บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย เปรียบเทียบ และแนวทางวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปผลการวิจัย

ฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรที่ได้ทดลองสร้างขึ้น และทำการทดสอบสมรรถนะการทำงานลุล่วงไปแล้วนั้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ได้พัฒนาปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตฮีตไพป์แบบไหลครบวงจร ที่เอื้ออำนวยต่อการผลิตจำนวนมาก (mass production) โดยใช้ออยบาธ ต้มของไหลใช้งาน เพื่อให้ไอของของไหลใช้งานไล่อากาศออกจากฮีตไพป์ (evaporation technique)

2. อุณหภูมิคงที่ของออยบาธที่เหมาะสมในการสร้างฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรคือ 124-125 °ซ.

3. เวลาที่เหมาะสมในการต้มของไหลใช้งาน คือ 3 นาที สำหรับฮีตไพป์แก้ว และ 2 นาที สำหรับฮีทไปป์ทองแดง

4. ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานคือ เมื่อช่วงการระเหยอยู่ในแนวระดับ

5. ปริมาณของเหลวใช้งานที่เหมาะสม คือประมาณ 15-30% ของปริมาตรช่วงการระเหย

6. เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของ CLHP จะดีขึ้น

7. สภาพนำความร้อนเชิงประสิทธิผล (Effective thermal conductivity, λ_{eff}) ของ CLHP Type B/Pyrex สูงกว่าสภาพนำความร้อนของทองแดงโดยเฉลี่ย 2.8 เท่าในช่วงการถ่ายเทความร้อน 10-40 วัตต์ หรือสูงกว่าสภาพนำความร้อนของแก้ว ประมาณ 900 เท่า (λ_{Pyrex} = 1.15 Watts/m. K) ส่วน λ_{eff} ของ CLHP Type C/Pyrex สูงกว่า λ_{eff} โดยเฉลี่ย 5.4 เท่าในช่วงการถ่ายเทความร้อนเดียวกันกับ CLHP Type B/Pyrex หรือสูงกว่าสภาพนำความร้อนของแก้วประมาณ 1750 เท่า

8. สภาพนำความร้อนเชิงประสิทธิผลของ CLHP Type C/Cu สูงสุดที่ได้จากการทดสอบคือ 58,367 W/m. K ซึ่งสูงกว่าสภาพนำความร้อนของทองแดงประมาณ 157 เท่า

9. การทดสอบครั้งนี้ไม่พบขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการแห้งเหือด (Burn out Limit) และการที่ของเหลวหลุดลอยตามไอ (Entrainment limit) ซึ่งเป็นขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับฮีตไพป์ประเภทนี้

10. CLHP Type C/Cu ที่สร้างขึ้นสามารถส่งผ่านความร้อนตามแนวแกนได้มากกว่า 464 วัตต์/แท่ง

5.2 การเปรียบเทียบระหว่างฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรกับฮีตไพป์แบบทั่วไป (Conventional HP) ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยนี้สร้างขึ้น

ข้อมูลของฮีตไพป์แบบทั่วไปที่ใช้ในการเปรียบเทียบมาจาก

1. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง "การสร้างฮีทไปป์และการทดสอบสมรรถนะของฮีทไปป์" โดยทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทสาขาวิชาการ ประจำปี 2526 เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดย รศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

2. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง "การพัฒนาและสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ในอุตสาหกรรม" โดยทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป ประจำปี 2528 เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ โดย รศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบฮีตไพป์ 3 ประเภท คือ ฮีตไพป์ไร้วิกค์แบบทั่วไปที่มีโครงสร้างเป็นแก้ว, ฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรที่มีโครงสร้างเป็นแก้ว และฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรที่มีโครงสร้างเป็นทองแดง จะเห็นได้ว่าฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรที่ได้ทดลองและปรับปรุงสร้างขึ้นนั้นมีสมรรถนะการทำงานเหนือกว่าฮีตไพป์ไร้วิกค์ที่ทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน (แก้ว) นอกจากนั้นข้อดีของฮีตไพป์ที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่ คือ สามารถวางแยกส่วนของช่วงการระเหยและช่วงการควบแน่นออกจากกันได้ และวางในมุมที่แตกต่างกันได้ด้วย ข้อดีนี้เป็นสิ่งที่ฮีตไพป์ในอดีตไม่อาจมีได้เลย

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ฮีตไพป์ไร้วิกค์แบบทั่วไปที่มีโครงสร้างเป็นแก้ว ฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรที่มีโครงสร้างเป็นแก้ว และฮีตไพป์แบบไหลครบวงจรที่มีโครงสร้างเป็นทองแดง

ชนิดของฮีทไปป์ ลักษณะสมบัติ	Conventional wickless HP.	CLHP Type C/Pyrex	CLHP Type C/Cu
วัสดุผนังท่อ	แก้ว	แก้ว	ทองแดง
ของเหลวใช้งาน	น้ำ	น้ำ	น้ำ
ปริมาตรของเหลวใช้งาน (% ของปริมาตรช่วงการระเหย)	60	35	35
ความยาวช่วงการระเหย (ม.ม.)	100	200	200
ความยาวช่วงส่งผ่าน (ม.ม.)	100	300	300
ความยาวช่วงควบแน่น (ม.ม.)	100	200	200
ความยาวรวม (ม.ม.)	300	940	940
เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ (ม.ม.)	10.0	16.0	15.875
เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (ม.ม.)	8.0	13.0	13.386
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของช่วงควบแน่น จนถึง 70° ซ. (วินาที)	120	30	15
การจัดวางตำแหน่งของช่วงการระเหย เพื่อการใช้งานดีที่สุด	แนวดิ่ง	แนวระดับ	แนวระดับ
ค่าเฉลี่ยของสภาพนำความร้อนเชิงประสิทธผล (W/m·K)	1,042	2,000	58,400
โครงสร้างภายในช่วงการระเหย	ว่างเปล่า	มี Packing	มี Packing
ขีดจำกัดการถ่ายเทความร้อน (วัตต์)	≈ 80	ไม่ได้ทำการทดสอบ	มากกว่า 464

5.3 แนวทางวิจัยในอนาคต

ด้วยระยะเวลามีจำกัด การศึกษาวิจัยในรายละเอียดเพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพของฮีตไพป์แบบไหลครบวงจร ยังมีบางจุดที่ไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยใคร่ที่จะเสนอแนวทางการวิจัยในหัวข้อต่อไปนี้ คือ

1. ปรับปรุงคุณภาพของ Packing โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง O.D. ของ Packing กับ I.D. ของช่วงการระเหย, อัตราส่วนระหว่างช่องเปิดของ Packing กับ พ.ท.ผิวรับความร้อนของ Packing

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง I.D. ของช่องทางที่ของเหลวควบแน่นไหลกลับช่วงการระเหย กับ I.D. ของช่วงส่งผ่าน

3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นกับอัตราการถ่ายเทความร้อน

4. ศึกษาวิธีที่จะปรับปรุงให้ CLHP สามารถใช้งานได้ดี ในช่วงของมุมวางอื่นๆ นอกจากแนวระดับ