

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานนับเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิต หรืออุตสาหกรรมบริการ นอกจากนั้นยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตวันของมนุษย์ ตั้งแต่การเกิดวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านทำให้ราคาน้ำมันดิบเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จนมีราคาเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัวในเวลาเพียงไม่กี่ปี ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าพลังงานที่โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้น และแหล่งพลังงานสำรองลดลงเรื่อยๆ วงการอุตสาหกรรมก็ได้เริ่มมุ่งให้ความสนใจและแสวงหาความพยายามในการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น วิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน คือ การนำความร้อนทิ้งจากขบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนต่างๆ ในอุตสาหกรรม กลับมาใช้ประโยชน์อีก เช่น ความร้อนจากการเผาไหม้ของหัวเผาหม้อไอน้ำ หรือความร้อนทิ้งจากระบบหล่อเย็น การพัฒนาระบบดึงความร้อนทิ้งกลับคืนจากความร้อนทิ้งทางอุตสาหกรรม ได้รับการศึกษาและพัฒนาอย่างมากมายทั่วโลก ท่อความร้อน (Heat pipe) ก็เป็นอุปกรณ์หนึ่งในการถูกพัฒนาขึ้นมา ท่อความร้อน เป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนในรูปของความร้อนแฝงชนิดหนึ่งซึ่งอาศัยกระบวนการระเหยและการควบแน่นของสารทำงานซึ่งลักษณะทั่วไปของท่อความร้อนจะเป็นท่อปลายปิดทั้งสองข้างภายในท่อมีการดูดอากาศออกแล้วเติมสารทำงานไว้ภายใน และท่อความร้อนจะประกอบด้วยส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนที่ไม่การถ่ายเทความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) ซึ่งท่อความร้อนมีอยู่หลายชนิด แต่ถ้าแบ่งตามกระบวนการส่งถ่ายของเหลวควบแน่นกลับสู่ส่วนทำระเหย มีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ท่อความร้อนแบบธรรมดาหรือ Conventional heat pipe (CHP) และท่อความร้อนชนิดพิเศษอื่นๆ เช่น ท่อความร้อนแบบสั่นหรือ Oscillating heat pipe (OHP) ฯลฯ ซึ่งท่อความร้อนแบบธรรมดา นั้นที่การะความร้อนสูงๆ นั้น จะถูกจำกัดโดยแรงดันไอ (Vapor pressure) และขีดจำกัดที่เกี่ยวข้องกับค่าสมรรถนะของท่อความร้อน เช่น ขีดจำกัดคาปิลารี (Capillary limit) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุพรม (Wicks) ไม่สามารถนำเอาของเหลวที่เกิดจากการกลั่นตัวกลับมายังส่วนทำระเหยได้ ขีดจำกัดการพา (Entrainment limit) เป็นผลมาจากการไหลที่สวนทางกัน (Counter current flow) ของไอจากส่วนทำระเหยกับของเหลวที่กลั่นตัวจากส่วนควบแน่นของท่อความร้อน แต่ท่อความร้อนแบบสั่น เป็นท่อความร้อนชนิดใหม่ที่มีการส่งถ่ายความร้อนซึ่งแตกต่างจากท่อความร้อนแบบธรรมดา คือ

การส่งถ่ายความร้อนเกิดจากการกระตุ้นการสั่นด้วยตัวเอง (Self – excited oscillation) โดยเกิดขึ้นจากแรงขับของคลื่นแรงดันที่ไม่แน่นอนอย่างรุนแรงสาเหตุเกิดจากการเดือดแบบฟองและการควบแน่นของสารทำงานภายในท่อ คุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถส่งถ่ายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ OHP ซึ่งถูกขับโดยการสั่นของการไหลแบบ 2 สถานะ จะมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบเพราะว่ามันเป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน และยังไม่สามารถที่จะยืนยันพฤติกรรมของการส่งถ่ายความร้อนที่เกิดขึ้นได้อย่างแท้จริง ดังนั้นเพื่อที่จะสังเกตปรากฏการณ์ไหลแบบ 2 สถานะ และเพื่อที่จะยืนยันพฤติกรรมของการส่งถ่ายความร้อนที่เกิดขึ้นได้อย่างแท้จริงจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงรูปแบบปรากฏการณ์ไหลที่เกิดขึ้นภายในของ OHP ณ.เวลาหนึ่งโดยการสังเกตด้วยตาแต่การวิเคราะห์ทางทฤษฎีและหลักการทำงานพื้นฐานยังไม่มีผู้ที่สามารถอธิบายให้ชัดเจนได้

เมื่อทราบถึงรูปแบบการไหลภายในของ OHP จะทำให้รู้ว่าอัตราการส่งถ่ายความร้อนสูงสุด เพื่อที่จะออกแบบท่อความร้อนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และช่วยประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

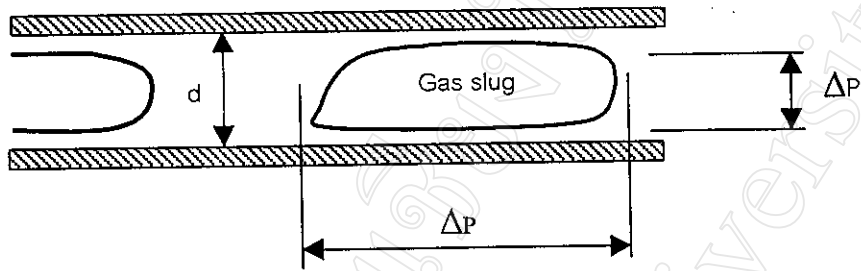
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ CEOHP นั้นในปัจจุบันมีจำนวนไม่มากนัก จากจำนวนที่มีอยู่ทั้งหมดเป็นการศึกษาวิจัยที่ไม่ได้กล่าวถึงรูปแบบจำลองทางกายภาพ (Physical modeling) เลย แต่จะกล่าวถึงเฉพาะหลักการพื้นฐานเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1.2.1 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสัน

Akachi et al. (1996) ได้ทำการศึกษาถึงหลักการเบื้องต้นของ OHP พบว่ากลไกพื้นฐานในการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งให้ความร้อน (Heat source) ไปยังแหล่งรับความร้อน (Heat sink) ซึ่งความร้อนจะส่งผ่านได้โดยการสั่น (Oscillation) ของสารทำงาน ในทิศทางตามแนวแกนของท่อ และยังพบว่าปริมาณของสารทำงานใน OHP จะต้องมากกว่า 50 % ของปริมาตรภายในท่อด้วย

Maezawa et al. (1996) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะทางความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบคาปิลารี โดยชุดทดสอบเป็นท่อเทอร์โมไซฟอนแบบคาปิลารียาวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ 1 มิลลิเมตร และมีความยาวทั้งหมด 24 เมตร ที่โค้งไปมาอย่างต่อเนื่อง 20 โค้งใช้สารทำงานเป็น R142b จากผลการทดลองพบว่า ท่อเทอร์โมไซฟอนแบบคาปิลารีนั้นจะมีการส่งถ่ายความร้อนโดยปรากฏการณ์การสั่น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อน อัตราการเดินสารทำงาน และได้พบว่าที่อัตราการเดินสารทำงาน 50 % เทอร์โมไซฟอนจะทำงานได้ดีที่สภาวะต่างๆ และ สภาวะการทำงาน (Heating modes) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและจำนวน

รอบของการขดไปมา และยังกล่าวอีกว่ารูปแบบการไหลภายในของท่อเทอร์โมไซฟอนนั้นมีการไหลแบบสลัก (slug flow) ดังแสดงในรูป 1.1 โดย Gas slug นั้นสามารถไหลได้โดยความแตกต่างของความดัน



รูป 1.1 แสดงการไหลแบบ slug

ที่มา: Maczawa (1996)

ในรูป 1.1 แสดงค่าความดันตามแนวรัศมีและค่าความดันตามแนวแกนของท่อ เมื่อสารทำงานในท่ออยู่ในสถานะที่ $\Delta P \geq \Delta P'$ Gas slug สามารถคงอยู่ในท่อได้ โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อเป็นไปตามสมการที่ 1.1

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

1.2.2 การศึกษาถึงการมองรูปแบบการไหลภายในของท่อความร้อนแบบสัน

Lee et al. (1999) ได้ศึกษาถึงการมองรูปแบบการไหลของท่อความร้อนแบบท่อคาปิลารีสัน โดยได้ทำการสร้างชิ้นทดสอบที่ทำจากแผ่นทองเหลือง และปิดทับหน้าด้วยแผ่น อะคริลิก (Acrylic) ประกอบด้วยช่องการไหลที่เป็นโครงสร้างวนไปมาแบบวงรอบ 4 โค้งเลี้ยว มีความยาว 220 มิลลิเมตร กว้าง 1.5 มิลลิเมตร และลึก 1.5 มิลลิเมตร ใช้เอทานอล (C_2H_5OH) เป็นสารทำงาน อัตราการเติม 20 % ถึง 80% อุณหภูมิการทำงาน 40 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส และมีมุมเอียงของท่อความร้อน 30 ถึง 90 องศา ในการสังเกตรูปแบบการไหลใช้กล้องความเร็ว 400 ภาพ/วินาที ความเร็วของการคัดแสง 1/2000 วินาที และใช้ เครื่อง stroscope เป็นแหล่งกำเนิดแสง ทำการศึกษาในกรณีที่ว่าส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง (Bottom heat mode) เท่านั้น จากการศึกษาพบว่า การส่งถ่ายความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนไปยังแหล่งรับความร้อนโดยการการสั่นของสารทำงาน การสั่นนั้นเกิดจากคลื่นของแรงดันของสารทำงานที่แกว่งไปมาอย่างรุนแรงอันเนื่องเป็นผลจากการ

เคื่องแบบฟองของสารทำงานทำให้เกิดฟองขึ้นในท่อที่ส่วนทำระเหยขนาดของฟองจะโตขึ้นเรื่อยๆ จนขึ้นไปยังส่วนควบแน่น ซึ่งเป็นการไหลแบบสลักในท่อคาปิลารี (Capillary slug flow) และฟองนั้นก็จะหายไปในส่วนควบแน่นกลายเป็นของเหลวทำให้เกิดการไหลกลับของของไหลจากส่วนควบแน่นไปยังส่วนทำระเหย ซึ่งเป็นการไหลแบบแยกชั้น (Stratified flow) หรือ ไหลแบบ Rivulet และที่อัตราการเดินสารทำงาน 40 % ถึง 60 % มุมเอียง 90 องศา การสั่นจะรุนแรงที่สุด

Gi et al. (1999) ได้ศึกษาถึงการมองรูปแบบการไหลของ OHP ที่มีต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน โดยท่อทดสอบทำจากท่อเทฟลอน (Teflon) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 8 เมตร มีจำนวน 10 โค้งเลี้ยว ความยาวส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น 200 มิลลิเมตร ความยาวส่วน Adiabatic 100 มิลลิเมตร ใช้ R142b เป็นสารทำงานอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ 35 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส จะบันทึกภาพถ่ายวิดีโอขนาด 8 มิลลิเมตร เพื่อดูรูปแบบการไหลของสารทำงานจากผลการศึกษาพบว่าของไหลทำงานในท่อความร้อนแบบวงรอบจะสั่นไปมาระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น และยังเกิดการไหลเวียนด้วย ส่วนท่อความร้อนแบบไม่วงรอบจะไม่มีการไหลเวียนของของไหลทำงานแต่จะมีการสั่นไปมาระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่น การสั่นจะเกิดขึ้นได้ง่ายที่มุมเอียงน้อยๆ และอัตราการเดิน 30 % ถึง 50% และยังพบว่าที่อัตราการเดิน 70 % แท่งของเหลวและฟองไอจะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และในบางท่อจะไม่มีฟองไออยู่เลย

Miyazaki et al. (1999) ได้ศึกษาถึงการไหลแบบสั่นใน OHP โดยได้ทำการสร้างขึ้นท่อทดสอบที่ทำจากแผ่นทองเหลือง และปิดทับหน้าด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) ประกอบด้วยช่องการไหลที่เป็นโครงสร้างวนไปมาแบบวงรอบ 25 โค้งเลี้ยว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 มิลลิเมตร ใช้ R 142b เป็นสารทำงาน และทำการสังเกตการไหลของของไหลทำงานโดยใช้กล้องที่มีความเร็ว 30 ภาพ/วินาที พบว่าที่ส่วนให้ความร้อนในแต่ละโค้งเลี้ยวของเหลวจะมีลักษณะคล้ายแท่งตัว U (U-shaped column) และจะสั่นจนกระทั่งปลายทั้ง 2 ข้างของแท่งของเหลวเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม และเมื่อลากเส้นร่าง (Contours) ให้ติดกับส่วนปลายของแท่งของเหลวในแต่ละโค้งเลี้ยวจะมีลักษณะ เป็นรูปคลื่น คลื่นจะเป็นตัวก่อให้เกิด การแพร่ และการหดตัวของของเหลวตัวเอง

1.2.3 การศึกษาถึงคุณลักษณะการสั่นของความดันที่เกิดขึ้นเองของ OCHP

Lee et al. (2000) ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะการสั่นของความดันที่เกิดขึ้นเองของ OCHP โดยการทดลอง ชุดทดลองทำจากแผ่นทองเหลืองจะเป็นช่องมีความยาว 200 มิลลิเมตร ความกว้างและลึกเท่ากันคือ 1.5 มิลลิเมตร โครงสร้างเป็นแบบคดเคี้ยวไปมาเป็นแบบวงรอบ 10 โค้งเลี้ยว ใช้

R142b เป็นสารทำงาน อัตราการเติมสารทำงาน 20 40 60 และ 80 % โดยปริมาตร ค่าความร้อนที่ให้คือ 0.3 0.6 0.9 และ 1.2 วัตต์ต่อตารางมิลลิเมตรและมุมเอียงคือ 30 60 และ 90 องศา จากผลการทดลองพบว่า ความดันอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความร้อนเพิ่มขึ้น แต่ช่วงการเปลี่ยนแปลงของความดัน (Amplitude) ของการสั่นจะลดลง และเมื่ออัตราการเติมของสารทำงานเพิ่มขึ้น ช่วงการเปลี่ยนแปลงของความดันของการสั่นของความดันจะเพิ่มขึ้นด้วย และการสั่นของความดันที่ไม่เป็นระเบียบเมื่ออัตราการเติมมากกว่า 80 % และมุมเอียงน้อยกว่า 30 องศา ส่วนสมรรถนะการส่งผ่านความร้อนจะดีที่สุดเมื่อผลต่างของความดันระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นมีค่าน้อยๆ

1.2.4 การศึกษาถึงคุณลักษณะของ OHP ที่มี เชื้อควาล์ว

Miyazaki et al. (2000) ได้ศึกษาถึง OHP ที่ทำจากทองแดง แบบคาปิลารี ที่มีเชื้อควาล์ว 3 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 มิลลิเมตร 14 โค้งเกี่ยว และปลายสุดของช่องจะต่อแบบวงรอบ ใช้ R 134a เป็นสารทำงาน มีความยาวส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นเท่ากันคือ 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ไม่การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 500 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่า ของไหลที่ไหลเข้าส่วนที่มีการถ่ายเทความร้อนจะรักษาไว้ให้คงที่ตลอด ถึงแม้ว่าแอมพลิจูดของการไหลจะมีค่าน้อยๆ และการไหลเวียนจะไหลไปในทิศทางเดียว

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อทำการศึกษาเชิงทฤษฎีถึงผลของความเสียหายภายในที่มีต่อรูปแบบการไหลภายในขณะที่การถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (Closed-end oscillating heat pipe, CEOHP)

1.3.2 เพื่อทำการศึกษาเชิงทฤษฎีถึงกลไกการทำงานของ CEOHP

1.3.3 เพื่อจัดทำ Flow pattern map เบื้องต้นของ CEOHP

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี

1.4.1 ได้ทราบถึงอิทธิพลของความเสียหายที่มีผลต่อรูปแบบการไหลภายในขณะที่มีการถ่ายเทความร้อนของ CEOHP

1.4.2 ได้ทราบถึงรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นภายในที่มีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ CEOHP และการไหลเวียนของสารทำงาน

1.4.3 ได้ทราบถึง Flow pattern map เบื้องต้นของ CEOHP ซึ่งแผนภูมินี้จะสามารถบอกถึงรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้น ณ อัตราการไหลต่างๆได้ และเพื่อที่จะใช้ในการออกแบบ CEOHP ต่อไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.5.1 วัสดุสำหรับทำชุดทดสอบ CEOHP เป็นแท่งแก้วทนความร้อน (Pyrex tube)
- 1.5.2 สารทำงานที่ใช้คือ R123
- 1.5.3 ความยาว L_e , L_a และ L_c ที่มีขนาดเท่ากัน คือ 50 มิลลิเมตร
- 1.5.4 จำนวนโค้งเลี้ยวไม่น้อยกว่า 28 โค้งเลี้ยว
- 1.5.5 ความยาวทั้งหมดของชุดทดสอบจำนวน 2 ชุดมีค่าเท่ากัน (คือ 11.5 เมตร)
- 1.5.6 มุมเอียงกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0–180 องศา
- 1.5.7 อุณหภูมิการทำงานไม่น้อยกว่า 3 ค่า
- 1.5.8 สัมประสิทธิ์ความเสียหาย (f) ภายในท่ออย่างน้อย 2 ค่า