

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

ได้ทำการทดลองหาความบริสุทธิ์ของสารทำงาน และคุณสมบัติการคืบของเทอร์โมไซฟอนแบบเอชดีพีอี ที่เงื่อนไขต่างๆ พบว่า

5.1.1 ไม่พบการเกิดรอยแตกร้าวที่ผิวท่อขณะทำการทดสอบ และท่อทดสอบยังสามารถส่งถ่ายความร้อนได้ภายใต้อุณหภูมิ และเวลาที่ทำการทดสอบ

5.1.2 ผลของอุณหภูมิ และความดันต่อการคืบ จากผลการทดลองจะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 80°C จะมีร้อยละของการคืบมากที่สุด และจะลดลงที่ 60°C , 40°C ตามลำดับ โดยผลการทดลองจะเป็นเช่นเดียวกันกับทั้งท่อทดสอบที่ใช้สารทำงาน R113 และ R123 และในด้านแนวรัศมี และตามแนวความยาว และทั้งค่าฟลักซ์ความร้อนสูง และค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำ เนื่องจากสายโซ่โมเลกุลของท่อพลาสติกมีการเคลื่อนตัวไปมากขึ้น และความดันของสารทำงานยังมีค่าแปรผันตามกันด้วย ดังนั้นที่อุณหภูมิ และความดันที่สูงขึ้น ที่อุณหภูมิสูงสารทำงานที่อยู่ภายในท่อก็จะมี ความดันสูงตามไปด้วย แรงยึดเหนี่ยวระหว่างห่วงโซ่โมเลกุลจึงมีน้อยลงทำให้มีความพร้อมที่จะเกิดการคืบได้มาก

5.1.3 ผลของสารทำงานต่อการคืบ จากผลการทดลองจะเห็นว่าท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงาน R113 จะเกิดการคืบมากกว่าท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงาน R123 ที่ทุกๆอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 80°C จะมี ร้อยละของการคืบมากที่สุด และจะลดลงที่ 60°C และ 40°C ตามลำดับโดยผลการทดลองจะเป็นเช่นเดียวกันกับทั้งใน ด้านแนวรัศมี และตามแนวความยาว และทั้ง ค่าฟลักซ์ความร้อนสูง และ ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำ เนื่องจาก R113 แพร่ผ่านเข้าไปในชิ้นงานได้มากกว่า R123 เพราะมีความสามารถในการละลายใกล้เคียงกับของเอชดีพีอี เมื่อสารทำงานแพร่ผ่านเข้าไปสะสมในเนื้อท่อเอชดีพีอี มากขึ้น โมเลกุลของสารทำงานก็จะไปแทรกอยู่ในสายโซ่โมเลกุลเอชดีพีอี ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของเอชดีพีอีลดลงบางส่วน เกิดการ พลาสติกไซเซชัน (Plasticization) ขึ้น จึงทำให้เกิดการคืบง่ายขึ้น

5.1.4 ผลของค่าฟลักซ์ความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่อการคืบ จากผลการทดลองจะเห็นว่าท่อเทอร์โมไซฟอนที่ทำงานที่ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง จะมีการเกิดการคืบน้อยกว่าท่อเทอร์โมไซฟอนที่ทำงานที่ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ โดยที่ผลจะเกิดเช่นเดียวกันกับท่อใช้สารทำงาน R113 และ R123 และทุกๆอุณหภูมิ เนื่องจากค่าฟลักซ์ความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูงมีการส่งถ่ายความร้อนจากส่วนทำระเหยไปยังส่วนควบแน่นได้มาก ทำให้อุณหภูมิที่สะสมอยู่ในส่วนทำระเหยน้อย เมื่ออุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยต่ำจะทำให้ความดันภายในท่อทดสอบลดลง ท่อทดสอบจึงรับความเค้นน้อยลงด้วย ส่งผลทำให้เกิดการคืบน้อยกว่าที่ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำ

5.1.5 ผลของการคืบที่มีต่อด้านแนวรัศมี และตามแนวความยาว จากผลการทดลองจะเห็นว่าที่ด้านแนวรัศมี จะมีการเกิดการคืบมากกว่าที่ด้านตามแนวความยาว โดยที่ผลจะเกิดเช่นเดียวกันกับท่อใช้สารทำงาน R113 และ R123 และ ค่าฟลักซ์ความร้อนสูง และ ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำ และทุกๆอุณหภูมิ เพราะว่าความเค้นที่ทำให้เกิดการขยายตัวในแนวรัศมีจะมีค่ามากกว่าความเค้นที่กระทำกับท่อในแนวความยาว ดังนั้นการเกิดการคืบในแนวรัศมีมากกว่าในแนวความยาว

5.1.6 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาการอัตราเกิดการคืบของเทอร์โมไซฟอนจากการใช้แบบจำลองของ ซินาร์ มาสัมพันธ์เข้ากับข้อมูลการคืบที่ได้จากการทดสอบแล้วจะมีความสัมพันธ์ดังนี้

สำหรับที่อุณหภูมิ 60 °C

สำหรับ R113 ด้าน รัศมี ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\% \text{Creep}_{D,R113\text{High}} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(9 \times 10^6)t^{0.6166}}{5.44 \times 10^4 t + (9 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{5.72 \times 10^5}{(9 \times 10^6)t^{-0.3834}} \right) \right] + 0.317$$

สำหรับ R113 ด้าน รัศมี ค่าฟลักซ์ความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\% \text{Creep}_{D,R113\text{Low}} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(5 \times 10^6)t^{0.661}}{4.38 \times 10^5 t + (1 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{5.72 \times 10^5}{(5 \times 10^6)t^{-0.339}} \right) \right] + 0.3813$$

สำหรับ R113 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{L,R113High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(9 \times 10^6)t^{0.6166}}{5.44 \times 10^4 t + (9 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{2.86 \times 10^5}{(9 \times 10^6)t^{-0.3834}} \right) \right] + 0.317$$

สำหรับ R113 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\%Creep_{L,R113Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(5 \times 10^6)t^{0.661}}{4.38 \times 10^5 t + (1 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{2.86 \times 10^5}{(5 \times 10^6)t^{-0.339}} \right) \right] + 0.30$$

สำหรับ R123 ด้าน รัศมี ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{D,R123High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(9 \times 10^6)t^{0.6166}}{5.44 \times 10^4 t + (9 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{1.09 \times 10^6}{(9 \times 10^6)t^{-0.834}} \right) \right] + 0.181$$

สำหรับ R123 ด้าน รัศมี ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\%Creep_{D,R123Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(5 \times 10^6)t^{0.661}}{4.38 \times 10^5 t + (1 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{1.09 \times 10^6}{(5 \times 10^6)t^{-0.339}} \right) \right] + 0.286$$

สำหรับ R123 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{L,R123High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(9 \times 10^6)t^{0.6166}}{5.44 \times 10^5 t + (9 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{5.44 \times 10^5}{(9 \times 10^6)t^{-0.3834}} \right) \right] + 0.201$$

สำหรับ R123 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\%Creep_{L,R123Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(5 \times 10^6)t^{0.661}}{4.38 \times 10^5 t + (1 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{5.44 \times 10^5}{(5 \times 10^6)t^{-0.339}} \right) \right] + 0.286$$

สำหรับที่อุณหภูมิ 40 °C

สำหรับ R113 ด้าน รัศมี ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{D,R113High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(1 \times 10^7)t^{0.5172}}{3.87 \times 10^5 t + (1 \times 10^8)} \right) \right) \times \left(\frac{2.97 \times 10^5}{(1 \times 10^7)t^{-0.428}} \right) \right] + 0.1655$$

สำหรับ R113 ด้าน รัศมี ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\%Creep_{D,R113Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(6 \times 10^6)t^{0.6219}}{3.58 \times 10^5 t + (6 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{2.97 \times 10^5}{(6 \times 10^6)t^{-0.3781}} \right) \right] + 0.41885$$

สำหรับ R113 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{L,R113High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(1 \times 10^7)t^{0.5172}}{3.87 \times 10^5 t + (1 \times 10^8)} \right) \right) \times \left(\frac{1.49 \times 10^5}{(1 \times 10^7)t^{-0.428}} \right) \right] + 0.1655$$

สำหรับ R113 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\%Creep_{L,R113Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(6 \times 10^6)t^{0.6219}}{3.58 \times 10^5 t + (6 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{1.49 \times 10^5}{(6 \times 10^6)t^{-0.3781}} \right) \right] + 0.248$$

สำหรับ R123 ด้าน รัศมี ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{D,R123High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(1 \times 10^7)t^{0.5172}}{3.87 \times 10^5 t + (1 \times 10^8)} \right) \right) \times \left(\frac{5.88 \times 10^5}{(1 \times 10^7)t^{-0.428}} \right) \right] + 0.1655$$

สำหรับ R123 ด้าน รัศมี ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\%Creep_{D,R123Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(6 \times 10^6)t^{0.6219}}{3.58 \times 10^5 t + (6 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{5.88 \times 10^5}{(6 \times 10^6)t^{-0.3781}} \right) \right] + 0.255$$

สำหรับ R123 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นสูง

$$\%Creep_{L,R123High} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(1 \times 10^7)t^{0.5172}}{3.87 \times 10^5 t + (1 \times 10^8)} \right) \right) \times \left(\frac{2.94 \times 10^5}{(1 \times 10^7)t^{-0.428}} \right) \right] + 0.168$$

สำหรับ R123 ด้าน ความยาว ค่าฟังก์ชันความร้อนที่ส่วนควบแน่นต่ำ

$$\% \text{Creep}_{L,R123Low} = \left[\left(1 - \exp \left(\frac{-(6 \times 10^6)t^{0.6219}}{3.58 \times 10^5 t + (6 \times 10^7)} \right) \right) \times \left(\frac{2.94 \times 10^5}{(6 \times 10^6)t^{-0.3781}} \right) \right] + 0.196$$

5.1.7 จากการวิเคราะห์สารทำเย็นทั้ง 2 ชนิดด้วยเทคนิค GC-MS พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เมื่อทำงานที่เวลา 3000 ชั่วโมงและอุณหภูมิทำงานไม่เกิน 80 °C

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการทดสอบที่ระยะเวลานานกว่านี้เพื่อให้เห็นแนวโน้มเกี่ยวกับการเกิดการคืบของท่อทดสอบ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีของสารทำเย็นได้ชัดเจนขึ้น

5.2.2 ควรมีการสังเกตผิวท่อทดสอบด้านในเพื่อเปรียบเทียบกับผลการคืบที่ได้เนื่องจากการวัดการคืบในครั้งนี้ได้วัดการคืบที่ผิวท่อด้านนอก แต่เมื่อลองตัดท่อทดสอบมาดูแล้วปรากฏว่าผิวท่อทดสอบด้านในมีลักษณะผิวด้านไม่มีความเงา ซึ่งอาจเกิดจากการที่พลาสติกเกิดการคืบในทุกทิศทางเนื้อพลาสติกจึงขยายตัวพลาสติกจึงมีการเสียรูปไปซึ่งอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของท่อพลาสติกด้วย