# บทที่ 5
# สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

5.1.1 ผลของมุมเอียงที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

มุมเอียงมีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี พบว่ามุมเอียงที่ 90 องศา เป็นช่วงมุมเอียงที่สามารถถ่ายเทความร้อนสูงสุด ซึ่งจะมีแนวโน้มเดียวกันทั้งสองสารทำงาน

5.1.2 ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อความร้อนที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในมีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 11 mm สามารถถ่ายเทความร้อนสูงสุด รองลงมา คือ 26 mm และ 50.4 mm ตามลำดับ ซึ่งจะมีแนวโน้มเดียวกันทั้งสองสารทำงาน

5.1.3 ผลของอัตราส่วนสนทัดที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

อัตราส่วนสนทัดมีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี พบว่าอัตราส่วนสนทัดเท่ากับ 5 สามารถถ่ายเทความร้อนสูงสุด รองลงมา คือ 10 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งจะมีแนวโน้มเดียวกันทั้งสองสารทำงาน

5.1.4 ผลของความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

ความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางเพิ่มขึ้นจาก 0.2g ถึง 7g ทำให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น พบว่าความเร็วรอบการหมุนซึ่งทำให้เกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางเท่ากับ 7g ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด ซึ่งมีแนวโน้มเหมือนกันทั้งสองสารทำงาน

5.1.5ผลของตัวแปรไร้มิติที่หาได้ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่อยู่ในรูปของตัวแปรไร้มิติ สมการทำนายค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีที่ใช้สารทำงาน HP62 และ MP39 โดยทำนายที่มุมเอียง 0 องศา ตามสมการ 5.1 ดังนี้

$$q_0^* = 5x10^7\left[\left(\frac{Le}{d}\right)^{-0.65}\left(\frac{\omega^2 R}{g}\right)^{0.55} Bo^{-0.88} Ek^{0.1} Ja^{-0.1} Pr^{-0.38}\left(\frac{Cp_v}{Cp_l}\right)^{4.9}\left(1-\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{0.21}\right]^{0.51} \quad (5.1)$$

ซึ่งสามารถทำนายค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนได้โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ± 9.6 %

สมการทำนายค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีที่ใช้สารทำงาน HP62 และ MP39 โดยทำนายที่มุมเอียงการทำงาน 90 องศา ตามสมการ 5.2 ดังนี้

$$q''_{90} = 6x10^{7}\left[\left(\frac{Le}{d}\right)^{-0.65}\left(\frac{\omega^{2}R}{g}\right)^{0.5} Bo^{-0.85} Ek^{0.1} Ja^{-0.15} {}_{Pr}{}^{-0.35}\left(\frac{Cp_v}{Cp_l}\right)^{4.6}\left(1-\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{0.19}\right]^{0.57} \quad (5.2)$$

ซึ่งสามารถทำนายค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนได้โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ $\pm 11.8\,\%$

จากผลการทดลองสามารถบอกได้ว่าท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีสามารถถ่ายเทความร้อนได้สูงสุดที่มุมเอียง 90 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อเท่ากับ 11 mm อัตราส่วนสนทัดเท่ากับ 5 ความเร็วรอบที่ทำให้ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางเท่ากับ 7g โดยมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 5174 $W/m^2$ ส่วนผลของสารทำงานนั้นพบว่า HP62 สามารถถ่ายเทความร้อนได้สูงกว่า MP39 ในทุก ๆ การทดลอง ซึ่งสารทำงานทั้งสองเป็นสารผสมที่มีค่า ODP ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนกับสารอื่นที่มีค่า ODP สูง แล้วสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า สมการสหสัมพันธ์ 5.1 และ 5.2 สามารถคำควณหาค่าการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมี ในการออกแบบไปใช้งานจริงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางเลือกใหม่ในการเลือกสารทำงานในท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีที่ไม่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงของท่อความร้อนแบบหมุนนั้น ควรติดครีบที่ส่วนควบแน่นเพิ่มเข้าไปด้วย เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนให้กับท่อความร้อนซึ่ง การติดครีบนี้ก็จะส่งผลให้ท่อความร้อนแบบหมุนถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น จากข้อมูลการทดลองนี้จะเห็นว่าเป็นผลของสภาวะการทำงานปกติซึ่งไม่สามารถบอกถึงขีดจำกัดสมรรถนะของท่อความร้อนแบบหมุนตามแนวรัศมีได้ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะมีการศึกษาต่อไป แต่ควรเพิ่มตำแหน่งในการตรวจวัดอุณหภูมิให้มากขึ้นเพื่อจะได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น