

บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนไม่ต่อเนื่อง (Batch stirred tank reactor) ลักษณะเป็นถังกวนที่มีฝาปิดแน่น บรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน (Oil bath) ที่เป็นตัวให้ความร้อน ในการดำเนินการทดลองได้จัดเครื่องมืออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1

3.1.1 อ่างน้ำมัน ทำจากเหล็กปลอดสนิม (Stainless steel) มีความสูง 3.40 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 33 ซม. มีฉนวนทำด้วยใยแก้วหนา 2.54 ซม. หุ้มอ่างน้ำมันเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ภายในอ่างน้ำมันบรรจุน้ำมัน Essotherm ปริมาตร 10 ลิตร มีขดลวดไฟฟ้าขนาด 2500 วัตต์ เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ และมีเทอร์โมมิเตอร์เสียบติดอยู่เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำมัน มีเทอร์โมคัปเปิลแบบ K (K type thermometer) และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) แบบ proportional ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตามต้องการ

3.1.2 เครื่องปฏิกรณ์ถังกวน ที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 1 ลิตร ทำจากเหล็กปลอดสนิม หนา 0.6 ซม. สูง 15.7 ซม. และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.4 ซม. บริเวณขอบบนของถังกวนมีลักษณะเป็นหน้าแปลน (Flange) หนา 1.21 ซม. สำหรับประกอบกับส่วนของฝาปิดถังกวน ซึ่งยึดติดกันด้วยนอต ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ฝาปิดถังกวนทำด้วยเหล็กปลอดสนิมหนา 1.1 ซม. มีแผ่นกั้น (baffle) 4 แผ่น เชื่อมติดอยู่ด้านข้างของฝาปิด ตรงกึ่งกลางของฝาปิดมีแท่งกวน (Stirrer) ที่ส่วนปลายเป็นใบพัด 6 แฉก รอบแท่งกวนมีท่อดูดสารละลายออกจากถังกวน ท่อปรับความดันภายในถังกวน อุปกรณ์วัดความดันภายในถังกวนแบบบูร์ตอง (Bourdon pressure gauge) และเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในถังกวน

3.1.3 มอเตอร์ ที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวนเป็นมอเตอร์ขนาด 1/8 แรงม้า ติดตั้งอยู่กับแกนเหล็กด้านบน การหมุนของใบพัดกวนจะอาศัยแรงขับจากมอเตอร์ ความเร็วของใบพัดกวนปรับได้ตามต้องการ

3.2 ตัวอย่างถ่านหิน และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
2. สารเคมี $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
3. สารเคมี $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

3.3 การดำเนินการวิจัย

ใช้สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ และสารละลายเฟอร์ริกซัลเฟตเป็นตัวออกซิไดซ์ โดยเก็บตัวอย่างถ่านหินจากเครื่องปฏิกรณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์ครึ่งละประมาณ 10 กรัม ตามระยะเวลา คือ 10 20 30 60 90 120 180 และ 240 นาที ตามลำดับ

1. การทดลองหาผลของความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl_3) และสารละลายเฟอร์ริกซัลเฟต ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) ที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และสารละลายเฟอร์ริกซัลเฟตเป็น 0.5 0.8 และ 1.0 โมลต่อลิตร ตามลำดับ
2. การทดลองหาผลของอุณหภูมิ ที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยแปรค่าอุณหภูมิ 50 70 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
3. การทดลองหาผลของขนาดถ่านหิน ที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยแปรขนาดถ่านหิน 150 250 และ 500-750 ไมโครเมตร ตามลำดับ
4. การทดลองเปรียบเทียบผลของสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ และสารละลายเฟอร์ริกซัลเฟตที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน

5. การศึกษาอัตราเร็วปฏิกิริยาเคมีของไฟไรต์ และหาอันดับปฏิกิริยา
 - การทดสอบหาอันดับปฏิกิริยา (Reaction order)
 - การคำนวณหาค่าคงที่ของปฏิกิริยา (Rate constant) และค่าพลังงานกระตุ้น (Activation energy)
6. การศึกษาขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยา (Rate determining step) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบอิทธิพลของการแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม (Diffusion through film) กับการแพร่ผ่านชั้นผลิตภัณฑ์ (Diffusion through product layer) และการเข้าทำปฏิกิริยาเคมี (Chemical reaction) โดยทำการพลอตกราฟระหว่าง X กับเวลา $1-3(1-X)^{1/3}+2(1+X)$ กับเวลา และ $1-(1-X)^{1/3}$ กับเวลา ตามลำดับ

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างถ่านหิน โดยการนำถ่านหินมาบดด้วยเครื่อง hammer mill และ ball mill จนมีขนาดเล็กกลง แล้วนำไปร่อนแยกขนาดในตะแกรงร่อน (Seive) เพื่อแยกเก็บถ่านหินขนาด 150 250 และ 500-750 ไมโครเมตร
2. การทำปฏิกิริยาถ่านหินกับสารละลายเกลือเฟอริก
 - ชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินที่มีขนาดตามต้องการประมาณ 100 กรัม ใส่ในเครื่องปฏิกรณ์
 - เติมสารละลายเกลือเฟอริกที่มีความเข้มข้นตามต้องการปริมาณ 500 มล. ลงในเครื่องปฏิกรณ์ แล้วบิดฝา ยึดด้วยนอตให้แน่น
 - นำเครื่องปฏิกรณ์ใส่ลงในอ่างน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิตามต้องการ
 - เปิดเครื่องกวนพร้อมทั้งปรับความเร็วอัตราการกวน 500 รอบต่อนาที
 - เก็บตัวอย่างถ่านหินตามระยะเวลาที่ต้องการ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วปิดเครื่องกวน
 - ตัวอย่างถ่านหินที่เก็บจากเครื่องปฏิกรณ์นั้น นำไปกรองแยกถ่านหินออกจากสารละลาย ล้างด้วยน้ำจนเป็นกลาง
 - อบถ่านหินให้แห้งในเตาอบ (Drying oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 110°C
 - นำถ่านหินไปวิเคราะห์ผล

3. การวิเคราะห์ถ่านหิน จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินดังนี้
- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ASTM D 3173)
 - การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ASTM D 3174)
 - การวิเคราะห์ปริมาณสารระเหย (ASTM D 3175)
 - การวิเคราะห์กำมะถันรวม (Total sulfur) (ASTM D 3177)
 - การวิเคราะห์กำมะถันซัลเฟต (Sulfate sulfur) (ASTM D 2492)
 - การวิเคราะห์กำมะถันไพไรต์ (Pyritic sulfur) (ASTM D 2492)
 - การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Gross heating value) (ASTM D3286)

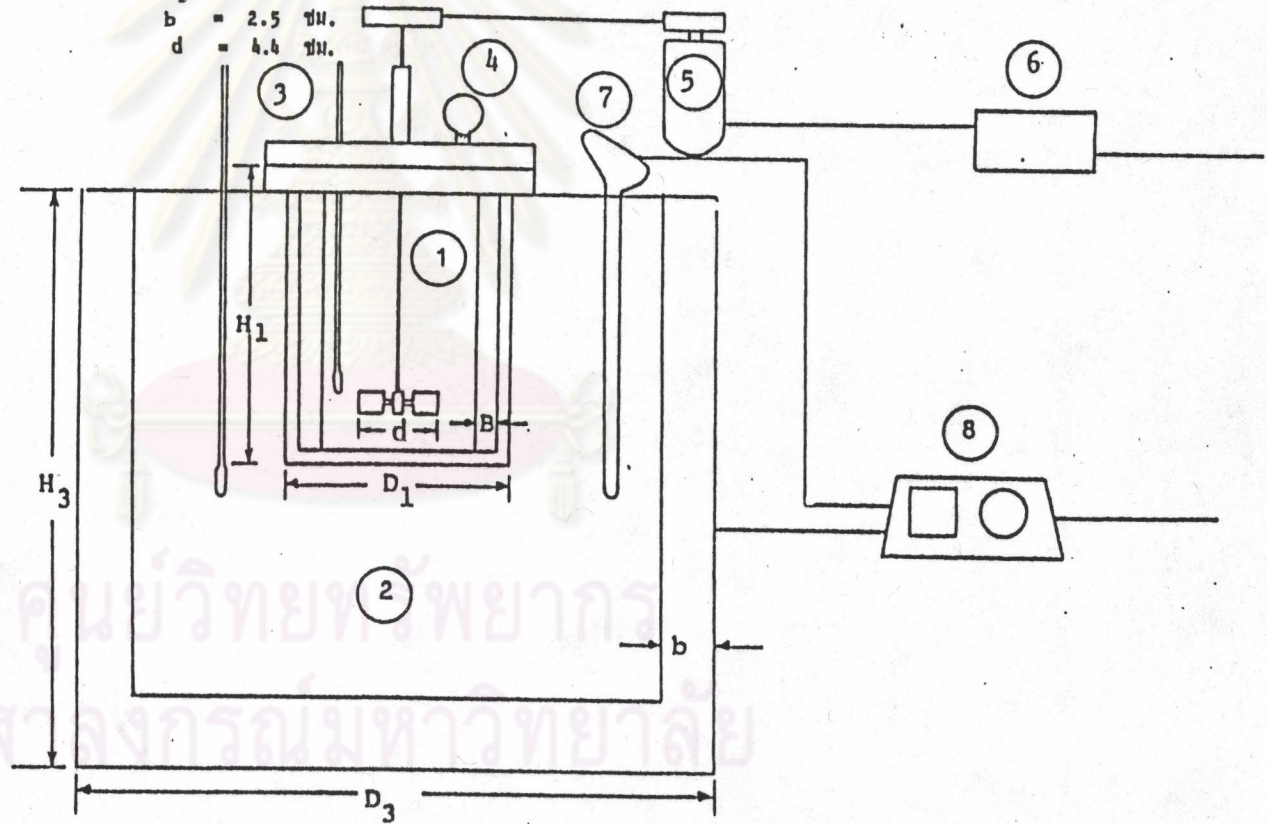


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบไม่ต่อเนื่อง
2. อ่างน้ำมัน
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. เครื่องวัดความดัน
5. มอเตอร์
6. เครื่องควบคุมความเร็วรอบ
7. เทอร์โมคัตเปิด
8. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

จำนวน baffle = 4
จำนวน blade = 6

$H_1 = 15.7$ ซม.
 $D_1 = 10.4$ ซม.
 $B = 1.3$ ซม.
 $H_3 = 3.3$ ซม.
 $D_3 = 3.05$ ซม.
 $b = 2.5$ ซม.
 $d = 4.4$ ซม.



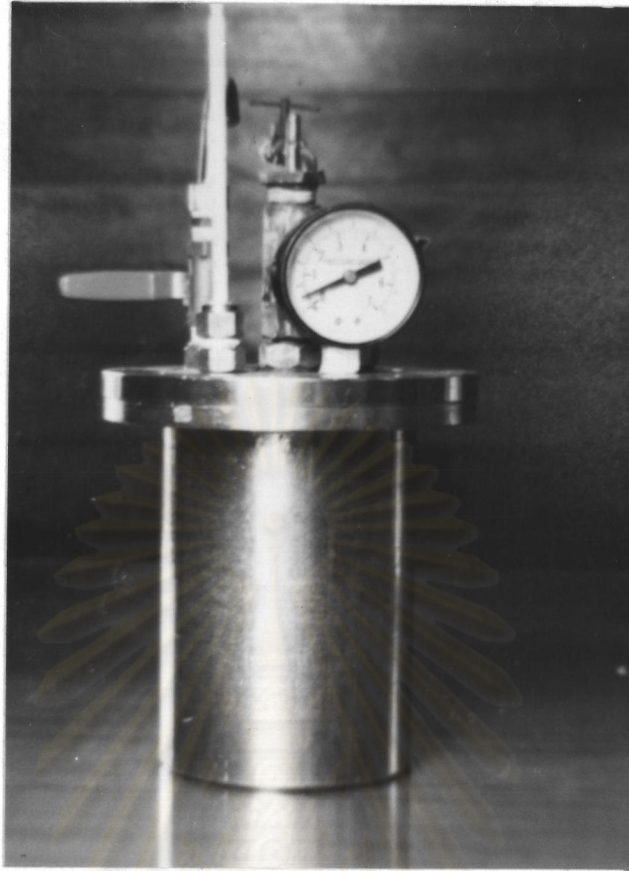
รูปที่ 3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งกวนและเครื่องมือควบคุมต่างๆ



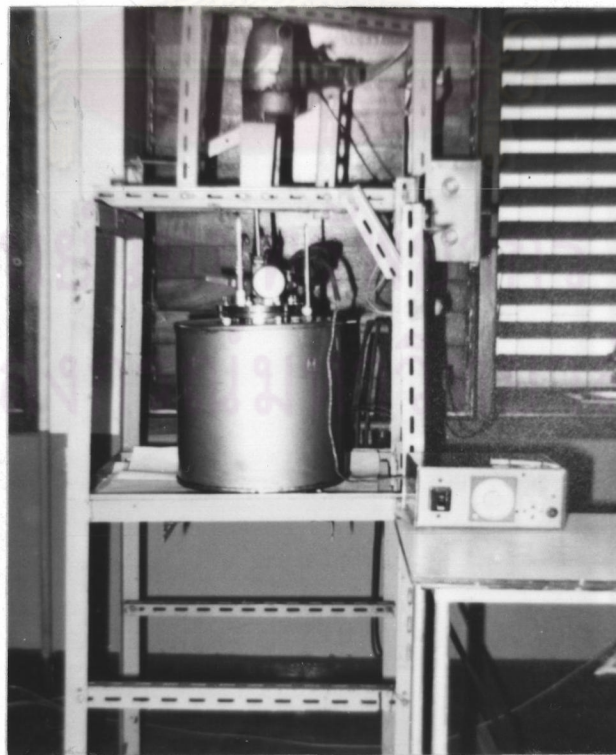
รูปที่ 3.2 อ่างน้ำมัน(Oil bath)



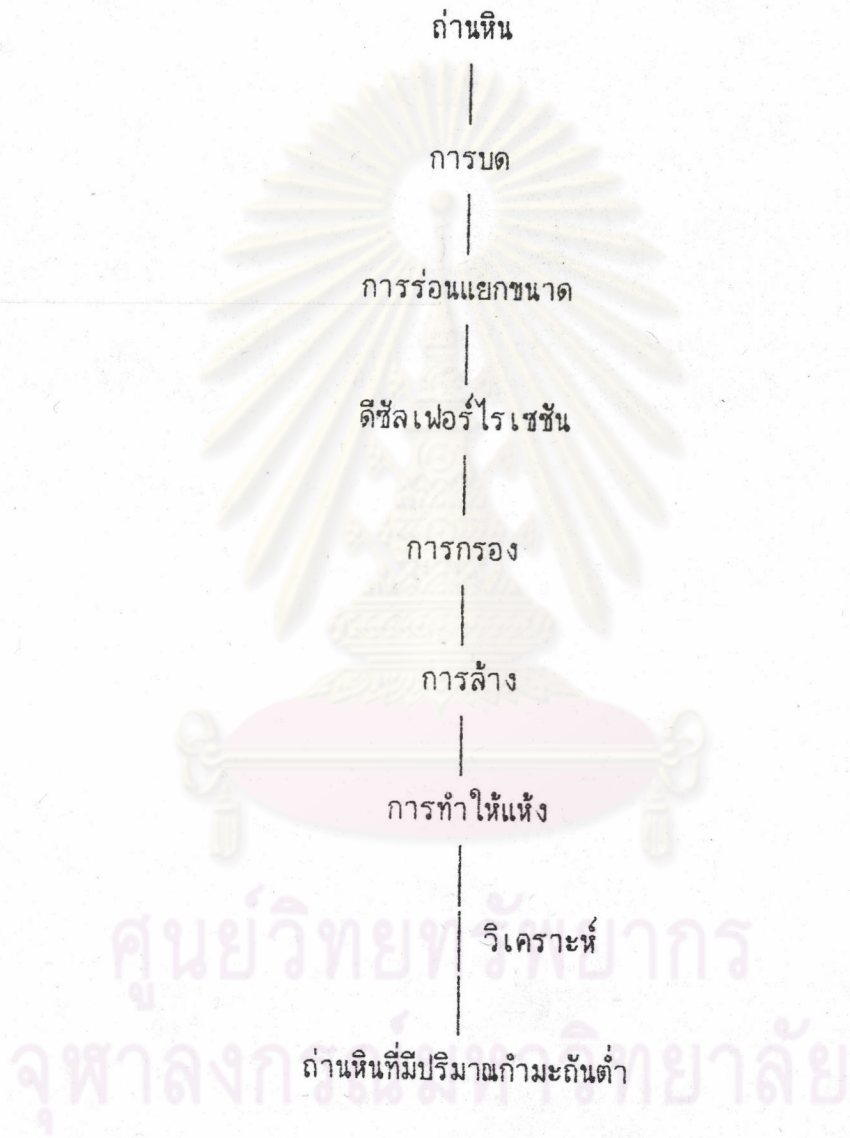
รูปที่ 3.3 ถังปฏิกรณ์และฝาปิด



รูปที่ 3.4 ถังปฏิกรณ์ และฝาปิดเมื่อประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.5 การจัดอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆในการทดลอง



รูปที่ 3.6 แผนผังขั้นตอนการทดลอง