# บทที่ 5
# สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดสอบ

ได้ทำการทดลองหาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาของเทอร์โมไซฟอนและความแตกต่างทางด้านการทนต่อแรงดึงของชิ้นทดสอบเอชดีพีอีที่เงื่อนไขต่างๆ พบว่า

5.1.1. มวลของชิ้นทดสอบที่แช่ในสารทำเย็นทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นภายหลัง 1000 ชั่วโมงทำงาน เนื่องจากเกิดการซึมผ่านของสารทำเย็นเข้าไปในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของชิ้นทดสอบ โดยที่อุณหภูมิทำงาน 40 60 และ 80 °C ชิ้นงานที่แช่ใน R113 มีมวลเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 9.34 10.66 และ 10.76 ตามลำดับ ในขณะที่ชิ้นทดสอบที่แช่ใน R123 มีมวลเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.15 9.41 และ 9.68 ตามลำดับ จะเห็นว่า R113 สามารถซึมผ่านเข้าไปในชิ้นทดสอบได้มากกว่า R123 เพราะมีค่า Solubility Parameter ใกล้เคียงกับของเอชดีพีอีมากกว่า จึงกล่าวได้ว่าเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ R113 จะมีมวลเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ใช้ R123

5.1.2. สารทำเย็นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างอินทรีย์เคมีใดๆ แต่ทางอนินทรีย์เคมีตรวจพบธาตุทองแดง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างชุดเติสมารกับสารทำเย็น โดยปริมาณที่พบขึ้นอยู่โดยตรงกับเวลาและอุณหภูมิทดสอบ

5.1.3. พื้นผิวภายในของเทอร์โมไซฟอนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ เนื่องมาจากพลาสติกชนิดเอชดีพีอีมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี

5.1.4. ความแข็งแรงดรากของชิ้นทดสอบที่แช่ในสารทำเย็น R113 และ R123 มีค่าลดลงตามระยะเวลาทดสอบ เนื่องจากเกิดการ Plasticization ของสารทำเย็นทั้ง 2 ชนิดเข้าไปในเอชดีพีอี ในขณะที่ความแข็งแรงดรากชิ้นทดสอบที่ตัดมาจากเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำเย็น R113 และ R123 จะลดลงที่ช่วงระยะเวลา 1000-3000 ชั่วโมง เนื่องจากปัจจัยหลายประการนอกเหนือจากเกิด Plasticization อาทิ การเกิดผลึก (Crystallization) หรือยังมีความเค้นหลงเหลืออยู่ในเนื้อเอชดีพีอี รวมทั้งมีความดันภายในท่อเทอร์โมไซฟอน โดยได้สมการความสัมพันธ์ของความแข็งแรงดรากในช่วงเวลา 500 – 3000 ชั่วโมงและช่วงอุณหภูมิทำงาน 40-80 °C ดังนี้

$$\sigma = (9.8020 + 0.00665T) - (0.0009 - 7.50 \times 10^{-6} T)\, t \qquad \text{สำหรับ R113 และ}$$

$$\sigma = (9.0502 + 0.02016T) - (0.0007 - 9.25 \times 10^{-6} T)\, t \qquad \text{สำหรับ R123}$$

5.1.5. เทอร์โมไซฟอนพลาสติกชนิดเอชดีพีอีกับสารทำเย็นทั้ง 2 ชนิดสามารถทำงานเข้ากันได้ โดยที่เมื่อใช้กับ R123 จะให้ผลที่เข้ากันได้ดีกว่า คือ เทอร์โมไซฟอนจะมีมวลเพิ่มขึ้นน้อยกว่า และมีความแข็งแรงคราคสูงกว่า ซึ่งจะทำให้เทอร์โมไซฟอนที่ใช้ R123 มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า

5.1.6. อุณหภูมิทำงานที่เหมาะสมสำหรับเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ R113 และ R123 คือ 80 °C เนื่องจากเทอร์โมไซฟอนจะมีค่าความแข็งแรงคราคสูงสุดและใกล้เคียงกับความแข็งแรงคราคของชิ้นทดสอบมาตรฐาน

5.1.7. ระยะเวลาทำงานที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน ไม่ควรเกิน 1000 ชั่วโมง เนื่องจากมวลและความแข็งแรงคราคของเทอร์โมไซฟอนยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ควรมีการทดสอบที่ระยะยาวนานกว่านี้เพื่อให้เห็นแนวโน้มเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมวลและความแข็งแรงคราคของชิ้นทดสอบ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีของสารทำเย็นได้ชัดเจนขึ้น

5.2.2. ควรออกแบบท่อเทอร์โมไซฟอนใหม่ เนื่องจากพบว่าที่ระยะเวลาทดสอบยาวนานขึ้น สารทำเย็นที่อยู่ภายในท่อจะมีปริมาณลดลง เพราะเกิดการรั่วซึมที่หัวเติมน้ำยาที่ฝาบนส่วนควบแน่น โดยเปลี่ยนมาใช้ฝาปิดแบบพลาสติกเอชดีพีอีแทนการใช้ชุดท่อทองแดง ทั้งยังเป็นการช่วยลดการเกิดธาตุทองแดงขึ้นในสารทำเย็นอีกด้วย