

บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาออกแบบและพัฒนาเตาอบแห้งที่อาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนทางอ้อมในการสร้างอากาศร้อน เพื่อใช้ในการอบแห้งดอกคาโมมายด์ หลังจากการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในห้องอบ และการออกแบบด้วยเทคนิคการจำลองการไหลเชิงพลศาสตร์ (Computational fluid dynamics, CFD) ได้ทำการสร้างโมเดลเตาอบแห้ง เพื่อศึกษาตัวแปรทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมในการกำหนดขั้นตอนและเงื่อนไขในกระบวนการอบแห้งเบื้องต้น จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้เป็นพื้นฐานในการออกแบบเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม ต่อไป

4.1 โมเดลเตาอบแห้ง

4.1.1 รายละเอียดของโมเดลเตาอบแห้ง

ลักษณะของโมเดลเตาอบแห้งที่สร้างเพื่อใช้ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยโมเดลเตาอบแห้งมีขนาดห้องอบกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.6 เมตร และสูง 0.45 เมตร บรรจุธาตุได้ 6 ถาด ผนังเป็นแผ่นฉนวนสำเร็จรูปความหนา 2.5 เซนติเมตร อากาศหมุนเวียนโดยใช้พัดลมหอยโข่ง พิกัดมอเตอร์ 0.75 กิโลวัตต์ ให้อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 0.16 กิโลกรัมต่อวินาที (ที่อุณหภูมิอากาศ 30 องศาเซลเซียส) ป้อนน้ำร้อนหมุนเวียนขนาดมอเตอร์ 0.75 กิโลวัตต์ ชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมี 2 ชุด (ชุดที่ 1 ให้ความร้อนแก่อากาศ และชุดที่ 2 รับความร้อนจากหัวเผา) และหัวเผาประสิทธิภาพสูง (FUNO)



รูปที่ 4.1 ชุดทดสอบโมเดลเตาอบแห้ง

4.1.2 การทดสอบระบบของโมเดลเตาอบแห้ง

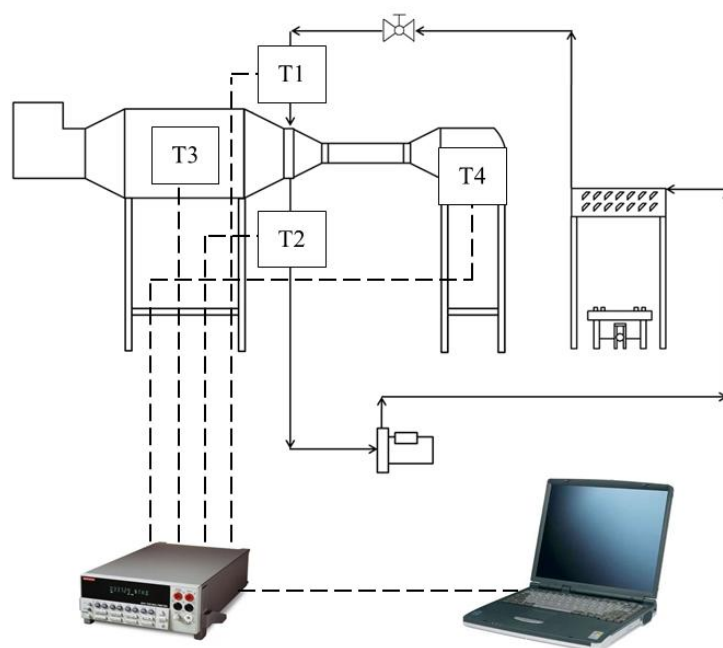
ในการทดสอบระบบของโมเดลเตาอบแห้งเพื่อหาตัวแปรที่ส่งผลต่อการควบคุมอุณหภูมิความร้อน เช่น อัตราการป้อนเชื้อเพลิง อัตราการไหลของน้ำ และอัตราการไหลของอากาศ เป็นต้น การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

4.1.2.1 ทำการทดสอบระบบ เริ่มต้นโดยการเปิดพัดลม วัดอัตราการไหลของอากาศ เปิดปั๊มน้ำร้อน วัดอัตราการไหลของน้ำ และจุดหัวเผา ปรับเชื้อเพลิง โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (T_1) ไม่เกิน 98 องศาเซลเซียส

4.1.2.2 รอจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state)

4.1.2.3 ทำการบันทึกอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 คือ

- ตำแหน่งที่ 1 อุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน T_1 (องศาเซลเซียส)
- ตำแหน่งที่ 2 อุณหภูมิของน้ำร้อนขาออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน T_2 (องศาเซลเซียส)
- ตำแหน่งที่ 3 อุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบ T_3 (องศาเซลเซียส)
- ตำแหน่งที่ 4 อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม T_4 (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมของชุดทดสอบโมเดลเตาอบแห้ง

4.1.3 การทดลองอบแห้งดอกดาวเรือง

4.1.3.1 ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการอบแห้งของโมเดลเตาอบแห้ง โดยการทดลองอบแห้งดอกดาวเรืองน้ำหนัก 1.8 กิโลกรัม จำนวน 6 ถาด ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ทำการเปิดพัดลม เปิดป้อนน้ำร้อน และจุดหัวเผา ปรับเชื้อเพลิงโดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (T_1) ไม่เกิน 98 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 แสดงดอกดาวเรืองสำหรับการอบแห้ง

4.1.3.2 ทำการบันทึกอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ

- ตำแหน่งที่ 1 อุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน T_1 (องศาเซลเซียส)
- ตำแหน่งที่ 2 อุณหภูมิของน้ำร้อนขาออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน T_2 (องศาเซลเซียส)
- ตำแหน่งที่ 3 อุณหภูมิของอากาศภายในห้องอบ T_3 (องศาเซลเซียส)
- ตำแหน่งที่ 4 อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม T_4 (องศาเซลเซียส)

4.1.3.3 ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ทางเข้าและทางออกห้องอบทุกๆ 1 ชั่วโมง

4.1.3.4 ทำการชั่งน้ำหนักของดอกดาวเรืองทุกๆ 1 ชั่วโมง

4.2 เตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

4.2.1 รายละเอียดของเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

เตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.4 มีขนาดห้องอบกว้าง 1.1 เมตร ยาว 1.6 เมตร และสูง 1.08 เมตร บรรจุถาดได้ 12 ถาด กรอบถาดทำจากอลูมิเนียมและตะแกรงทำจากตาข่ายสแตนเลส โครงสร้างและผนังห้องอบทำจากสแตนเลส SUS 304 โดยผนังห้องอบเป็นการนำแผ่นสแตนเลสพับขึ้นรูปคล้ายกล่องซึ่งด้านในบรรจุฉนวนกันความร้อนความหนา 5 เซนติเมตร อากาศหมุนเวียนใช้พัดลมชนิดแรงเหวี่ยงใบโค้งหน้า พิกัดมอเตอร์ 0.75 กิโลวัตต์ ให้อัตราการไหลอากาศเท่ากับ 0.416 กิโลกรัมต่อวินาที (ที่อุณหภูมิอากาศ 30 องศาเซลเซียส) มีใบปรับทิศทางลมจำนวน 4 ใบ เพื่อช่วยในการกระจายอากาศภายในห้องอบ ป้อนน้ำร้อนหมุนเวียนขนาดมอเตอร์ 0.75 กิโลวัตต์ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมี 2 ชุด โดยตัดแปลงใช้คอยล์ร้อนของระบบปรับอากาศเป็นตัวถ่ายเทความร้อน (ชุดที่ 1 ให้ความร้อนแก่อากาศ และชุดที่ 2 รับความร้อนจากหัวเผา) และหัวเผาประสิทธิภาพสูง (FUNO)



รูปที่ 4.4 เตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

4.2.2 การทดสอบระบบของเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

4.2.2.1 ทำการทดสอบระบบดังแสดงในรูปที่ 4.5 ที่ไม่ได้ติดตั้งตัวกรองอากาศ เริ่มต้นโดยเปิดพัดลม วัตต์อัตราการไหลของอากาศ เปิดปั๊มน้ำร้อน ปรับอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำไว้ที่ 0.059 กิโลกรัมต่อวินาที และจุดหัวเผา ปรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงไว้ที่ 0.96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.2.2.2 รอจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state)

4.2.2.3 ทำการวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ

- อุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน $T_{hw,i}$ (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิน้ำร้อนขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน $T_{hw,o}$ (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิอากาศแวดล้อม T_{amb} (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิอากาศเข้าสู่ห้องอบ $T_{a,i}$ (องศาเซลเซียส)

4.2.2.4 ทดลองตามข้อที่ 4.2.2.1 – 4.2.2.3 โดยปรับอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.07, 0.094 และ 0.105 กิโลกรัมต่อวินาที

4.2.2.5 ทดลองตามข้อที่ 4.2.2.1 – 4.2.2.4 โดยปรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.13 และ 1.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.2.2.6 ทำการทดสอบระบบดังแสดงในรูปที่ 4.5 ที่ติดตั้งตัวกรองอากาศ เริ่มต้นโดยการเปิดพัดลม แล้ววัตต์อัตราการไหลของอากาศ เปิดปั๊มน้ำร้อน ปรับอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำไว้ที่ 0.059 กิโลกรัมต่อวินาที และจุดหัวเผา ปรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงไว้ที่ 0.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

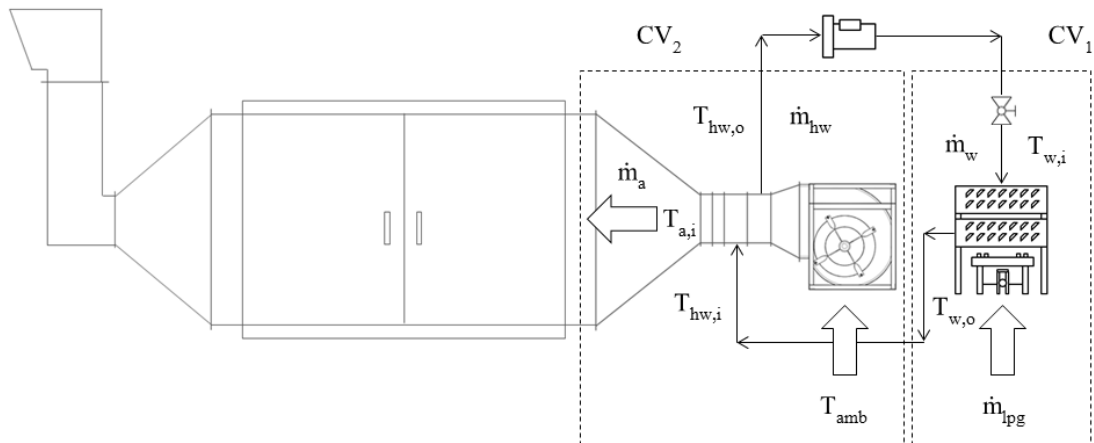
4.2.2.7 รอจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state)

4.2.2.8 ทำการวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ

- อุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน $T_{hw,i}$ (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิน้ำร้อนขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน $T_{hw,o}$ (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิอากาศแวดล้อม T_{amb} (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิอากาศเข้าสู่ห้องอบ $T_{a,i}$ (องศาเซลเซียส)

4.2.2.9 ทดลองตามข้อที่ 4.2.2.6 – 4.2.2.8 โดยปรับอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.07, 0.094 และ 0.105 กิโลกรัมต่อวินาที

4.2.2.10 ทดลองตามข้อที่ 4.2.2.6 – 4.2.2.9 โดยปรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.94 และ 1.08 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.5 ไดอะแกรมการทดสอบเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม

4.2.3 การทดลองอบแห้งดอกคาโมมายล์

4.2.3.1 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการอบแห้งของเตาอบแห้งขนาด 60 กิโลกรัม โดยการทดลองอบแห้งดอกคาโมมายล์น้ำหนัก 60 กิโลกรัม จำนวน 12 ถาด ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ทำการเปิดพัดลมเปิดป้อนน้ำร้อน และจุดหัวเผา ปรับอุณหภูมิลมร้อน ($T_{a,i}$) เท่ากับ 55 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 แสดงดอกคาโมมายล์สำหรับการอบแห้ง

4.2.3.2 ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ทางเข้าและทางออกห้องอบทุกๆ 1 ชั่วโมง

4.2.3.3 ทำการชั่งน้ำหนักของดอกคาโมมายล์ทุกๆ 1 ชั่วโมง

4.2.3.4 ทำการชั่งน้ำหนักของถังแก๊ส ก่อนและหลังการอบแห้ง

4.3 อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูล

4.3.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ คือ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Model No. 2700 และโมดูลตัดต่อสัญญาณ จำนวน 40 ช่องสัญญาณ Model No. 7700 ผลิตโดยบริษัท KEITHLEY ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล

4.3.2 เครื่องวัดความเร็วลม

เครื่องวัดความเร็วลม รุ่น AR836 ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ใช้ในการวัดความเร็วลม ช่วงการวัด 0.3 - 45 เมตรต่อวินาที ความละเอียดในการวัด 0.1 เมตรต่อวินาที และความแม่นยำในการวัด ± 3 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.8 เครื่องวัดความเร็วลม

4.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น ยี่ห้อ: CEM รุ่น: DT-321S ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ช่วงการวัดอุณหภูมิ 30 – 100 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 0.1 องศาเซลเซียส และการวัดความชื้นอยู่ในช่วง 0 – 100 เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความละเอียด 0.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น