การศึกษาฮีทไปป์เพื่อการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ

นาย กอบชัย แสงสว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-0887-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

30 เม.ย. 2546
I 20469779

HEAT PIPE STUDY FOR SAVING ENERGY IN AIR CONDITIONER

Mr. Kopchai Saengsawang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-0887-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาฮีทไปป์เพื่อประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ
โดย	นาย กอบชัย แสงสว่าง
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์.ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล)

กอบชัย แสงสว่าง : การศึกษาฮีทไปป์เพื่อการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ (HEAT PIPE STUDY FOR SAVING ENERGY) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ฤชากร จิรกาลวสาน, 127 หน้า. ISBN 917-17-0887-4.

โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาฮีทไปป์ เพื่อใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศ ในการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในห้องปรับอากาศ โดยเฉพาะห้องที่ต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งมักจะต้องใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้า และสารดูดซับความชื้น การใช้สารดูดซับความชื้นจำเป็นต้องเป่าลมร้อน (ที่ผลิตจากฮีทเตอร์หรืออากาศความดันสูง) เพื่อฟื้นสภาพสารดูดซับความชื้น ซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้า ในขณะเดียวกันสารดูดความชื้นก็จะคายความร้อนเข้าห้อง ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระให้กับเครื่องปรับอากาศ การใช้ฮีทไปป์จะประหยัดพลังงานได้มาก โดยฮีทไปป์จะเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสัมผัสระหว่างอากาศก่อนเข้า และหลังออกจากคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ ฮีทไปป์ที่ใช้เป็นลักษณะคอยล์ลูปแบบมีครีบอลูมิเนียม ประกอบด้วยคอยล์ส่วนระเหย และคอยล์ส่วนควบแน่น ที่มีลักษณะเหมือนคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้และมีพื้นที่ด้านหน้าเท่ากัน โดยทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 14 kW (48,000 Btu/hr) ซึ่งฮีทไปป์นี้จะมี 4 แบบคือ 1 แถว, 2 แถว, 3 แถว และ 4 แถว สารทำงานที่ใช้คือ R-22 โดยทำการทดลองในห้องปรับอากาศทั่วไป และในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ การทดสอบในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศนั้นจะควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องให้มีอุณหภูมิกระเปาะเปียกเท่ากับ19^{o}C และอุณหภูมิกระเปาะแห้งเท่ากับ 27 ^{o}C

จากผลการวิจัยพบว่าฮีทสามารถถ่ายเทความร้อนกับอากาศได้เป็นอย่างดี คือสามารถถ่ายเทพลังงานความร้อนได้จำนวนมากกลับคืนสู่ห้องปรับอากาศ โดยความร้อนเฉลี่ยที่ถ่ายเทได้คือ ประมาณ 2.6, 3.5, 3.7 และ 5.6 kW สำหรับฮีทไปป์แบบ 1, 2, 3 และ 4 แถว ตามลำดับ เมื่อทดลองในห้องทั่วไป สำหรับฮีทไปป์แบบ 3 แถว และ 4 แถว นั้นได้ทดลองในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศอีกครั้ง พบว่า ได้ค่าประมาณ 3.5 และ 5.0 kW ตามลำดับ หรือลดค่าอัตราส่วนความร้อนสัมผัส (SHR) ของเครื่องปรับอากาศจาก 0.53 เป็น 0.45 และ 0.54 เป็น 0.40 ตามลำดับ หรือเพิ่มปริมาณการกลั่นตัวของน้ำได้ประมาณ 15% และ 33% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของฮีทไปป์โดยใช้อุณหภูมิเป็นหลัก ค่าประสิทธิผลของฮีทไปป์เฉลี่ยโดยประมาณคือ 0.19, 0.27, 0.30 และ 0.41 สำหรับฮีทไปป์แบบ 1, 2, 3 และ 4 แถว ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าที่ระบบปรับอากาศใช้ทั้งหมด และค่า COP ของฮีทไปป์ทั้งแบบ 3 แถว และ 4 แถว ลดลงเล็กน้อย เป็นผลเนื่องจากฮีทไปป์ส่งผลโดยตรงกับเครื่องปรับอากาศแบบสารทำความเย็นทำความเย็นโดยตรง (Direct Expansion) คือลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิอิ่มตัว (ความดัน) ของสารทำความเย็นเปลี่ยนไป ซึ่งจะไม่เกิดขึ้นกับระบบปรับอากาศที่ใช้น้ำเย็น เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำเย็นคงที่

ประเทศไทยมีอากาศร้อน และชื้นมาก ดังนั้นฮีทไปป์แบบ 3 แถว และ 4 แถว มักจะมีความเหมาะสมที่สุด สำหรับระบบปรับอากาศที่ต้องการควบคุมความชื้นต่ำ ซึ่งได้เน้นในงานวิจัย

ภาควิชา....วิศวกรรมเครื่องกล.... ลายมือชื่อนิสิต กอบชัย แสงสว่าง

สาขาวิชา ..วิศวกรรมเครื่องกล... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ฤชากร จิรกาลวสาน

ปีการศึกษา .....2545..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4270214821 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD : HEAT PIPE / HUMIDITY/ TEMPERATURE / AIR CONDITIONER / SAVING

KOPCHAI SAENGSAWANG : HEAT PIPE STUDY FOR SAVING ENERGY. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. RICHAKORN CHIRAKALWASAN,127 pp. ISBN 974-17-0887-4.

The purpose of this research is to study Heat Pipe in air conditioner. In an air additioning room in which precise low relative humidity is required electric heater desiccant are often used. Using desiccant is also required heat or compressed air for regeneration. The desiccant also generates heat to the room air which adds load to the air conditioner. Incorporating heat pipe in the air conditioner will save a lot of electric energy. Heat pipe is a heat exchanger to exchange sensible heat between leaving and entering air of a cooling coil. Fin coil-looped heat pipe used in this research consists of an evaporating coil and a condensing coil filled with R-22 refrigerant. The construction of each coil is nearly the same as a cooling coil of a typical air conditioner with a minor difference in circuiting. The research used 14 kW (48,000 Btu/h) split type air conditioner as a model. Its cooling coil (evaporator) was incorporated with the heat pipe coil with the same face area but with various rows deep. The numbers of rows were 1, 2, 3 and 4. However concentration was made on 3 and 4 rows deep. The experiment was carried out in a typical room and also in the calorimeter room with 19°CWB and 27°CDB ambient.

The experiment indicated that the performance of heat pipe in transferring sensible heat was really good. The average heat reclaims were 2.6, 3.5, 3.7 and 5.6 kW by 1, 2, 3 and 4 rows deep heat pipe respectively. The 3 and 4 rows heat pipe were also carried out in the calorimeter room wit a heat reclaim of 3.5 and 5 kW respectively. The 3–row-deep heat pipe reduced equipment sensible heat ratio (SHR) from 0.53 to 0.45 while the 4–row-deep heat pipe reduced SHR from 0.54 to 0.40. The moisture condensation rate was increased by 15 and 33% for 3-row-deep and 4-row deep heat pipes respectively. However there was a little reduction in Coefficient of performance (COP) due to the lowering of the evaporating pressure of a direct expansion system. This would not occur in chilled water system.

In hot and humid country like Thailand the 3 and 4 rows deep heat pipe would normally be suitable in which the emphasis was made.

Department ...Mechanical Engineering...Student's .....Kopchai Saengsawang.....

Field of study ..Mechanical Engineering..Advisor's .....R. Chirakalwasan.....

Academic year .....2002.....Co-advisor's .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผศ. ฤชากร จิรกาลวสาน อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าช่วยเหลือให้คำแนะนำปรึกษา และแนะนำแนวทางการวิจัย แนวทางแก้ปัญหา และข้อคิดเห็นต่างๆที่นำมาซึ่งความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์ รวมถึง รศ.ดร. มานิจ ทองประเสริฐ ประธานกรรมการ ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์ และ ผศ. มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล กรรมการ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ รศ.ดร. วิทยา ยงเจริญ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์วัดความเร็วลม

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ บริษัทเทรน ประเทศไทย จำกัด และบริษัท แคร์เรียร์ ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความเกื้อหนุน และช่วยเหลือในการสร้างชุดทดลอง และขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ซึ่งอบรมสั่งสอน และให้กำลังใจตลอดเวลา จนสำเร็จการศึกษา

ผู้จัดทำงานวิจัย

นาย กอบชัย แสงสว่าง

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญภาพ.....ญ
สารบัญกราฟ.....ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์.....ฑ

บทที่

1 บทนำ.....1
วัตถุประสงค์.....7
ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....8
ขั้นตอนการทำงาน.....8
ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....9
2 ทฤษฎีและการคำนวณฮีทไปป์.....10
ทฤษฎี.....11
การใช้ฮีทไปป์ในระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน.....23
3 การออกแบบและการสร้าง.....32
3.1 การออกแบบฮีทไปป์.....32
3.2 การสร้างฮีทไปป์และการเติมของไหลทำงาน.....34
3.3 การดัดแปลง Fan Coil Unit และการติดตั้งร่วมกับฮีทไปป์.....43
3.4 เครื่องมือวัด.....46
3.5 การดำเนินการทดสอบ.....49
4 ผลการทดสอบ และวิจารณ์ผลการทดสอบ.....54
4.1 ผลการทดสอบ.....54
4.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ.....60

สารบัญ (ต่อ)

5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ....74

5.1 สรุปผลการทดลอง....74

5.2 ข้อเสนอแนะ....76

รายการอ้างอิง....77

ภาคผนวก....78

ก. ผลการทดลอง....79

ข. โปรแกรมคอมพิวเตอร์....86

ค. ตัวอย่างการคำนวณ....98

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....110

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง N_t กับ C_z 31

4-1 แสดงการลดอุณหภูมิและการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศของฮีทไปป์..69

4-2 แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์.....70

4-3 แสดงขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และค่า COP 71

4-4 แสดงอัตราการกลั่นตัวของน้ำ.. 72

4-5 แสดงค่าประสิทธิผลของฮีทไปป์ในส่วนของ precool และ reheat ...73

ก-1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ครั้งที่ 1 80

ก-2 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ครั้งที่ 2 81

ก-3 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ครั้งที่ 3 82

ก-4 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ครั้งที่ 4 83

ก-5 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ครั้งที่ 5 84

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1-1	แสดงระบบปรับอากาศโดยทั่วไป	1
1-2	แสดงระบบปรับอากาศที่มีการ Reheat	2
1-3	แสดงลักษณะโดยทั่วไปของฮีทไปป์	3
1-4	แสดงลักษณะการทำงานของฮีทไปป์แบบมีวิกค์	3
1-5	แสดงข้อจำกัดของฮีทไปป์แบบมีวิกค์	6
1-6	แสดงฮีทไปป์แบบไหลครบวงจร	7
2-1	แสดงโครงสร้างของแผนภูมิไซโครเมตริค	13
2-2	กระบวนการความร้อนสัมผัส	15
2-3	กระบวนการให้ความเย็นสัมผัส	15
2-4	การให้ความร้อนสัมผัสผ่านท่อเย็น	16
2-5	กระบวนการให้ความเย็นและลดความชื้นให้กับอากาศ	16
2-6	แสดงการรวมตัวกันของอากาศภายในท่อ	17
2-7	แสดงกระบวนการในห้องปรับอากาศ	19
2-8	กระบวนการในห้องปรับอากาศที่ไม่มีอากาศภายนอกเข้า	20
2-9	วัฏจักรของการทำความเย็นชนิดอัดไอ	21
2-10	แสดงกระบวนการเมื่อใช้ฮีทไปป์	22
2-11	แสดงระบบปรับอากาศ ฮีทไปป์ และห้องปรับอากาศ	23
2-12	แสดงวงจรไฟฟ้าสมมูลสำหรับหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอน	24
2-13	แสดงลักษณะฮีทไปป์แบบวนลูปด้านข้าง	27
2-14	แสดงลักษณะของคอยล์แบบท่อกลม และครีบชนิดแผ่นเรียบต่อเนื่อง	29
2-15	แสดงการจัดเรียงของท่อแบบเหลื่อมกันในคอยล์แบบท่อกลมและครีบชนิดแผ่นเรียบต่อเนื่อง	30
3-1	แสดงคอยล์แบบ 1 แถวที่จะนำมาสร้างฮีทไปป์	33
3-2	แสดงคอยล์แบบ 2 แถวที่จะนำมาสร้างฮีทไปป์	33
3-3	แสดงคอยล์แบบ 3 แถวที่จะนำมาสร้างฮีทไปป์	33
3-4	แสดงคอยล์แบบ 4 แถวที่จะนำมาสร้างฮีทไปป์	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-5	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 1 แถว	35
3-6	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 1 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านหน้า	35
3-7	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 1 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	35
3-8	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 1 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	36
3-9	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 2 แถว	36
3-10	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 2 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านหน้า	37
3-11	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 2 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	37
3-12	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 2 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	37
3-13	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 3 แถว	38
3-14	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 3 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านหน้า	38
3-15	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 3 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	38
3-16	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 3 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	39
3-17	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 4 แถว	40
3-18	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 4 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านหน้า	40
3-19	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 4 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	41
3-20	แสดงรูปฮีทไปป์แบบ 4 แถว ที่สร้างเสร็จแล้วด้านข้าง	41
3-21	แสดงขั้นตอนการทำสุญญากาศ และเติมน้ำยา R-22	41
3-22	แสดงลักษณะฮีทไปป์ด้านข้าง	42
3-23	แสดงลักษณะของ Fan Coil Unit ด้านหน้า และด้านข้าง	44
3-24	แสดงลักษณะ Fan Coil Unit ที่ดัดแปลงด้านข้าง	45
3-25	แสดงลักษณะ Fan Coil Unit ที่ดัดแปลงด้านหน้า	45
3-26	แสดงลักษณะ Fan Coil Unit ที่ดัดแปลงด้านช่องลมดูด	45
3-27	แสดงลักษณะ Fan Coil Unit ที่ดัดแปลงด้านช่องลมดูด	46
3-28	Thermohygrometer Testo 635	46
3-29	เครื่องมือวัดความเร็วลม	47
3-30	เครื่องมือวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง	48
3-31	ท่อหลอดแก้วสำหรับบรรจุสารทำความเย็นแบบมือถือ	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-32	แสดงลักษณะ Fan Coil Unit ด้านข้างก่อนติดตั้งฮีทไปป์	49
3-33	แสดงลักษณะ Fan Coil Unit ด้านข้างหลังติดตั้งฮีทไปป์	50

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
4-1	กรณีที่ใช้ฮีทไปป์แบบ 1 แถว	55
4-2	กรณีที่ใช้ฮีทไปป์แบบ 2 แถว	56
4-3	กรณีที่ใช้ฮีทไปป์แบบ 3 แถว	57
4-4	กรณีที่ใช้ฮีทไปป์แบบ 4 แถว	58
4-5	กรณีที่ไม่มีฮีทไปป์ (สภาพแรงเสียดทาน และอัตราการไหลอากาศเข้าออก เหมือนมีฮีทไปป์แบบ 3 แถว)	59
4-6	กรณีที่ไม่มีฮีทไปป์ (สภาพแรงเสียดทาน และอัตราการไหลอากาศเข้าออก เหมือนมีฮีทไปป์แบบ 4 แถว)	60
4-7	กรณีที่ใช้ฮีทไปป์แบบ 3 แถว	62
4-8	กรณีที่ใช้ฮีทไปป์แบบ 4 แถว	64
4-9	กรณีที่ไม่มีฮีทไปป์ (สภาพแรงเสียดทาน และอัตราการไหลอากาศเข้าออก เหมือนมีฮีทไปป์แบบ 3 แถว)	59
4-10	กรณีที่ไม่มีฮีทไปป์ (สภาพแรงเสียดทาน และอัตราการไหลอากาศเข้าออก เหมือนมีฮีทไปป์แบบ 4 แถว)	59

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่	m^2
A_b	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนของท่อส่วนที่ไม่ได้ติดครีบ หรือท่อส่วนที่เปลือย (Bare Tube Area)	m^2
A_f	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนของครีบ (Fin Area)	m^2
A_t	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนรวม (Toatal Heat Transfer Area)	m^2
A_{ff}	พื้นที่การไหลอิสระที่น้อยที่ของไหลไหลผ่านคอยล์ (Minimum Free-flow Area)	m^2
A_{fr}	พื้นที่การไหลที่ผิวหน้าของคอยล์ (Frontal Area)	m^2
C_p	ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่	J/kg·K
D_i	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ	m
D_o	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ	m
D_h	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิคส์ของช่องการไหลผ่านคอยล์ (Flow passage hydraulic diameter)	m
F	อัตราส่วนการเติมสารทำงานโดยปริมาตรเทียบกับส่วนระเหย	
g	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	m/s^2
G	อัตราการไหลโดยมวลต่อพื้นที่ (Mass flux)	$kg/s \cdot m^2$
h	ค่าเอนทาลปีจำเพาะของอากาศชื้นต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง	$J/kg_{dry\ air}$
h_b	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลที่ไหลผ่านท่อส่วนที่ไม่ได้ติดครีบ	$W/m^2 \cdot K$
h_f	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลที่ไหลผ่านครีบ	$W/m^2 \cdot K$
h_{co}	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลภายนอกคอยล์ส่วนควบแน่นของฮีทไปป์	$W/m^2 \cdot K$
h_{eo}	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลภายนอกคอยล์ส่วนระเหยของฮีทไปป์	$W/m^2 \cdot K$
h_{fg}	ค่าความร้อนแฝง	J/kg
k	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	W/m·K
k_b	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อ	W/m·K
k_f	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของครีบ	W/m·K
L	ค่าความร้อนแฝง	J/kg

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
L	ความยาว	m
L_a	ความยาวท่อในส่วนอะเดียแบติกของฮีทไปป์	m
L_c	ความยาวท่อในคอยล์ส่วนควบแน่นของฮีทไปป์	m
L_e	ความยาวท่อในคอยล์ส่วนระเหยของฮีทไปป์	m
L_t	ความยาวทั้งหมดของคอยล์	m
L_i	ความยาวของคอยล์ในช่วงที่เป็นครีบ	m
L_f	ความยาวของครีบ หรือความสูงของคอยล์	m
L_{fs}	ระยะห่างระหว่างครีบ หรือสัดส่วนกลับของจำนวนคีบต่อความยาว	m
L_{eff}	ความยาวประสิทธิผลของครีบ	m
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวล (Mass flow rate)	kg/s
N_f	จำนวนแผ่นครีบทั้งหมดของคอยล์ (Number of fins)	
N_t	จำนวนท่อทั้งหมดของคอยล์ (Number of tubes)	
N_r	จำนวนท่อของคอยล์ในแนวการไหล หรือจำนวนแถวของคอยล์ (Number of tube rows)	
N_c	จำนวนท่อของคอยล์ในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อแถว (Number of tube columns)	
Nu	ตัวเลขนัสเซลท์ (Nusselt number)	
P	ความดัน	Pa
P_a	ความดันบรรยากาศ	Pa
P_p	ความดันอิ่มตัวในแอ่งของเหลว	Pa
P_v	ความดันไอ	Pa
Pr	ตัวเลขแพนด์ดัล (Prandtl number)	
$P_{A/C\ unit}$	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ	W
P_{comp}	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ	W
P_f	จำนวนครีบต่อความยาว (Fin pitch)	fins/inch
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	W
$Q_{cooling}$	ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ	W
$Q_{precool}$	ขนาดการทำความเย็นของคอยล์ในส่วนระเหยของฮีทไปป์	W
Q_{rehat}	ขนาดการคายความร้อนของคอยล์ในส่วนควบแน่นของฮีทไปป์	W

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$Q_{theorical}$	อัตราการถ่ายเทความร้อนในทางทฤษฎี	W
Re	ตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number)	
S	พื้นที่ผิว	m^2
S_{co}	พื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนด้านนอกคอยล์ส่วนควบแน่นของฮีทไปป์	m^2
S_{eo}	พื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนด้านนอกคอยล์ส่วนระเหยของฮีทไปป์	m^2
St	ตัวเลขสแตนตัน (Stanton number)	
S_D	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางท่อของคอยล์ระหว่างแถวในแนวทแยง (Diagonal tube pitch)	m
S_L	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางท่อของคอยล์ในแนวการไหล (Longitudinal tube pitch)	m
S_T	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางท่อของคอยล์ในแนวตั้งฉากกับการไหล (Transverse tube pitch)	m
T	อุณหภูมิ	°C, K
T_{so}	อุณหภูมิของแหล่งจ่ายความร้อน (Heat source)	°C, K
T_{si}	อุณหภูมิของแหล่งรับความร้อน (Heat source)	°C, K
T_p	อุณหภูมิของการเดือดแบบฟอง (Nucleate boiling) ในแอ่งของเหลวสารทำงาน	°C, K
T_v	อุณหภูมิของไอสารทำงาน	°C, K
T_s	อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำงาน	°C, K
ΔT	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ	°C, K
ΔT_h	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแตกต่างเนื่องจากความสูงของแอ่งของเหลวสารทำงาน (Hydrostatic head)	°C, K
$\frac{dT_s}{dH}$	อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำงานต่อความสูง	K/m
t_f	ความหนาของครีบ	m
t_w	ความหนาของผนังท่อ	m
v	ความเร็วของอากาศ	m/s

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
W_f	ความกว้างของครีบ หรือความหนาของคอยล์	m
z_{total}	ค่าความต้านทานความร้อนรวมของเทอร์โมไซฟอน	K/W
β	มุมเอียงที่แผงคอยล์ทำมุมกับแนวราบ	Degree
λ	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	W/m·K
μ	ความหนืดเชิงจลน์ (Dynamic viscosity)	kq/m·s
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
σ	ค่าแรงตึงผิว (Surface tension)	N/m
Φ_2	ค่าลักษณะการควบแน่น	$kg/K^{0.75}{\cdot}g^{2.5}$
Φ_3	ค่าลักษณะสำหรับการเดือดแบบฟอง (Nucleate boiling)	
η_f	ประสิทธิภาพของครีบ	