บทที่ 4

การทดลอง

ลักษณะของมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองทุกการทดลอง คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ โดยนำมาเผาในอัตราการเผา 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ค่าปริมาณความชื้นของมูลฝอย โดยทั่วไปจะแสดงอยู่ในรูปของปริมาณความชื้นในมูลฝอยต่อมวลของมูลฝอยเปียกหรือมูลฝอยแห้ง สำหรับค่าปริมาณความชื้นเบื้องต้นในการทดลองนี้พิจารณาได้จากตารางที่ ฉ-7 สำหรับกรณีมูลฝอยเป็นกระดาษหนังสือพิมพ์ค่าความชื้นมีค่าประมาณ 6 % โดยน้ำหนัก การคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นเบื้องต้นสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้นของมูลฝอย} = (W_w - W_d)x100/ W_w \qquad (4.1)$$

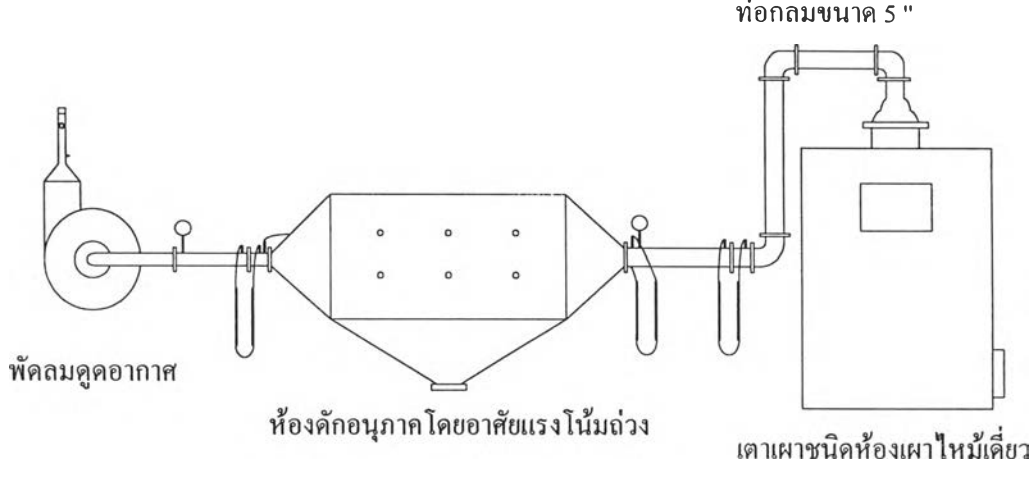
เมื่อ W_w = น้ำหนักของตัวอย่างมูลฝอยที่วัดได้ก่อนการอบแห้ง ; kg.

W_d = น้ำหนักของตัวอย่างมูลฝอยเดิมที่ได้ผ่านการอบแห้งในเตาอบ ณ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ใช้เวลานานประมาณ 30 นาที ; kg.

4.2 ลักษณะของระบบที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของระบบที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะของระบบที่สร้างขึ้นเป็นระบบที่ออกแบบตามสภาพการทำงานของระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป โดยระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถทำการลดปริมาณอนุภาคในแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้มูลฝอยประเภทต่างๆ ได้แก่ ใบไม้แห้ง , กิ่งไม้แห้ง , และหญ้า และกระดาษ ได้จริงจากการทดลอง ดังรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทั่วไปของระบบที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทั่วไปของระบบที่ใช้ในการทดลอง

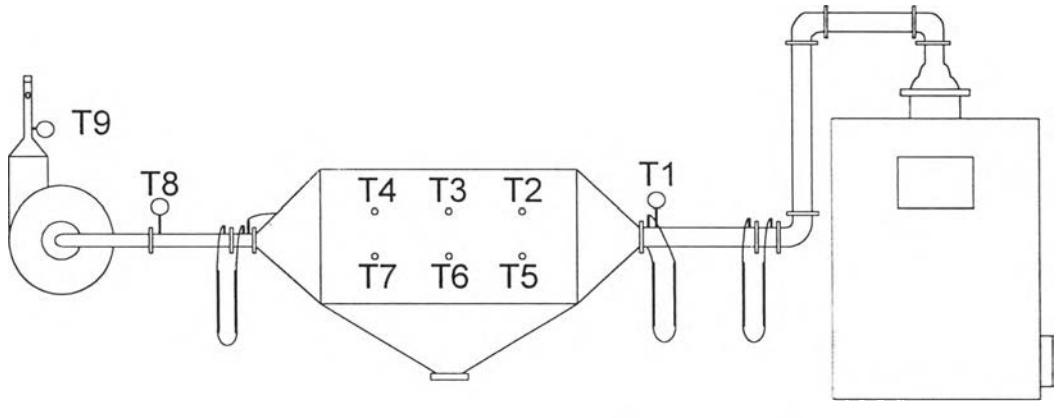
4.2.2 ส่วนประกอบของระบบที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับระบบที่ใช้ในการทดลองนี้มีส่วนประกอบหลัก คือ เตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว (Single-chamber incinerator) , ตัวเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง (Gravitational settling chamber), พัดลมดูดอากาศแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan) และระบบท่อ เตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวมีลักษณะห้องเผาไหม้มูลฝอยเป็นรูปทรงกระบอก ตัวเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงทำมาจากการนำแผ่นสังกะสีมาประกอบกันให้ได้ตามขนาดในแบบแล้วทำการประกอบกับระบบท่อ พัดลมดูดอากาศแบบแรงเหวี่ยงใช้ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง แล้วนำมาประกอบติดตั้งเข้าด้วยกันโดยมีท่อกลม ข้อต่อ 90 องศา เป็นตัว

เชื่อมต่อระบบ ดังรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทั่วไปของระบบที่ใช้ในการทดลอง โดยที่บริเวณทางเข้า, บริเวณทางออก และภายในเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงจะติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ล (Thermocouple) เข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข (Digital thermometer) เพื่อใช้วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ไหลผ่านระบบ ส่วนที่บริเวณปลายกรวยด้านล่างของตัวเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงจะมีที่รองรับอนุภาค(hopper) เพื่อนำอนุภาคที่เครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงดักเก็บได้ไปวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของอนุภาค และหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงต่อไป

4.2.3 ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ล

สำหรับระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงนี้ได้มีการติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด K รุ่น JB-30 , RB-30 เข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข (Digital thermometer)เพื่อใช้วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ไหลผ่านส่วนต่างๆ ของระบบ ดังรูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ล



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ล

4.2.4 การควบคุมอัตราการไหลของแก๊สร้อน

การควบคุมอัตราการไหลของแก๊สร้อนสามารถควบคุมได้โดยการปรับตำแหน่งพื้นที่ทางออกของแก๊สร้อนที่บริเวณปล่องควันเหนือพัดลมดูดอากาศ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดท่อ 0.0125 ตารางเมตร ด้วยการเลื่อนแผ่น Sliding door ไปที่ตำแหน่งต่างๆจนได้ค่าอัตราการไหลที่จุดวัดตามสภาวะที่จะทำการทดลอง ดังตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการควบคุมอัตราการไหลของแก๊สร้อน

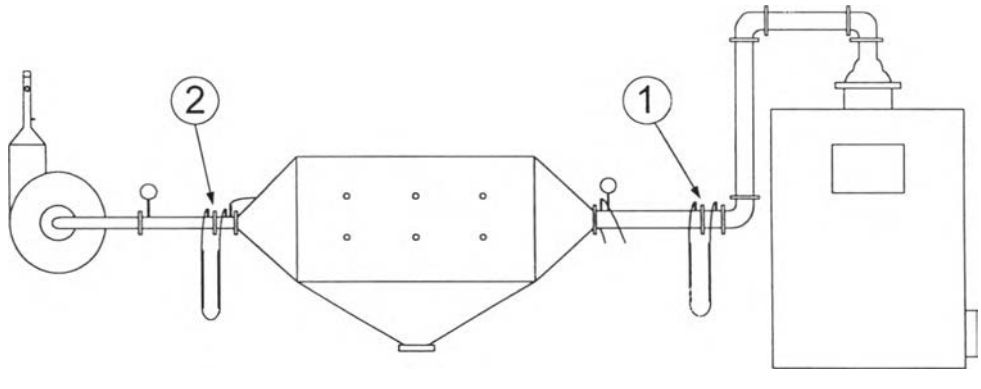
การหาค่าอัตราการไหลของแก๊สร้อนสามารถกระทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิช (Orifice plate) โดยพิจารณาจากค่าความดันเนื่องจากความเร็วของแก๊สร้อน (Velocity Pressure; VP) ที่ไหลผ่านแผ่นออริฟิชนี้ ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ในรูปของความสูงแตกต่างของระดับน้ำที่บรรจุอยู่ในมานอมิเตอร์ ในหน่วยมิลลิเมตรของน้ำ แล้วทำการคำนวณหาค่าอัตราการไหลของแก๊สร้อนจากสมการที่ (ก-18) ดังภาคผนวก ก แสดงการหาค่าอัตราการไหลของแก๊ส

ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการควบคุมอัตราการไหลของแก๊สร้อน

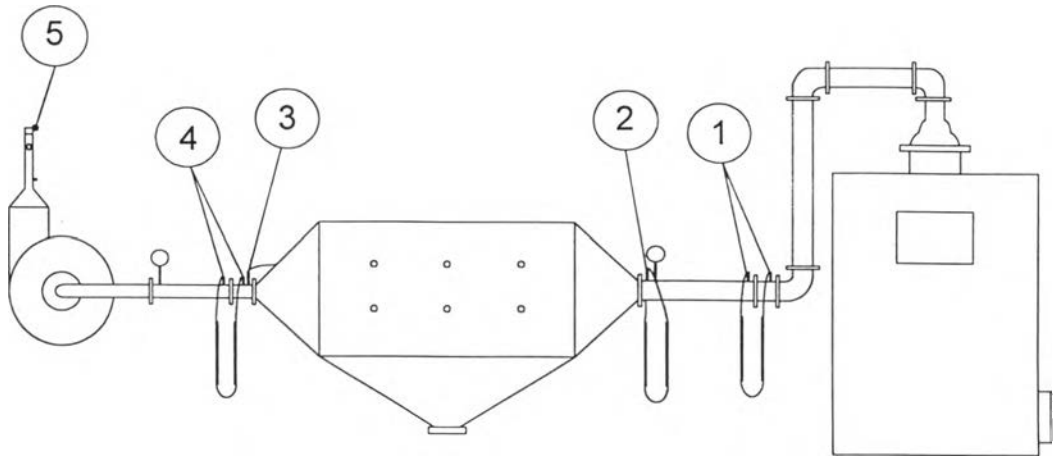
ตำแหน่งความสูงระดับน้ำ	ความเร็วแก๊สไอเสีย: m/s
1. ที่ความต่างระดับน้ำประมาณ 32 มม.	22.87
2. ที่ความต่างระดับน้ำประมาณ 28 มม.	21.40
3. ที่ความต่างระดับน้ำประมาณ 24 มม.	19.81
4. ที่ความต่างระดับน้ำประมาณ 20 มม.	18.08

4.2.5 <u>ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นออริฟิช</u>

สำหรับระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงนี้ได้มีการติดตั้งแผ่นออริฟิช (Orifice plate) ซึ่งมีการออกแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีชื่อว่า " Forboro Flowmeter Product Selection Guide" ดังภาคผนวก ง แสดงโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลเพื่อใช้สำหรับวัดค่าอัตราการไหลของแก๊สร้อนที่ไหลผ่านระบบ ดังรูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นออริฟิช



รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นออริฟิช



รูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งในการวัดค่าต่างๆ ของระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

4.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแผ่นออริฟิช (Orifice plate) มาติดตั้งแบบ D, D/2 tapping และนำสายยางมาต่อเข้ากับมานอมิเตอร์รูปตัว U บรรจุน้ำ ที่จุดวัดที่ 1 และจุดวัดที่ 4 ดังรูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งในการวัดค่าต่างๆ ของระบบ เครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง เพื่อวัดค่าอัตราการไหลของแก๊สร้อนที่บริเวณทางเข้าและบริเวณทางออกของเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

2. นำสายยางมาต่อเข้ากับมานอมิเตอร์รูปตัว U บรรจุน้ำ ที่จุดวัดที่ 2 และจุดวัดที่ 3 ดังรูปที่ 4.4 เพื่อวัดค่าความดันสูญเสียในเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

3. นำชุดถาดที่จะทำการทดลองติดตั้งในเครื่องดักอนุภาค (25ชั้น, 20ชั้น, 15ชั้น)

4. ติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ลที่ตำแหน่งทางเข้า , ทางออก และบริเวณภายในของเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ดังรูป4.2 เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิของแก๊สที่ผ่านระบบจากเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข (Digital thermometer)

5. ติดตั้งแผ่นกรองตรวจวัดฝุ่นที่จุดวัดที่ 5 บริเวณทางออกของพัดลมดูดอากาศ ดังรูปที่ 4.4 เพื่อเก็บอนุภาคบางส่วนที่เครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงไม่สามารถดักเก็บได้เพื่อนำไปตรวจสอบหาการกระจายขนาดอนุภาคในแก๊ส

6. ตรวจสอบสภาพสายไฟและความเรียบร้อยอื่นๆ ของระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงทั้งหมดให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะเริ่มทำการทดลอง

I 18888380

7. เลื่อนแผ่น sliding door ปิดพื้นที่ทางออกของแก๊ส

8. เปิดสวิตซ์ให้มอเตอร์ทำงานเพื่อ ขับพัดลมดูดอากาศ แล้วค่อยๆ เลื่อนแผ่น sliding door จนระดับน้ำที่ออริฟิช 1 อยู่ในระดับค่าที่จะทำการทดลอง

9. นำเครื่อง Clamp on ammeter-voltmeter สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส มาวัดค่ากำลังของมอเตอร์แล้วบันทึกค่าที่ได้

10. เริ่มทำการเผามูลฝอยประเภทกระดาษในอัตราการป้อนมูลฝอย 25 กิโลกรัม/ชั่วโมง

10.1 เริ่มต้นใส่มูลฝอยจำนวน 2.5 กิโลกรัมลงไปในเตาเผา เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที

10.1.1 บันทึกค่าความดันเนื่องจากความเร็วของแก๊สร้อนที่ไหลผ่านแผ่นออริฟิช ในรูปความแตกต่างของระดับน้ำในมานอมิเตอร์รูปตัว U ที่ตำแหน่งต่างๆ ในข้อที่ 1

10.1.2 บันทึกค่าความดันสูญเสียของเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ในรูปความสูงแตกต่างของระดับน้ำในมานอมิเตอร์รูปตัว U ที่ตำแหน่งต่างๆ ในข้อที่ 2

10.1.3 บันทึกค่าอุณหภูมิของแก๊สร้อนจากเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลขที่ตำแหน่งต่างๆ ในข้อที่ 3

10.2 ในนาทีที่ 6 ใส่มูลฝอยลงไปในเตาเผาอีก 2.5 กิโลกรัม เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที (นาทีที่9) ทำการบันทึกค่าความดันเนื่องจากความเร็วของแก๊สร้อน, ค่าความดันสูญเสียของเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และค่าอุณหภูมิของแก๊สร้อน อีกครั้ง

10.3 จากนั้นทำการทดลองไปโดยใส่มูลฝอยครั้งละ 2.5 กิโลกรัม และบันทึกค่าต่างๆ จากการทดลองสลับกันไปทุก ๆ 3 นาที จนครบในอัตราการป้อนมูลฝอย 25 กิโลกรัม / ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้มูลฝอยเผาไหม้ต่อจนหมดโดยบันทึกค่าต่างๆทุกๆ 6 นาที

10.4 ใส่ชุดแผ่นกรองตรวจวัดฝุ่น ชุดแรกในนาทีที่ 10, ชุดที่ 2 ในนาทีที่ 28, ชุดที่ 3 ในนาทีที่ 46 โดยแต่ละชุดใช้เวลาในการดักฝุ่นประมาณ 5 นาที

11. ปิดสวิตซ์ให้มอเตอร์ของพัดลมหยุดทำงานแล้วทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที เพื่อให้อนุภาคที่ยังฟุ้งกระจายอยู่ในระบบเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงตกลงสู่ถาดให้หมดเสียก่อน

12.นำปริมาณอนุภาคที่ตกอยู่ในแต่ละชั้นถาดไปชั่งน้ำหนักและนำไปทำการวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของอนุภาคด้วยเครื่อง “Mastersizer S” ดังภาคผนวก ข แสดงการวิเคราะห์หาการกระจายขนาดอนุภาค

13. นำแผ่นกรองตรวจวัดฝุ่นไปชั่งน้ำหนักหาค่าน้ำหนักอนุภาคที่เก็บได้ และนำอนุภาคไปวิเคราะห์หาการกระจายของอนุภาคในแก๊ส

14. เปลี่ยนค่าอัตราการไหลของแก๊สร้อนโดยทำการเลื่อนแผ่น Sliding door ปยังตำแหน่งต่างๆจนครบ 4 ค่า ตามหัวข้อที่ 4.2.4 แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 8 ถึงข้อ 11 จนครบทุกค่าอัตราการไหล

15. นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้บันทึกค่าไว้จากการทดลองในแต่ละครั้งไปคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ทำการศึกษา คือ

15.1 ความเร็วของแก๊สขาเข้า

15.2 อัตราการไหลเชิงมวลของแก๊ส ดังภาคผนวก ก

15.2 ความหนาแน่นของอนุภาคในแก๊สก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

15.3 ความดันสูญเสียในเครื่องแยกอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง

15.4 การกระจายขนาดของอนุภาค ดังภาคผนวก ข

15.5 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดักอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ดังภาคผนวก จ

16. นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้

16.1 ประสิทธิภาพของเครื่องดัก กับ อนุภาคความเร็วแก๊สที่ทางเข้า

16.2 ความเข้มข้นของอนุภาคในแก๊สก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ กับ อัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สร้อน

16.3 อุณหภูมิเฉลี่ยของแก๊สขาเข้า กับ อัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สร้อน

16.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของแก๊สก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ กับอัตราการไหลเชิงมวลของแก๊สร้อน

16.5 ประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคที่ขนาดต่างๆ กับ การกระจายขนาดของอนุภาคที่เครื่องดักอนุภาคโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงเก็บได้

16.6 ประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคที่ขนาดต่างๆ กับ การกระจายขนาดของอนุภาคที่แผ่นกรองอนุภาคเก็บได้