

การออกแบบและสร้างฮิปโป



นายชุมพล สุริยฉาย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

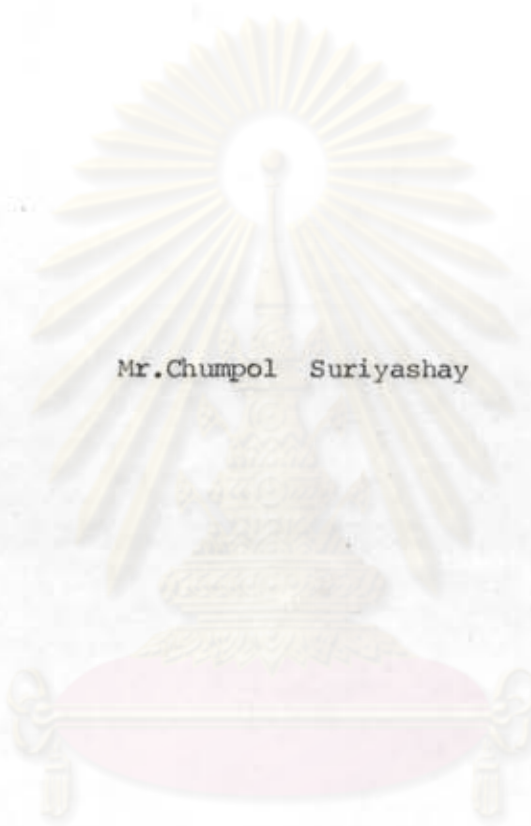
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-443-3

009766

T 1553132b

DESIGN AND FABRICATION OF HEAT PIPES



Mr.Chumpol Suriyashay

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างฮัทไปป์
 โดย นายชุมพล สุริยฉาย
 ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ชุมพล สุริยฉาย
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุณาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

พรวิทย์ ธรรม
ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ อรรถยุกติ)

วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล
กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล)

ชยสิทธิ์ สัตยาประเสริฐ
กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยสิทธิ์ สัตยาประเสริฐ)

ศรัทธา ศรัทธา
กรรมการ
 (ดร.ศรัทธา ศรัทธา)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างฮีทไปป์
ชื่อผู้ผลิต นายชุมพล สุริยฉาย
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล
ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2526



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษากรรมวิธีการสร้างฮีทไปป์ขึ้นเองในห้องทดลอง โดยมุ่งเน้นกรรมวิธีที่เหมาะสมกับการสร้างฮีทไปป์จำนวนมากในเวลาอันสั้น (mass production) กรรมวิธีที่พัฒนาขึ้นสำเร็จเป็นวิธีที่ให้ความร้อนต่อฮีทไปป์โดยใช้อบบาร (Oil bath) อุณหภูมิคงที่ 110 °C ฮีทไปป์ที่สร้างสำเร็จมีผนังทำด้วยท่อแก้วแข็ง เส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอก 8 และ 10 มม. ตามลำดับ วิกส์ที่ใช้เป็นแบบตาข่ายทองแดง ขนาด 80 เมชซ้อนกัน 3 ชั้น และของไหลใช้งานเป็นน้ำบริสุทธิ์ ความยาวของฮีทไปป์ที่สร้างขึ้นยาวประมาณ 1 ฟุต

ในระยะแรก เปอร์เซนต์ของฮีทไปป์ที่สร้างได้คุณภาพดีเป็นประมาณ 5-10 % แต่เมื่อดัดแปลงปรับปรุงกรรมวิธีทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว และมีความชำนาญในการสร้างเพียงพอแล้ว เปอร์เซนต์ของความสำเร็จก็สูงขึ้นเป็น 50-60 %

เพื่อยืนยันสมรรถนะของฮีทไปป์ที่สร้างขึ้นเอง ได้ทำการทดสอบสมรรถนะที่มุมวางตัว (°) ต่าง ๆ ในลักษณะต้านแรงโน้มถ่วงของโลก (ช่วงการระเหยอยู่เหนือช่วงการควบแน่น anti gravity) คือมุม 14, 16, 18 และ 20 องศา กับแนวระดับตามลำดับ จากการทดสอบยึดค่ากักการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์ที่สร้างเอง พบว่าเป็นยึดค่ากักการถ่ายเทความร้อน

แบบท่อรูเข็ม โดยมีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีไม่เกิน $\pm 10\%$ และสภาพการนำความร้อนเชิงประสิทธิผลของอิทธิโปปีที่สร้างเอง (λ_{eff}) มีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิที่ทดลองคือ 14 องศา และอัตราการถ่ายเทความร้อนในแนวแกนต่ำสุดคือ ที่ 2.93 วัตต์ ค่า λ_{eff} สูงสุดที่พบคือ 4kW/m.K หรือประมาณ 10 เท่าของสภาพการนำความร้อนของทองแดงตัน ($\lambda_{cu} = 372 \text{ W/m.K}$) เหตุที่ λ_{eff} มีค่าค่อนข้างต่ำ เพราะการทดสอบกระทำในลักษณะต้านแรงโน้มถ่วงของโลก และวัสดุผนังท่ออิทธิโปปีเป็นแก้ว

การทนายสมรรถนะของอิทธิโปปีโดยทฤษฎีได้ใช้ข้อเสนอนั้นของสมใจ (สมใจ, 2526) ซึ่งสอดคล้องค่าความต้านทานความร้อนของชั้นฉนวนของเหลวใช้งาน คือ R_{wc} และ R_{we} โดยตัวคูณเขตเซบ (m) ดังแสดงในตารางที่ 8.2 จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า m เป็นฟังก์ชันของมุมวางตัว (φ) ปริมาณของไหลใช้งานและโครงสร้างของฉนวน ทฤษฎีที่ปรับปรุงแล้วนี้ ให้ค่าคำนวณของอัตราการถ่ายเทความร้อนในแนวแกนผิดพลาดไม่เกิน 12%



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Design and Fabrication of Heat Pipes
 Name Mr. Chumpol Suriyashay
 Thesis Advisor Associate Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.
 Department Chemical Engineering
 Academic year 1983:



ABSTRACT

The present work investigated the fabrication method of heat pipes in a laboratory with emphasis on one suitable for mass production. The successfully developed method is one in which heat pipes are heated by immersion in an oil bath kept at 110°C. The successfully fabricated heat pipes have walls made of pyrex glass, with inner and outer diameters of 8 and 10 mm., respectively. The wicks are of 3-layer copper screen (80 mesh) and the working fluid is pure water. The heat pipes are approximately 1 foot long.

Initially the percent of fabricated heat pipes with good quality was about 5-10%. However, after the fabrication method had been modified and improved and after enough skill had been acquired, the success rate increased to 50-60%.

To confirm the performance of fabricated heat pipes, testing was carried out in the anti-gravity made (i.e. the cooperation section above the condensation section) at various angles (φ), namely, 14, 16, 18 and 20 degrees with respect to the horizontal. From the test results, it was found that the controlling heat-transfer limit was of the capillary action type, and that the

6

measured limits agreed with their theoretical values to within $\pm 10\%$. The measured effective thermal conductivity of the fabricated heat pipes was highest at the smallest of testing angle of 14 degrees and at the lowest axial heat transfer rate of 2.93 Watts. The highest thermal conductivity measured was 4 kW/m.K., which is approximately 10 times that of a solid copper rod ($\lambda_{cu} = 372$ W/m.K.). The reason that λ_{eff} was relatively small was that testing was carried out in the anti-gravity mode and that the heat-pipe wall was made of glass.

In theoretically predicting the performance of the fabricated heat pipes, the suggestion of Somjai (สมใจ, 2526) was adopted, in which the thermal resistance of liquid-filled wick layers (R_{we} and R_{wc}) was to be corrected by a correction factor (m). From the analysis of test results, it was found that m was a function of the operating angle (ψ), amount of working fluid, and wick structure. The modified theory gave calculated values of the axial heat transfer rate within $\pm 12\%$ error.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำทางการวิจัย และให้ข้อคิดเห็นในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขและเพิ่มเติม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จเป็นรูปเล่ม ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

อนึ่ง งานวิจัยนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าขาดการสนับสนุนทางการเงิน จากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทสาขาวิทยาการ (วิศวะกรรม) ประจำปี 2526 สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีภาคปลาย ปีการศึกษา 2525

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และเพื่อนอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิจัยนี้.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๔
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ	๗
รายการตารางประกอบ	
รายการรูปประกอบ	
<u>บทที่</u>	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	4
2 เอกสารและผลงานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับอีทโปปี้	
2.1 เอกสาร บทความที่กล่าวถึงทฤษฎี โครงสร้างการออกแบบ	
และหลักการทั่วไป	6
2.2 เอกสาร บทความเกี่ยวกับการนำเอาอีทโปปี้ไปประยุกต์ใช้งาน...	7
2.3 เอกสาร บทความเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับอีทโปปี้.....	9
3 ทฤษฎีเกี่ยวกับอีทโปปี้	
3.1 ผลลุดของความดัน	13
1. ความดันที่อูร์ เข็มลู่ลู่ต	14
2. ผลลุดความดันของของเหลว	14
3. ผลลุดความดันของไอ	18

<u>บทที่</u>	หน้า	
3.2	สภาพการนำความร้อนเชิงประสิทธิผลของวิกต์.....	19
3.3	ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์.....	21
	1. ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากความหนืด.....	22
	2. ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากความเร็วเสียง.....	22
	3. ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากของเหลวหลุดลอยตามไอ	23
	4. ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากท่อรูเข็ม	23
	5. ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการเดือด	24
3.4	ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิที่ฮีทไปป์.....	24
	1. ความต้านทานความร้อน.....	26
	2. อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในที่ฮีทไปป์.....	27
	3. การลื่นผ่านความร้อนระหว่างผิวที่ฮีทไปป์กับแหล่ง ความร้อน.....	29
4	การเลือกส่วนประกอบต่าง ๆ ของฮีทไปป์	
4.1	การเลือกของไหลใช้งาน.....	31
4.2	การเลือกวิกต์.....	33
4.3	การเลือกวัสดุท่อและวิกต์	35
5	การออกแบบฮีทไปป์	
5.1	การกำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อฮีทไปป์.....	40
5.2	การเลือกและคำนวณออกแบบท่อฮีทไปป์.....	41
5.3	การคำนวณออกแบบวิกต์	44
5.4	ตัวอย่างการออกแบบฮีทไปป์.....	49
6	การสร้างฮีทไปป์	

บทที่

6.1	ส่วนประกอบของอิฐไปป์.....	53
1.	ท่อ	53
2.	หมวกปิดท่อ	54
3.	ท่อเติม	55
4.	วาล์ว	55
5.	ของไหลใช้งาน	55
6.2	การทำความสะอาดส่วนประกอบต่าง ๆ	56
6.3	ขั้นตอนการประกอบอิฐไปป์.....	59
6.4	การเติมของไหลใช้งานและการทำลู่สายตาภาค.....	60
1.	แบบให้ความร้อนโดยตรงต่ออิฐไปป์.....	61
2.	แบบให้ความร้อนต่ออิฐไปป์โดยใช้อ้อยบาร.....	61
3.	การใช้ปั๊มลู่สายตาภาคแบบที่ 1	62
4.	การใช้ปั๊มลู่สายตาภาคแบบที่ 2	65
6.5	การปิดผนึกท่ออิฐไปป์.....	67
7	การทดลองสร้างอิฐไปป์.....	-
7.1	ลักษณะของอิฐไปป์ที่ทดลองสร้าง	68
7.2	กรรมวิธีที่ใช้ในการสร้างอิฐไปป์.....	69
7.3	การทดสอบคุณภาพของอิฐไปป์แก้วขั้นต้น	72
7.4	ผลการทดลองสร้างอิฐไปป์แก้ว	73
7.5	สรุปผลการทดลองสร้างอิฐไปป์แก้วและข้อเสนอแนะ	75
8	การทดสอบสมรรถนะของอิฐไปป์	
8.1	อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสมรรถนะของอิฐไปป์.....	77
8.2	ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะของอิฐไปป์.....	79

<u>บทที่</u>	หน้า
8.3 ผลการทดสอบสมรรถนะของฮีทปั๊มที่สร้างเอง.....	80
8.3.1 ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิผิวท่อและกาช เกิดการแห้งสนิท ของวิกส์.....	80
8.3.2 ฮีตจำกัลดการถ่ายเทความร้อนของฮีทปั๊มที่สร้างเอง.....	89
8.3.3 สมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของฮีทปั๊มที่สร้างเอง.....	93
8.3.4 การปรับปรุงทฤษฎีสมรรถนะของฮีทปั๊ม.....	96
9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
9.1 สรุปผลการวิจัย	104
9.2 ข้อเสนอแนะ	105
เอกสารอ้างอิง	106
สัญลักษณ์.....	108
ภาคผนวก ก หน่วยเปรียบเทียบและค่าคงที่ต่าง ๆ	115
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของวัสดุของแข็งและน้ำ	117
ภาคผนวก ค ค่าทางทฤษฎีของฮีทปั๊ม.....	119
ชีวประวัติ	123

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

<u>ตารางที่</u>	<u>หน้า</u>
3.1	การคำนวณหาค่ารัศมีของท่อรูเข็ม (r_c) ของวิกค์แบบต่าง ๆ 14
3.2	การคำนวณหาค่า Permeability ของวิกค์รูปแบบต่าง ๆ 16
3.3	การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานไอ, F_v และสัมประสิทธิ์เชิงจลน์ D_v 19
3.4	การคำนวณหาค่าสภาพการนำความร้อนเชิงประสิทธิผลของวิกค์..... 21
4.1	ชนิดของของไหลใช้งานที่ช่วงอุณหภูมิใช้งานต่าง ๆ 31
4.2	ความเข้ากันได้ระหว่างของไหลใช้งานกับวัสดุท่อและวิกค์..... 36
7.1	แสดงถึงข้อมูลในการสร้างที่สำคัญของอีทโปปี้แก้วทั้ง 10 แห่งที่แสดง ไว้ในรูปที่ 7.4 74
8.1	ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนของอีทโปปี้ที่สร้างเองที่มุมวางตัวต่าง ๆ 89
8.2	เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนในแนวแกนจากการทดลองและ ทฤษฎีที่ปรับด้วยค่าชดเชย (m) 102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	ส่วนประกอบและการทำงานของฮีทไปป์.....	2
3.1	การไหลเวียนของของไหลใช้งานในท่อฮีทไปป์ทรงกระบอก.....	13
3.2	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของการไหลแบบชั้น ๆ ในท่อ สี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	17
3.3	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของการไหลแบบชั้น ๆ ในท่อวงแหวนกลม.....	17
3.4	โมเดลการล่งผ่านความร้อนของวีกต์ที่อิมิตัวด้วยของไหลใช้งาน.....	20
3.5	ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิใช้งานต่าง ๆ	22
3.6	การกระจายของอุณหภูมิที่ผนังท่อฮีทไปป์ที่ขีดจำกัดความเร็วเสียง.....	23
3.7	วิธีการไหลของความร้อนผ่านท่อฮีทไปป์.....	25
4.1	ขั้นตอนการออกแบบฮีทไปป์.....	30
4.2	ค่าตัวเลข เมอริทของของไหลใช้งานที่อุณหภูมิจุดเดือด.....	33
4.3	ชนิดของวีกต์เนื้อเดียว.....	34
4.4	ชนิดของวีกต์เนื้อผสม	34
4.5	ค่า (ρ/ϵ_u) ที่อุณหภูมิใช้งานต่าง ๆ ของวัสดุ.....	37
4.6	ค่า $(k.\epsilon_u)$ ที่อุณหภูมิใช้งานต่าง ๆ ของวัสดุ	38
5.1	การออกแบบเส้นผ่าศูนย์กลางของย่านไอน์.....	41
5.2	ความดันไอน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของของไหลใช้งาน.....	44
5.3	การออกแบบขนาดของท่อ.....	45
5.4	การออกแบบขนาดของหมวปิดท่อ.....	46
6.1	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของฮีทไปป์.....	53
6.2	กรรมวิธีการเชื่อมต่อหมวปิดท่อ.....	54
6.3	แผนผังขั้นตอนการสร้างฮีทไปป์.....	55

รูปที่	หน้า
6.4	แสดงกรรมวิธีการผลิตอีทไปป์แบบให้ความร้อนโดยตรง..... 61
6.5	แสดงกรรมวิธีการผลิตอีทไปป์แบบใช้ออยบาร..... 62
6.6	กรรมวิธีการผลิตอีทไปป์โดยใช้อิมัลชันอากาศแบบที่ 1..... 63
6.7	ลำดับขั้นตอนการล้สร้างอีทไปป์..... 64
6.8	กรรมวิธีการผลิตอีทไปป์โดยใช้อิมัลชันอากาศแบบที่ 2 65
7.1	รูปร่างของออยบารที่ใช่..... 69
7.2ก.	แสดงขนาดของส่วนต่าง ๆ ของออยบาร..... 70
7.2ข.	ภาพถ่ายของออยบารที่ใช่ล้สร้างอีทไปป์แก้ว..... 71
7.3	การทดสอบคุณภาพของอีทไปป์แก้วขั้นต้น..... 72
7.4	อีทไปป์แก้วหมายเลข 1-10 เป็นอีทไปป์ที่ดี อีทไปป์แก้วหมายเลข 0 เป็นอีทไปป์ที่มีคุณภาพดี แต่วิคค์เกิดรอยไหม้เล็กน้อย..... 75
7.5	ท้ออีทไปป์แก้วที่ทำการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเรียบร้อยแล้ว..... 75
8.1	รายละเอียดของอุปกรณ์การทดสอบสมรรถนะของอีทไปป์..... 77
8.2	ภาพถ่ายชุดอุปกรณ์การทดสอบสมรรถนะของอีทไปป์..... 78
8.3	ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์ที่ล้สร้างเอง..... 81
8.4ก.	ผลลคของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์แท่งที่ 7 ช่วงการระเหย..... 83
8.4ข.	ผลลคของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์แท่งที่ 7 ช่วงการล้ผ่าน..... 84
8.4ค.	ผลลคของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์แท่งที่ 7 ช่วงการควบแน่น..... 85
8.5ก.	ผลลคของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์แท่งที่ 10 ช่วงการระเหย..... 86
8.5ข.	ผลลคของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์แท่งที่ 10 ช่วงการล้ผ่าน..... 87
8.5ค.	ผลลคของอุณหภูมิที่ผิวท้ออีทไปป์แท่งที่ 10 ช่วงการควบแน่น..... 88
8.6	ชิตจำกัคการถ่ายเทความร้อนของอีทไปป์แท่งที่ 7..... 90
8.7	ชิตจำกัคการถ่ายเทความร้อนของอีทไปป์แท่งที่ 10..... 91

รูปที่		
8.8	เปรียบเทียบขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อน.....	92
8.9	สภาพการนำความร้อนเชิงประสิทธิผลของฮีทไปป์แท่งที่ 7.....	94
8.10	สภาพการนำความร้อนเชิงประสิทธิผลของฮีทไปป์แท่งที่ 10.....	95
8.11	เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวท่อจากการทดลองและทฤษฎี.....	98
8.12	เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวท่อจากการทดลองและทฤษฎีที่ปรับค่าแล้ว (ค่าชดเชย= 2.12).....	99
8.13	ค่าชดเชยที่ใช้ปรับค่าทางทฤษฎีที่มุมวางต่าง ๆ	101



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย