2.41	8.21	115.1	348.99
38	38.51	31.47	7.04	0.5892	2.36	8.05	115.8	349.04
40	38.51	31.47	7.04	0.5892	2.42	8.25	116.5	349.08
42	37.98	31.47	6.51	0.5449	2.20	7.49	116.5	349.08
44	37.98	31.47	6.51	0.5449	2.20	7.49	117.2	349.13
46	37.98	31.47	6.51	0.5449	2.22	7.58	116.5	349.08
48	37.71	31.47	6.24	0.5223	2.12	7.22	116.5	349.08
50	37.71	31.48	6.23	0.5215	2.11	7.21	116.5	349.08
52	37.45	31.48	5.97	0.4997	2.05	7.00	116.6	349.08
54	37.45	31.24	6.21	0.5198	2.12	7.23	116.5	349.08
56	37.19	31.24	5.95	0.4980	2.02	6.89	117.9	349.17
58	37.45	31.24	6.21	0.5198	2.12	7.23	117.9	349.17
60	37.45	31.48	5.97	0.4997	2.01	6.87	117.2	349.13
65	37.19	31.24	5.95	0.4980	2.03	6.93	117.9	349.17
70	36.93	31.24	5.69	0.4763	1.94	6.63	117.9	349.17
75	36.93	31.24	5.69	0.4763	1.93	6.59	118.6	349.21
80	36.93	31.24	5.69	0.4763	1.92	6.55	119.3	349.26
85	36.93	31.00	5.93	0.4963	2.00	6.82	117.9	349.17
90	37.19	31.24	5.95	0.4980	1.99	6.81	117.9	349.17
95	37.71	31.24	6.47	0.5415	2.17	7.40	117.9	349.17
100	37.71	31.24	6.47	0.5415	2.20	7.49	118.6	349.21
105	37.71	31.48	6.23	0.5215	2.08	7.08	118.6	349.21
110	37.71	31.24	6.47	0.5415	2.17	7.40	117.9	349.17
115	37.71	31.24	6.47	0.5415	2.17	7.40	117.2	349.13
120	37.71	31.24	6.47	0.5415	2.18	7.45	118.6	349.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองท่อสอได้แผ่นบิด ระยะพิทซ์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 3

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	14.2	-13.3	14.0	-13.5	147.0	46.0	143.0	28.6	1.650
4	16.1	-11.4	16.0	-11.5	143.0	45.0	139.5	28.5	1.660
6	16.1	-11.4	16.0	-11.5	144.0	45.5	141.0	28.2	1.650
8	16.7	-10.8	16.5	-11	145.0	45.5	142.0	28.0	1.650
10	16.9	-10.6	16.6	-10.9	145.0	45.5	142.0	28.2	1.680
12	16.9	-10.6	16.6	-10.9	145.0	45.5	142.0	28.2	1.680
14	16.9	-10.6	16.7	-10.8	144.5	45.5	141.5	28.2	1.640
16	16.9	-10.6	16.8	-10.7	145.0	45.5	142.0	28.1	1.660
18	16.9	-10.6	16.8	-10.7	145.0	45.5	142.0	28.2	1.660
20	16.9	-10.6	16.7	-10.8	145.0	45.5	142.0	28.0	1.640
22	17.0	-10.5	16.8	-10.7	145.0	45.5	142.0	28.1	1.640
24	17.0	-10.5	16.8	-10.7	145.0	45.5	142.0	28.1	1.650
26	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
28	17.2	-10.3	17.0	-10.5	145.0	45.5	142.0	28.1	1.640
30	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
32	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.660
34	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.2	1.650
36	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.2	1.660
38	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.650
40	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.650
42	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.640
44	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
46	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.1	1.630
48	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.0	1.650
50	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.2	1.660
52	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.2	1.650
54	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.0	28.2	1.670
56	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.5	45.5	142.5	28.1	1.670
58	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.680
60	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.680
65	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.0	1.660
70	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.0	45.5	142.5	28.2	1.660
75	17.4	-10.1	17.2	-10.3	145.0	45.5	142.5	28.2	1.650
80	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.0	45.5	142.5	28.2	1.660
85	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.660
90	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.0	45.5	142.5	28.2	1.680
95	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.0	28.2	1.660
100	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.0	28.3	1.660
105	17.8	-9.7	17.6	-9.9	145.5	45.5	143.0	28.2	1.670
110	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.0	28.3	1.660
115	17.3	-10.2	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.0	28.3	1.650
120	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.5	45.5	143.0	28.3	1.670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองท่อสอลใต้แผ่นบิต ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

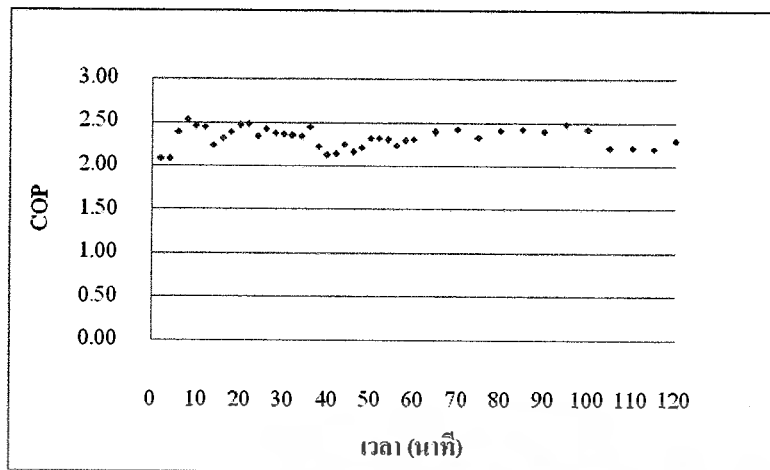
Time	$T_{w\text{ก่อนevap}}$	$T_{d\text{ก่อนevap}}$	$T_{w\text{หลังevap}}$	$T_{d\text{หลังevap}}$	$T_{w\text{หลังfan}}$	$T_{d\text{หลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	Power <sub>comp</sub>
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	21.0	27.8	18.8	25.3	20.0	26.0	0.070	0.247
4	18.6	27.8	16.5	25.0	17.0	25.0	0.100	0.248
6	17.0	27.5	14.5	24.3	15.6	24.6	0.100	0.247
8	16.0	27.0	13.5	23.6	14.4	24.0	0.105	0.247
10	15.4	26.8	13.0	23.1	14.0	23.4	0.100	0.251
12	15.0	26.3	12.7	22.8	13.4	23.0	0.105	0.251
14	15.0	26.0	12.5	22.5	13.1	22.9	0.100	0.245
16	14.8	25.8	12.3	22.2	13.0	22.6	0.100	0.248
18	14.5	25.4	12.0	22.0	13.0	22.1	0.100	0.248
20	14.3	25.1	12.0	21.8	12.8	22.0	0.110	0.245
22	14.1	25.0	11.9	21.5	12.7	21.9	0.100	0.245
24	14.0	24.9	11.8	21.3	12.4	21.6	0.100	0.247
26	14.0	24.8	11.7	21.2	12.3	21.4	0.100	0.244
28	14.0	24.6	11.6	21.1	12.2	21.2	0.100	0.245
30	13.9	24.4	11.5	21.0	12.1	21.1	0.100	0.244
32	13.9	24.1	11.5	21.0	12.0	21.1	0.100	0.248
34	13.9	24.1	11.5	20.9	12.0	21.1	0.105	0.247
36	13.8	24.1	11.4	20.9	12.0	21.0	0.100	0.248
38	13.8	24.1	11.3	20.8	12.0	21.0	0.105	0.247
40	13.7	24.0	11.2	20.8	12.0	21.0	0.100	0.247
42	13.7	24.0	11.2	20.7	12.0	21.0	0.100	0.245
44	13.6	24.0	11.2	20.7	12.0	21.0	0.105	0.244
46	13.6	24.0	11.1	20.6	12.0	21.0	0.105	0.244
48	13.5	24.0	11.1	20.6	11.9	20.8	0.100	0.247
50	13.5	24.0	11.1	20.5	11.9	20.8	0.100	0.248
52	13.5	24.0	11.1	20.6	11.9	20.8	0.100	0.247
54	13.5	24.0	11.1	20.6	11.9	20.8	0.105	0.250
56	13.5	24.0	11.1	20.6	11.9	20.8	0.100	0.250
58	13.6	24.0	11.1	20.6	11.8	20.8	0.100	0.251
60	13.7	24.1	11.1	20.7	11.8	20.8	0.095	0.251
65	13.8	24.2	11.2	20.7	12.0	21.0	0.100	0.248
70	13.9	24.2	11.2	20.8	12.0	21.0	0.100	0.248
75	13.8	24.1	11.2	20.8	12.0	21.0	0.100	0.247
80	13.7	24.0	11.1	20.5	11.9	20.9	0.100	0.248
85	13.6	24.0	11.1	20.6	11.9	20.9	0.100	0.248
90	13.6	24.0	11.1	20.6	12.0	20.9	0.105	0.251
95	13.7	24.0	11.2	20.5	12.0	20.9	0.105	0.248
100	13.7	24.0	11.2	20.5	12.0	21.0	0.100	0.248
105	13.8	24.0	11.2	20.6	11.9	21.0	0.100	0.250
110	13.9	24.0	11.3	20.6	12.0	21.0	0.105	0.248
115	13.9	24.1	11.3	20.6	12.0	21.0	0.100	0.247
120	13.9	24.1	11.3	20.8	12.0	21.0	0.100	0.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

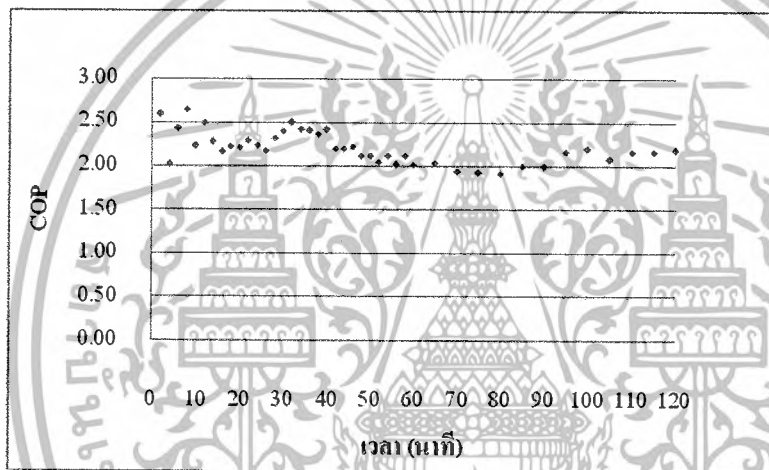
ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองที่สอดคล้องแผ่นมิต ระยะพิทช์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

Time	$h_{\text{กึ่งevap}}$	$h_{\text{มิตึ่งevap}}$	$\Delta h_{\text{evap}}$	$\dot{Q}_{\text{air}}$	COP	EER	$P_{\text{มิตึ่งevap}}$	$h_{\text{มิตึ่งevap ref}}$
(min)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kW)	-	-	(kPa)	(kJ/kg)
2	60.65	53.24	7.41	0.6202	2.51	8.58	96.5	347.81
4	52.51	46.09	6.42	0.5374	2.17	7.39	110.3	348.68
6	47.25	40.40	6.85	0.5733	2.32	7.93	110.3	348.68
8	44.57	37.72	6.85	0.5733	2.32	7.93	113.8	348.90
10	42.85	36.43	6.42	0.5374	2.14	7.30	114.5	348.95
12	41.73	35.66	6.07	0.5081	2.02	6.90	114.5	348.95
14	41.74	35.15	6.59	0.5516	2.25	7.68	115.1	348.99
16	41.19	34.65	6.54	0.5474	2.21	7.53	115.8	349.04
18	40.37	33.90	6.47	0.5415	2.18	7.45	115.8	349.04
20	39.83	33.91	5.92	0.4955	2.02	6.90	115.1	348.99
22	39.29	33.66	5.63	0.4712	1.92	6.56	115.8	349.04
24	39.03	33.42	5.61	0.4696	1.90	6.49	115.8	349.04
26	39.03	33.17	5.86	0.4905	2.01	6.87	117.2	349.13
28	39.03	32.93	6.10	0.5106	2.08	7.11	117.2	349.13
30	38.77	32.68	6.09	0.5097	2.09	7.14	117.9	349.17
32	38.78	32.68	6.10	0.5106	2.06	7.02	117.9	349.17
34	38.78	32.69	6.09	0.5097	2.07	7.05	117.9	349.17
36	38.78	32.44	6.34	0.5307	2.14	7.30	117.9	349.17
38	38.78	32.20	6.58	0.5507	2.23	7.62	117.9	349.17
40	38.51	31.96	6.55	0.5482	2.22	7.58	117.9	349.17
42	38.51	31.96	6.55	0.5482	2.24	7.63	117.9	349.17
44	37.98	31.96	6.02	0.5039	2.07	7.06	117.9	349.17
46	37.98	31.72	6.26	0.5240	2.15	7.34	117.9	349.17
48	37.71	31.72	5.99	0.5014	2.03	6.93	117.9	349.17
50	37.71	31.72	5.99	0.5014	2.02	6.89	117.9	349.17
52	37.71	31.72	5.99	0.5014	2.03	6.93	117.9	349.17
54	37.71	31.72	5.99	0.5014	2.01	6.85	117.9	349.17
56	37.71	31.72	5.99	0.5014	2.01	6.85	117.9	349.17
58	37.98	31.72	6.26	0.5240	2.09	7.12	117.9	349.17
60	38.24	31.72	6.52	0.5457	2.17	7.41	117.9	349.17
65	38.51	31.96	6.55	0.5482	2.21	7.54	117.9	349.17
70	38.77	31.96	6.81	0.5700	2.30	7.84	118.6	349.21
75	38.51	31.96	6.55	0.5482	2.22	7.58	118.6	349.21
80	38.24	31.72	6.52	0.5457	2.20	7.50	118.6	349.21
85	37.98	31.72	6.26	0.5240	2.11	7.20	117.9	349.17
90	37.98	31.72	6.26	0.5240	2.09	7.12	117.9	349.17
95	38.24	31.96	6.28	0.5256	2.12	7.23	117.9	349.17
100	38.24	31.96	6.28	0.5256	2.12	7.23	117.9	349.17
105	38.51	31.96	6.55	0.5482	2.20	7.49	121.3	349.39
110	38.78	32.20	6.58	0.5507	2.22	7.57	117.9	349.17
115	38.78	32.20	6.58	0.5507	2.23	7.62	117.9	349.17
120	38.78	32.20	6.58	0.5507	2.21	7.53	118.6	349.21

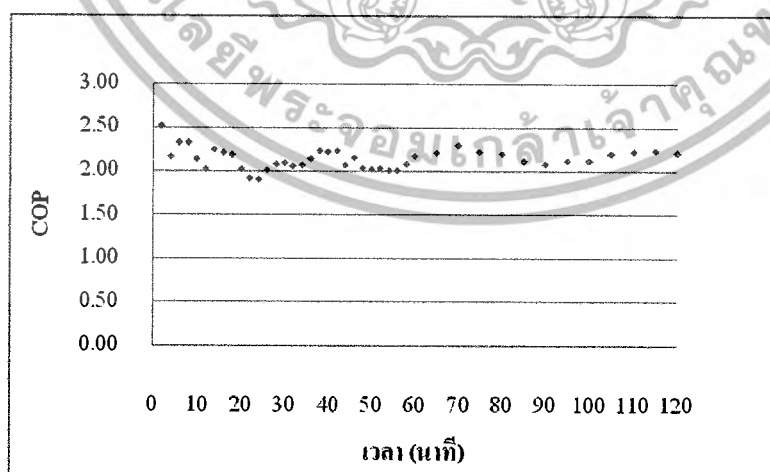
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ A-10 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบิด ระยะพิทซ์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 1



กราฟที่ A-11 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบิด ระยะพิทซ์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 2



กราฟที่ A-12 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบิด ระยะพิทซ์ 4.4 ซม. ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองท่อสอดีไซน์แบนด์ ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 1

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	11.9	-15.6	11.8	-15.7	142.0	44.5	139.0	28.8	1.680
4	14.5	-12.8	14.4	-12.9	143.5	45.0	140.5	29.0	1.690
6	14.1	-13.4	14.0	-13.5	143.5	45.0	140.5	29.0	1.680
8	14.6	-12.7	14.5	-12.8	143.5	45.0	140.5	29.0	1.650
10	14.7	-12.6	14.6	-12.7	144.0	45.5	141.5	29.0	1.640
12	14.9	-12.4	14.7	-12.6	144.0	45.5	141.0	29.0	1.680
14	15.2	-12.2	15.1	-12.3	144.0	45.5	141.5	29.1	1.740
16	16.1	-11.4	16.1	-11.4	144.0	45.5	141.5	29.1	1.780
18	15.6	-11.9	15.4	-12.1	145.0	45.5	142.5	29.1	1.630
20	15.7	-11.8	15.5	-12	145.0	45.5	142.5	29.1	1.620
22	15.9	-11.6	15.7	-11.8	145.0	45.5	142.5	29.1	1.630
24	15.9	-11.6	15.7	-11.8	145.0	45.5	142.5	29.2	1.640
26	16.2	-11.3	16.1	-11.4	145.0	45.5	142.5	29.1	1.620
28	16.2	-11.3	16.0	-11.5	145.0	45.5	142.5	29.1	1.630
30	16.2	-11.3	16.1	-11.4	145.0	45.5	142.5	29.2	1.630
32	16.3	-11.2	16.3	-11.2	145.0	45.5	143.0	29.2	1.620
34	16.3	-11.2	16.2	-11.3	145.0	45.5	143.0	29.2	1.620
36	16.3	-11.2	16.2	-11.3	145.0	45.5	143.0	29.2	1.670
38	16.7	-10.8	16.5	-11	145.0	45.5	143.0	29.2	1.630
40	16.8	-10.7	16.6	-10.9	145.0	45.5	143.0	29.2	1.640
42	16.6	-10.9	16.5	-11	145.0	45.5	143.0	29.2	1.630
44	16.6	-10.9	16.4	-11.1	145.0	45.5	143.0	29.2	1.660
46	16.5	-11	16.5	-11	145.5	45.5	143.5	29.2	1.610
48	16.6	-10.9	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.5	29.3	1.630
50	16.8	-10.7	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.5	29.3	1.660
52	16.9	-10.6	16.7	-10.8	145.5	45.5	143.5	29.3	1.640
54	16.8	-10.7	16.7	-10.8	145.5	45.5	143.5	29.3	1.620
56	16.8	-10.7	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.5	29.3	1.610
58	16.8	-10.7	16.7	-10.8	145.5	45.5	143.5	29.3	1.630
60	16.7	-10.8	16.5	-11	145.5	45.5	143.5	29.3	1.650
65	16.7	-10.8	16.5	-11	145.5	45.5	143.5	29.3	1.660
70	16.7	-10.8	16.5	-11	145.5	45.5	143.5	29.3	1.690
75	16.9	-10.6	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.5	29.2	1.650
80	17.0	-10.5	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.5	29.2	1.690
85	17.2	-10.3	17.2	-10.3	145.5	45.5	143.5	29.2	1.680
90	17.1	-10.4	17.1	-10.4	145.5	45.5	144.0	29.3	1.690
95	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.5	29.3	1.680
100	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.0	46.0	144.5	29.4	1.680
105	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.5	29.4	1.650
110	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.0	46.0	144.5	29.4	1.740
115	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.5	29.3	1.690
120	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.5	46.0	144.5	29.5	1.760

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองที่ถอดใส่แผ่นบิด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time	$T_{w\text{ก่อนevap}}$	$T_{d\text{ก่อนevap}}$	$T_{w\text{หลังevap}}$	$T_{d\text{หลังevap}}$	$T_{w\text{หลังfan}}$	$T_{w\text{หลังfan}}$	$m_{\text{ref}}$	Power <sub>comp</sub>
(min)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/min)	(kW)
2	20.7	28.0	26.0	29.0	20.1	26.2	0.090	0.251
4	18.4	28.2	16.4	25.3	17.0	25.5	0.090	0.253
6	16.4	28.0	14.1	24.6	14.7	24.8	0.100	0.251
8	15.6	27.7	13.1	23.9	14.0	24.0	0.095	0.247
10	15.0	27.0	12.8	23.4	13.5	23.7	0.100	0.245
12	14.8	26.8	12.4	23.0	13.1	23.8	0.095	0.251
14	14.4	26.2	12.2	22.7	13.0	23.0	0.095	0.260
16	14.4	26.1	12.1	22.5	12.9	22.8	0.095	0.266
18	14.2	25.9	12.0	22.2	12.8	22.5	0.095	0.244
20	14.0	25.6	11.9	22.0	12.6	22.2	0.095	0.242
22	14.0	25.2	11.8	21.9	12.4	22.0	0.095	0.244
24	14.0	25.0	11.8	21.6	12.3	21.9	0.100	0.245
26	13.9	25.0	11.6	21.5	12.2	21.8	0.095	0.242
28	13.8	25.0	11.6	21.4	12.1	21.8	0.100	0.244
30	13.7	24.9	11.5	21.3	12.0	21.6	0.095	0.244
32	13.7	24.8	11.4	21.2	12.0	21.4	0.095	0.242
34	13.6	24.8	11.4	21.2	12.0	21.4	0.100	0.242
36	13.6	24.7	11.3	21.1	12.0	21.3	0.100	0.250
38	13.5	24.7	11.3	21.0	12.0	21.1	0.095	0.244
40	13.5	24.5	11.3	21.0	12.0	21.1	0.100	0.245
42	13.3	24.4	11.2	21.0	12.0	21.1	0.095	0.244
44	13.3	24.3	11.2	20.9	12.0	21.1	0.095	0.248
46	13.1	24.1	11.1	20.8	11.9	21.0	0.100	0.241
48	13.1	24.0	11.0	20.6	11.9	20.9	0.100	0.244
50	13.0	23.9	11.0	20.5	11.8	20.8	0.100	0.248
52	13.0	23.9	11.0	20.4	11.7	20.8	0.100	0.245
54	13.0	23.6	11.0	20.3	11.7	20.6	0.095	0.242
56	13.0	24.6	10.9	20.3	11.7	20.5	0.095	0.241
58	13.0	23.4	10.9	20.2	11.5	20.4	0.095	0.244
60	12.9	23.5	10.8	20.2	11.4	20.3	0.100	0.247
65	13.0	23.8	10.9	20.2	11.3	20.3	0.095	0.248
70	13.0	23.7	10.9	20.2	11.5	20.3	0.095	0.253
75	13.0	23.6	10.9	20.2	11.5	20.3	0.095	0.247
80	13.0	23.7	11.0	20.2	11.6	20.4	0.100	0.253
85	13.0	23.7	11.0	20.2	11.6	20.4	0.100	0.251
90	13.0	23.7	11.0	20.2	11.7	20.3	0.095	0.253
95	13.0	23.7	11.0	20.1	11.7	20.3	0.095	0.251
100	13.1	23.9	11.0	20.2	11.8	20.6	0.095	0.251
105	13.1	23.8	11.0	20.2	11.8	20.4	0.095	0.247
110	13.1	23.8	11.0	20.2	11.8	20.4	0.100	0.260
115	13.1	24.0	11.1	20.5	11.9	20.6	0.095	0.253
120	13.6	24.4	11.2	20.7	12.0	20.9	0.100	0.263

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองที่ถอดใส่แผ่นมิด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 1 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{coil, evap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{mid, evap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP	EER	$P_{\text{mid, evap}}$ (kPa)	$h_{\text{mid, evap, ref}}$ (kJ/kg)
2	59.58	80.47	-20.89	-1.7485	-6.96	-23.75	81.4	346.87
4	51.85	45.79	6.06	0.5072	2.01	6.85	99.3	348.10
6	45.71	39.30	6.41	0.5365	2.14	7.29	96.5	347.81
8	43.39	36.67	6.72	0.5625	2.28	7.78	100.0	348.15
10	41.72	35.90	5.82	0.4871	1.99	6.78	100.7	348.19
12	41.16	34.89	6.27	0.5248	2.09	7.13	101.4	348.23
14	40.08	34.39	5.69	0.4763	1.83	6.25	104.1	348.35
16	40.08	34.14	5.94	0.4972	1.87	6.37	111.0	348.73
18	39.54	33.90	5.64	0.4721	1.94	6.61	106.2	348.42
20	39.01	33.65	5.36	0.4486	1.85	6.32	106.9	348.46
22	39.02	33.41	5.61	0.4696	1.93	6.57	108.2	348.55
24	39.02	33.41	5.61	0.4696	1.92	6.53	108.2	348.55
26	38.75	32.92	5.83	0.4880	2.01	6.87	111.0	348.73
28	38.49	32.92	5.57	0.4662	1.91	6.53	110.3	348.68
30	38.22	32.68	5.54	0.4637	1.90	6.49	111.0	348.73
32	38.23	32.44	5.79	0.4846	2.00	6.83	112.4	348.82
34	37.96	32.44	5.52	0.4620	1.91	6.51	111.7	348.77
36	37.96	32.19	5.77	0.4829	1.93	6.60	111.7	348.77
38	37.70	32.20	5.50	0.4604	1.89	6.45	113.8	348.90
40	37.70	32.20	5.50	0.4604	1.88	6.41	114.5	348.95
42	37.18	31.95	5.23	0.4378	1.80	6.13	113.8	348.90
44	37.18	31.95	5.23	0.4378	1.76	6.02	113.1	348.86
46	36.66	31.96	4.70	0.3934	1.63	5.58	113.8	348.90
48	36.66	31.96	4.70	0.3934	1.61	5.51	114.5	348.95
50	36.41	31.96	4.45	0.3725	1.50	5.12	114.5	348.95
52	36.41	31.96	4.45	0.3725	1.52	5.18	115.1	348.99
54	36.41	31.48	4.93	0.4126	1.70	5.81	115.1	348.99
56	36.41	31.24	5.17	0.4327	1.80	6.13	114.5	348.95
58	36.42	31.24	5.18	0.4336	1.78	6.07	115.1	348.99
60	36.16	31.00	5.16	0.4319	1.75	5.97	113.8	348.90
65	36.41	31.24	5.17	0.4327	1.74	5.95	113.8	348.90
70	36.41	31.24	5.17	0.4327	1.71	5.84	113.8	348.90
75	36.41	31.24	5.17	0.4327	1.75	5.99	116.5	349.08
80	36.41	31.48	4.93	0.4126	1.63	5.57	117.2	349.13
85	36.41	31.48	4.93	0.4126	1.64	5.61	118.6	349.21
90	36.41	31.48	4.93	0.4126	1.63	5.57	117.9	349.17
95	36.41	31.49	4.92	0.4118	1.64	5.59	117.9	349.17
100	36.67	31.48	5.19	0.4344	1.73	5.90	118.6	349.21
105	36.67	31.48	5.19	0.4344	1.76	6.01	117.9	349.17
110	36.67	31.48	5.19	0.4344	1.67	5.70	118.6	349.21
115	36.66	31.72	4.94	0.4135	1.64	5.58	117.9	349.17
120	37.97	31.96	6.01	0.5030	1.91	6.52	117.9	349.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองท่อสอดใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 2

Time	P ก่อนevap	T ก่อนevap	P หลังevap	T หลังevap	P หลังcomp	T หลังcomp	P หลังcond	T หลังcond	I <sub>comp</sub>
(min)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(psi)	(°C)	(amp)
2	13.2	-14.3	13.1	-14.4	147.5	46.5	144.0	30.0	1.640
4	15.2	-12.2	15.1	-12.3	145.0	45.5	142.0	29.9	1.690
6	16.1	-11.4	16.0	-11.5	145.5	45.5	143.0	29.8	1.670
8	16.3	-11.2	16.3	-11.2	145.5	45.5	143.5	29.8	1.660
10	16.8	-10.7	16.7	-10.8	146.0	46.0	144.5	29.7	1.660
12	16.8	-10.7	16.6	-10.9	145.5	45.5	143.5	29.6	1.660
14	16.9	-10.6	16.7	-10.8	145.5	45.5	144.0	29.6	1.680
16	16.9	-10.6	16.8	-10.7	146.0	46.0	144.0	30.1	1.640
18	17.1	-10.4	16.9	-10.6	146.5	46.0	144.5	30.1	1.660
20	17.1	-10.4	16.9	-10.6	146.0	46.0	144.0	30.0	1.650
22	17.1	-10.4	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.5	29.9	1.650
24	17.1	-10.4	17.0	-10.5	146.0	46.0	144.0	29.8	1.660
26	17.1	-10.4	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.0	29.8	1.660
28	17.1	-10.4	17.0	-10.5	146.5	46.0	144.5	29.8	1.640
30	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.8	1.660
32	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.5	46.0	144.5	29.7	1.640
34	17.3	-10.2	17.1	-10.4	146.5	46.0	144.5	29.7	1.660
36	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.8	1.670
38	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.5	46.0	144.5	29.7	1.660
40	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.0	29.6	1.640
42	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.5	46.0	144.0	29.7	1.670
44	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.0	46.0	144.5	29.7	1.670
46	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.5	46.0	144.0	29.7	1.660
48	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.7	1.670
50	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.6	1.680
52	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.6	1.650
54	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.6	1.660
56	17.3	-10.2	17.2	-10.3	146.5	46.0	144.5	29.6	1.690
58	17.3	-10.2	17.2	-10.3	146.5	46.0	144.5	29.7	1.650
60	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.5	46.0	144.5	29.7	1.650
65	17.3	-10.2	17.2	-10.3	146.0	46.0	144.0	29.7	1.690
70	17.6	-9.9	17.4	-10.1	146.5	46.0	144.5	29.6	1.700
75	17.7	-9.8	17.6	-9.9	146.5	46.0	144.5	29.6	1.650
80	17.5	-10	17.5	-10	146.5	46.0	144.5	29.6	1.720
85	17.8	-9.7	17.7	-9.8	146.5	46.0	144.5	29.6	1.700
90	17.8	-9.7	17.7	-9.8	146.5	46.0	144.5	29.6	1.670
95	17.8	-9.7	17.6	-9.9	146.5	46.0	144.5	29.6	1.710
100	17.9	-9.6	17.6	-9.9	146.5	46.0	144.5	29.6	1.670
105	17.9	-9.6	17.7	-9.8	147.0	46.5	144.5	29.7	1.710
110	17.9	-9.6	17.7	-9.8	147.0	46.5	144.5	29.7	1.730
115	18.0	-9.5	17.9	-9.6	147.0	46.5	145.0	29.7	1.740
120	18.0	-9.5	17.9	-9.6	147.0	46.5	145.0	29.7	1.700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองท่อสอดีสี่แผ่นบิด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time	$T_{w \text{ ก่อน evap}}$	$T_{d \text{ ก่อน evap}}$	$T_{w \text{ หลัง evap}}$	$T_{d \text{ หลัง evap}}$	$T_w \text{ หลัง fan}$	$T_{w \text{ หลัง fan}}$	$m_{\text{ref}}$	$\text{Power}_{\text{comp}}$
(min)	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )	(kg/min)	(kW)
2	21.1	29.1	19.6	26.6	20.0	27.0	0.080	0.245
4	19.0	29.3	17.2	26.2	17.5	26.2	0.095	0.253
6	17.2	29.0	15.1	25.5	15.5	25.9	0.100	0.250
8	16.1	28.2	14.0	24.7	14.7	25.0	0.095	0.248
10	15.7	28.0	13.4	24.4	14.0	24.4	0.095	0.248
12	15.2	27.4	13.0	23.7	13.8	23.9	0.100	0.248
14	15.0	27.1	12.9	23.4	13.5	23.7	0.095	0.251
16	15.0	27.0	12.8	23.1	13.3	23.3	0.095	0.245
18	15.0	26.8	12.6	23.0	13.1	23.1	0.100	0.248
20	14.8	26.6	12.5	22.8	13.0	23.0	0.100	0.247
22	14.8	26.4	12.4	22.6	13.0	22.9	0.100	0.247
24	14.8	26.2	12.4	22.5	13.0	22.8	0.100	0.248
26	14.7	26.0	12.3	22.4	13.0	22.6	0.095	0.248
28	14.4	25.9	12.2	22.2	12.9	22.4	0.095	0.245
30	14.2	25.7	12.1	22.0	12.7	22.1	0.095	0.248
32	14.1	25.4	12.0	21.7	12.7	22.1	0.095	0.245
34	14.0	25.2	12.0	21.7	12.6	22.0	0.095	0.248
36	14.0	25.0	11.9	21.6	12.4	21.9	0.095	0.250
38	14.0	25.0	11.9	21.5	12.3	21.7	0.095	0.248
40	14.0	25.0	11.8	21.4	12.2	21.7	0.095	0.245
42	14.0	24.9	11.8	21.3	12.1	21.7	0.100	0.250
44	13.9	24.9	11.8	21.2	12.1	21.6	0.095	0.250
46	13.9	24.9	11.8	21.2	12.1	21.6	0.095	0.248
48	13.9	24.8	11.8	21.2	12.1	21.5	0.100	0.250
50	13.8	24.7	11.6	21.1	12.1	21.3	0.095	0.251
52	13.8	24.7	11.6	21.0	12.0	21.2	0.095	0.247
54	13.7	24.4	11.6	21.0	12.0	21.2	0.100	0.248
56	13.7	24.4	11.6	21.0	12.0	21.2	0.110	0.253
58	13.7	24.3	11.6	21.0	12.0	21.1	0.100	0.247
60	13.8	24.3	11.6	21.0	12.0	21.1	0.100	0.247
65	13.7	24.4	11.6	20.9	12.0	21.0	0.100	0.253
70	13.7	24.4	11.6	20.9	12.0	21.0	0.100	0.254
75	13.8	24.5	11.6	20.9	12.0	21.0	0.100	0.247
80	13.9	24.8	11.7	21.0	12.0	21.1	0.095	0.257
85	14.0	25.0	11.8	21.1	12.1	21.4	0.100	0.254
90	14.0	25.0	11.9	21.2	12.2	21.4	0.100	0.250
95	14.0	25.0	11.9	21.2	12.3	21.4	0.100	0.256
100	14.0	24.9	11.9	21.2	12.2	21.4	0.100	0.250
105	14.0	25.0	11.9	21.2	12.1	21.3	0.100	0.256
110	14.0	25.0	11.9	21.2	12.2	21.4	0.100	0.259
115	14.1	25.1	12.0	21.3	12.3	21.6	0.100	0.260
120	14.1	25.2	12.0	21.4	12.3	21.6	0.100	0.254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองที่สอดคล้องแผ่นมิด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 2 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ก่อนevap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{หลังevap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP -	EER -	$P_{\text{หลังevap}}$ (kPa)	$h_{\text{หลังevap ref}}$ (kJ/kg)
2	60.96	55.84	5.12	0.4285	57.19	1.75	5.96	90.3
4	53.76	48.16	5.60	0.4687	49.09	1.86	6.33	104.1
6	48.08	42.03	6.05	0.5064	43.16	2.03	6.92	110.3
8	44.82	39.03	5.79	0.4846	40.93	1.95	6.66	112.4
10	43.67	37.44	6.23	0.5215	39.04	2.10	7.17	115.1
12	42.27	36.41	5.86	0.4905	38.51	1.98	6.74	114.5
14	41.71	36.16	5.55	0.4645	37.72	1.85	6.31	115.1
16	41.72	35.91	5.81	0.4863	37.20	1.98	6.77	115.8
18	41.72	35.40	6.32	0.5290	36.69	2.13	7.27	116.5
20	41.17	35.15	6.02	0.5039	36.43	2.04	6.97	116.5
22	41.17	34.90	6.27	0.5248	36.43	2.13	7.26	117.2
24	41.18	34.90	6.28	0.5256	36.43	2.12	7.23	117.2
26	40.91	34.65	6.26	0.5240	36.44	2.11	7.20	117.9
28	40.09	34.40	5.69	0.4763	36.18	1.94	6.63	117.2
30	39.55	34.15	5.40	0.4520	35.67	1.82	6.21	119.3
32	39.28	33.91	5.37	0.4495	35.67	1.83	6.25	118.6
34	39.02	33.91	5.11	0.4277	35.42	1.72	5.88	117.9
36	39.02	33.66	5.36	0.4486	34.91	1.80	6.13	119.3
38	39.02	33.66	5.36	0.4486	34.66	1.81	6.17	118.6
40	39.02	33.42	5.60	0.4687	34.41	1.91	6.52	117.9
42	39.03	33.42	5.61	0.4696	34.16	1.88	6.42	118.6
44	38.76	33.42	5.34	0.4470	34.16	1.79	6.11	118.6
46	38.76	33.42	5.34	0.4470	34.16	1.80	6.15	118.6
48	38.76	33.42	5.34	0.4470	34.16	1.79	6.11	119.3
50	38.49	32.93	5.56	0.4654	34.17	1.85	6.32	119.3
52	38.49	32.93	5.56	0.4654	33.92	1.89	6.44	119.3
54	38.23	32.93	5.30	0.4436	33.92	1.79	6.10	119.3
56	38.23	32.93	5.30	0.4436	33.92	1.76	5.99	118.6
58	38.24	32.93	5.31	0.4444	33.92	1.80	6.15	118.6
60	38.50	32.93	5.57	0.4662	33.92	1.89	6.45	119.3
65	38.23	32.93	5.30	0.4436	33.92	1.76	5.99	118.6
70	38.23	32.93	5.30	0.4436	33.92	1.75	5.96	120.0
75	38.50	32.93	5.57	0.4662	33.92	1.89	6.45	121.3
80	38.76	33.18	5.58	0.4670	33.92	1.82	6.20	120.7
85	39.02	33.18	5.84	0.4888	34.17	1.92	6.56	122.0
90	39.02	33.67	5.35	0.4478	34.42	1.79	6.12	122.0
95	39.02	33.67	5.35	0.4478	34.67	1.75	5.98	121.3
100	39.03	33.67	5.36	0.4486	34.42	1.80	6.13	121.3
105	39.02	33.67	5.35	0.4478	34.17	1.75	5.98	122.0
110	39.02	33.67	5.35	0.4478	34.42	1.73	5.91	122.0
115	39.29	33.92	5.37	0.4495	34.67	1.73	5.90	123.4
120	39.29	33.92	5.37	0.4495	34.67	1.77	6.03	123.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองท่อสอดีเส้นผ่านมิต ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 3

Time (min)	P <sub>ก่อนevap</sub> (psi)	T <sub>ก่อนevap</sub> (°C)	P <sub>หลังevap</sub> (psi)	T <sub>หลังevap</sub> (°C)	P <sub>หลังcomp</sub> (psi)	T <sub>หลังcomp</sub> (°C)	P <sub>หลังcond</sub> (psi)	T <sub>หลังcond</sub> (°C)	I <sub>comp</sub> (amp)
2	13.2	-14.3	13.1	-14.4	145.5	45.5	142.0	29.7	1.670
4	15.5	-12	15.5	-12	144.0	45.5	141.5	29.7	1.690
6	16.4	-11.1	16.3	-11.2	145.0	45.5	142.5	29.4	1.670
8	16.5	-11	16.5	-11	145.0	45.5	142.5	29.3	1.690
10	16.9	-10.6	16.7	-10.8	146.0	46.0	142.5	29.3	1.670
12	16.9	-10.6	16.7	-10.8	146.0	46.0	143.5	29.4	1.670
14	17.0	-10.5	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.0	29.3	1.680
16	17.0	-10.5	16.8	-10.7	145.5	45.5	143.5	29.3	1.670
18	17.0	-10.5	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.5	29.3	1.660
20	17.0	-10.5	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.5	29.2	1.660
22	17.0	-10.5	16.9	-10.6	145.5	45.5	143.5	29.2	1.670
24	17.0	-10.5	16.9	-10.6	145.5	45.5	144.0	29.2	1.670
26	17.0	-10.5	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.5	29.3	1.660
28	17.0	-10.5	17.0	-10.5	145.5	45.5	143.5	29.2	1.660
30	17.1	-10.4	17.1	-10.4	145.5	45.5	144.0	29.2	1.660
32	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.0	46.0	144.0	29.3	1.670
34	17.2	-10.3	17.1	-10.4	145.5	45.5	143.5	29.3	1.670
36	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.0	46.0	144.0	29.3	1.680
38	17.2	-10.3	17.2	-10.3	146.0	46.0	143.5	29.3	1.680
40	17.4	-10.1	17.3	-10.2	145.5	45.5	144.0	29.4	1.710
42	17.4	-10.1	17.3	-10.2	145.5	45.5	143.5	29.4	1.700
44	17.6	-9.9	17.5	-10	145.5	45.5	143.5	29.4	1.700
46	17.6	-9.9	17.5	-10	146.0	46.0	144.0	29.4	1.660
48	17.2	-10.3	17.1	-10.4	146.0	46.0	144.0	29.5	1.680
50	17.5	-10	17.5	-10	146.0	46.0	143.5	29.3	1.690
52	17.3	-10.2	17.2	-10.3	145.5	45.5	144.0	29.3	1.680
54	17.3	-10.2	17.3	-10.2	146.0	46.0	144.0	29.4	1.660
56	17.5	-10	17.4	-10.1	145.5	45.5	144.0	29.4	1.670
58	17.5	-10	17.4	-10.1	146.0	46.0	144.0	29.4	1.660
60	17.5	-10	17.5	-10	146.5	46.0	144.5	29.5	1.650
65	17.5	-10	17.4	-10.1	145.5	45.5	143.5	29.5	1.650
70	17.5	-10	17.5	-10	146.5	46.0	144.5	29.4	1.660
75	17.5	-10	17.5	-10	146.0	46.0	144.0	29.4	1.670
80	17.8	-9.7	17.5	-10	146.5	46.0	144.5	29.3	1.690
85	17.8	-9.7	17.6	-9.9	146.5	46.0	144.5	29.3	1.690
90	17.8	-9.7	17.7	-9.8	146.5	46.0	144.5	29.3	1.680
95	17.8	-9.7	17.5	-10	146.5	46.0	144.5	29.3	1.690
100	18.0	-9.5	17.9	-9.6	146.5	46.0	144.5	29.5	1.720
105	18.0	-9.5	18.0	-9.5	147.0	46.5	144.5	29.6	1.710
110	17.9	-9.6	17.9	-9.6	147.0	46.5	144.5	29.7	1.700
115	17.9	-9.6	17.9	-9.6	147.0	46.5	145.0	29.6	1.720
120	17.9	-9.6	17.7	-9.8	147.5	46.5	145.0	29.8	1.720

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองท่อสอไล่แผ่นบิด ระยะพิทซ์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

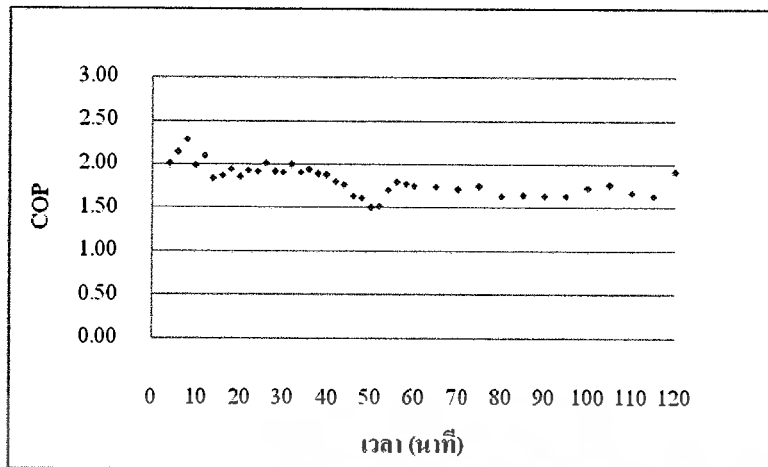
Time (min)	$T_{\text{วก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{ดก่อนevap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{ดหลังevap}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$T_{\text{วหลังfan}}$ (°C)	$m_{\text{ref}}$ (kg/min)	$\text{Power}_{\text{comp}}$ (kW)
0	25.0	29.0	25.0	29.1	25.2	28.9	0.000	0.000
2	21.6	29.2	20.2	27.0	20.6	28.1	0.080	0.250
4	19.1	29.6	17.5	26.4	17.0	26.8	0.095	0.253
6	17.4	29.3	15.2	25.7	15.8	26.0	0.110	0.250
8	16.3	28.9	14.0	24.9	14.8	25.1	0.100	0.253
10	16.0	28.1	13.6	24.2	14.0	24.9	0.095	0.250
12	15.8	28.0	13.4	24.0	13.9	24.2	0.100	0.250
14	15.5	27.8	13.2	23.7	13.8	24.0	0.095	0.251
16	15.2	27.4	13.0	23.8	13.4	23.8	0.095	0.250
18	15.1	27.1	13.0	23.2	13.2	23.5	0.100	0.248
20	15.0	26.9	12.9	23.0	13.1	23.2	0.110	0.248
22	15.0	26.5	12.8	22.7	13.0	23.0	0.100	0.250
24	14.9	26.1	12.6	22.6	13.0	22.9	0.100	0.250
26	14.7	26.0	12.5	22.4	13.0	22.7	0.100	0.248
28	14.6	26.0	12.4	22.2	12.9	22.5	0.100	0.248
30	14.5	26.0	12.3	22.1	12.8	22.3	0.100	0.248
32	14.4	25.9	12.2	22.0	12.8	22.2	0.100	0.250
34	14.2	25.7	12.2	22.0	12.8	22.1	0.100	0.250
36	14.2	25.6	12.1	21.9	12.7	22.0	0.110	0.251
38	14.2	25.7	12.2	21.9	12.7	22.0	0.100	0.251
40	14.1	25.7	12.2	21.9	12.7	22.0	0.095	0.256
42	14.1	25.6	12.2	21.9	12.6	22.0	0.100	0.254
44	14.2	25.7	12.2	21.9	12.7	22.0	0.100	0.254
46	14.3	25.9	12.2	21.9	12.7	22.0	0.095	0.248
48	14.2	25.4	12.2	21.8	12.8	22.0	0.100	0.251
50	14.1	25.4	12.1	21.7	12.8	21.9	0.100	0.253
52	14.1	25.1	12.1	21.6	12.6	21.9	0.100	0.251
54	14.1	25.0	12.1	21.4	12.6	21.7	0.100	0.248
56	14.0	25.0	12.0	21.3	12.4	21.6	0.100	0.250
58	14.0	24.9	12.0	21.2	12.3	21.4	0.100	0.248
60	14.0	24.8	12.0	21.1	12.2	21.4	0.100	0.247
65	14.0	24.6	12.0	21.0	12.2	21.2	0.095	0.247
70	14.0	24.6	12.0	21.0	12.1	21.1	0.100	0.248
75	14.0	24.7	12.0	21.0	12.2	21.1	0.100	0.250
80	14.0	24.9	12.0	21.1	12.2	21.2	0.100	0.253
85	14.1	25.0	12.0	21.2	12.4	21.4	0.100	0.253
90	14.1	25.0	12.1	21.2	12.4	21.6	0.100	0.251
95	14.2	25.0	12.2	21.3	12.5	21.6	0.100	0.253
100	14.5	25.3	12.2	21.5	12.7	21.8	0.100	0.257
105	14.6	25.3	12.4	21.6	12.8	21.8	0.100	0.256
110	14.6	25.5	12.5	21.6	12.9	21.9	0.095	0.254
115	14.6	25.5	12.5	21.6	12.8	21.9	0.095	0.257
120	14.4	25.0	12.2	21.4	12.7	21.8	0.095	0.257

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

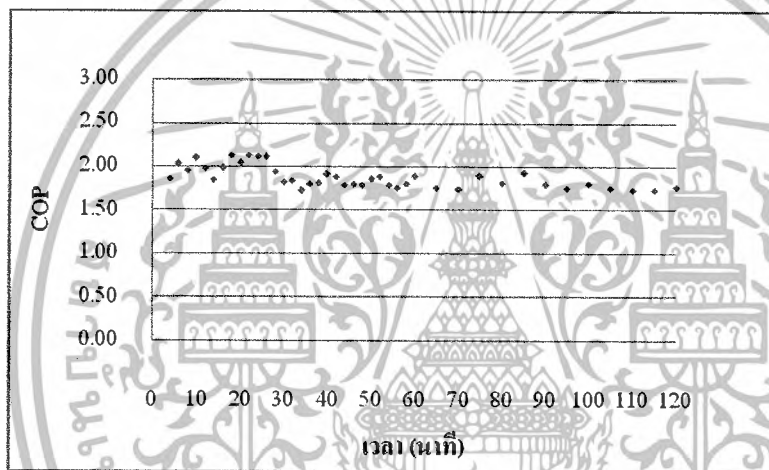
ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองท่อสอดีใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 3 (ต่อ)

Time (min)	$h_{\text{ก่อกวน, evap}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{ติดตั้ง, evap}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{evap}}$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (kW)	COP	EER	$P_{\text{ติดตั้ง, evap}}$ (kPa)	$h_{\text{ติดตั้ง, evap ref}}$ (kJ/kg)
2	62.76	57.87	4.89	0.4093	1.64	5.59	90.3	347.43
4	54.08	49.08	5.00	0.4185	1.66	5.65	106.9	348.46
6	48.68	42.31	6.37	0.5332	2.14	7.29	112.4	348.82
8	45.39	39.03	6.36	0.5323	2.11	7.19	113.8	348.90
10	44.54	37.97	6.57	0.5499	2.20	7.52	115.1	348.99
12	43.96	37.45	6.51	0.5449	2.18	7.45	115.1	348.99
14	43.11	36.93	6.18	0.5173	2.06	7.03	116.5	349.08
16	42.27	36.41	5.86	0.4905	1.96	6.70	115.8	349.04
18	41.99	36.42	5.57	0.4662	1.88	6.41	116.5	349.08
20	41.72	36.17	5.55	0.4645	1.87	6.39	116.5	349.08
22	41.73	35.92	5.81	0.4863	1.95	6.65	116.5	349.08
24	41.46	35.40	6.06	0.5072	2.03	6.93	116.5	349.08
26	40.91	35.16	5.75	0.4813	1.94	6.62	117.2	349.13
28	40.63	34.91	5.72	0.4788	1.93	6.58	117.2	349.13
30	40.36	34.65	5.71	0.4779	1.93	6.57	117.9	349.17
32	40.09	34.40	5.69	0.4763	1.91	6.51	118.6	349.21
34	39.55	34.40	5.15	0.4311	1.73	5.89	117.9	349.17
36	39.55	34.16	5.39	0.4511	1.80	6.13	118.6	349.21
38	39.55	34.41	5.14	0.4302	1.71	5.84	118.6	349.21
40	39.28	34.41	4.87	0.4076	1.59	5.44	119.3	349.26
42	39.28	34.41	4.87	0.4076	1.60	5.47	119.3	349.26
44	39.55	34.41	5.14	0.4302	1.69	5.78	120.7	349.35
46	39.81	34.41	5.40	0.4520	1.82	6.21	120.7	349.35
48	39.55	34.41	5.14	0.4302	1.71	5.84	117.9	349.17
50	39.28	34.16	5.12	0.4285	1.70	5.79	120.7	349.35
52	39.29	34.16	5.13	0.4294	1.71	5.83	118.6	349.21
54	39.29	34.17	5.12	0.4285	1.73	5.89	119.3	349.26
56	39.02	33.92	5.10	0.4269	1.71	5.83	120.0	349.30
58	39.03	33.92	5.11	0.4277	1.72	5.88	120.0	349.30
60	39.03	33.92	5.11	0.4277	1.73	5.92	120.7	349.35
65	39.03	33.92	5.11	0.4277	1.73	5.92	120.0	349.30
70	39.03	33.92	5.11	0.4277	1.72	5.88	120.7	349.35
75	39.03	33.92	5.11	0.4277	1.71	5.85	120.7	349.35
80	39.03	33.92	5.11	0.4277	1.69	5.78	120.7	349.35
85	39.29	33.92	5.37	0.4495	1.78	6.07	121.3	349.39
90	39.29	34.17	5.12	0.4285	1.71	5.82	122.0	349.44
95	39.56	34.32	5.24	0.4386	1.74	5.92	120.7	349.35
100	40.37	34.42	5.95	0.4980	1.94	6.61	123.4	349.53
105	40.65	34.92	5.73	0.4796	1.88	6.40	124.1	349.57
110	40.64	35.17	5.47	0.4578	1.80	6.15	123.4	349.53
115	40.68	35.17	5.51	0.4612	1.79	6.12	123.4	349.53
120	40.11	34.42	5.69	0.4763	1.85	6.32	122.0	349.44

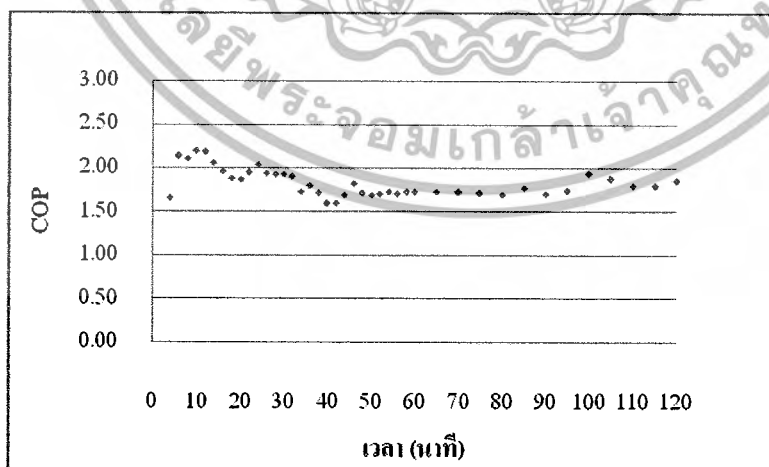
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ A-13 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 1



กราฟที่ A-14 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 2



กราฟที่ A-15 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง COP กับ เวลา ของท่อใส่แผ่นบีด ระยะพิทช์ 5.6 ซม. ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## การพัฒนาประสิทธิภาพคอยล์เย็น ของเครื่องปรับอากาศโดยแผ่นบิด<sup>1</sup>

ธนากร วิเชียรสมุท<sup>2</sup>, ชัยชนนท์ ฐานะศิริพงศ์<sup>2</sup>, พลอย ไพรินทร์<sup>2</sup>, ชินวัชร์ เขียวพงษ์<sup>3</sup>

### ด้อย

โครงการนี้เป็นการทำการค้นคว้าเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของคอยล์เย็นโดยการสอดใส่แผ่นบิด พฤติกรรมของค่านัสเซิลท์ (Nusselt number) และอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน ถูกปรับโดยค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number) ซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงยาวระยะช่วงบิดของแผ่นบิดในท่อคอยล์ การไหลของสารทำความเย็นในท่อคอยล์ เมื่อได้รับความร้อนจากอากาศที่ไหลผ่าน จะเปลี่ยนสถานะจากเหลวเป็นก๊าซ สารทำความเย็นถูกปรับให้มีการไหลหมุนวนตามแผ่นบิดที่สอดใส่ จากการเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ของสารทำความเย็นชั้นชิดผิว (Boundary layer) จะบางลง ทำให้การหน่วงการไหลภายในท่อดีขึ้น ซึ่งในการออกแบบที่ดีคาดการณ์ได้ว่าสารทำความเย็นจะสามารถเปลี่ยนอัตราการถ่ายเทความร้อนกับผิวท่อภายในได้มากขึ้น ทำให้เครื่องทำความเย็นมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่สูงขึ้น

### ract

This project concerns with experimental study on heat transfer efficiency in an evaporator coil and condenser coil with twisted-tape inserts. The behavior of Nusselt number and Heat flow rate is governed by Reynolds number and pitch length. In this study, the liquid refrigerant enters the evaporator coil tube which inserted with a twisted-tape and change phase to gas after receiving heat from outside air. The flow pattern in the tube is generated by twisted-tape of different pitch lengths cause turbulent flow. We expect that the design will result in better heat exchange between refrigerant and tube surface. This would eventually lead to higher Coefficient of Performance (COP).

08 Department of Mechanical Engineering, KMITL. All rights reserved

Keywords: Heat transfer; Twisted-tape inserts

### นำ

#### วามสำคัญและที่มา

ภาคตัดถึงปัจจุบัน อัตราการแข่งขันของตลาดทางด้านเครื่องทำความเย็นนั้นสูง จึงทำให้มีการวิจัยและออกแบบการเพิ่มประสิทธิภาพระบบทำความเย็นอย่างต่อเนื่อง ผลที่ได้จะช่วยในการลดต้นทุนการผลิตของเครื่องทำความเย็นเล็กลง และยังช่วยในการยืดพลังงานได้อีกด้วย

การริเริ่มวิจัยเกี่ยวกับแผ่นบิดเป็นไปอย่างแพร่หลายในหมู่นักวิจัย

Z. G. Xu, D. H. T. Gotham, M. W. Collins, J. E. R. Coney,

W. Sheppard and S. Merdjani[1] ได้ทำการวิจัยการไหลแบบ

หมุนวนในท่อคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ

ส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในระบบทำความเย็นนั้นเป็นส่วนของการแลกเปลี่ยนความร้อน คือคอยล์ร้อนและคอยล์เย็น ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและผิวของท่อคอยล์ เราจึงต้องพัฒนาการแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วนดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยการช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยใช้วิธีการต่างๆ เช่น การใส่ท่อขดเกลียวภายในท่อ (Spiral coil tube) การติดครีบทามแนวยาวแกว่งภายใน (Longitudinal fins) หรือการใส่แผ่นบิด (Twisted-tape) เป็นต้น

บทกฤษ "Efficiency improvement of evaporator coil and condenser coil with twisted-tape inserts"

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล. ห้อง 4G รหัส 48010358, 48010375 และ 48010593 ตามลำดับ

ศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล., โทร. 0 2326 4197, อีเมล [chianpong@hotmail.com](mailto:chianpong@hotmail.com) สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โดยการศึกษาคอร์งานนี้จะพิจารณาและออกแบบเพียงแผ่นบิตที่ใส่ให้กับท่อคอยล์เท่านั้น เพื่อที่จะสามารถนำผลดังกล่าวมาพัฒนาให้ใช้ได้จริงกับเครื่องทำความเย็นในปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

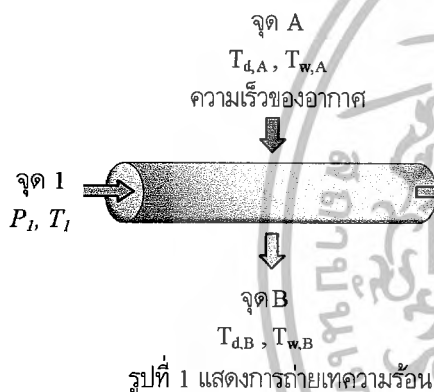
2.1 พิจารณาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการไหลแบบปั่นป่วนโดยการสอดใส่แผ่นบิต

2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเมื่อทำการสอดใส่แผ่นบิตในลักษณะและระยะพิทซ์ต่างๆ

2.3 นำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยเพื่อช่วยในการพัฒนาและ ออกแบบคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นในเครื่องทำความเย็น

3. ทฤษฎี

ในการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน พิจารณาจากเอนทาลปีที่เปลี่ยนไปของอากาศที่ไหลผ่านท่อคอยล์ และเอนทาลปีที่เปลี่ยนไปของการทำงานเย็นดังรูปที่ 1



อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ

$$\dot{Q}_{air} = \dot{m}_{air}(h_2 - h_1)$$

$$\dot{m}_{air} = (\rho v A)_{air}$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็น[4]

$$\dot{Q}_{ref} = \dot{m}(h_1 - h_2)$$

โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศและสารทำความเย็นต้องมีค่า

เท่ากัน

$$\dot{Q}_{ref} = \dot{Q}_{air}$$

รหาค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์

$$Re_D = \frac{4\dot{m}}{\pi D \mu}$$

รหาค่านัทเชิลท์นัมเบอร์

$$Nu = \frac{hD}{k} = 0.023 Re_D^{1/2} Pr^{0.4}$$

สำหรับการทำให้ร้อน

รหาค่ากำลังงานของคอมเพรสเซอร์

$$Power_{comp} = VI \cos \theta$$

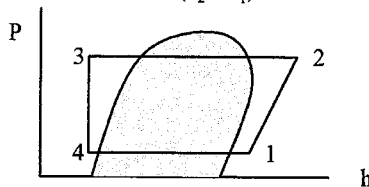
โดย  $\cos \theta = 0.62$  ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และ 5.6 ซม.ตามลำดับเป็นตัวแปรที่กำหนด

การหาค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP)

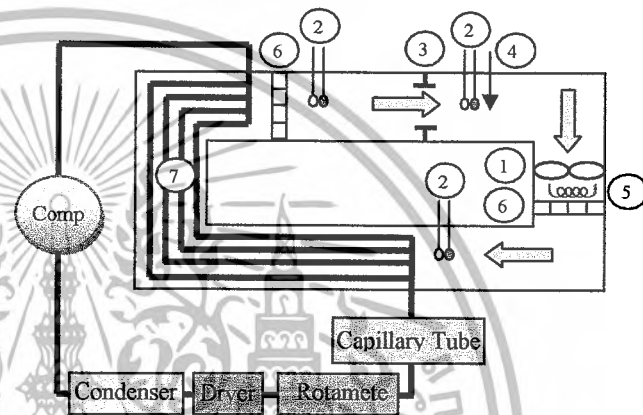
โดยอากาศ  $COP = \frac{\dot{Q}_{air}}{Power_{comp}}$

โดย P-h diagram  $COP_{ref} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_2)}{\dot{m}(h_2 - h_1)}$



รูปที่ 2 วัฏจักรการทำความเย็น

4. การทดลองและวิธีการทดลอง



รูปที่ 3 การไหลของสารทำความเย็นในระบบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. พัดลม ทำให้เกิดการไหลของอากาศภายในระบบ
2. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง ใช้วัดอุณหภูมิแต่ละจุดเพื่อหาเอนทาลปีของอากาศที่เปลี่ยนแปลง
3. ช่องลม (Orifice) เพื่อใช้ในการคำนวณหาอัตราเร็วลม
4. เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Anemometer)
5. เครื่องทำความร้อน (Heater) ทำหน้าที่เปรียบเสมือนภาระของระบบทำความเย็น
6. แผ่นกระจายความร้อน (Baffle Plate) เพื่อกระจายความร้อนที่ได้จากเครื่องทำความร้อนให้มีปริมาณเท่ากันตลอดช่องลม
7. คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นส่วนที่ใช้ในการทดสอบ จะทำการอธิบายโดยละเอียดต่อไป
8. เครื่องวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็น (Rotameter)

ทดสอบการไหลของสารทำความเย็น R-12 ภายในท่อคอยล์

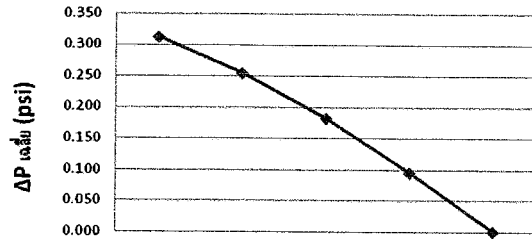
โดยแผ่นบิตที่มีความยาว 11.2 ซม. ซึ่งมีระยะพิทซ์ 3.2, 3.7, 4.4

และ 5.6 ซม.ตามลำดับเป็นตัวแปรที่กำหนด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



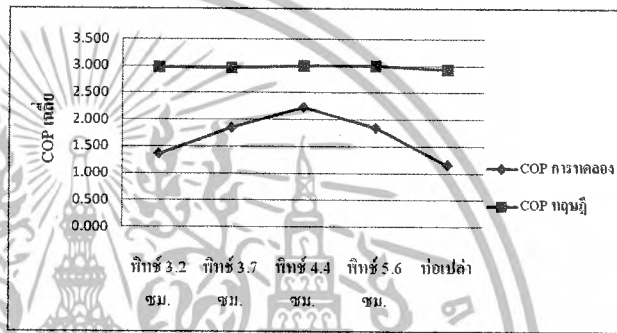
รูปที่ 4 แสดงลักษณะของแผ่นบิด



พิทช์ 3.2 ซม. พิตช์ 3.7 ซม. พิตช์ 4.4 ซม. พิตช์ 5.6 ซม. ท่อเปล่า

รูปที่ 6 กราฟแสดง ΔP<sub>เฉลี่ย</sub> ของแผ่นบิดแต่ละลักษณะ

4. เนื่องจากผลของความดันลดที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้กำลังงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้นด้วยดังนั้นค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศของแผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 4.4 ซม. จึงมีค่ามากที่สุด ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟแสดง COP<sub>เฉลี่ย</sub> ของแผ่นบิดแต่ละลักษณะ

5. เมื่อเปรียบเทียบค่า COP จากการทดลองและจากทฤษฎี จะเห็นได้ว่าค่า COP ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าน้อยกว่า เนื่องมาจากเกิดการสูญเสียจากการไหลของอากาศภายในอุโมงค์ลม เช่น การวางตัวของท่อคอยล์ การเกิดน้ำแข็งบริเวณท่อคอยล์ เป็นต้น

6. จากผลการทดลอง ค่า COP ที่ได้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งค่า COP ตามปกติควรจะมีค่ามากกว่า 3.107 (ตามมาตรฐาน มอก.2134-2545) แต่ค่า COP ที่ได้จากการทดลองมีค่าสูงสุดเพียง 2.223 จากการใส่แผ่นบิดระยะพิทช์ 4.4 ซม. เนื่องมาจากการวางตัวของท่อคอยล์เย็นเป็นแนวยาวตามอุโมงค์ลม ซึ่งทำให้แลกเปลี่ยนความร้อนได้น้อยลง

6. สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาโครงการนี้ สามารถยืนยันได้ว่า การใส่แผ่นบิดภายในท่อคอยล์ของเครื่องปรับอากาศหรือเครื่องทำความเย็นต่างๆ ทำให้การถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำความเย็นดีขึ้น

การใส่แผ่นบิดจะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนภายในท่อ ชั้นขีดผิวจึงบางลง มีผลให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและพื้นผิวท่อภายในมากขึ้น การใส่ที่มีระยะพิทช์น้อย จะทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนและความดันลดเพิ่มมากขึ้น ท่อที่มีการใส่แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 3.2 ซม. ทำให้ค่า Nu และค่าความดันลด มากที่สุดและ

มีค่าต่ำสุดตามลำดับของระยะพิทช์ 3.7, 4.4 และ 5.6 ซม. มีค่าน้อยลงตามลำดับ อย่างไรก็ตามการนำไปใช้

1. เตรียมการทดลองโดยเริ่มต้นจากใช้ท่อเปล่าที่ยังไม่มีการใส่แผ่น

2. ทำการเดินระบบของเครื่องทดลอง รวมทั้งเปิดเครื่องทำความร้อนระบบที่ 30% ของความร้อนที่ทำได้

3. อ่านค่าอุณหภูมิ, ความดัน และอัตราการไหลของสารทำความเย็นในส่วนของอากาศจะทำการวัด ความเร็วลม และอุณหภูมิกระเปาะและกระเปาะแห้ง ณ จุดต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองในตารางทดลองทุกๆ 2 นาทีในช่วงโมงแรก และทุกๆ 5 นาทีในช่วงโมงที่ 2

4. นำค่าที่ได้จากการวัดไปคำนวณหาค่า Nu, ΔP และ COP

5. เมื่อทำการทดลองท่อเปล่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต่อกับทดลองโดยใส่แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ ต่างๆ ลงไปในท่อคอยล์ แล้วทำตามขั้นตอนในท่อเปล่าจาก 1-4

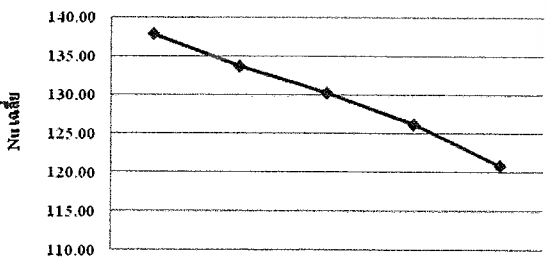
- แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 3.2 ซม. ยาว 11.2 ซม.
- แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 3.7 ซม. ยาว 11.2 ซม.
- แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 4.4 ซม. ยาว 11.2 ซม.
- แผ่นบิดที่มีระยะพิทช์ 5.6 ซม. ยาว 11.2 ซม.

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการวิจัยในหัวข้อ การเพิ่มสถานะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนท่อซ้อนโดยใช้แผ่นบิดแบ่งเป็นช่วงในท่อ ของนายนิติเวศ ทองนุช[3] ให้เห็นว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อที่มีการใส่แผ่นบิดเพิ่มขึ้นจากท่อเปล่า โดยจากการทดลองพบว่า

การสอดใส่แผ่นบิดในท่อคอยล์นั้น ทำให้เกิดการไหลแบบวนภายในท่อคอยล์

การใส่แผ่นบิดภายในท่อคอยล์ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 5



พิทช์ 3.2 ซม. พิตช์ 3.7 ซม. พิตช์ 4.4 ซม. พิตช์ 5.6 ซม. ท่อเปล่า

รูปที่ 5 กราฟแสดง Nu<sub>เฉลี่ย</sub> ของแผ่นบิดแต่ละลักษณะ

จากการทดลองยังลดระยะพิทช์ของแผ่นบิดจะทำให้ความดันลดมากขึ้นดังรูปที่ 6

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง

ประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ จากที่คำนวณได้นั้น ระยะเวลาพีทซ์ 4.4 ซม. มีมากที่สุดและระยะเวลาพีทซ์ 3.2, 3.7 และ 5.6 ซม. มีค่าตามมาเป็นลำดับ เนื่องจากผลของการเกิดน้ำแข็งขึ้นที่บริเวณผิวของท่อคอยล์

จากการใส่แผ่นบิตที่ระยะเวลาพีทซ์ 3.2 และ 3.7 ซม. ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนมากขึ้นไปจึงเกิดน้ำแข็งเกาะที่บริเวณผิวท่อคอยล์ ซึ่งน้ำแข็งเหล่านั้นเกิดจากความชื้นที่มีในอากาศ น้ำแข็งมีคุณสมบัติเป็นฉนวน ดังนั้นหลังจากการเกิดน้ำแข็งแล้วอากาศจะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้น้อยลง จึงทำให้ค่า COP ลดลง การใส่แผ่นบิตระยะเวลาพีทซ์ 4.4 และ 5.6 ซม. เกิดการไหลแบบปั่นป่วนในระดับที่พอเหมาะ น้ำแข็งจึงเกิดไม่เร็วเกินไป ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนที่สม่ำเสมอและเป็นไปตามทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งแผ่นบิตที่มีระยะเวลาพีทซ์สั้นกว่าจะแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า เห็นได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อนของแผ่นบิตที่มีระยะเวลาพีทซ์ 4.4 และ 5.6 ซม. จะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่า 3.2 และ 3.7 ซม.

ดังนั้นนอกจากการถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำความเย็นที่มากขึ้นแล้ว การใส่แผ่นบิตก็จะทำให้กำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เพิ่มมากขึ้น

ด้วยเนื่องจากความดันลดที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามควรหาระยะพีทซ์ของแผ่นบิตที่เหมาะสมแก่การใช้งานจริง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Z. G. Xu, D. H. T. Gotham, M. W. Collins, J. E. R. Coney, C. G. W. Sheppard and S. Merdjani. A numerical and experimental study of turbulent flow through the evaporator coil in an air-conditioning unit. *International Journal of Refrigeration, Volume 19, Issue 6, July 1996, Pages 369-381*

[2] นิตินุช ทองนุช, การเพิ่มสถานะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนโดยใช้แผ่นบิตแบ่งเป็นช่วงในท่อ, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, พ.ศ.2548, ISBN 974-15-1897-8

[3] รศ.ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การถ่ายเทความร้อน", มิถุนายน พ.ศ. 2542

[4] อัครเดช สิทธิภูัก, "การทำควมเย็น", ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สัญลักษณ์

A	พื้นที่หน้าตัดของช่องลม	$Nu$	ค่าตัวเลขที่นัมเบอร์
COP	ค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศโดยอากาศ	Pr	ค่าพรันด์เทิลนัมเบอร์
$COP_{ref}$	ค่าประสิทธิภาพสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศโดย P-h diagram	$Power_{comp}$	กำลังงานของคอมเพรสเซอร์
D	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ	$\dot{Q}_{air}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ
$\dot{q}_4$	เอนทาลปีของสารทำความเย็นขณะเข้าที่ท่อคอยล์	$\dot{Q}_{ref}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็น
$\dot{q}_1$	เอนทาลปีของสารทำความเย็นขณะออกที่ท่อคอยล์เย็น	$Re_D$	ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์(Reynolds number)
$\dot{q}_4$	เอนทาลปีของอากาศก่อนผ่านท่อคอยล์	$T_a$	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
$\dot{q}_b$	เอนทาลปีของอากาศหลังผ่านท่อคอยล์	$T_w$	อุณหภูมิกระเปาะเปียก
V	กระแสไฟฟ้า	V	ความต่างศักย์ไฟฟ้า
ε	ค่าการนำความร้อน	ρ	ความหนาแน่นของของไหล
h	อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น	μ	ความหนืดสมบูรณ์
$h_{air}$	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้