

## ผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานที่มีต่อการถ่ายเท

### ความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

## Effect of Evaporation length and the Working Fluid on heat transfer of the Oscillating Heat Pipe

ผศ.ดร.วันดี ปินะเต, ผศ.ดร.ดวงกมล ดั่งโพทอง และกฤษฎิ์ ดิจริ่ง

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาวิศวกรรมระบบอาคาร คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ และตำแหน่งสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Corresponding author : E-mail: kaapplied@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงขีดจำกัดของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ และศึกษาผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานต่อการถ่ายเทความร้อน ในการศึกษานี้ใช้สาร R123 เอทานอล และน้ำเป็นสารทำงาน ส่วนชุดท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบทำจากท่อคาปิลลารีทองแดงที่มีขนาดดังต่อไปนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.77 มิลลิเมตร ขนาดความยาวส่วนทำระเหย 5, 10 และ 15 เซนติเมตร อัตราการเติมสารทำงาน 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณทั้งหมดจำนวนโค้งเฉลี่ย 10 โค้งเฉลี่ย มีการให้ความร้อนส่วนทำระเหยของท่อความร้อนโดยใช้แผ่นความร้อนในส่วนควบแน่นใช้น้ำเป็นแหล่งระบายความร้อน ทำการหุ้มฉนวนอย่างดีในส่วนกันความร้อนของท่อความร้อน เมื่อเริ่มทำการทดสอบ ทำการเพิ่มความร้อนในส่วนทำระเหย และควบคุมอุณหภูมิส่วนกันความร้อนไว้ที่ 60 องศาเซลเซียสวัดค่าอัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำจนกว่าอุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยจะกระโดดซึ่งจุดที่อุณหภูมิส่วนทำระเหยเกิดการกระโดดนั้นจะถือว่าเป็นสภาวะวิกฤติ จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า ความยาวส่วนทำระเหยมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนภายใต้สภาวะวิกฤติ เมื่อความยาวส่วนทำระเหยเพิ่มขึ้นจาก 5 เซนติเมตรเป็น 10 และ 15 เซนติเมตร ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนวิกฤติจะลดลง และสารทำงานมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติเมื่อเปลี่ยนสารทำงานจาก R123 เป็น เอทานอล และน้ำ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนวิกฤติจะลดลง

คำสำคัญ : ท่อความร้อน การถ่ายเทความร้อน ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

### บทนำ

ท่อความร้อน คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก ทำงานโดยใช้หลักการส่งถ่ายความร้อนจากความร้อนแฝงของสารทำงานภายในท่อซึ่งระเหยโดยการรับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนโดยการควบแน่น เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำงานมีค่าสูงมาก จึงสามารถถ่ายเทความร้อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งโดยมีอุณหภูมิแตกต่างเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้วท่อความร้อนจะประกอบด้วยส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนชนิดธรรมดาที่สภาวะความดันสูงนั้น จะถูกจำกัดโดยแรงดันไอ (Vapor pressure) และขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องกับค่าสมรรถนะของท่อความร้อน เช่น ขีดจำกัดคาปิลลารี (Capillary limit) ซึ่งเกิดเมื่อวัสดุพรม (Wicks) ไม่สามารถนำเอาของเหลวที่เกิดจากการกลั่นตัวกลับมายังส่วนทำระเหยได้ ขีดจำกัดการพา (Entrainment limit) ซึ่งเป็นผลมาจากการไหลที่สวนทางกัน (Counter current flow) ของไอจากส่วนทำระเหยกับของเหลวที่กลั่นตัวจากส่วนควบแน่นของท่อความร้อน และอีกปัญหาหนึ่งคือ การประยุกต์ใช้ท่อความร้อนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลงเรื่อยๆ โดยจะเห็นได้ชัดในการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์สื่อสารต่างๆ

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้มีการพัฒนาสร้างท่อความร้อนชนิดใหม่ขึ้น คือ ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ (Akachi et al.) (Closed-loop oscillating heat pipe, CLOHP) เป็นท่อความร้อนชนิดใหม่ที่มีการส่งถ่ายความร้อนที่แตกต่างจากท่อความร้อนแบบธรรมดา คือ จะส่งถ่ายความร้อนได้โดยการสั่นของก้อนไอ (vapor slug) โดยการสั่นจะเกิดขึ้นจากแรงขับของคลื่นแรงดันที่ไม่แน่นอนอย่างรุนแรง สาเหตุมาจากการเดือดแบบฟองและการควบแน่นของสารภายในท่อ คุณสมบัติที่สำคัญของท่อความร้อนแบบนี้คือ สามารถส่งถ่ายความร้อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยมีค่าสูงกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของโลหะมาก ที่อุณหภูมิแหล่งรับและจ่ายแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำงานได้ ทำงานได้ในทุก ๆ ตำแหน่ง ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว ไม่ต้องใช้พลังงานเสริมในการใช้งาน สร้างง่ายและราคาถูก

### วัตถุประสงค์

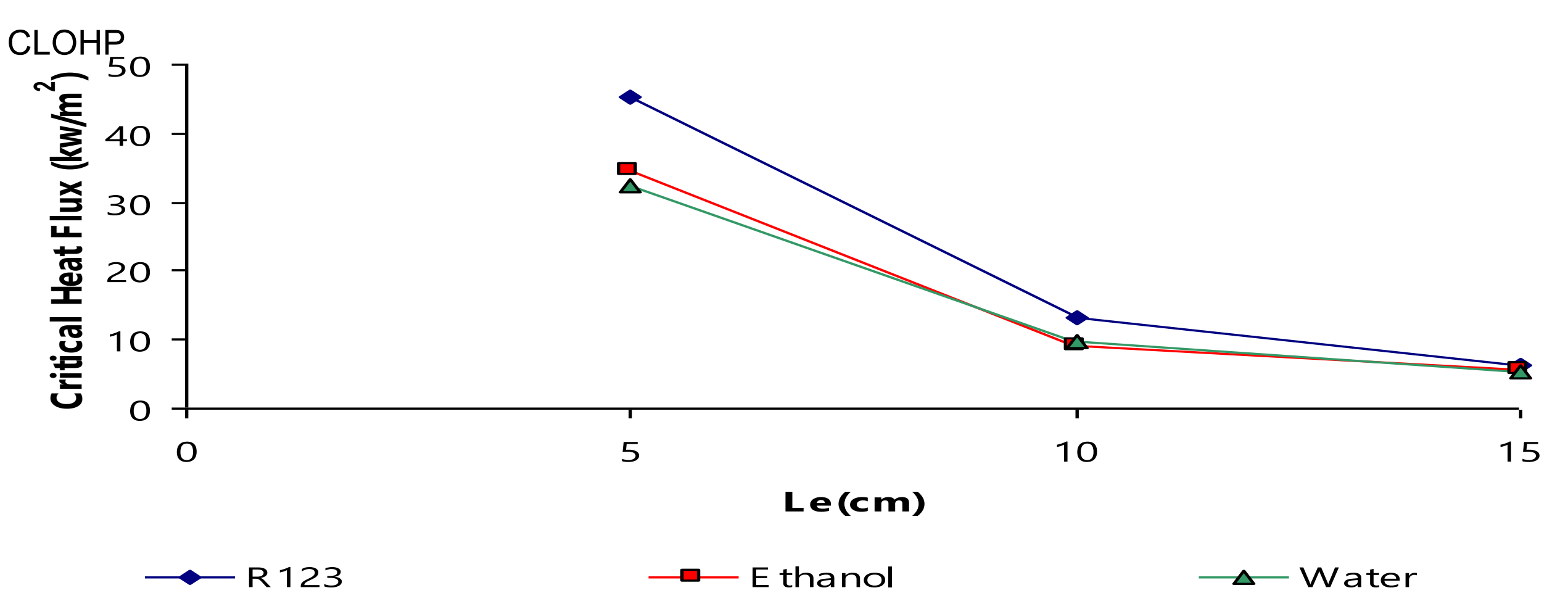
1. เพื่อปรับปรุงขีดจำกัดของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ
2. ศึกษาผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานต่อการถ่ายเทความร้อน

### วิธีดำเนินการวิจัย

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CLOHP ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวแปรด้วยกัน เช่น อัตราการเติมสารทำงาน มุมเอียง ชนิดของสารทำงาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ความยาวส่วนทำระเหย จำนวนโค้งเฉลี่ย อุณหภูมิการทำงาน และ อัตราส่วนวาล์วกันกลับ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้อธิบายถึงเฉพาะ ความยาวส่วนทำระเหย และชนิดของสารทำงานที่มีต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่ขีดจำกัด ของท่อความร้อนแบบ CLOHP

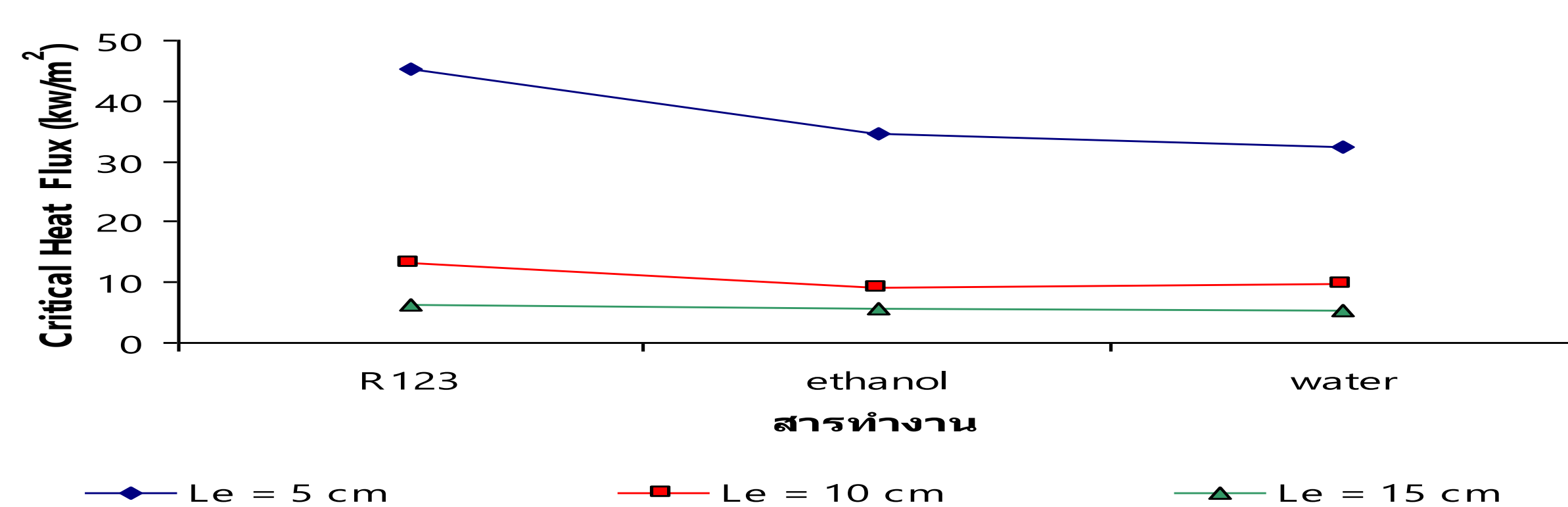
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของความยาวส่วนทำระเหยที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่ขีดจำกัด ของท่อความร้อนแบบ



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความยาวส่วนทำระเหย และอัตราการถ่ายเทความร้อน

จากการกราฟพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อความยาวของส่วนทำระเหยเพิ่มขึ้น สำหรับ R123 จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติ 45.40 kW 13.14 kW และ 6.29 kW เมื่อความยาวของส่วนทำระเหยมีขนาด 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับเอทานอลจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติ 34.74 kW 9.19 kW และ 5.60 kW ตามลำดับ เมื่อความยาวของส่วนทำระเหยมีขนาด 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร และสำหรับน้ำจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติ 32.54 kW 9.61 kW และ 5.33 kW ตามลำดับ เมื่อความยาวของส่วนทำระเหยมีขนาด 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ



จากกราฟพบว่าปริมาณความร้อนที่สภาวะวิกฤติของสารทำงานกับความยาวของส่วนทำระเหยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารทำงาน ซึ่งคุณสมบัติของสารทำงานจะแตกต่างกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงจะขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิของสารทำงานและค่าความดันแฟงที่ต่ำ และจุดเดือดที่ต่ำทำให้สารทำงานภายในท่อความร้อนเกิดการเดือดได้ดีส่งผลให้เกิดฟองไอน้ำที่มากตามและฟองไอน้ำที่เกิดขึ้นเองจะเป็นตัวรับความร้อนจากส่วนทำระเหยไปถ่ายเทยังส่วนควบแน่น จากกราฟจะเห็นว่าความยาวของส่วนทำระเหย 5 เซนติเมตร R123 จะมีการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติที่ดี 45.40 kW เอทานอลจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า R123 ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติประมาณ 34.74 kW และน้ำจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าทั้งสองสารซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติประมาณ 32.54 kW สำหรับที่ความยาวของส่วนทำระเหย 10 เซนติเมตร R123 จะมีการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติที่ดี 13.14 kW น้ำจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า R123 ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติประมาณ 9.61 kW และเอทานอลจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า R123 ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติประมาณ 9.19 kW เนื่องจากความดันส่วนทำระเหยของน้ำมากกว่าเอทานอล โดยขึ้น อยู่กับอุณหภูมิของส่วนทำระเหยและจุดเดือดของสารทำงานแต่ละชนิดและ ที่ความยาวของส่วนทำระเหย 15 เซนติเมตร R123 จะมีการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติที่ดี 6.29 kW เอทานอลจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า R123 ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติประมาณ 5.60 kW และน้ำจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าทั้งสองสารซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติประมาณ 5.33 kW เนื่องจากจุดเดือดของสารทำงานแต่ละชนิดแตกต่างกันทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติที่แตกต่างกัน และถ้าสารทำงานต่างชนิดกันค่าความดันแฟงจะไม่เท่ากันทำให้มีการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากันฟองไอน้ำที่มากตามฟองไอน้ำที่เกิดขึ้นเองจะเป็นตัวรับความร้อนจากส่วนทำระเหยไปถ่ายเทยังส่วนควบแน่น

### สรุปผล

1. ผลของความยาวส่วนทำระเหย ต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่ขีดจำกัด ของท่อความร้อนแบบ CLOHP ที่ความยาวรวมค่าหนึ่ง ๆ ขนาดความยาวของส่วนทำระเหย ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติที่มุมเอียง 90 องศาโดยความยาวของส่วนทำระเหย 5 เซนติเมตรจะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติมากที่สุด รองลงมาคือ 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ที่เป็นเช่นนี้เพราะยิ่งค่าความยาวของส่วนระเหยน้อยลงเท่าใด ระยะทางระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นก็จะน้อยลงเท่านั้น เป็นผลให้ก้อนไอน้ำที่ทำหน้าที่พาความร้อนจากส่วนทำระเหย สามารถเคลื่อนไปสู่ส่วนควบแน่นได้ง่าย เนื่องจากมีแรงเสียดทานน้อยลงจึงให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติมากขึ้น
2. ผลของอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ ขีดจำกัด ของท่อความร้อนแบบ CLOHP ของสารทำงานต่อความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อน ที่มีผลต่อขีดจำกัดสมรรถนะของท่อความร้อน CLOHP เอทานอลจะมีการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติน้อยกว่า R123 ซึ่งค่าถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติมากที่สุด และน้ำจะมีการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะวิกฤติน้อยกว่าสารทั้งสองสาร เนื่องจากจุดเดือดของสารทำงานมีจุดเดือดที่แตกต่างกันทำให้มีการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน และถ้าสารทำงานต่างชนิดกันค่าความดันแฟงจะไม่เท่ากันทำให้มีการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากัน

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการกลาง สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยและขอขอบคุณห้องวิจัยท่อความร้อน สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- Akachi, F. Polasek and P. Stulc. "Pulsating Heat Pipe," in Proceeding of the 5 th International Heat Pipe Symposium. P. 208-217. Australia: s.n., 1996.
- Charoensawan, P. and others. "Effect of Inclination Angles, Filling Ratios and Total Lengths on Heat Transfer Characteristic of a Closed-Loop Oscillating Heat Pipe," in Proceedings of the 6th International Heat Pipe Symposium. P.422-430. Thailand: s.n., 2000.
- Pipatpaiboon, N. and others. "Effect of Inclinations Angles and Number of Check Valves on Heat Transfer Characteristics of a Closed-Looped Oscillating Heat Pipe with Check Valves," in Procs. Of the 1th International Seminar on Heat Pipes and Heat Recovery Systems, p. 83-86. Malaysia: s.n., 2004.