

## บทที่ 3

### เครื่องมือและวิธีการทดลอง

#### เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. เครื่องปฏิกรณ์

ชุดเครื่องปฏิกรณ์ Leco sulfur analyzer (starhope-seta Model Seta 2600) แสดงดังภาพที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย เตาเผาสามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส หลอดแก้วควอตซ์ (Quartz tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ยาว 505 มิลลิเมตร บรรจุสารดูดซับตัวอย่าง และชุดดูดซึมแก๊ส (absorber) พร้อมอุปกรณ์มีหลอดดูดซึมแก๊สภายในบรรจุสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อจับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 หลอด

##### 2. เครื่องควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส

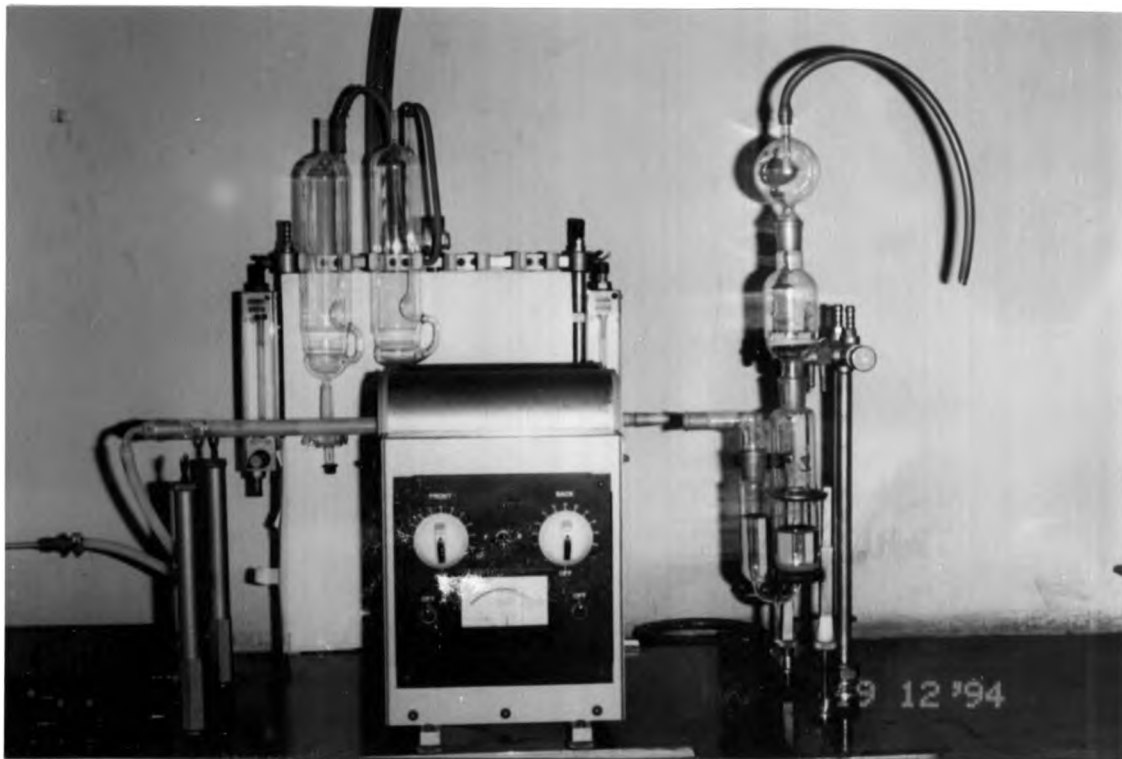
ประกอบด้วยมิเตอร์ควบคุมการไหลเข้าของแก๊ส Metheson mass flow meter 4 ขนาดคือขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาทีสำหรับควบคุมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาทีสำหรับควบคุมแก๊สออกซิเจน ขนาด 300 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาทีสำหรับควบคุมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และขนาด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาทีสำหรับควบคุมแก๊สไนโตรเจน และอุปกรณ์ควบคุมการไหลของแก๊ส Metheson mass flow controller model 8274 ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.2

##### 3. ตะแกรงร่อนสารตัวอย่างและเครื่องเขย่า

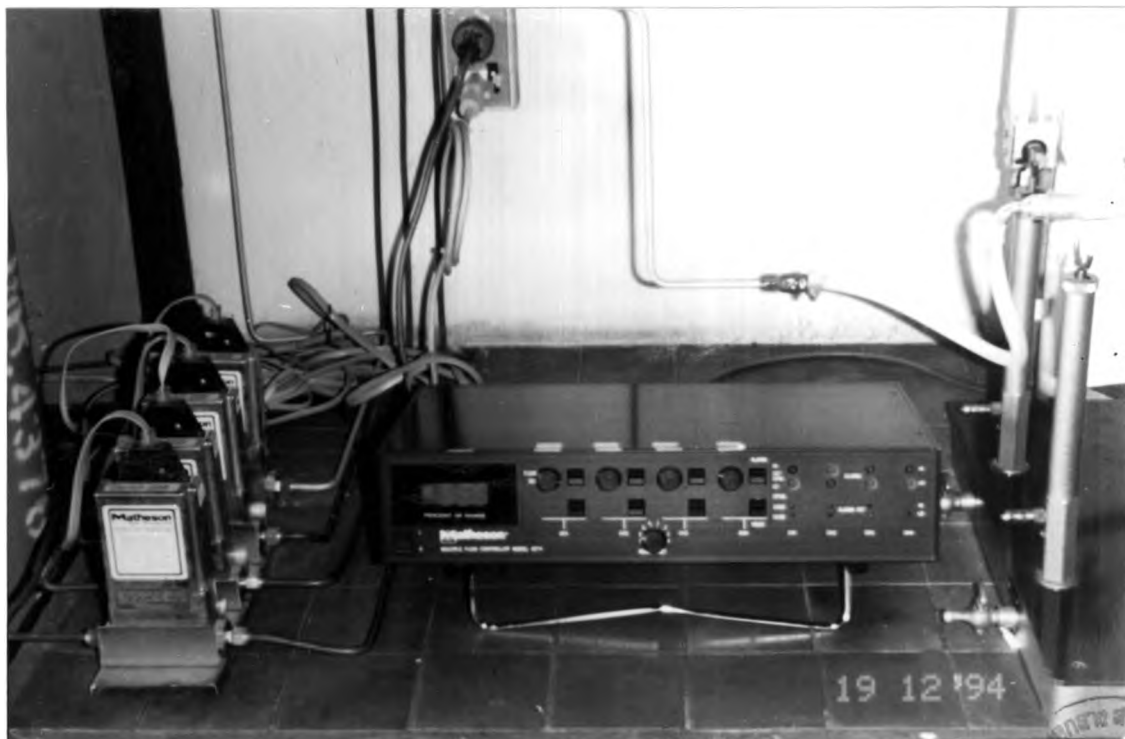
ตะแกรงที่ใช้มี 2 ขนาดคือขนาด 75 ไมโครเมตร(200เมช) และขนาด 150 ไมโครเมตร(100เมช)

ตัวอย่างสารดูดซับและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารดูดซับตัวอย่าง 4 ชนิดคือ แคลเซียมออกไซด์ (laboratory grade) แคลเซียมออกไซด์ (commercial grade) หินปูน(limestone) และหินปูนโดโลไมต์(dolomite)
2. ใยแก้วควอร์ตซ์แบบสำลี (Quartz wool) .
3. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 จากบริษัท ไทยอินดัสเตรียลแก๊ส จำกัด
4. แก๊สออกซิเจน ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 จากร้านเลียงฮงไถ่
5. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95-97.5 จากร้านเลียงฮงไถ่
6. แก๊สไนโตรเจน ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 จากร้านเลียงฮงไถ่
7. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide) เข้มข้นร้อยละ 30 จากบริษัท เมอซัค (MERCK)
8. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodiumhydroxide) จากบริษัท เมอซัค (MERCK)
9. โบรโมไธมอลบลู (bromothymolblue) จากบริษัท เจ ที เบเกอร์ (J.T. BAKER)



ภาพที่ 3.1 ชุดเครื่องปฏิกรณ์ Leco sulfur analyzer ( Starhope-Seta Model Seta 2000 )



ภาพที่ 3.2 เครื่องควบคุมอัตราการใช้



### การดำเนินงานวิจัย

1. การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฟลูแก๊ส ตัวแปรที่ศึกษา คือ เวลา อุณหภูมิ และความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฟลูแก๊ส อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง คือ 750, 800, 850 และ 900 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฟลูแก๊ส 1000, 2000 และ 3000 ส่วนในล้านส่วน(ppm) ขนาดอนุภาคของสารดูดซับตัวอย่าง 75-150 ไมโครเมตร ปริมาณตรสารดูดซับตัวอย่าง 15 มิลลิกรัมของแคลเซียมออกไซด์ ใช้เวลาในการทดลอง 5, 10 และ 15 นาที

2. การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซับแต่ละชนิด จากภาวะการทดลองข้างต้นใช้เวลาทดลองเท่ากัน 15 นาที พิจารณาอุณหภูมิที่สามารถกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้สูง

3. การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซับ โดยจะเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซับทั้ง 4 ชนิด โดยเปรียบเทียบที่ภาวะการทดลองเหมือนกันดังข้อ 1. ที่เวลา 15 นาที

4. จากข้อมูลการทดลองวิเคราะห์ทางจุลนาวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของปฏิกิริยาระหว่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับสารดูดซับตัวอย่าง โดยใช้ภาวะการทดลองในหัวข้อ 1. เวลาทดลอง 5 นาที เพื่อหาอันดับปฏิกิริยา ค่าคงที่อัตราเร็วเริ่มต้น สมการอัตราเร็วเริ่มต้นและค่าพลังงานกระตุ้น

### ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองใช้สารดูดซับที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบมากำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฟลูแก๊สที่จำลองขึ้น แผนผังชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.1

#### 1. การเตรียมตัวอย่างสารดูดซับ

นำตัวอย่างสารดูดซับที่บดละเอียดแล้วมาร่อนแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อนแยกขนาดและเครื่องแยก เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 75-150 ไมโครเมตร เก็บในเดซิเดเตอร์เพื่อนำไปวิเคราะห์และทำการทดลองต่อไป

#### 2. การวิเคราะห์ตัวอย่างสารดูดซับก่อนทำการทดลอง

วิเคราะห์รูปแบบของแคลเซียมด้วยเทคนิคทาง X-ray diffraction องค์ประกอบธาตุในสารดูดซับที่วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค X-ray fluorescence spectrometry ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และค่าพื้นที่ผิวสัมผัสและขนาดรูพรุนโดยวิธี BET surface area ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

### 3. การกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยสารดูดซับ

3.1 เตรียมสารดูดซับโดยตักตัวอย่างสารดูดซับ 15 มิลลิกรัมไปรยให้กระจายในใยแก้ว 100 มิลลิกรัมให้ทั่วถึงกัน

3.2 เปิดเตาเผาและควบคุมอุณหภูมิทดลองให้คงที่ที่ 750, 800, 850 หรือ 900 องศาเซลเซียส

3.3 เปิดเครื่องควบคุมอัตราการไหลของแก๊สและควบคุมให้ได้ฟลูแก๊สที่มีองค์ประกอบคือ 1000-3000 ppm SO<sub>2</sub>, 13.6% CO<sub>2</sub>, 6.3% O<sub>2</sub> และ 83.6% N<sub>2</sub> ในอัตราการไหล 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ซึ่งจะยังไม่ผ่านเข้าเครื่องปฏิกรณ์โดยปรับที่วาล์วสามทางดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.4 นำสารดูดซับที่เตรียมบรรจุในหลอดแก้วควอร์ตซ์ที่วางในเตาเผา

3.5 บรรจุหลอดดูดซึมแก๊สด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 6 โดยปริมาตร โดยบรรจุในหลอดที่หนึ่ง 50 มิลลิลิตร และหลอดที่สอง 30 มิลลิลิตร และประกอบชุดดูดซับแก๊สกับหลอดแก้วควอร์ตซ์ดังรูปที่ 3.1

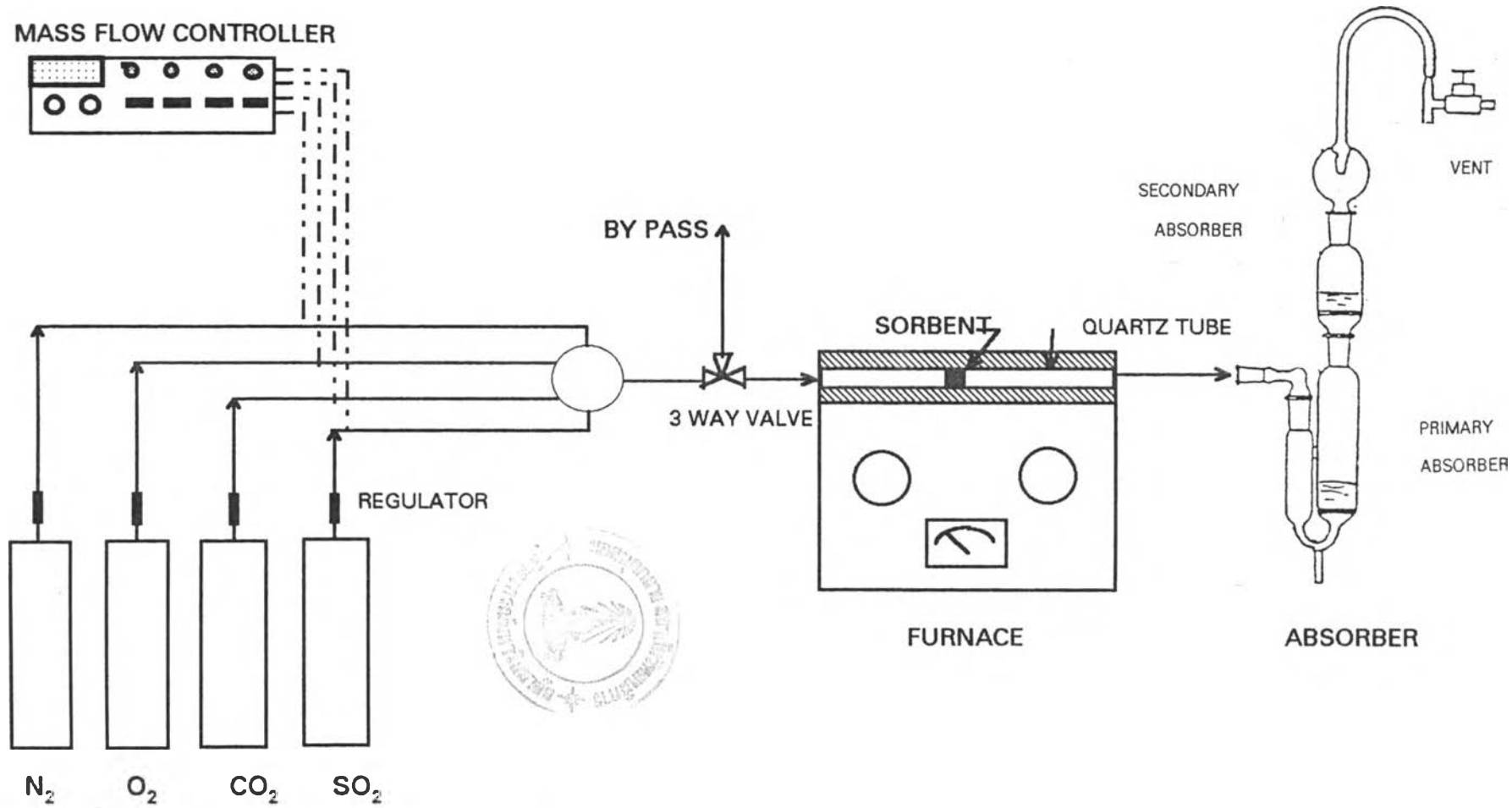
3.6 ปรับวาล์วสามทางเพื่อให้ฟลูแก๊สที่ควบคุมอยู่ไหลผ่านไปยังเครื่องปฏิกรณ์พร้อมกับเริ่มจับเวลาการทดลอง โดยเวลาทดลองที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ 5, 10 หรือ 15 นาที

3.7 ปิดการไหลของแก๊สทุกตัวยกเว้นแก๊สไนโตรเจน ผ่านแก๊สไนโตรเจนต่อเป็นเวลา 2 นาทีและจึงปิดการไหลของแก๊สไนโตรเจน

3.8 ถอดหลอดแก้วควอร์ตซ์ออกจากชุดดูดซึมและนำสารละลายที่ได้ในหลอดดูดซึมทั้งสองหลอดเทรวมกันใน flask แล้วล้างหลอดดูดซึมแก๊สทั้งสองหลอดด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 2 ครั้งในปริมาณไม่เกิน 20 มิลลิลิตร

3.9 รวมสารละลายที่ได้และนำล้างไปติเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร และใช้โบรโมโรมอลบลูเป็นอินดิเคเตอร์

3.10 ทำการทดลองเหมือนข้างต้นแต่เปลี่ยนปัจจัยที่ทำการทดลอง



รูปที่ 3.1 รูปแผนผังชุดการทดลอง