

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดสอบ

เพื่อให้การทดสอบดำเนินไปอย่างถูกต้องและประสบผลสำเร็จจำเป็นต้องทราบถึงวิธีการทดสอบ อุปกรณ์การทดสอบ และการวิเคราะห์ผลการทดสอบ ซึ่งสามารถอธิบายในรายละเอียดได้ดังนี้

3.1 อุปกรณ์การทดสอบ

3.1.1 เทอร์โมไซฟอนแบบปิดสองสถานะทำจากท่อโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 21.3 มิลลิเมตร หนา 2.8 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร โดยที่ปลายท่อจะมีฝาปิดกันไม่ให้สารทำงานที่เติมไว้ภายในรั่วซึมออกมาภายนอก โดยที่ฝาปิดทำมาจากพลาสติกชนิดเดียวกันกับที่นำมาทำท่อ ดังในรูป 3.1 ก และ ข



(หน่วยการวัดทั้งหมดเป็นมิลลิเมตร)

ก ขนาดและมิติของเทอร์โมไซฟอนชนิดเซดพีอี



ข เทอร์โมไซฟอนชนิดเซดพีอี ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.1 เทอร์โมไซฟอนที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 สารทำเย็น ชื่อ Suva โดยที่ R113 มีจุดเดือดที่ความดันบรรยากาศเท่ากับ 47.56°C ความดันที่อุณหภูมิทำงาน 40 60 และ 80°C เท่ากับ 0.07828 0.15045 และ 0.26559 MPa (Hewett et al.; 1994) ตามลำดับ ส่วน R123 มีจุดเดือด 27.89°C ความดันที่ทั้ง 3 อุณหภูมิทำงานเท่ากับ 0.15448 0.28624 และ 0.48995 MPa ตามลำดับ ดังในรูป 3.2



รูปที่ 3.2 สารทำเย็น R113 และ R123

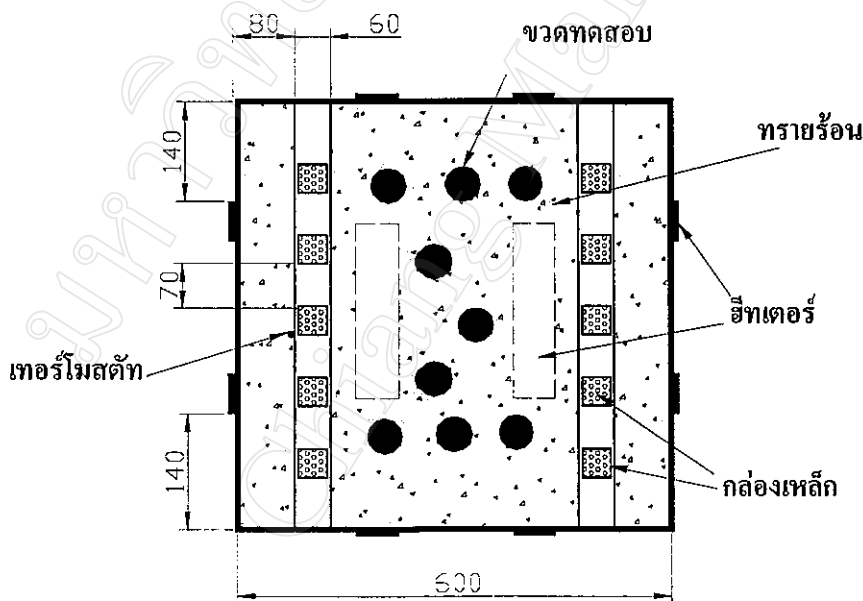
3.1.3 ขวดใส่สารทำเย็น เป็นขวดแก้วสีชาขนาด 30 มิลลิเมตร ปากขวดปิดสนิท ซึ่งภายในบรรจุสารทำเย็นที่จะใช้ทดสอบ ความบริสุทธิ์ของสารทำงาน ดังในรูป 3.3



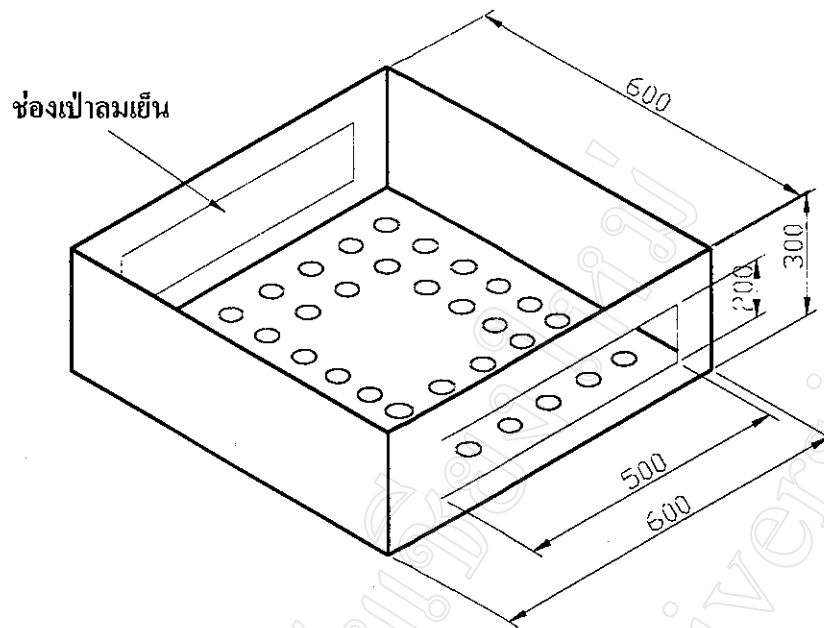
รูปที่ 3.3 ขวดใส่สารทำเย็นที่จะใช้ทดสอบ ความบริสุทธิ์ของสารทำงาน

3.2 อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด

3.2.1 ถังทดสอบ เป็นถังเหล็กขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง เท่ากับ 600 600 และ 300 มิลลิเมตร ตามลำดับ จำนวน 2 ถัง โดยถังที่ 1 ดังแสดงในรูป 3.3 ทำหน้าที่เป็นถังส่วนทำระเหย ซึ่งมีการติดแผ่นให้ความร้อนขนาดแผ่นละ 300 วัตต์ ไว้รอบถังด้านละ 2 แผ่นและด้านล่าง 2 แผ่น รวมเป็น 10 แผ่น ทำการกั้นถังทดสอบในส่วนทำระเหยเป็น 2 ชั้นสำหรับใส่บล็อกของท่อทดสอบเพื่อสะดวกในการนำท่อทดสอบขึ้นมาวัดที่เวลาต่างๆ โดยบล็อกจะมีขนาดความกว้างxความยาวเท่ากับ 60x60 มิลลิเมตร ตามลำดับวางห่างจากขอบถังด้านละ 80 มิลลิเมตร และจะใส่ทรายรองพื้นสูง 50 มิลลิเมตร นำขวดทดสอบมาแช่อยู่ตรงกลางของถังทดสอบที่ภายในบรรจุทรายละเอียดไว้สูง 20 เซนติเมตร มีการติดเทอร์โมสแตต 1 ตัวไว้ห่างจากขอบถัง 80 มิลลิเมตร เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ โดยได้ทดลองวัดอุณหภูมิของทรายร้อนในบล็อกที่ใส่ท่อทดสอบแล้วสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการทดลอง โดยมีความแม่นยำ $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ส่วนถังที่ 2 ดังแสดงดังรูป 3.4 ทำหน้าที่เป็นถังส่วนควบแน่น ด้านล่างของถังจะเจาะรูไว้เท่ากับจำนวนท่อเทอร์โมไซฟอน โดยมีช่องเป่าลมเย็นจากพัดลมเพื่อเป็นการระบายความร้อน ชุดถังทดสอบที่ประกอบแล้ว แสดงในรูป 3.5-3.6

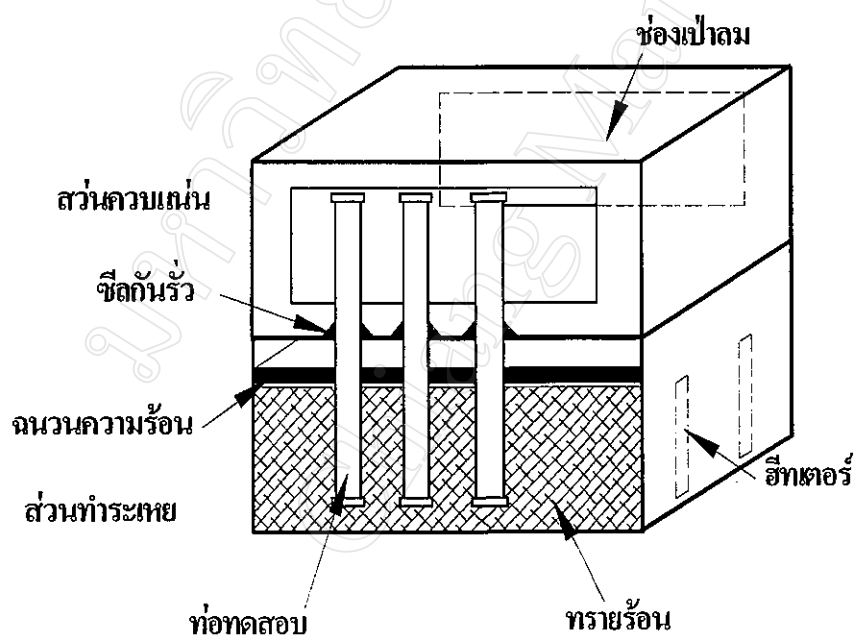


รูปที่ 3.4 ขนาดและมิติของถังทดสอบส่วนทำระเหย



(หน่วยการวัดทั้งหมดเป็นมิลลิเมตร)

รูปที่ 3.5 ขนาดและมิติของถังทดสอบส่วนควบแน่น

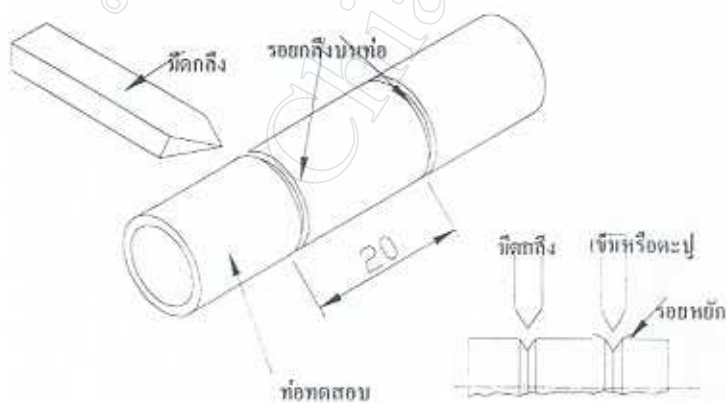


รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบต่างๆของชุดถังทดสอบ



รูปที่ 3.7 ชุดถังทดสอบ

3.2.2 มีดกลึง Super High Speed Tool Bits ยี่ห้อ Hercules เพื่อใช้ทำรอยการกัดการสืบของท่อทดสอบในแนวนาว โดยจะทำรอยโดยรอบท่อในส่วนทำระเหยวัดจากด้านล่างท่อขึ้นมา 8 และ 10 เซนติเมตร ซึ่งในการทำรอยวัดโดยใช้มีดกลึงนั้นจะไม่มีรอยหยักเกิดขึ้นที่ผิวท่อ ต่างจากการใช้เข็มหรือตะปู จึงไม่ทำให้เกิดความเกินสะสมอยู่ที่รอยวัด ดังแสดงในรูป 3.8



(หน่วยการวัดทั้งหมดเป็นมิลลิเมตร)

รูปที่ 3.8 มีดกลึง และรอยที่ใช้ในการวัด

3.2.3 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น OM-502 ขนาด 0-25 มิลลิเมตร ความละเอียด ± 0.01 มิลลิเมตร เพื่อใช้วัดการคืบของท่อทดสอบในแนวนอนมี ดังแสดงในรูป 3.9



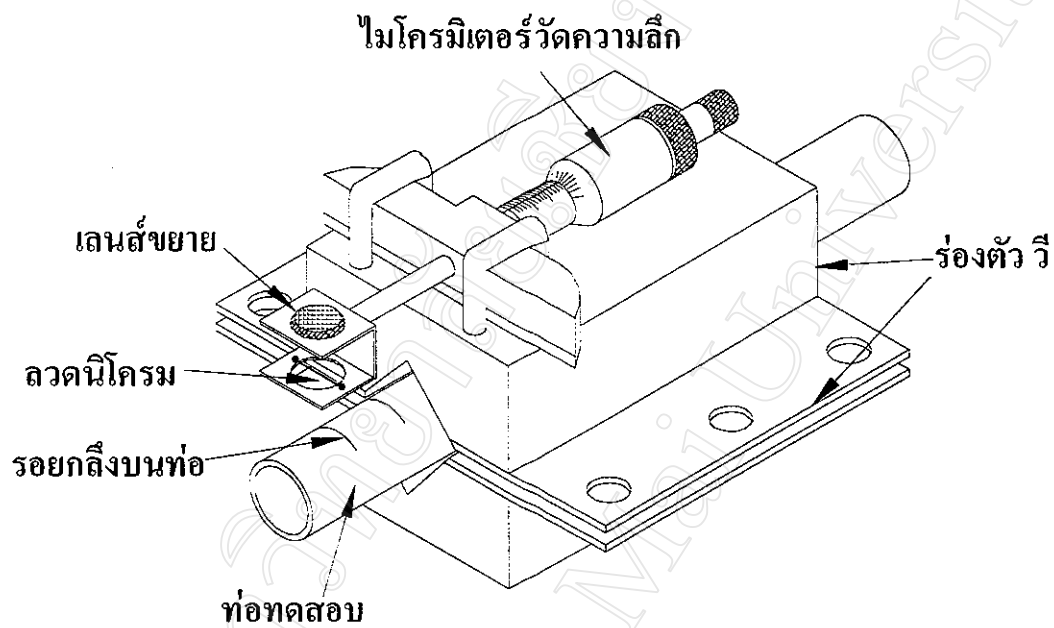
รูปที่ 3.9 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

3.2.4 ไมโครมิเตอร์วัดความลึก (Depth Micrometer) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 129-111 ขนาด 60-100 มิลลิเมตร ความละเอียด ± 0.01 มิลลิเมตร ทำการดัดแปลงให้ด้านปลายของไมโครมิเตอร์วัดความลึก ชิดติดกับเลนส์นูนกำลังขยาย 5 เท่าและด้านล่างของเลนส์ มีถาดนิโครมซึ่งตั้งอยู่เพื่อใช้วัดการคืบของท่อทดสอบในด้านความยาว ดังแสดงในรูป 3.10



รูปที่ 3.10 ไมโครมิเตอร์วัดความลึก (Depth Micrometer)

3.2.5 อุปกรณ์วัดการคืบด้านความยาว ทำมาจากเหล็กหนา 3 มิลลิเมตรตรงกลางทำเป็นร่องตัววี เพื่อให้วางท่อทดสอบได้พอดีในระหว่างการวัดการคืบในด้านความยาว โดยที่ด้านบนของแท่นจะถูกยึดติดกับไมโครมิเตอร์วัดความลึก ซึ่งปลายของไมโครมิเตอร์วัดความลึกนั้นจะมีเลนส์นูนกำลังขยาย 5 เท่า และด้านล่างของเลนส์จะมีเส้นลวดนิโครมขนาด 0.2 มิลลิเมตร ซึ่งตั้งอยู่เพื่อใช้เป็นแนวในการวัด ดังแสดงในรูป 3.11



รูป 3.11 อุปกรณ์วัดการคืบด้านความยาว

3.2.6 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมตรี (Gas Chromatography - Mass Spectrometry : GC-MS) ยี่ห้อ Varian Saturn รุ่น 2000 สามารถจำแนกสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้ 1-300 สารประกอบ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพดี การวิเคราะห์เชิงปริมาณดี ความไว 1 พิโกกรัม (pg) ดังแสดงในรูป 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมตรี (Gas Chromatography - Mass Spectrometry : GC-MS)

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ทำการแยกวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ

ก. ทดสอบ

- ทำการทดลองกับท่อพลาสติกชนิด เอชดีพีอี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร และใช้ RI13 เป็นสารทำงาน ที่อุณหภูมิทำงาน 40 องศาเซลเซียส
- ทำการประกอบท่อตามขอบเขตที่กำหนดไว้
- ตรวจสอบการรั่วซึมของอากาศที่ฝาเกลียวทั้งแบบสูญญากาศและแบบความดันสูง
- เติมสารทำงานลงในท่อตามปริมาณที่กำหนดไว้

- ทำเครื่องหมายที่ท่อ วัดความยาวของเครื่องหมายก่อนการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาผ่านไป โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 ชั่วโมงที่เวลา 0-200 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บข้อมูลทุกๆ 25 ชั่วโมงจนถึงช่วงเวลา 1500 ชั่วโมง และทุกๆ 50 ชั่วโมงจนถึง 3000 ชั่วโมง โดยในการวัดความยาวที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลาทั้งในแนวความยาวและแนวรัศมี จะต้องทำให้เร็วที่สุด (วัดทันทีหลังจากนำท่อขึ้นมาจากทรายร้อนใช้เวลาในการวัด 3-5 นาทีต่อการวัด 1 ท่อ)

- นำท่อทดสอบมาติดตั้งในกระบะทรายที่ติดเครื่องให้ความร้อนอยู่รอบๆ
- ปรับอุณหภูมิที่เครื่องให้ความร้อน และฟลักซ์ความร้อนตามที่ได้กำหนดไว้
- ทำการทดลองอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3000 ชั่วโมง
- ระหว่างการทำการทดสอบก็สังเกตลักษณะของผิวท่อภายนอกด้วยว่ามีรอยแตกรอยร้าว

หรือไม่เพราะว่ารอยแตก รอยร้าว จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานของท่อเทอร์โมโซโฟน

- ทำการทดสอบแบบเดียวกันแต่เปลี่ยนอุณหภูมิทำงานเป็น 60 และ 80 องศาเซลเซียส
- ทำการทดลองแต่ละชุด 5 ชั่วโมง เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดไปประมวลผล
- ทำการทดสอบแบบเดียวกันแต่เปลี่ยนสารทำงานเป็น R123
- ทำการทดสอบความแข็งที่ผิวนอก และผิวในท่อทดสอบ
 - ที่ผิวนอกท่อทดสอบจะวัดตลอดความยาวท่อ โดยจะวัดท่อละ 10 จุด
 - ที่ผิวในท่อทดสอบนั้นจะทำการตัดท่อทดสอบเป็นชิ้นเล็กๆขนาดความกว้างคูณความยาวเท่ากับ 3x30 มิลลิเมตร จำนวน 10 ชิ้น โดยในแต่ละชิ้นจะวัด 3 จุด

ข. สารทำงาน

- หาธาตุหรือสารประกอบของสารทำงานที่จะทำการทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้หลังการทดสอบ

- เดิมสารทำงาน R113 ในแต่ละชุดๆละ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ปิดฝาขวดให้สนิท บรรจุทุกขวดการทดสอบลงในกระบะทรายร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิไว้

ที่ 40 องศาเซลเซียส

- ทำการทดลองอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3000 ชั่วโมง
- นำสารทำงานไปทำการวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับก่อนการทดสอบว่ามีการเปลี่ยนไปของธาตุหรือสารประกอบหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนไปก็แสดงว่าสารทำงานนั้นไม่บริสุทธิ์ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่ทดสอบ

- ทำการทดสอบแบบเดียวกันแต่เปลี่ยนอุณหภูมิทำงานเป็น 60 และ 80 องศาเซลเซียส
- ทำการทดลองแต่ละชุดๆละ 5 ชุด เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดไปประมวลผล
- ทำการทดสอบแบบเดียวกันแต่เปลี่ยนสารทำงานเป็น R123

3.4 วิธีการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

ก. การคืบ

- ทำการเปรียบเทียบความยาวของท่อทดสอบและชิ้นทดสอบที่เปลี่ยนแปลงไปก่อนและหลังการทดสอบ เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการคืบที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ทดสอบ
- ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดการคืบที่เกิดขึ้นกับท่อเทอร์โมไซฟอนกับระยะเวลาที่ทำการทดสอบ และอุณหภูมิทำงานใดๆ
- ทำการสรุปผลของอุณหภูมิการทำงาน เวลาที่ทำการทดสอบ และชนิดของสารทำงานที่มีต่ออัตราการเกิดการคืบของท่อเทอร์โมไซฟอน

ข. ความบริสุทธิ์ของสารทำงาน

- ทำการศึกษาหาธาตุหรือสารประกอบที่มีอยู่ในสารทำงานที่ได้ก่อนการทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบภายหลังการทดสอบ
- ทำการเปรียบเทียบธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นกับสารทำงานก่อนและหลังการทดสอบที่เวลาทำงาน 3000 ชั่วโมง
- ทำการสรุปผลของอุณหภูมิการทำงาน เวลาที่ทำการทดสอบ และชนิดของสารทำงานที่มีต่อการเกิดธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่
- ทำการสรุปผลความบริสุทธิ์ของสารทำงานภายใต้การปฏิบัติงานระยะยาวที่มีต่อท่อเทอร์โมไซฟอน
- บันทึกผล และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบตามที่ได้ตั้งจุดประสงค์ไว้
- วิเคราะห์ผลที่ได้และสรุปเป็นวิทยานิพนธ์