บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 ระบบการทดลอง

3.1.1 แก๊สถูกดูดกลืน

แก๊สถูกดูดกลืน เป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากกระบวนการเผาไหม้ของกำมะถันในเตาเผา(Furnace) ที่อุณหภูมิประมาณ 1050 °C โดยมีองค์ประกอบและสัดส่วนโดยประมาณดังต่อไปนี้

องค์ประกอบ	สัดส่วนโดยปริมาตร (% โดยปริมาตร)
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์	0.00
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	10.50
ออกซิเจน	10.40
ไนโตรเจน	79.10

การปรับความเข้มข้นของแก๊สให้มีค่าคงที่ โดยการควบคุมอุณหภูมิของเตาเผา ซึ่งอุณหภูมิของเตาเผาจะแปรตามอุณหภูมิของแก๊ส การปรับอุณหภูมิทำได้โดยการปรับอัตราการไหลของกำมะถันและปริมาณอากาศ ซึ่งจะปรับความเข้มข้นของแก๊สไว้ที่ 10.5% โดยปริมาตรตลอดการทดลอง

3.1.2 ตัวดูดกลืน

ตัวดูดกลืนใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปรับความเข้มข้นโดยใช้น้ำบาดาล เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ และนำไปใช้ในการทดลอง

3.1.3 ออกซิเจน

ออกซิเจนที่ใช้เติมเข้าสู่หอดูดกลืน เพื่อใช้ศึกษาถึงผลกระทบของออกซิเจนที่มีต่อการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้ออกซิเจนจากอากาศ อากาศจากบรรยากาศจะถูกอัดความดันโดยเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ที่ช่วงความดันประมาณ 5-10 บาร์และปล่อยเข้าสู่หอดูดกลืนโดยผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Rotameter) เพื่อควบคุมอัตราการไหลให้ได้ตามต้องการ

3.1.4 ผลิตภัณฑ์หลัก

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการดูดกลืนจะประกอบด้วยสารประกอบโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก มีคุณสมบัติดังนี้

3.1.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) เป็นผลึกของแข็งขาว มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.633 (15.4°C) มีค่าการละลายในน้ำสูงสุดเท่ากับ 28 กรัม ต่อ 100 กรัมของสารละลาย ที่อุณหภูมิ 33.4°C สามารถละลายได้ในกลีเซอรอล (Glycerol) แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ อะซิโตน และในตัวทำละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่

3.1.4.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties) ในอากาศแห้ง สารประกอบโซเดียมซัลไฟต์ในสถานะของแข็งจะเสถียรที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าในสภาวะที่อากาศมี

ความชื้น จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจากอากาศเป็นสารประกอบโซเดียมซัลเฟตอย่างรวดเร็ว

โดยทั่วไป สารละลายของโซเดียมซัลไฟต์ มีฤทธิ์เป็นด่าง (ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าประมาณ 9.8 สำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวล) ถ้าสารละลายถูกแปรสภาพให้มีฤทธิ์เป็นกรด (ค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 7) สารประกอบโซเดียมซัลไฟต์ จะถูกแปรสภาพเป็นสารประกอบโซเดียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตตาไบซัลไฟต์แทน [16]

3.1.5 องค์ประกอบร่วม

ในระบบกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีไอออนต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายในสารละลาย ซึ่งปะปนอยู่กับผลิตภัณฑ์หลัก คือ องค์ประกอบของซัลไฟต์ในสารละลาย แต่ก็มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบของซัลไฟต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์หลักและไฮดรอกไซด์ที่เป็นตัวดูดกลืนของระบบ ซึ่งได้แก่ สารประกอบของโซเดียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตตาซัลไฟต์ โซเดียมไธโอซัลไฟต์ เป็นต้น [17]

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

ชุดอุปกรณ์สำหรับการศึกษาทดลองการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แสดงในรูปที่ 3.1

3.2.1 หอดูดกลืนแบบเบดนิ่ง (8) ทำจากพลาสติกชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride , PVC) หอดูดกลืนที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 131 มม. ความสูงทั้งหมดประมาณ 3,350 มม.โดยมีส่วนบรรจุแพคกิ้ง (7) สูง 1,350 มม.ภายใน

บรรจุด้วยแพคกิ้งประเภทราสจิคริง (Raschig Ring) ทำมาจากเซรามิคโดยมีการจัดเรียงแพคกิ้งในหอเป็นแบบไม่เป็นระเบียบ (Random) แพคกิ้งที่ใช้มีขนาด 25 มม. มีเส้นผ่านศูนย์กลางเสมือนเท่ากับ 20 มม. มีท่อสำหรับแก๊สขาเข้าหอดูดกลืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. และท่อขาออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ตามลำดับ และหัวฉีด (6) ทำด้วยสแตนเลส 303 เส้นผ่านศูนย์กลางออริฟิซขนาด 5.2 มม. มุมหัวฉีด 75 องศา ที่ความดัน 1.5 บาร์ อัตราการไหล 41 ลิตรต่อนาที ที่ความดัน 10 บาร์

3.2.2 เครื่องวัดความเร็วลมระบบดิจิตอล ใช้วัดความเร็วของแก๊สที่ออกจากหอดูดกลืนเพื่อคำนวณหาอัตราการไหลของแก๊ส โครงสร้างของค่าเซ็นเซอร์เป็นแขนกังหันที่สามารถหมุนได้สะดวกและออกแบบให้ใช้บอลล์แบริ่ง (Ball-bearing) ที่มีความเสียดทานต่ำ ส่วนแสดงผลบนจอภาพชนิดคริสตัลเหลว (Liquid Crystal Display,LCD) ขนาดตัวเลขสูงถึง 18 มิลลิเมตร หัวเซนเซอร์เป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 มิลลิเมตร ช่วงการวัด 0.2–40 เมตรต่อวินาที ความละเอียด 0.1 เมตรต่อวินาที ความคลาดเคลื่อนร้อยละ +/- 2 เปอร์เซ็นต์ แสดงในรูปที่ 3.2

3.2.3 ชุดวิเคราะห์องค์ประกอบในแก๊สผสมและของเหลวผสม

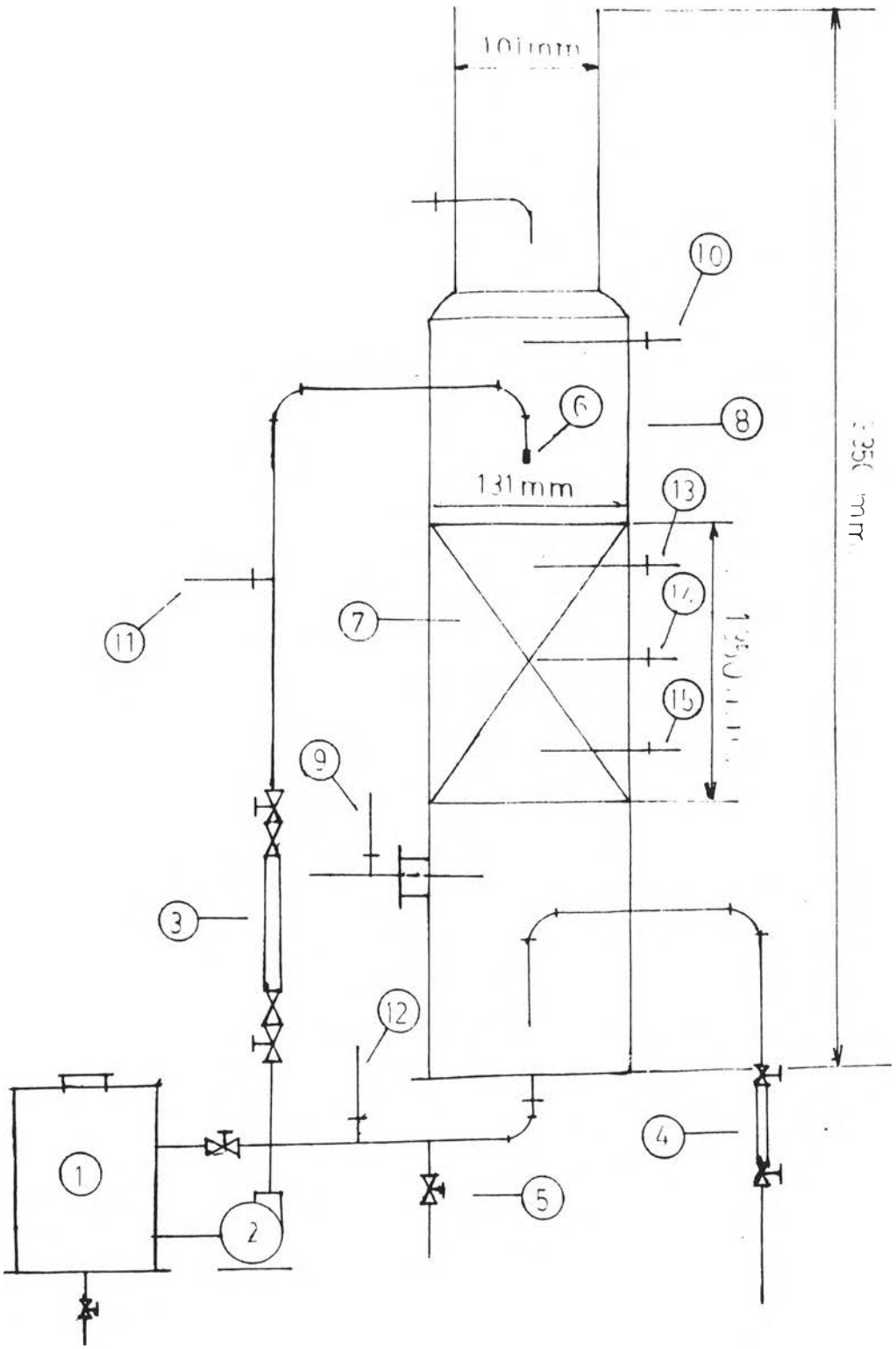
3.1.3.1 ชุดวิเคราะห์ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายแก๊สโดยวิธี Reich Test แสดงในรูปที่ 3.3

3.1.3.2 ชุดวิเคราะห์ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลาย โดยใช้วิธีไตรเตรตด้วยปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Titration)

3.1.3.3 ชุดวิเคราะห์ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยวิธีการไตรเตรตด้วยกรด (Acid Titration)

3.1.3.4 ชุดวิเคราะห์ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลไฟต์ โดยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน (Iodometric)

3.1.3.5 ชุดวิเคราะห์ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลเฟต โดยวิธีการตกตะกอน (Gravimetric)



รูปที่ 3.1 รูปแบบการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์ในรูปที่ 3.1

1 = ปั๊มแท็งค์ (Pump Tank)

2 = ปั๊มหมุนเวียน (Circulating Pump)

3,4 = โรตามิเตอร์ (Rotameter) วัดอัตราการไหลของของเหลวและอากาศ ตามลำดับ

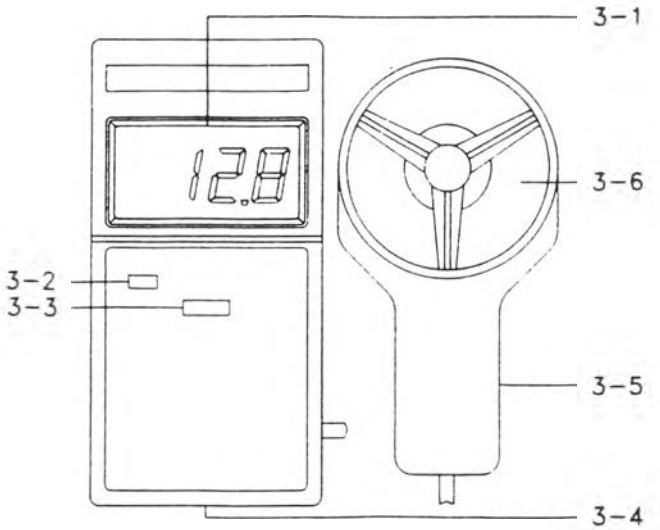
5 = จุดเก็บตัวอย่าง (Sampling)

6 = หัวฉีด (Spray Nozzle)

7 = แพคกิ้ง (packing)

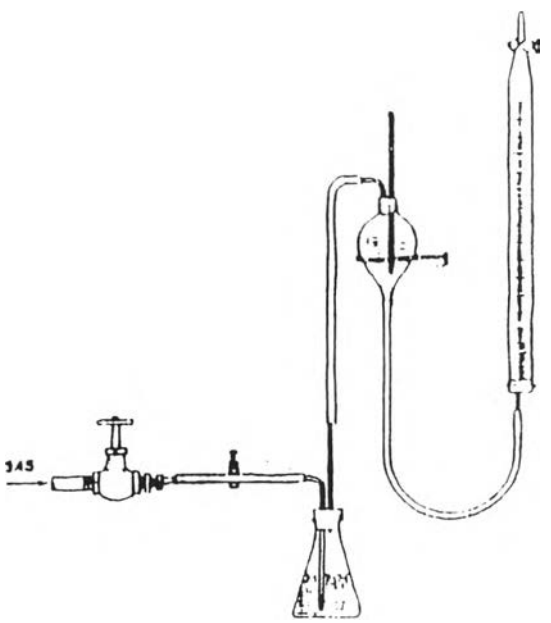
8 = หอดูดกลืน (packed column)

9-15 = เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)



3-1 Display
3-2 OFF/ON/Hold selector
3-3 Function (m/s, km/h, f/min, knots) selector
3-4 Battery Compartment/Cover
3-5 Sensor Handle
3-6 Sensor Head

รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.3 ชุดเครื่องมือ Reich Test ใช้วิเคราะห์หาแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ในกระบวนการผลิต [15]

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 หาอัตราการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการดูดกลืน ในระบบดูดกลืนที่ไม่มีการเติมออกซิเจน

ก่อนเริ่มการทดลองเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 12 ลิตร ลงในถังพัก (1) เพื่อใช้ในการทดลอง

วิเคราะห์หาความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ทางเข้าหอดูดกลืน โดยใช้เครื่องมือที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ปรับอุณหภูมิของแก๊สจากกระบวนการผลิตกรดกำมะถันที่อุณหภูมิ 400 °C ให้ลดลงเหลือประมาณ 50° C เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป และปรับอัตราการไหลของแก๊สเข้าหอดูดกลืนโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลม แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ให้มีอัตราการไหลเท่ากับ 18.0 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เตรียมหอดูดกลืนแก๊ส โดยเดินปั๊มหมุนเวียน (2) สูบของเหลวจากถังพัก (1) ขึ้นไปพ่นเป็นฝอยโดยผ่านหัวฉีด (6) บนยอดหอ ด้วยอัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง บันทึกอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ (9-15) ที่จุดต่าง ๆ และเก็บตัวอย่างจากด้านล่าง (5) ของหอดูดกลืนที่เวลา 0 , 5 , 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นขององค์ประกอบไฮดรอกไซด์ (OH^-) ซัลไฟต์ (SO_3^{2-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้พีเอชมิเตอร์ (pH meter) หาค่าความหนาแน่นในสารละลายตัวอย่าง และบันทึกผลการทดลอง

ทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น เป็นร้อยละ 10 , 20 , 30 และ 50 โดยมวล ตามลำดับ

คำนวณหาอัตราการดูดกลืนโดยหาจากอัตราการใช้หรือหายไปขององค์ประกอบของไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการทดลอง ที่เงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น

3.3.2 หาอัตราการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และอัตราการไหลของอากาศที่มีต่อการดูดกลืนในระบบที่มีการเติมออกซิเจน

การทดลองเพื่อหาค่าอัตราการ ดูดกลืน และศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการดูดกลืน ทำการทดลองเหมือนตอนที่ 3.3.1 โดยเติมอากาศเข้าสู่ด้านล่างของหอดูดกลืนและปรับอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 14 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยใช้โรตามิเตอร์ (4) แต่สำหรับการศึกษาถึงผลของอัตราการไหลของอากาศที่มีต่อการดูดกลืน ในระบบการดูดกลืนที่เติมออกซิเจน ก็จะทดลองเช่นเดียวกัน โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นประมาณร้อยละ 13 โดยมวล และปรับอัตราการไหลของอากาศที่ป้อนเข้าสู่หอดูดกลืน เท่ากับ 0 , 7 และ 14 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ