

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการพัฒนาประเทศเพื่อให้เจริญก้าวหน้าขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอย่างมาก คือ แหล่งพลังงาน และเนื่องจากแหล่งพลังงานบนพื้นดินมีวันขี้น้อยลงเรื่อยๆ และจำนวนประชากรบนโลกได้เพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ปัญหาของการใช้พลังงานจึงเกิดขึ้นทุกประเทศบนโลก ขณะเดียวกันการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมได้เจริญก้าวหน้ามากทำให้ความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นเป็นทวีคูณ ดังนั้นทั่วทุกประเทศบนโลกจึงมีนโยบายการประหยัดพลังงานรวมทั้งในประเทศไทย ทางรัฐบาลไทยจึงได้ประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมและการอนุรักษ์พลังงานขึ้นเมื่อปี 2535 [1] เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนพลังงานของประเทศ วิธีหนึ่งที่สามารถช่วยในการอนุรักษ์พลังงานได้ คือ การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่หรือการนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนต่างๆ เช่น ความร้อนจากการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ หรือความร้อนทิ้งจากระบบน้ำหล่อเย็น กลับมาใช้ประโยชน์ อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์นั้นมีหลายชนิดแต่ที่สนใจในงานวิจัยนี้คือ ท่อความร้อน (Heat pipe) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนสูง ขนาดกะทัดรัดและราคาถูก หลักการทำงานคือ เมื่อสารทำงานได้รับความร้อนจากส่วนระเหยก็จะระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งจะไหลไปยังส่วนควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าแล้วคายความร้อนและควบแน่นกลายเป็นของเหลว เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอสูงมาก จึงสามารถถ่ายเทปริมาณความร้อนจากปลายด้านหนึ่งสู่ปลายอีกด้านหนึ่งโดยมีอุณหภูมิแตกต่างกันเล็กน้อย ท่อความร้อนนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ท่อความร้อนแบบธรรมดาหรือที่เรียกว่ากาลักความร้อน (Thermosyphon) [3] และท่อความร้อนแบบพิเศษ ซึ่งท่อความร้อนประเภทนี้มีหลายชนิดนี้ด้วยกัน ตัวอย่างเช่น ท่อความร้อนแบบสันปลายปิด เป็นประเภทที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ท่อความร้อนที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปนั้น โดยมากมักทำมาจากท่อโลหะและการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนแบบธรรมดาที่ภาวะความร้อนสูงๆ นั้น จะถูกจำกัดโดยแรงดันไอ (Vapor pressure) และขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องกับค่าสมรรถนะของท่อความร้อน เช่น ขีดจำกัดคาปิลารี (Capillary limit) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุพรม (Wicks) ไม่สามารถนำเอาของเหลวที่เกิดจากการกลั่นตัวกลับมายังส่วนทำระเหยได้ ขีดจำกัดการพา (Entrainment limit) เป็นผลมาจากการไหลที่สวนทางกัน (Counter current flow) ของไอจากส่วนทำระเหยกับของเหลวที่กลั่นตัวจากส่วนควบแน่นของท่อความร้อน และยังมีอีกปัญหาหนึ่งคือ การประยุกต์ใช้งานในอุปกรณ์ที่ต้องการ

การระบายความร้อนจำนวนมากๆ แต่มีพื้นที่ในการระบายความร้อนที่จำกัด จึงจำเป็นต้องใช้ท่อความร้อนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลงมากๆ โดยจะเห็นได้ชัดในการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์กระเป๋าคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์การสื่อสารต่างๆ

จากปัญหาที่เกิดขึ้นกับท่อความร้อนดังที่ได้กล่าวมา จึงได้มีการพัฒนาสร้างท่อความร้อนชนิดใหม่ขึ้นและมีชื่อเรียกว่าท่อความร้อนแบบสั่นหรือ Oscillating heat Pipe (OHP) เป็นท่อความร้อนชนิดใหม่และอยู่ในประเภทของท่อความร้อนแบบพิเศษ ที่การส่งถ่ายความร้อนนั้นแตกต่างจากท่อความร้อนแบบธรรมดา คือ การส่งถ่ายความร้อนนั้นเกิดจากการกระตุ้นการสั่นของก้อนของเหลวและไอด้วยตัวเอง (Self – excited oscillation) โดยเกิดขึ้นจากแรงขับของคลื่นแรงดันที่ไม่แน่นอนอย่างรุนแรง สาเหตุมาจากการเดือดแบบฟองและการควบแน่นของสารทำงานภายในท่อความร้อน ซึ่งการเกิดก้อนของเหลวและไอในท่อได้นั้นจะต้องมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กพอเหมาะซึ่งสามารถคำนวณได้จากการหาเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากที่สุดของ Maezawa et al. (1996) ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดนี้มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถส่งถ่ายความร้อนได้อย่างรวดเร็วกว่าท่อความร้อนแบบธรรมดา แต่หลักการทำงานพื้นฐานยังไม่มีผู้ที่สามารถอธิบายให้ชัดเจนได้

การศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่น (OHP) เท่านั้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกท่อความร้อนแบบสั่นชนิดปลายปิด (CEOHP) โดยเป็นท่ออีกประเภทหนึ่งของท่อความร้อนแบบสั่น

อย่างไรก็ตาม สารทำงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในท่อความร้อนโดยทั่วไปนั้น คือสารจำพวก Chlorofluorocarbons (CFCs) ซึ่งมีผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศของโลกทำให้ปริมาณโอโซนของชั้นบรรยากาศของโลกลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้สารทำงานที่มี CFCs ปริมาณน้อยมาเป็นสารทำความเย็นแทน เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม งานวิจัยที่ได้ใช้สารที่ปราศจาก CFCs มาเป็นสารทำงานในท่อความร้อนนั้น มีค่อนข้างน้อยมากและคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่ใช้สารจำพวกนี้ในท่อความร้อนแบบสั่นยังไม่เป็นที่ทราบกัน ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ ชัยชาญและบุญฤทธิ์ (1995) ที่ใช้สาร R134a และ R123 ซึ่งเป็นสารจำพวก CFCs เป็นสารทำงานภายในท่อความร้อนเพื่อศึกษาคุณสมบัตินิการถ่ายเทความร้อน และงานวิจัยของ Terdtoon et al. (1999) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัตินิการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ โดยใช้สารทำงานเป็นน้ำยาทำความเย็นผสม โดยสารทำงานที่เลือกใช้คือ HP62 และ MP39 ดังนั้นงานวิจัยที่กล่าวมานี้จึงเป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ CEOHP โดยใช้สารทำงานเป็น HP62 และ MP39 และเนื่องจากสาร HP62 และ MP39 มีค่า Ozone depletion potential (ODP) เท่ากับ 0.03 จึงมั่นใจได้ว่า เมื่อทำการทดลองหรือนำ CEOHP ที่ใช้สารดังกล่าวไปใช้งานจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

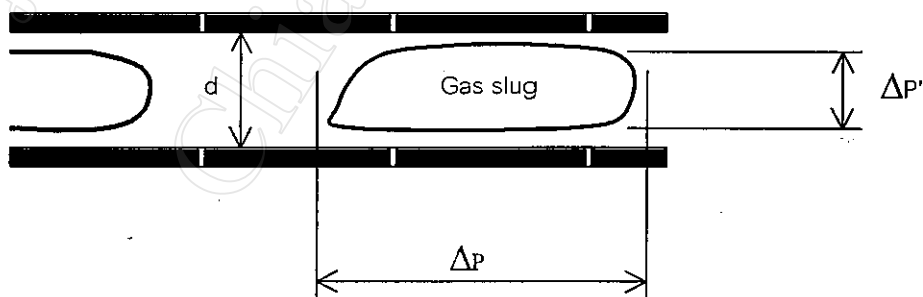
1.2 สรุปสาระสำคัญของเอกสารที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ OHP นั้นในปัจจุบันมีจำนวนไม่มากนัก จากจำนวนที่มีอยู่ทั้งหมด เป็นการศึกษาวิจัยที่ไม่ได้กล่าวถึงรูปแบบจำลองทางกายภาพ (Physical modeling) เลย แต่จะกล่าวถึงเฉพาะหลักการพื้นฐานเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1.2.1 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั้น

Akachi et al. (1996) กล่าวถึงหลักการทำงานเบื้องต้นของ OHP โดยจะเกิดจากการส่งถ่ายความร้อนจากแหล่งให้ความร้อน (Heat source) ไปยังแหล่งรับความร้อน (Heat sink) โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านโดยการสั่น (Oscillation) ในทิศทางตามแนวแกนท่อตามยาว

Maesawa et al. (1996) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะทางความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบคาปิลารี โดยชุดทดสอบเป็นท่อเทอร์โมไซฟอนแบบคาปิลารี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ 1 มิลลิเมตร มีจำนวนโค้งทั้งหมด 20 โค้งและมีความยาวทั้งหมด 24 เมตร ใช้สารทำงานเป็น R142b ผลของการทดสอบที่น่าสนใจคือ ท่อเทอร์โมไซฟอนนั้นมีการส่งถ่ายความร้อนโดยปรากฏการณ์การสั่น การสั่นนั้นเกิดจากคลื่นของแรงดันของสารทำงานที่แกว่งไปมาอย่างรุนแรงที่เป็นผลมาจากการเดือดแบบฟองของสารทำงาน โดยฟองนั้นจะเกิดขึ้นในท่อที่ส่วนทำระเหย ฟองนั้นจะโตขึ้นเรื่อยๆ และจะหายไปเมื่ออยู่ในส่วนควบแน่น โดยลักษณะที่กล่าวมานี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อน อัตราการเติมสารทำงาน สภาวะการทำงาน (Heating modes) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและจำนวนรอบของการขดไปมา และยังกล่าวอีกว่ารูปแบบการไหลภายในของท่อเทอร์โมไซฟอนนั้นมีการไหลแบบ slug ดังแสดงในรูปที่ 1.1 โดย Gas slug หรือฟองนั้นสามารถไหลได้โดยความแตกต่างของความดัน



รูปที่ 1.1 แสดงการไหลแบบ slug

ที่มา: Maesawa et al. (1996)

โดยในรูปที่ 1.1 แสดงค่าความดันตามแนวรัศมีและค่าความดันตามแนวแกนของท่อเมื่อสารทำงานในท่ออยู่ในสภาวะที่ $\Delta P \geq \Delta P'$ Gas slug สามารถคงอยู่ในท่อได้ โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อเป็นไปตามสมการที่ 1.1

$$d \leq 2 \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}} \quad (1.1)$$

Dobson and Harms (1999) ได้อ้างถึงบทความทางวิชาการของ Akachi et al. (1996) ในส่วนของท่อความร้อนแบบคาปิลารี แต่ในวิจัยได้ศึกษาถึงรูปแบบทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายเพื่อแสดงพฤติกรรมของสารทำงานที่อยู่ภายในท่อ เช่น แสดงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน แรงกระทำต่อสารทำงานในส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็งเป็นต้น อีกทั้งยังกล่าวถึงค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดที่ท่อความร้อนแบบคาปิลารีสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม โดยมีค่าแสดงไว้ตามสมการที่ 1.1 ซึ่งในสภาพที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามสมการดังกล่าวจะทำให้สารทำงานนั้นอยู่ในสภาพการไหลแบบ Gas slug โดยเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนชนิดนี้

1.2.2 การศึกษาถึงพฤติกรรมของการส่งถ่ายความร้อนของสารทำงาน

Maezawa et al. (1996) ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะของการถ่ายเทความร้อนของ OHP โดยการทดลองนั้นทำที่สภาวะ Heating modes ต่างๆ เครื่องมือที่ใช้ทำการศึกษาทดลอง คือ ท่อความร้อนที่ทำจากท่อคาปิลารีมีความยาวทั้งหมด 48 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 มิลลิเมตร จำนวนโค้ง 40 โค้ง และมีการปิดหัวท้ายทั้งสองข้างของท่อ (ตามรูปที่ 1ข) ใช้น้ำและ R142b เป็นสารทำงาน ผลของการทดลองคือ ในสภาวะ Top heat mode OHP จะทำงานโดยการกระตุ้นการสั่นด้วยตัวมันเอง โดยไม่ต้องใช้วัสดุพอรุน การสั่นสมมติว่าเป็นพฤติกรรมที่เกิดจาก Chaotic คือผลที่ปรากฏจะเห็นเป็น Strange attractor และเป็นกลุ่มของ Power spectrum และขนาดมิติของ Attractor จะคำนวณได้จากการสังเกต Time series ที่เป็น Single variable

1.2.3 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงานที่ไม่มี CFCs

Terdtoon et al. (1999) ได้ศึกษาคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ โดยใช้สารทำงานเป็นสารผสมคือ HP62 (หรือ R-404a ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับ Azeotropic blend ของ HFC125 / HFC143a / HFC134a อัตราส่วนโดยมวล 44 / 52 / 4 เปอร์เซนต์) และ MP39 (สารผสมของ HPFC22 / HFC152a / HCFC124 อัตราส่วนโดยมวล 53 / 13 / 34 เปอร์เซนต์) มีอัตราส่วนการเติม 50 เปอร์เซนต์ โดยผลจากการทดลองส่วนหนึ่ง ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเอียงของท่อเทอร์โมไซฟอนและค่าอัตราส่วนของอัตราการถ่ายเทความร้อน

กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่มุม 90 องศา และค่าอัตราส่วนของค่าความต้านทานความร้อนกับค่าความต้านทานความร้อนที่มุม 90 องศา ดังแสดงจากรูปที่ 1.2

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อศึกษาถึงผลของขนาดของท่อ (Tubes diameter), ความยาวทั้งหมดของท่อ (Total lengths), มุมเอียงและความยาวที่ส่วนทำระเหย (L_e), ความยาวส่วนฉนวน (L_a) และความยาวส่วนความแน่น (L_c) ที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CEOHP ที่ใช้สารทำงานเป็น HP62 และ MP39

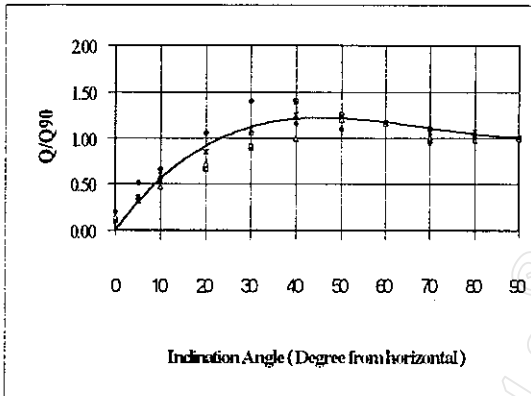
1.3.2 เพื่อศึกษาถึงผลของตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless parameters) ที่หาได้จากผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารทำงานใน CEOHP ที่มีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี

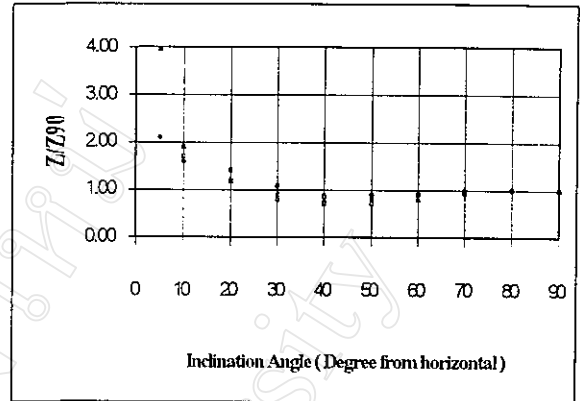
1.4.1 ได้ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นของคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CEOHP ในส่วนของอัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนรวมภายใน

1.4.2 ทราบถึงผลของขนาดของท่อ (Tubes diameter) , ความยาวทั้งหมดของท่อ (Total lengths) มุมเอียงและความยาวที่ส่วนทำระเหย (L_e) , ความยาวส่วนฉนวน (L_a) และความยาวส่วนความแน่น (L_c) โดยมีความยาวเท่ากันทั้ง 3 ส่วน ที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบ CEOHP

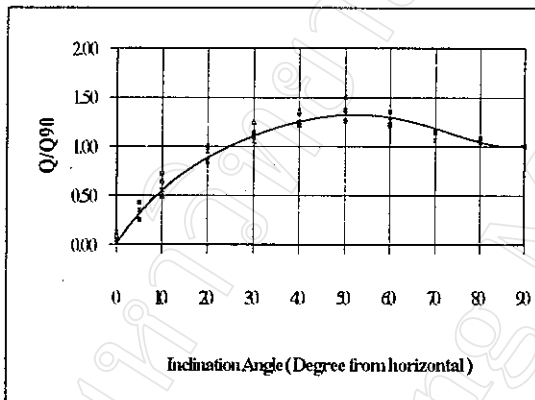
1.4.3 ทราบถึงตัวแปรไร้มิติที่มีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อ CEOHP



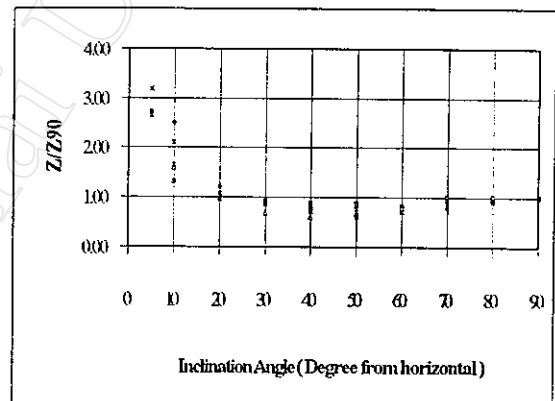
รูปที่ 1.2(a) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q_{90}
ของท่อความร้อนที่ใช้ MP39
เป็นสารทำงาน



รูปที่ 1.2(b) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า R/R_{90}
ของท่อความร้อนที่ใช้ MP39
เป็นสารทำงาน



รูปที่ 1.2(c) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q_{90}
ของท่อความร้อนที่ใช้ HP62
เป็นสารทำงาน



รูปที่ 1.2(d) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า R/R_{90}
ของท่อความร้อนที่ใช้ HP62
เป็นสารทำงาน

รูปที่ 1.2 แสดงผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q_{90} และ R/R_{90}
ของท่อความร้อนที่ใช้ MP39 และ HP62 เป็นสาร
ทำงาน

ที่มา: Terdtoon et al. (1999)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ท่อ CEOHP เป็นท่อทองแดงแบบคาปิลารีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 ค่า คือ 1.06 และ 2.03 มิลลิเมตร

1.5.2 สารทำงานจำนวน 2 ชนิด คือ HP62 และ MP39

1.5.3 ความยาว Le, La และ Lc ที่มีขนาดเท่ากัน 3 ค่า คือ 50 100 และ 150 มิลลิเมตร

1.5.4 ความยาวทั้งหมดของท่อมี 3 ค่า คือ 10 15 และ 20 เมตร

1.5.5 มุมเอียงกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0 – 180 องศา

1.5.6 อุณหภูมิการทำงาน 3 ค่า มี 30 , 40 และ 50 องศาเซลเซียส