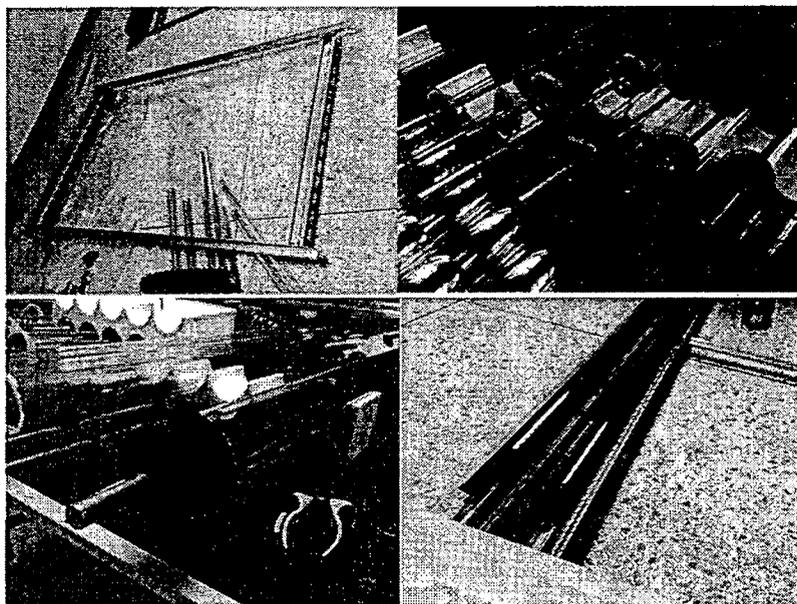


บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้ แผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ โดยการนำแผ่นอะลูมิเนียมขึ้นรูปหนา 0.002 เมตร ยาว 1.6 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่มีขายในเชิงพาณิชย์ แล้วไปผ่านกระบวนการทำฟิล์มอะโนไดซ์ที่มีการสัณนิษฐานในชั้นฟิล์ม (Nickel-pigmented aluminium oxide, Ni-Al₂O₃) หรือแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ ณ บริษัทแอลเมทไทย จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ ในการผลิตความหนาอ้างอิงจากช่วงความหนาที่โรงงานสามารถผลิตได้ ทำการวิเคราะห์ลักษณะเฟส สัณฐานวิทยา และค่าการสะท้อนรังสี ของแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ ด้วยเครื่องมือวัดเทคนิคเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction, XRD) กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่มีการติดตั้งเทคนิคการวิเคราะห์ Energy Dispersive Spectrometry (EDS) และ Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrophotometer รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency) และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์



ภาพ 15 การประกอบอลูมิเนียมอะโนไดซ์เข้ากับท่อแก้วสุญญากาศ

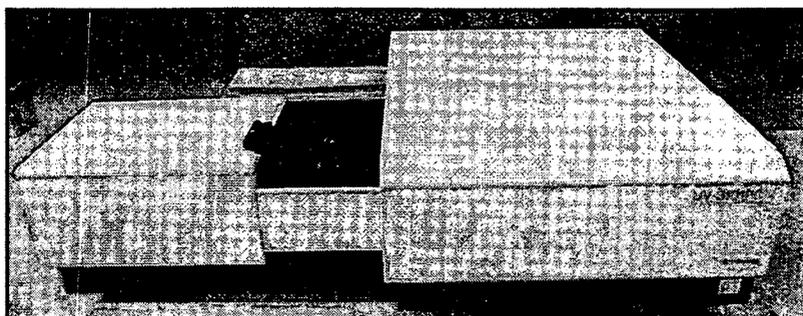
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ส่วนที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เฟส สัณฐานวิทยาของอะลูมิเนียมอะโนไดซ์

1. Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrophotometer (UV-Vis Near IR)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่าความเข้ม (Intensity) ในช่วงรังสียูวีและช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือ โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อนและสารอนินทรีย์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้ได้ คุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของสารเมื่อโมเลกุลของตัวอย่าง ถูกฉายด้วยแสงที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้เกิดการรบกวนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสงแล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่า เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่าง เทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆ ตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง และเครื่อง UV-Vis Near IR ที่ช่วงความยาวคลื่น 250-2500 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar absorbance, α) คำนวณได้จากสมการที่ 13 เมื่อ $R(\lambda)$ คือสเปกตรัมของการสะท้อนรังสีของผิวตัวอย่าง และ $I_{sol}(\lambda)$ คือสเปกตรัมความหนาแน่นกำลังรังสีอาทิตย์ ($W/m^2 \cdot \mu m$) ตามมาตรฐาน ASTM G173-03 ที่ air mass เท่ากับ 1.5 (1.5 AM) [51, 52] สำหรับเครื่อง UV-Vis Near IR ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างในงานวิจัยนี้คือ Shimadzu UV-3101PC spectrophotometer ดังแสดงในภาพ 16

$$\alpha = \frac{\int_{0.3\mu m}^{2.5\mu m} I_{sol}(\lambda)(1 - R(\lambda))d\lambda}{\int_{0.3\mu m}^{2.5\mu m} I_{sol}(\lambda)d\lambda} \quad (13)$$



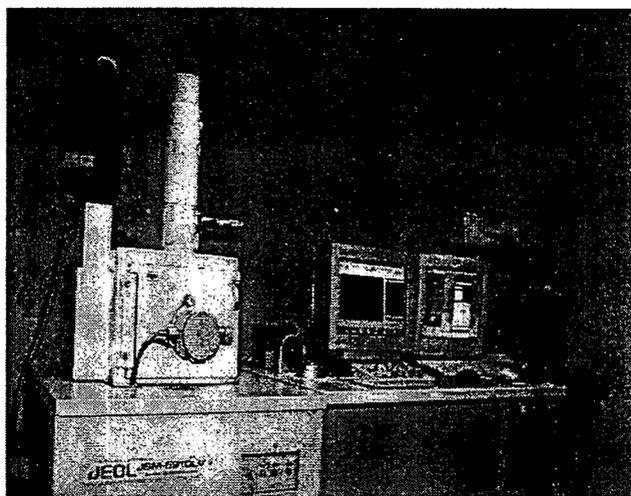
ภาพ 16 Shimadzu UV-3101PC spectrophotometer

2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

เรียกสั้นๆ ว่า SEM เป็นเทคนิคในการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของวัสดุที่ใช้การกวาดลำอิเล็กตรอนบนผิววัสดุแล้วนำสัญญาณที่ได้ เช่น สัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมิและสัญญาณอิเล็กตรอนกระเจิงกลับไปสร้างเป็นสัญญาณปรากฏภาพบนจอรับภาพ เทคนิค SEM สามารถดูวัตถุที่มีความชัดลึกได้มากกว่า และมีอำนาจแยกแยะเชิงระยะ (spatial resolution) สูงกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบแสง ทั้งนี้เพราะ SEM ใช้สมบัติคลื่นของอิเล็กตรอน ซึ่งมีความยาวคลื่นที่สั้นมาก ทำให้ SEM มีอำนาจแยกแยะได้สูงถึง 0.2 นาโนเมตร และด้วยความสามารถในการบีบลำอิเล็กตรอนให้เป็นมุมแคบ ๆ ได้ ทำให้ได้ภาพที่มีความชัดลึกสูง สำหรับเครื่องที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ JEOL JSM-5910 LV scanning electron microscope แสดงในภาพ 16

3. Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

เทคนิคสเปกโทรสโคปีพลังงานกระจาย (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) การทำงานอาศัยหลักการ Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy ใช้การเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงพอเหมาะพุ่งเข้าชนชิ้นงานซึ่งประกอบไปด้วยอะตอมของธาตุที่อยู่ในสถานะพื้นจนทำให้อิเล็กตรอนในระดับชั้นพลังงานวงในได้รับพลังงานจากการชนจนหลุดออกไปจากอะตอม แล้วอิเล็กตรอนจากวงนอกจึงคายพลังงานออกมาบางส่วนพร้อมกับเปลี่ยนชั้นพลังงานเข้ามาแทนที่อิเล็กตรอนที่หลุดออกไป พลังงานที่อิเล็กตรอนคายออกมานี้จะอยู่ในรูปรังสีเอกซ์และมีค่าเฉพาะตามธาตุนั้น เมื่อวัดค่าพลังงานรังสีเอกซ์นี้ด้วย EDS จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าชิ้นงานประกอบด้วยธาตุชนิดใด สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ตั้งแต่โบรอน (B) ถึงยูเรเนียม (U) สามารถวิเคราะห์แบบ Mapping และ Linescan ช่วยในการศึกษาชนิด ปริมาณ และการกระจายขององค์ประกอบธาตุของ ของอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ สำหรับเครื่อง SEM-EDS ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ JEOL JSM-5910 LV scanning electron microscope แสดงในภาพ 17 ที่มีการติดตั้งหัววัดรังสีเอกซ์เฉพาะธาตุ



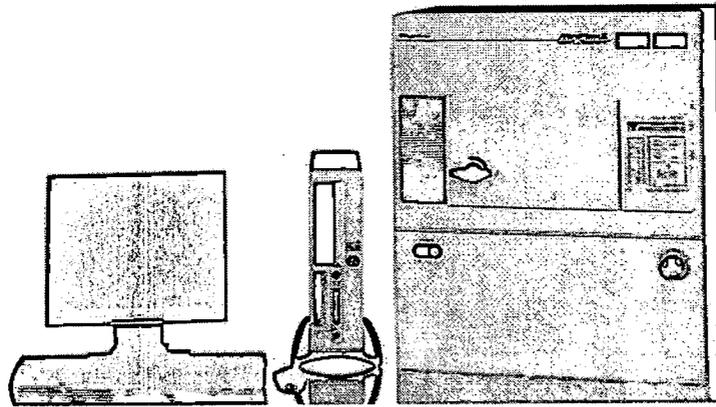
ภาพ 17 JEOL JSM-5910 LV scanning electron-microscope

4. X-ray Diffraction (XRD)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติของวัสดุเชิงคุณภาพ โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ซึ่งจัดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้น อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 10 นาโนเมตร จึงเป็นคลื่นที่มีพลังงานมาก มีอำนาจทะลุทะลวงสูง โดยรังสีเอกซ์จะเลี้ยวเบนไปตามช่องว่างระหว่างอะตอมภายในผลึกและจะถูกบันทึกค่า แล้วทำการวิเคราะห์ธรรมชาติของโครงสร้างผลึกนั้นๆ โดยระยะห่างระหว่างอะตอมนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการของ Bragg's law ซึ่งกล่าวไว้ว่า "รังสีเอกซ์จะแทรกสอดกันแบบเสริมกันมากที่สุด เมื่อมีการกระเจิงออกจากแต่ละระบบด้วยความยาวคลื่นที่แตกต่างหันเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นรังสีเอกซ์" ความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการ 14 ในการคำนวณค่าการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุต่างๆในสารตัวอย่างเพื่อศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างหรือเฟสของผลึก ดังนั้นสารตัวอย่างต้องมีโครงสร้างที่มีรูปผลึกหรือโครงสร้างแบบสัณฐาน (crystalline) มีข้อดีคือ เป็นเทคนิคที่ใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยและไม่ยุ่งยากในการเตรียม สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว สามารถบ่งชี้องค์ประกอบของธาตุ ในตัวอย่างวิเคราะห์ได้ถึงแม้จะมีสูตรเคมีเดียวกันแต่โครงสร้างผลึกต่างกัน สำหรับเครื่อง XRD ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ Rigaku miniflex II X-ray diffraction ดังแสดงในภาพ 18

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

(14)

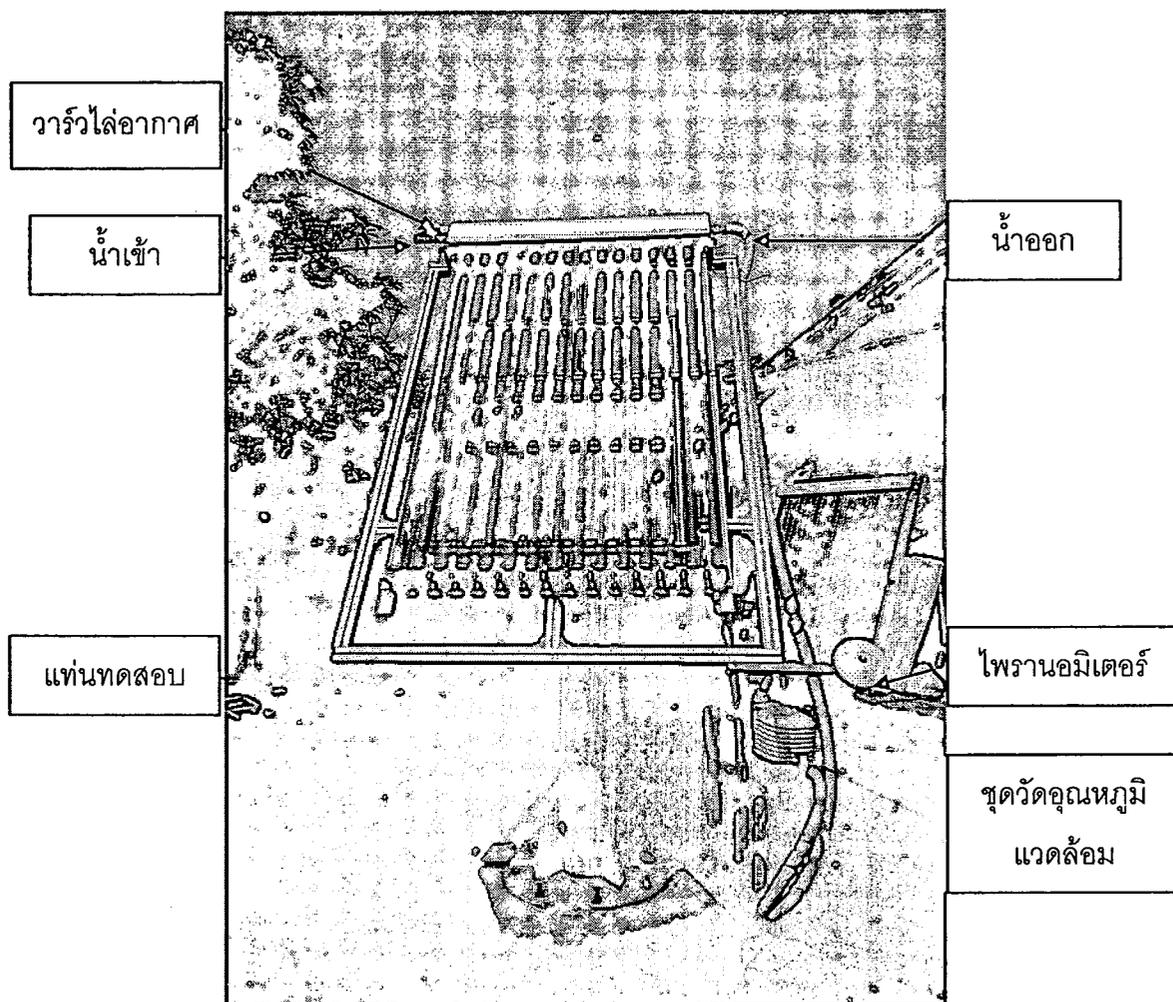


ภาพ 18 Rigaku miniflex II X-ray diffraction

จากนั้นนำแผ่นอะลูมิเนียมอะโนไดซ์ประกอบเข้ากับท่อแก้วสุญญากาศสองชั้นที่ไม่มี การเคลือบสารเลือกรับรังสีอาทิตย์ที่ผิวท่อด้านนอกของท่อชั้นใน จำนวน 15 ท่อ ภาพ 13 แสดงการประกอบอะลูมิเนียมอะโนไดซ์เข้ากับท่อแก้วสุญญากาศ ทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนตามมาตรฐาน ISO 9806-1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพเชิงความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 สำหรับสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวม (Overall heat loss coefficient, U_L) ที่มีค่าคงที่ โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $(T_i - T_a)/G$ กับ η

ส่วนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ
ที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

แท่นทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน ติดตั้งอยู่ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยยเรศวร ซึ่งตั้งอยู่บนละติจูด $16^{\circ} 44'$ เหนือ และลองจิจูด $100^{\circ} 11'$ ตะวันออก [53]

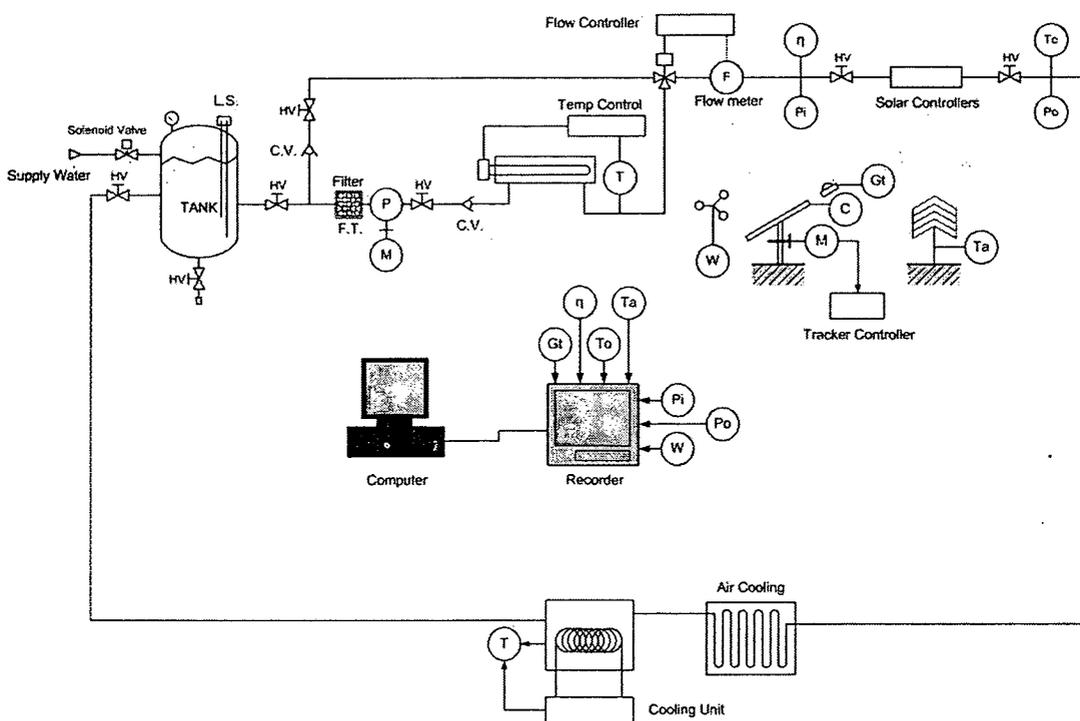


ภาพ 19 ชุดทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การทำงานของแท่นทดสอบระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถเขียนเป็นวงจรการทดสอบ
ตามมาตรฐาน ISO 9806-1 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้หาสมการแสดงคุณสมบัติพื้นฐานสำหรับกำหนด
ประสิทธิภาพทางความร้อนของการทำงานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยขั้นตอนการทดสอบสามารถ
ทดสอบได้ทั้งกลางแจ้ง (Outdoor) และในร่ม (Indoor) โดยสภาวะที่ใช้ ในงานวิจัยนี้ คือทดสอบ

กลางแจ้ง โดยให้รังสีอาทิตย์ตกกระทบลงบนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ในแนวตั้งจากตลอดเวลาการทดสอบด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking) [26]

ภาพ 20 แสดงแผนภาพการทดสอบประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ตามมาตรฐาน ISO 9806-1 ณ ศูนย์ทดสอบวิทยาลัยพลังงานทดแทน สมรรถนะทางความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ขึ้นกับสภาพอากาศและการทำงานของระบบ



- | | |
|---|---|
| C : Solar Collector | P : Water pump |
| C.V.: Check valve | P _i : Pressure transducer inlet |
| F : Flow Transducer | P _o : Pressure transducer outlet |
| F.T : Water Filter | T : Temperature heating control |
| G _t : Solar radiation on collector plane | T _a : Ambient temperature |
| HV : Hand valve | T _i : Inlet temperature |
| L.S. : Level switch control | T _o : Outlet temperature |
| M : AC motor drive pump | W : Wind speed |

ภาพ 20 การติดตั้งเครื่องมือวัดสำหรับแทนทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบกลางแจ้ง [54]

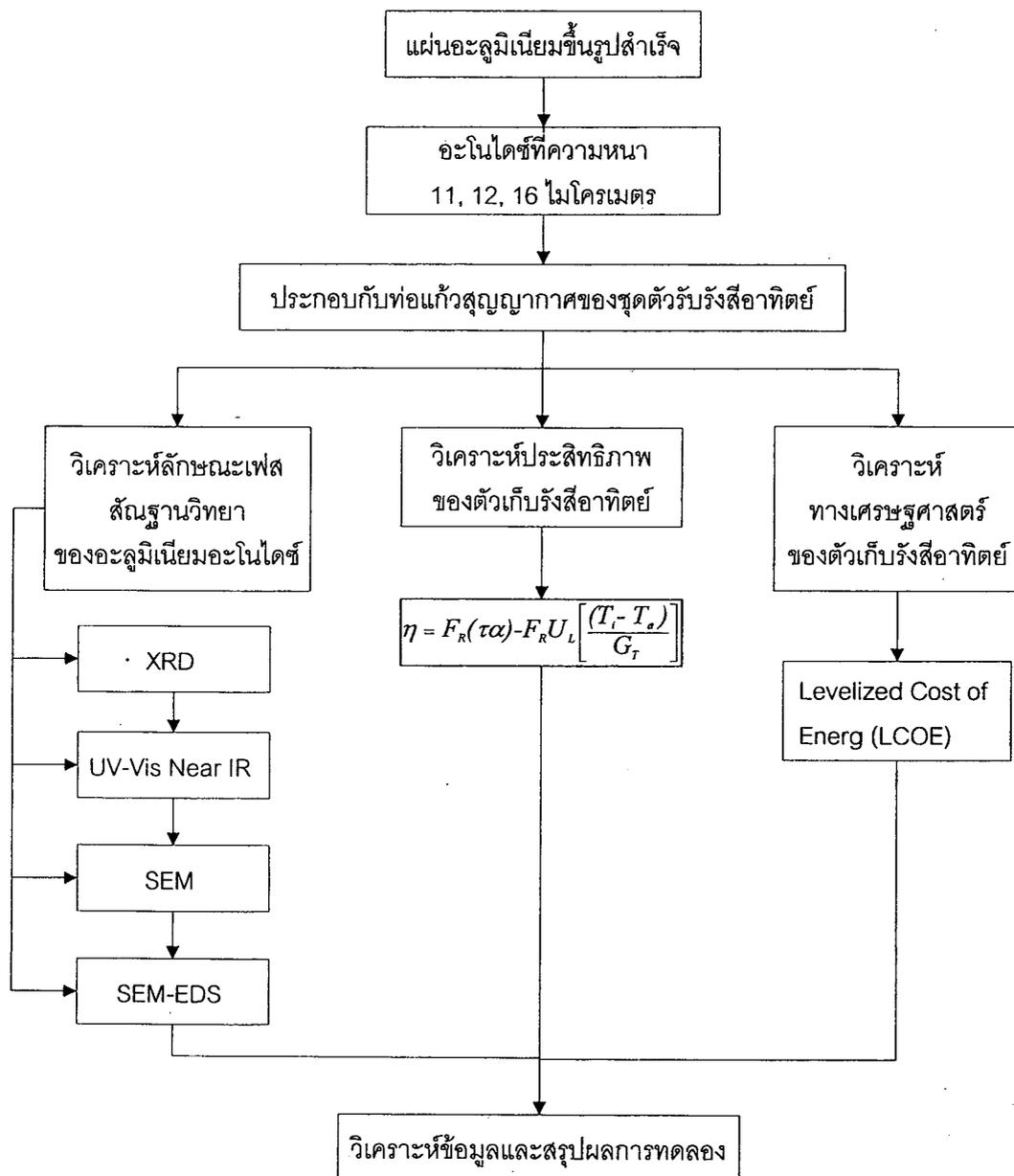
ส่วนที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อ
สุญญากาศที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

การประเมินต้นทุนพลังงาน (Levelized Cost of Energy, LCOE)

$$LCOE = \frac{C_c + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{E_n}{(1+i)^n}} \quad (15)$$

- เมื่อ C_c = เงินลงทุนเริ่มต้น (Initial capital cost) (บาท)
- C_n = ต้นทุนในการดำเนินการ (Operating cost) ค่าซ่อมบำรุง เชื้อเพลิง และอื่นๆ
ในแต่ละปี (บาท)
- E_n = พลังงานที่สามารถผลิตได้ในแต่ละปี
- i = อัตราดอกเบี้ย (Interest rate) หรือ อัตราคิดลด (Discount rate)
- n = อายุการใช้งานโครงการ (Project period)
- N = จำนวนปีที่สิ้นสุดโครงการ (Year at the end of project)

การเก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพ 21 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานวิจัย

ภาพ 21 แผนภาพแสดงกระบวนการทำงานวิจัย เริ่มต้นด้วยการนำแผ่นอะลูมิเนียมที่ขึ้นรูปสำเร็จไปผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 3 ความหนา ซึ่งเป็นช่วงความหนาที่สามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ นำแผ่นอะลูมิเนียมที่ผ่านการทำฟิล์มอะโนไดซ์ไปวิเคราะห์ลักษณะเฟส พื้นฐานวิทยา ค่าการสะท้อนรังสี ด้วยเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrometer,

Scanning Electron Microscope (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) และ X-ray Diffraction (XRD) จากนั้น ประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยมาตรฐาน ISO 9806-1 และวิเคราะห์โครงสร้างศาสตร์

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์เฟส สัณฐานวิทยาของอะลูมิเนียมอะโนไดซ์

1. X-ray Diffraction (XRD)

เตรียมตัวอย่างขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร ดังภาพ 22 (ก) ทดสอบ ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. Ultraviolet-Visible-Near Infrared Spectrometer

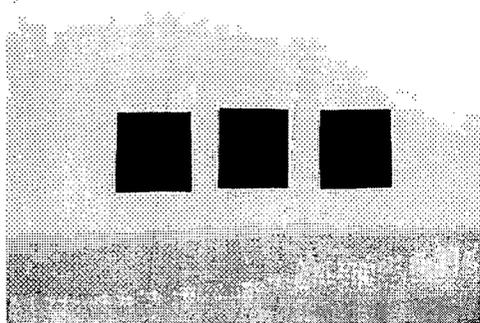
ดำเนินการส่งตัวอย่างขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร ดังภาพ 22 (ก) ส่งทดสอบ ณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และรอรับผลการทดสอบ

3. Scanning Electron Microscope (SEM)

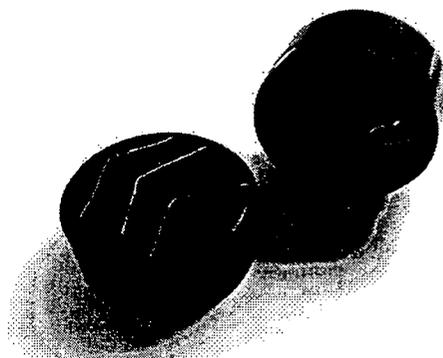
เตรียมตัวอย่างผ่านการขึ้นรูปด้วย Bakelite และผ่านการขัดเตรียมพื้นผิวภาคตัดขวาง ดังภาพ 22 (ข) ทดสอบ ณ ศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวท-มช.)

4. Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)

เตรียมตัวอย่างผ่านการขึ้นรูปด้วย Bakelite และผ่านการขัดเตรียมพื้นผิวภาคตัดขวาง ดังภาพ 22 (ข) ทดสอบ ณ ศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวท-มช.)



(ก) ชิ้นงานขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร



(ข) ชิ้นงานขึ้นรูปด้วย Bakelite

ภาพ 22 ตัวอย่างชิ้นงานสำหรับส่งทดสอบ

ส่วนที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของการหาประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

ติดตั้งไพโรมิเตอร์กับแท่นทดสอบในแนวระนาบ ของระบบทดสอบ ณ ศูนย์ทดสอบวิทยาลัยพลังงานทดแทน ซึ่งในระบบประกอบไปด้วย ชุดวัดอุณหภูมิแวดล้อมและติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ที่ตำแหน่งขาเข้าและขาออก รวมไปถึงชุดวัดอัตราการไหลของน้ำในระบบ และใช้พารามิเตอร์ดังแสดงในตาราง 2 เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับค่ารังสีอาทิตย์ ชุดอุณหภูมิแวดล้อม อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ และอุณหภูมิขาเข้าของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

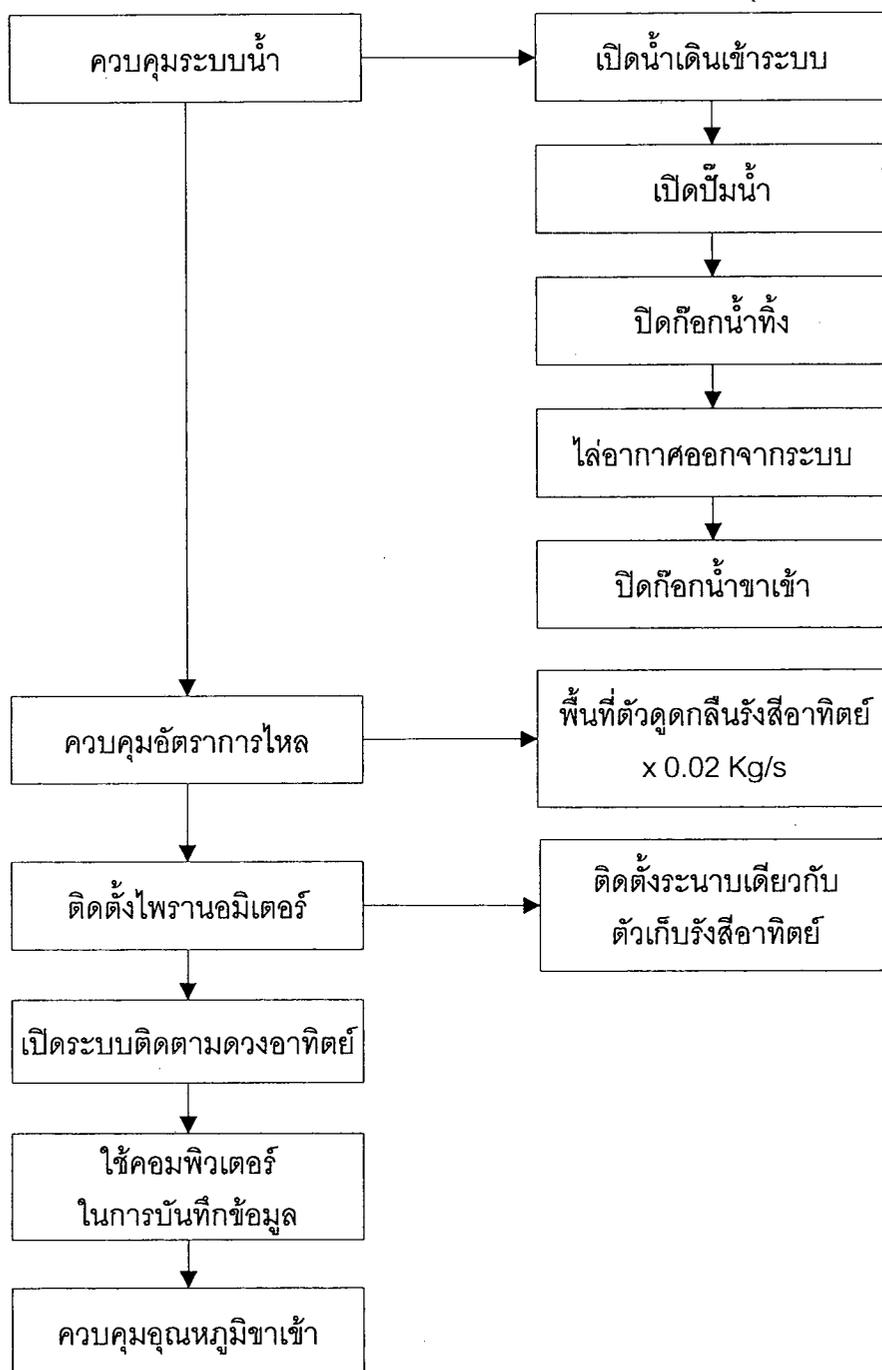
ตาราง 2 ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ในการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน [26]

พารามิเตอร์	ค่าตัวแปร
ค่ารังสีอาทิตย์ (Test solar irradiance)	$800 \pm 50 \text{ W/m}^2$
อุณหภูมิแวดล้อม (Surrounding air temperature)	$\pm 1\text{K}^*$
อัตราการไหลเชิงมวล (Fluid mass flowrate)	$\pm 1\%^{**}$
อุณหภูมิของน้ำขาเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Fluid temperature at the collector inlet)	$\pm 0.1\text{K}^{***}$

* อุณหภูมิแวดล้อมขณะทดสอบ (ใช้ค่าวัดได้จริง)

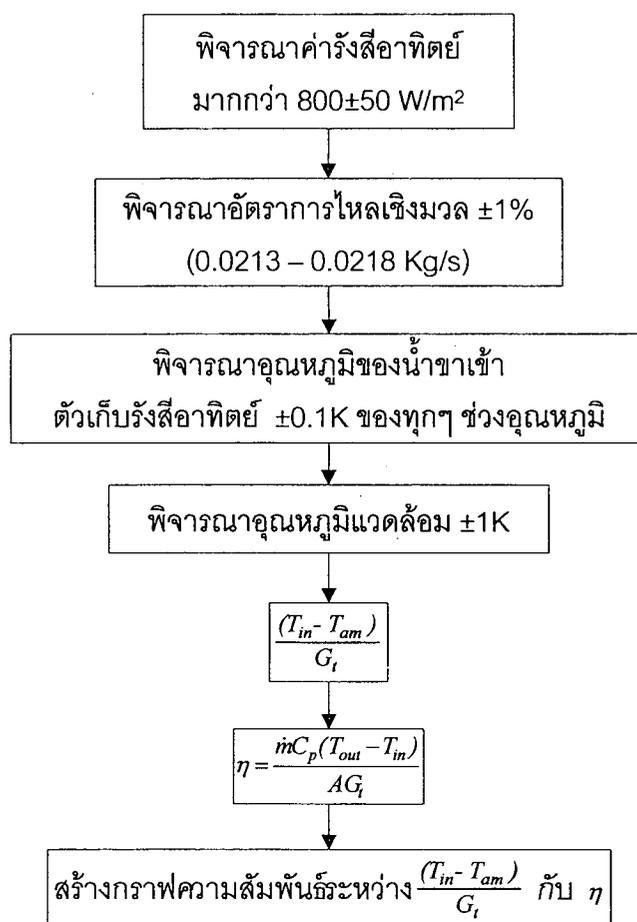
** อัตราการไหลของน้ำ คิดจากพื้นที่ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\times 0.02 \text{ kg/s}$

*** อุณหภูมิขาเข้า แบ่งเป็น 5 ชุด ดังนี้ 35, 40, 45, 50, และ 55 °C



ภาพ 23 การควบคุมอัตราการไหลของน้ำในการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ภาพ 23 แสดงขั้นตอนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำในการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้มีค่าคงที่ มีค่า 0.02 kg/s คู่กับพื้นที่ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\pm 1\%$ ตลอดช่วงเวลาดำเนินการบันทึกข้อมูลต่อข้อมูลหนึ่งชุดอุณหภูมิ และ อุณหภูมิขาเข้าคงที่ $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ระบบทดสอบอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state)



ภาพ 24 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาพ 24 แสดงแผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยข้อมูลที่ได้อ้างอิงเป็น 5 ชุดข้อมูลตามค่าอุณหภูมิ ที่ต่างกัน ทุกๆ 5°C ในแต่ละชุดข้อมูลนั้นพิจารณาจากพิจารณาค่ารังสีอาทิตย์เป็นอันดับแรก โดยทุกชุดข้อมูลจะต้องมีค่ารังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงเดียวกัน เช่น 850 – 950 W/m² อันดับต่อไปพิจารณาอัตราการไหล ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.0213 – 0.0218 kg/s จากนั้นพิจารณาอุณหภูมิขาเข้าของทุกชุดข้อมูล ซึ่งข้อมูลแต่ละชุดอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง ± 0.1K และพิจารณาอุณหภูมิแวดล้อมทุกชุดข้อมูลอยู่ในช่วง ± 1K เมื่อพิจารณาข้อมูลแล้ว นำอุณหภูมิขาเข้าลบด้วยอุณหภูมิและหารด้วยค่ารังสีอาทิตย์ $\left(\frac{T_{in} - T_{am}}{G_t} \right)$ คำนวณประสิทธิภาพชั่วขณะของทุกชุดอุณหภูมิ $\left(\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_{out} - T_{in})}{AG_t} \right)$ จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง η กับ $\frac{(T_{in} - T_{am})}{G_t}$

ส่วนที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ประยุกต์ใช้อะลูมิเนียมอะโนไดซ์เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่พิจารณาความเหมาะสมของโครงการ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่เป็น การวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าของโครงการ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

1. วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Benefit-Cost Analysis) โดยมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ที่คำนวณได้ในขั้นต้นจะเป็นราคาปีที่ 0 จะทำการปรับมูลค่าเป็นราคาปัจจุบันสุทธิโดยการใช้อัตราดอกเบี้ยที่กำหนดโดยธนาคารแห่งชาติ

2. วิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ (Project Analysis) การประเมินต้นทุนพลังงาน (Levelized Cost of Energy, LCOE)