บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานทางความร้อนกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะทางด้านอุตสาหกรรมมีแนวโน้มที่จะใช้สูงขึ้นทุกวัน พลังงานส่วนใหญ่ซึ่งได้มาจาก ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ปิโตรเลียม และพลังงานความร้อนใต้พิภพ ถูกใช้หมดไปโดยไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ดังนั้นในไม่ช้าก็จะเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงานในกลุ่มผู้บริโภคทั่วโลก ประเทศอุตสาหกรรมและประเทศที่กำลังพัฒนาใช้พลังงานอย่างเสรี ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำมาแปรรูปให้เป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม การใช้พลังงานความร้อนในปริมาณที่มากทำให้เกิดปัญหาโลกร้อนขึ้น นอกจากนี้การใช้สารเคมีที่มีส่วนผสมของคลอรีนทำให้โอโซนในบรรยากาศของโลกมีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้รังสี Ultraviolet จากดวงอาทิตย์สามารถผ่านเข้ามายังโลกได้โดยง่ายทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ที่อาศัยอยู่บนโลกได้ จากปัญหาทั้ง 2 ที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเกิดแนวคิดที่ค้นหาสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาแก้ปัญหาดังกล่าว

หนึ่งในนั้นก็คือ ท่อความร้อน (Heat pipe) ซึ่งประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนทำระเหยหรือส่วนรับความร้อน และส่วนควบแน่นหรือส่วนคายความร้อน ภายในท่อมีการบรรจุสารทำงานไว้ ปัจจุบันได้มีการนำท่อความร้อนไปใช้ดึงความร้อนสูญเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ โดยมีหลักการทำงานง่าย ๆ ดังนี้ คือ นำความร้อนสูญเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาผ่านส่วนทำระเหยหรือส่วนรับความร้อน ซึ่งจะทำให้สารทำงานที่บรรจุอยู่ภายในท่อเดือดกลายเป็นไอ ลอยไปถ่ายเทความร้อนความร้อนออกที่ส่วนควบแน่นหรือส่วนคายความร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า หลังจากนั้นจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวแล้วไหลกลับมาสู่ส่วนทำระเหยอีกครั้งด้วยแรงแรงคาปิลารี่ หรือแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะทำงานเป็นวัฏจักรอย่างนี้ตลอดเวลาโดยที่ไม่ต้องเสียพลังงานจากภายนอกให้แก่ท่อความร้อนแต่อย่างใด ซึ่งเห็นได้ว่าจะช่วยลดอุณหภูมิของความร้อนสูญเสียจากอุตสาหกรรมสู่บรรยากาศ และยังสามารถนำความร้อนที่ถ่ายเทออกจากส่วนควบแน่นนำไปใช้ใหม่ได้อีกด้วย ปัจจุบันนี้ได้มีการนำท่อความร้อนไปใช้ดึงความร้อนสูญเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่ออุ่นอากาศให้แก่เครื่องอบแห้งต่าง ๆ หรือนำไปใช้ทำเครื่องอุ่นน้ำป้อน (Economizer) ให้แก่หม้อไอน้ำ (Boiler)ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการระบายความร้อนให้แก่เครื่องจักรกลต่าง ๆ มากมาย

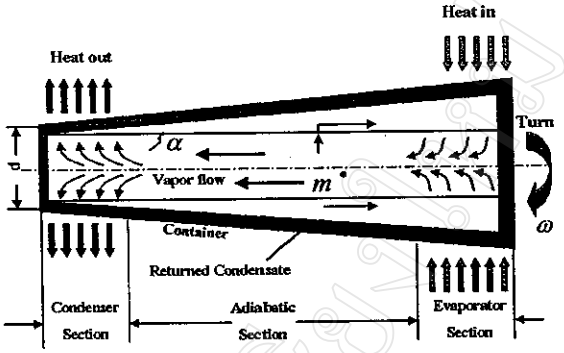
อย่างไรก็ดียังมีเครื่องจักรกลอีกประเภทหนึ่งที่ต้องการระบายความร้อนเช่นกัน นั่นคือเครื่องจักรกลที่มีการหมุนขณะทำงาน ดังนั้นจึงได้มีการค้นคิดท่อความร้อนแบบหมุนเพื่อใช้ระบาย

ความร้อนให้แก่อุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักกลที่มีการหมุน ซึ่งมีการนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Gray (1969) ได้ทำการทดลองและแสดงให้เห็นว่าท่อความร้อนแบบหมุนสามารถส่งถ่ายความร้อนได้มากกว่าท่อความร้อนที่อยู่กับที่ โดยอาศัยแรงเนื่องจากความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางในการดึงของเหลวควบแน่นที่ส่วนควบแน่นกลับสู่ส่วนทำระเหย ปัจจุบันในวงการอุตสาหกรรมมีการนำท่อความร้อนแบบหมุนไปประยุกต์ใช้งานในการระบายความร้อนให้แก่เครื่องจักรมากมาย เช่น เครื่องเจาะขนาดใหญ่ กังหันก๊าซ เป็นต้น ซึ่งการระบายความร้อนให้แก่อุปกรณ์นี้จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรดีขึ้นและจะช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรด้วย โดยทั่วไปแล้วท่อความร้อนแบบหมุนสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด หลัก ๆ คือ ท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวแกน (Axially Rotating Heat Pipes, ARHP) และ ท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี (Radially Rotating Heat Pipes, RRHP) ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีที่มีช่วงอุณหภูมิการทำงานอยู่ในช่วง 50°C ถึง 70°C เพราะเนื่องมาจากยังมีการศึกษาทางด้านนี้น้อยมาก

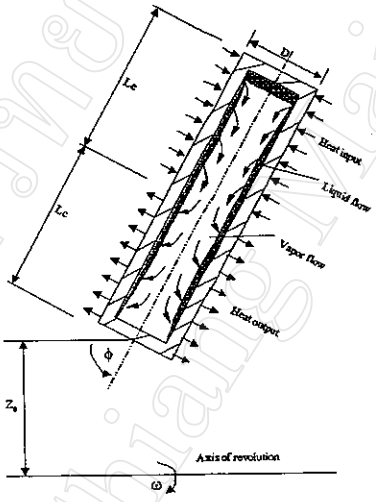
อย่างไรก็ตามสารทำงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในท่อความร้อนคือสารจำพวกคลอโรฟลูโรคาร์บอน (CFCs) ซึ่งมีผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ และเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้สารที่มี CFCs ปริมาณน้อยมาเป็นสารทำงานแทนเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ใช้สารซึ่งปราศจาก CFCs มาเป็นสารทำงานในท่อความร้อนนั้นมีอยู่ค่อนข้างน้อยมาก ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Terdtoon et al. (1999) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะโดยใช้สารทำงานเป็นน้ำยาทำความเย็นแบบผสมโดยสารทำงานที่เลือกใช้ คือ HP62 หรือ R–404 a ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับ Azeotropic blend ของ HFC125/HFC143a /HFC134a อัตราส่วนโดยมวล 44 / 52 /4 เปอร์เซ็นต์ และ MP39 หรือ R-401a ซึ่งมีผสมของ HPFC22 / HFC152a / HCFC124 อัตราส่วน โดยมวล 53 /13 / 34 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจากงานวิจัยที่กล่าวมานี้จึงเป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี(RRHP) ที่ใช้สารผสมทำงานเป็นคือ HP62 และ MP39 เนื่องจากสาร HP62 และ MP39 มีค่าการทำลายโอโซน (Ozone depletion potential, ODP) เท่ากับ 0 และ 0.03 ตามลำดับซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้และน้อยกว่าสารผสมชนิดอื่นๆ เช่น R-409A และ R-500 ซึ่งมีค่า ODP เท่ากับ 0.05 และ 0.758 ตามลำดับ ดังนั้นเชื่อมั่นได้ว่าเมื่อทำการทดลองหรือนำท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี (RRHP) ที่ใช้สารดังกล่าวไปใช้งานจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

ดังนั้นจากเหตุผลที่กล่าวมาจึงเห็นได้ชัดเจนว่าการศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีนี้เป็นการศึกษาที่สมควรจัดทำขึ้นเพราะข้อมูลที่จะได้จาก

งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางและทางเลือกใหม่ในการออกแบบและประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีต่อไป



(a)



(b)

รูป1.1 ท่อความร้อนแบบหมุน (a) ท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวแกน (Lin and Faghri, 1990) (b) ท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี (Y.Cao. J. ling., 2000)

2. สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาคุณลักษณะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุน

2.1.1 ผลของอัตราส่วนการเติมที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อน

Maezawa and Gi, (1999) ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีโดยใช้ R142b เป็นสารทำงาน ท่อความร้อนที่ใช้ทำมาจากทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 8 mm. และความยาวของส่วนทำระเหย 80 mm. ได้ทำการแปรค่าอัตราส่วนการเติมเป็น 30%, 60% และ 90% ของส่วนทำระเหยตามลำดับ พบว่าที่อัตราการเติม 60% จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ส่วนทำระเหยสูงสุด

2.1.2 ผลของความเร็วรอบการหมุนที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน

Lin and Faghri, (1990) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การถ่ายความร้อนของการไหลแบบแยกชั้นในท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวแกน รูปที่ 1.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่น เมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นจาก 80 - 200 rpm จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นจาก 200 -800 rpm จะทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่นมีค่าคงที่ หลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบการหมุนสูงขึ้นถึง 1400 rpm จะทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่นมีค่าลดลงถึงค่าต่ำสุด

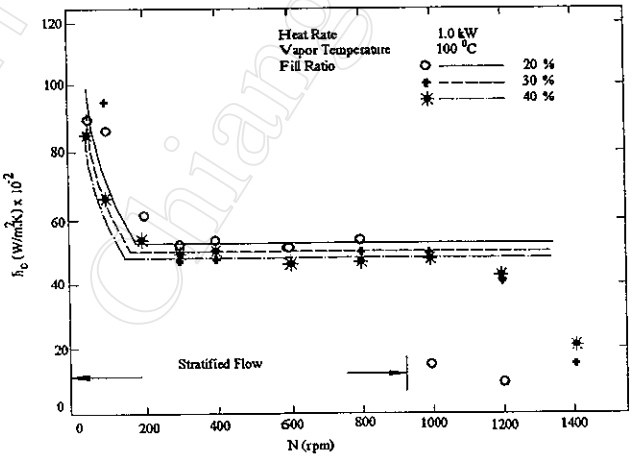
Gi and Maezawa, (1990) ได้ศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวแกนโดยใช้ R113 เป็นสารทำงาน อัตราการเติม 10 % ของส่วนทำระเหย ทำการแปรค่าอุณหภูมิการทำงานเป็น 40°C และ 50°C พบว่าเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นจนทำให้ค่าความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางมากกว่า 1g จะทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่นเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

Maezawa and Gi, (1999) ได้ศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี ใช้ R142b เป็นสารทำงาน ท่อความร้อนที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 8 mm อัตราส่วนการเติม 90% ของส่วนทำระเหย และความยาวของส่วนทำระเหย 80 mm รูปที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการเดือด พบว่าเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นจาก 30 - 50 rpm จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการเดือดลดลง หลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นจาก 50 - 200 rpm จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการเดือดมีค่าค่อนข้างคงที่ รูปที่ 1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการควบแน่น พบว่าเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นจาก 50 - 200 rpm จะทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการควบแน่นมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

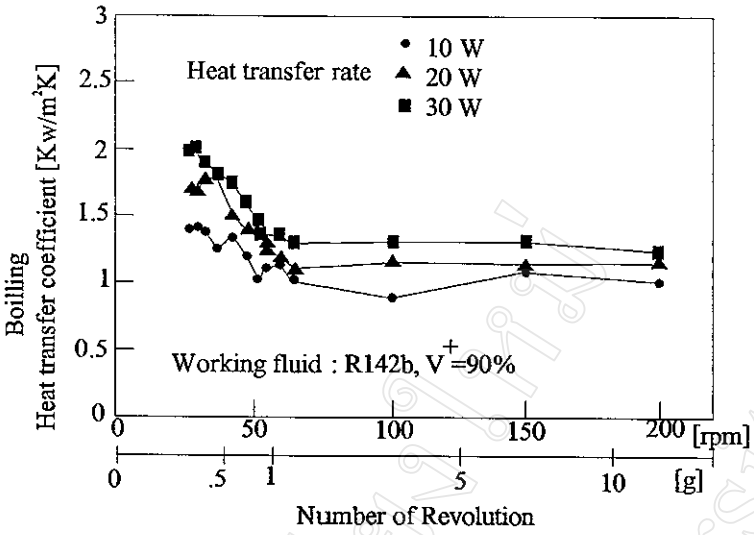
Waowaew et al. (2001) ได้ศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีโดยใช้ น้ำ เอทานอล และ R123 เป็นสารทำงาน ท่อความร้อนที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 11, 26 และ 50.4 mm ตามลำดับ อัตราส่วนสนทัดเท่ากับ 5, 10, 20 และ 40 ตามลำดับ และทำการแปรค่าความเร็วรอบซึ่งทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางเท่ากับ 0.2g, 1g, 3g และ 7g ($g = 9.81 m/s^2$) ตามลำดับ รูปที่ 1.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน (มุมเอียง 90 องศา) พบว่าเมื่อความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง เพิ่มขึ้นจาก 0.2g ถึง 7 g จะทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ที่ทุกอัตราส่วนสนทัด รูปที่ 1.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน (มุมเอียง 0 องศา) พบว่าเมื่อความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง เพิ่มขึ้นจาก 0.2g ถึง 7 g จะทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ที่อัตราส่วนสนทัด 40 จะเกิดการแห้งขึ้นที่ความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางเท่ากับ 3g

2.1.3 ผลของอุณหภูมิการทำงานที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน

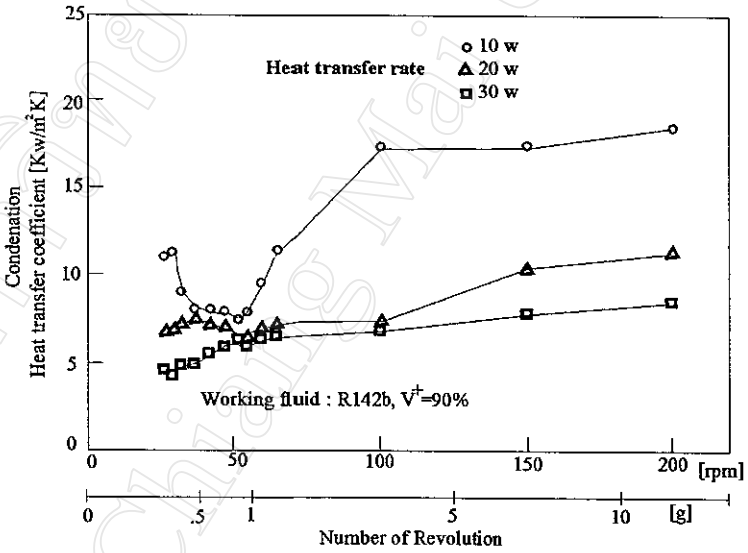
Takahashi et al. (1990) ได้ศึกษาถึงปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการไหลในท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวแกน พบว่าที่ผลต่างของอุณหภูมิการทำงานเท่ากับ 10 °C จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการควบแน่นมีค่าสูง แต่ที่ผลต่างของอุณหภูมิการทำงานสูงมีค่าเท่ากับ 40 °C จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการควบแน่นมีค่าลดลง



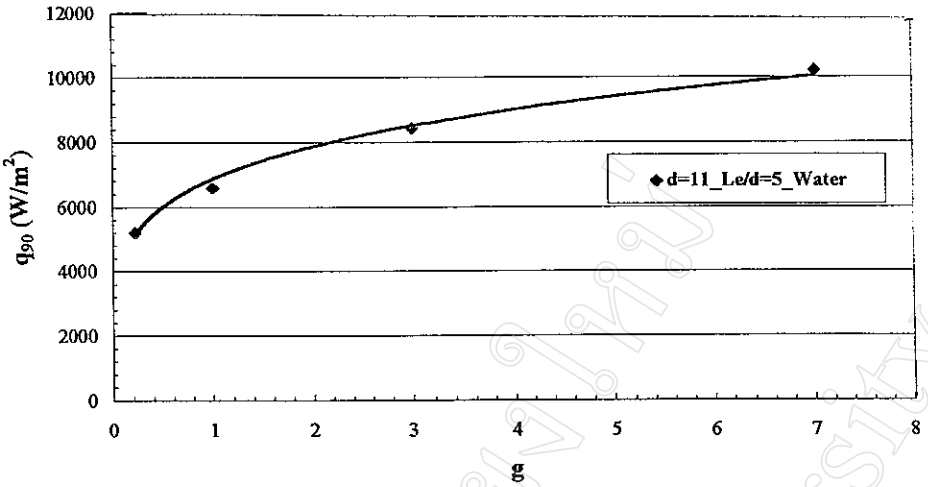
รูปที่1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่น (Lin and Faghri, 1990)



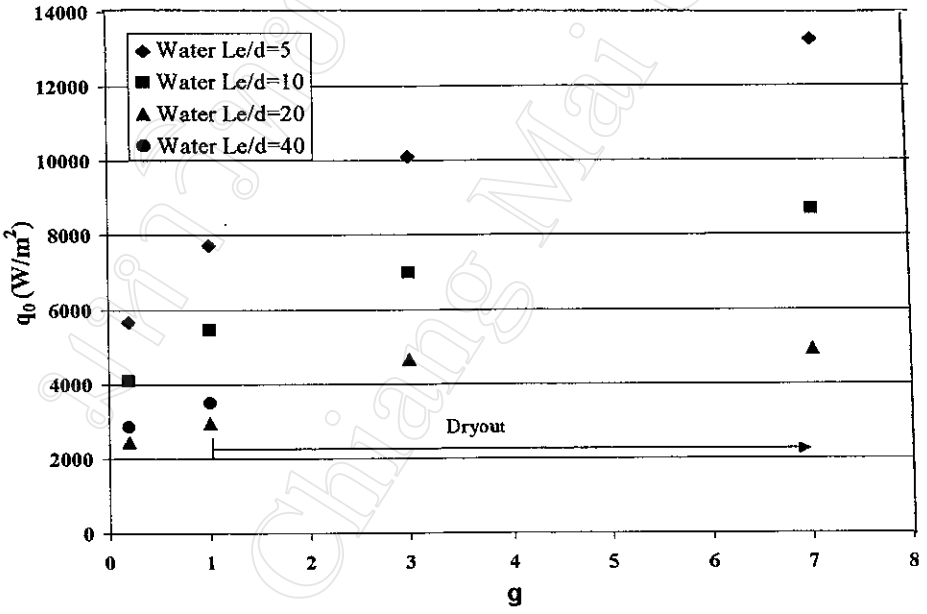
รูปที่1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการเดือด (Maezawa et al., 1999)



รูปที่1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนควบแน่น (Maezawa et al., 1999)



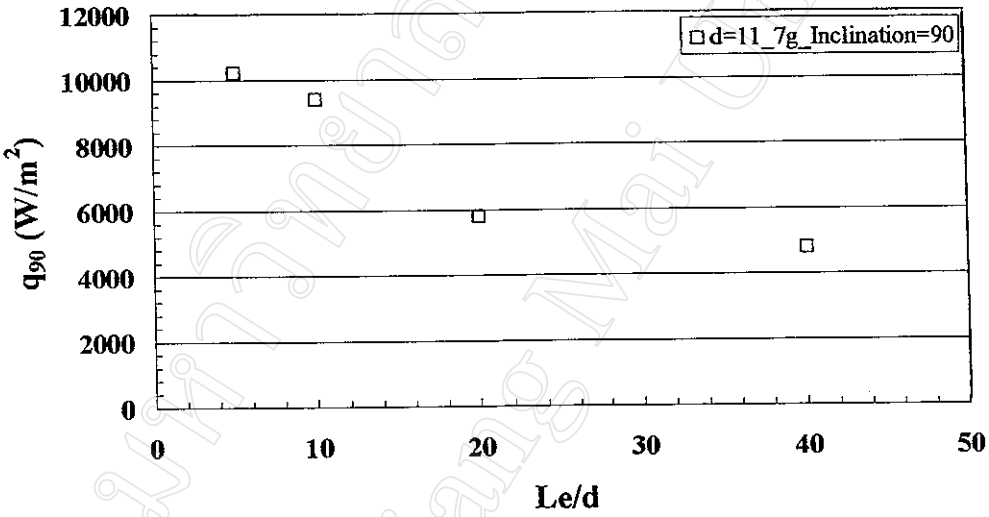
รูปที่1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางและอัตราการถ่ายเทความร้อน (Waowaew et al.,2001)



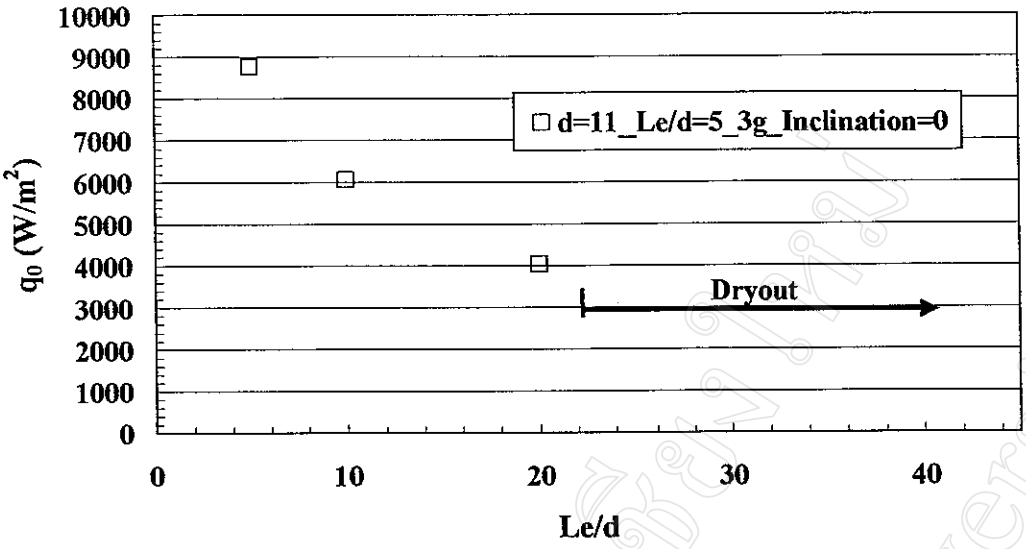
รูปที่1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างของความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางและอัตราการถ่ายเทความร้อน (Waowaew et al., 2001)

2.1.4 ผลของอัตราส่วนสนทัดที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน

Waowaew et al. (2001) ได้ศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีโดยใช้ น้ำ เอทานอล และ R123 เป็นสารทำงาน ท่อความร้อนที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 11, 26 และ 50.4 mm ตามลำดับ อัตราส่วนสนทัดเท่ากับ 5, 10, 20 และ 40 ตามลำดับ รูปที่ 1.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสนทัดกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน(ที่มุมเอียง 90 องศา) พบว่าเมื่ออัตราส่วนสนทัดเพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง 20 จะทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเมื่ออัตราส่วนสนทัดเพิ่มขึ้นจาก 20 ถึง 40 จะทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงอย่างช้าๆ รูปที่ 1.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสนทัดกับค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน (ที่มุมเอียง 0 องศา) พบว่าเมื่ออัตราส่วนสนทัดเพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง 20 จะทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ที่อัตราส่วนสนทัดเท่ากับ 40 เกิดการแห้งขึ้น



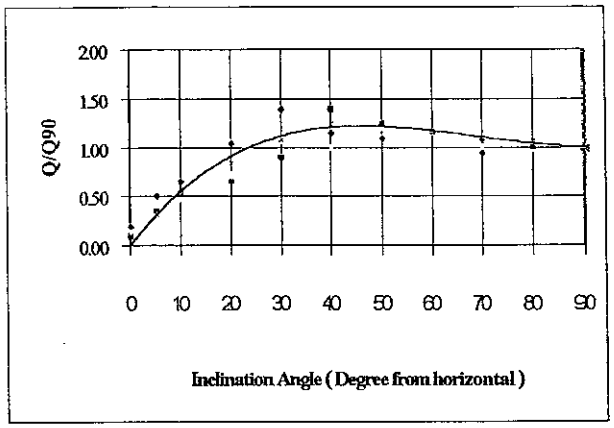
รูปที่1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสนทัดและอัตราการถ่ายเทความร้อนที่มุมเอียง 90 องศา (Waowaew et al., 2001)



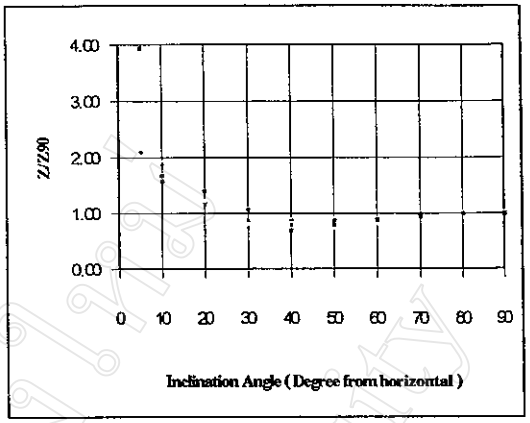
รูปที่1.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสนทัดกับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่มุมเอียง 0 องศา (Waowaew et al., 2001)

2.1 การศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอน ที่ใช้สารทำงานที่ไม่มี CFCs

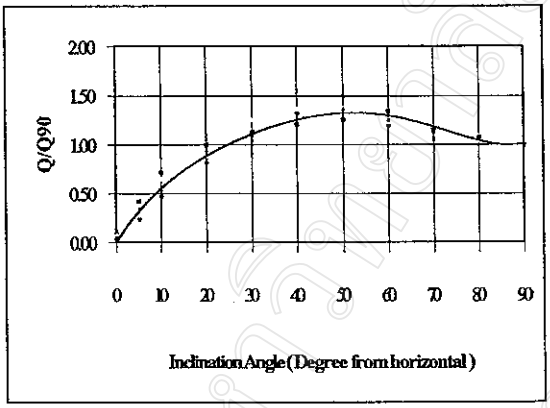
Terdtoon et al. (1999) ได้ศึกษาคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะ โดยสารทำงานเป็นสารผสมคือ HP62 หรือ R–404 a ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับ Azeotropic blend ซึ่งมีส่วนผสมของ HFC125/HFC143a /HFC134a อัตราส่วนโดยมวล 44 / 52 /4 เปอร์เซ็นต์ และ MP39 ซึ่งมีส่วนผสมของ HPFC22 / HFC152a / HCFC124 อัตราส่วน โดยมวล 53 /13 / 34 เปอร์เซ็นต์) อัตราส่วนการเติม 50 เปอร์เซ็นต์ของส่วนทำระเหย จากผลการทดลองได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเอียงของท่อเทอร์โมไซฟอนกับอัตราส่วนของอัตราการถ่ายเทความร้อนที่มุมเอียงใดต่อมุมเอียง 90 องศา และ ความสัมพันธ์ระหว่างของมุมเอียงกับอัตราส่วนของค่าความต้านทานที่มุมเอียงใด ๆต่อค่าความต้านทานความร้อนที่มุมเอียง 90 ดังรูปที่ 1.9



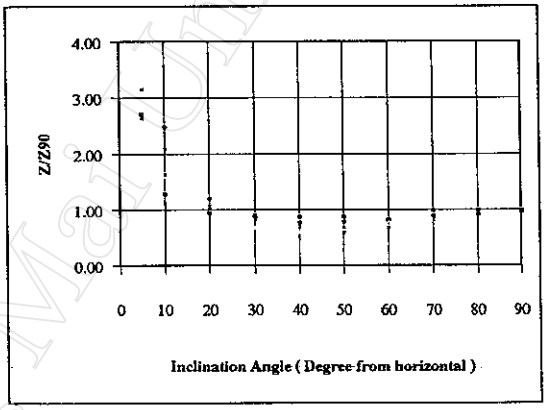
รูปที่ 1.9(a) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q90 ของที่ความร้อนที่ใช้ MP39 เป็นสารทำงาน



รูปที่ 1.9(b) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Z/Z90 ของที่ความร้อนที่ใช้ MP39 เป็นสารทำงาน



รูปที่ 1.9(c) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q90ของที่ความร้อนที่ใช้ HP62 เป็นสารทำงาน



รูปที่ 1.9(d) ผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Z/Z90 ของที่ความร้อนที่ใช้ HP62 เป็นสารทำงาน

รูปที่ 1.9 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของมุมเอียงที่มีต่อค่า Q/Q90 และ Z/Z90 ของท่อความร้อนที่ใช้ MP39 และ HP62 เป็นสารทำงาน (Terdtoon et al.,1999)

จากงานวิจัยที่ผ่านมานั้นจะเห็นได้ว่าผลของตัวแปรต่างๆและสารทำงานซึ่งมีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนยังไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจนและยังคงต้องมีการศึกษาถึงผลของตัวแปรต่าง ๆ นี้ต่อไป เช่น ผลของขนาดท่อ อัตราส่วนสนทัด มุมเอียง และความเร็วรอบการหมุน เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าว

3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

3.1 เพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีที่ใช้สาร HP62 และ MP39 เป็นสารทำงาน

3.2 เพื่อศึกษาถึงผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน อัตราส่วนสนทัด มุมเอียง และความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ RRHP

3.3 เพื่อศึกษาถึงผลของตัวแปรไร้มิติที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ RRHP

4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย

4.1 ได้ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นของคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ RRHP

4.2 ทราบถึงผลของขนาดของท่อ อัตราส่วนสนทัด มุมเอียง และความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของ RRHP

4.3 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเพื่อไปใช้งานจริงต่อไป

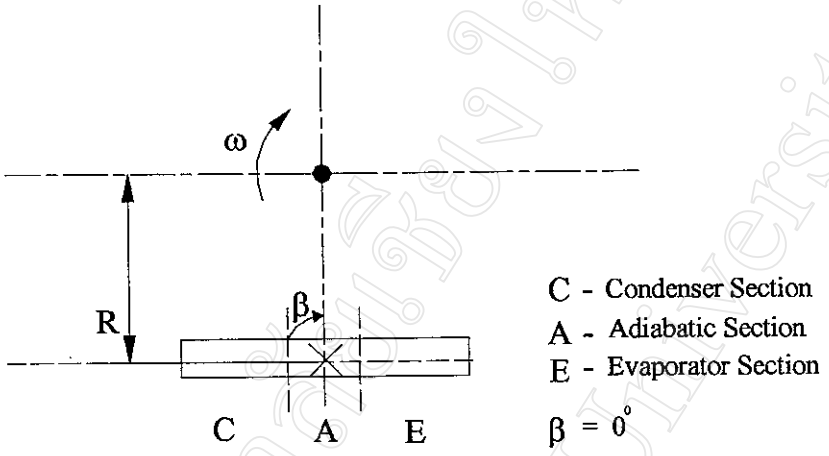
5 ขอบเขตของงานวิจัย

5.1 ท่อความร้อนทำมาจากท่อทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 ค่า คือ 11, 26 และ 50.4 mm ตามลำดับ เพื่อต้องการทราบถึงผลของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนอย่างชัดเจน จึงได้เลือกขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ขนาดเล็กสุดก่อน คือ 11 mm หลังจากนั้นจึงเพิ่มขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเป็น 26 และ 50.4 mm ตามลำดับ

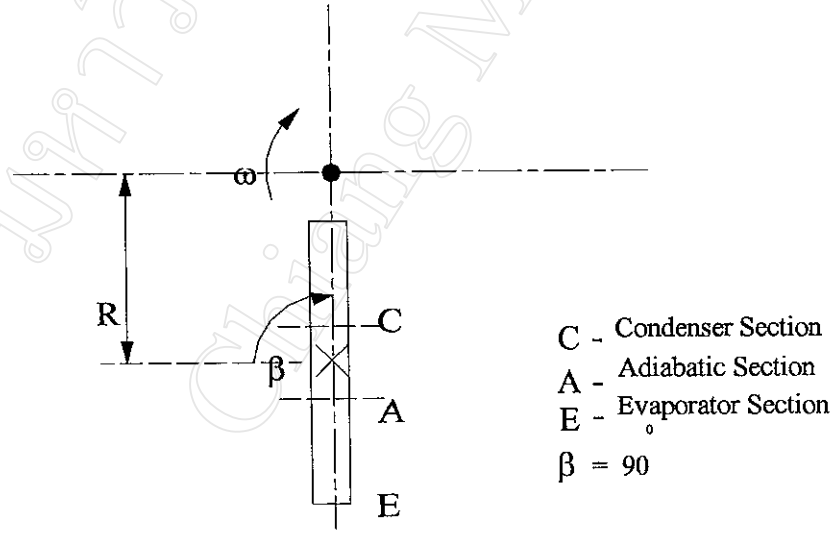
5.2 สารทำงานคือ HP62 และ MP39 เนื่องจาก HP62 หรือ R–404 a เป็นสารผสมของ HFC125/HFC143a /HFC134a อัตราส่วนโดยมวล 44 / 52 /4 เปอร์เซ็นต์ และ MP39 หรือ R-401a เป็นสารผสมของ HPFC22 / HFC152a / HCFC124 อัตราส่วนโดยมวล 53 /13 / 34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นประเภท Azeotrope กล่าวคือเป็นสารผสมที่ไม่สามารถแยกกันโดยลำดับส่วนคือจะมีจุดเดือดที่จุดเดียวกัน และการควบแน่นที่อุณหภูมิเดียวกัน

และเนื่องจาก HP62 และ MP39 มีส่วนผสมของสารที่มีของคลอรีนอยู่น้อยมาก ดังนั้นสารผสม HP62 และ MP39 จึงมีค่าการทำลายโอโซน(ODP) ต่ำซึ่ง มีค่าODP เท่ากับ 0 และ 0.03 ตามลำดับ

5.3 มุมเอียง 10 มุมเอียง คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 องศา ซึ่ง จากรูปที่ 1.10 และ 1.11 แสดงตำแหน่งมุมเอียงของท่อความร้อนที่มุม 0 องศา และ 90 องศา ซึ่งที่ตำแหน่งมุม



รูป 1.10 การติดตั้งท่อความร้อนที่ตำแหน่งมุมเอียง 0 องศา



รูปที่ 1.11 การติดตั้งท่อความร้อนที่ตำแหน่งมุมเอียง 90 องศา

เอียง 0 อาศา จะตั้งฉากกับรัศมีการหมุน ในการปรับมุมเอียงจากมุม 0 ถึง 90 องศา นั้น ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนจะต้องหันไปในทางเดียวกันกับทิศทางการหมุนเสมอ โดยจะมีจุดของการปรับมุมเอียงอยู่ที่กึ่งกลางของส่วน Adiabatic เพราะจะมีระยะของรัศมีการหมุนเท่ากันทุก ๆ มุมเอียง เหตุผลเพราะต้องการเปรียบเทียบผลการทดลองนี้กับงานวิจัยของ Waowaew et al. (2001) ที่มีลักษณะการติดตั้งและปรับมุมเอียงคล้ายคลึงกัน

5.4 อัตราส่วนการเติม 60 % ของส่วนทำระเหย เนื่องจากงานวิจัยของ Maezawa et al. (1999) ได้ทำการทดลองถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี โดยศึกษาผลของอัตราส่วนการเติมที่ 30%, 60% และ 90% ของส่วนทำระเหย พบว่าที่อัตราส่วนการเติม 60% จะให้ค่าคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนสูงสุด

5.5 ความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางเท่ากับ 0.2g, 1g, 3g และ 7g ตามลำดับ โดยมีข้อกำหนดดังนี้

ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางการหมุน = จำนวนเท่าของความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก

$$\omega^2 R = Cg \qquad (1.1)$$

ω = ความเร็วรอบการหมุน

R = รัศมีการหมุนที่วัดจากจุดศูนย์กลางการหมุนถึงกึ่งกลางของส่วนอะเดียแบติก

C = ค่าคงที่

ท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีอาศัยแรงเนื่องจากความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางการหมุนทำให้ของเหลวที่ส่วนควบแน่นไหลกลับสู่ส่วนทำระเหย ดังนั้นเพื่อต้องการทราบถึงผลของแรงเนื่องจากความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางการหมุนอย่างชัดเจน จึงกำหนดให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางการหมุนเป็นจำนวนเท่าของค่าความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก โดยทำการแปรค่าความเร็วรอบการหมุนให้ค่าความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางมีค่าน้อยกว่า g เท่ากับ g และมากกว่า g ตามที่ได้กำหนดมาข้างต้น

5.6 ค่าอัตราส่วนสนทัด 5, 10 และ 20 ตามลำดับ เนื่องจากงานวิจัยของ Waowaew et al. (2001) ซึ่งได้ศึกษาถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี ที่อัตราส่วนสนทัด 5, 10, 20 และ 40 ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 11, 26 และ 50.4 mm ตามลำดับโดยใช้สารทำงานคือ น้ำ เอทอนอล และ R123 ตามลำดับ พบว่าเมื่ออัตราส่วนสนทัดเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง และที่อัตราส่วนสนทัดเท่ากับ 40 เกิดการแห้งขึ้นที่มุมเอียง 0 องศา