



เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดกำมะถันด้วยสารละลายทองแดง และอัตราเร็วปฏิกิริยาเคมีของไฮดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำการทดลองศึกษาในเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนไม่ต่อเนื่อง (batch stirred tank reactor) ถังกวนที่ใช้มีแกนใบพัดสำหรับกวนติดอยู่ตรงกึ่งกลางของฝาปิด ถังกวนบรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน (oil bath) ที่เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิและถ่ายเทความร้อนให้ถังกวน

ก) เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนมีขนาด 1 ลิตร ทำจากเหล็กปลอดสนิม (stainless steel) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.4 ซม. หน้า 0.6 ซม. และสูง 15.7 ซม. บริเวณขอบบนของถังกวนมีลักษณะเป็นหน้าแปลน (flange) หน้า 1.1 ซม. สำหรับประกอบกับส่วนของฝาปิดถังกวน ซึ่งยึดติดกันด้วยน๊อต ส่วนประกอบทั้งสองนี้แสดงในรูปที่ 3.1 ฝาปิดถังกวนทำด้วยเหล็กปลอดสนิมหน้า 1.1 ซม. มีส่วนประกอบคือ แผ่นกั้น (baffle) กว้าง 1.3 ซม. 4 แผ่น เชื่อมติดอยู่ด้านล่างของฝาปิด ตรงกึ่งกลางฝาปิดมีแท่งกวน (stirrer) ที่ส่วนปลายเป็นใบพัด 6 แฉก นอกจากนี้มีอุปกรณ์วัดความดันภายในถังกวนแบบบูร์ดอง (Bourdon pressure gauge) เทอร์มิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในถังกวน ท่อดูดสารละลายออกจากถังกวน ท่อปรับความดันภายในถังกวน ส่วนมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวนติดอยู่กับแกนเหล็กด้านบน การหมุนของใบพัดกวนจะอาศัยแรงขับจากมอเตอร์ ความเร็วของใบพัดกวนปรับได้ตามต้องการ

ข) อ่างน้ำมัน (oil bath) ทำจากเหล็กปลอดสนิม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 33 ซม. สูง 30.48 ซม. และมีฉนวนทำด้วยใยแก้วหนา 2.54 ซม. หุ้มไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ภายในอ่างน้ำมันบรรจุน้ำมันพาราฟินได้ 10 ลิตร โดยมีขดลวดไฟฟ้าขนาด 2500 วัตต์ จุ่มอยู่เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันมีเทอร์มิคัปเบิลแบบ K (K type thermocouple) เทอร์มิเตอร์เสียบอยู่เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำมันพาราฟินและมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) แบบ proportional

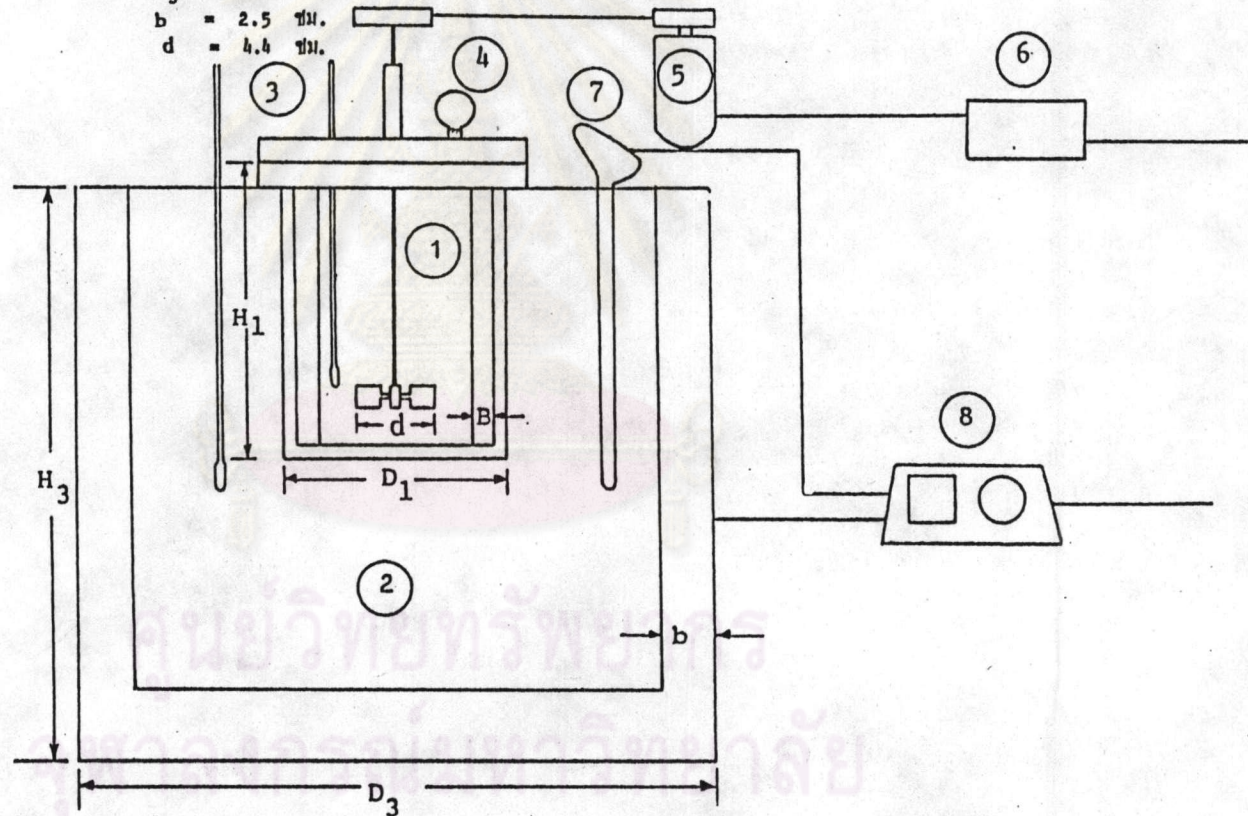
3.2 ตัวอย่างถ่านหินและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- ก. ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตัวอย่างที่ 1 เป็นถ่านหินชั้น Q ส่วนบน ตำแหน่ง N 29.5 W 1.25 ระดับความลึก + 288 เมตร
- ข. ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตัวอย่างที่ 2 เป็นถ่านหินชั้น Q ส่วนกลาง ตำแหน่ง N 26 E 1 ระดับความลึก + 289 เมตร
- ค. ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตัวอย่างที่ 3 เป็นถ่านหินชั้น Q₄

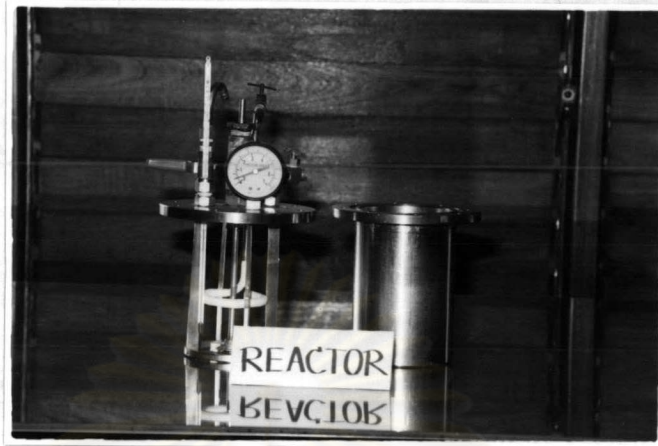
1. เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบไม่ต่อเนื่อง
2. ถังน้ำมัน
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. เครื่องวัดความดัน
5. มอเตอร์
6. เครื่องควบคุมความเร็วรอบ
7. เทอร์โมคัทเบิ้ล
8. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

จำนวน baffle = 4
 จำนวน blade = 6

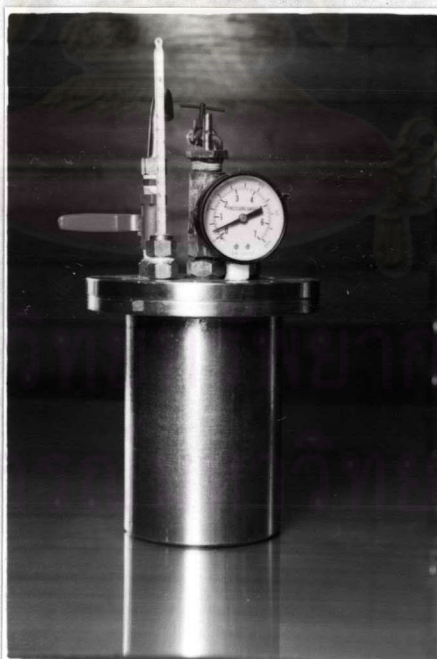
$H_1 = 15.7$ ซม.
 $D_1 = 10.4$ ซม.
 $B = 1.3$ ซม.
 $H_3 = 3.3$ ซม.
 $D_3 = 3.05$ ซม.
 $b = 2.5$ ซม.
 $d = 4.4$ ซม.



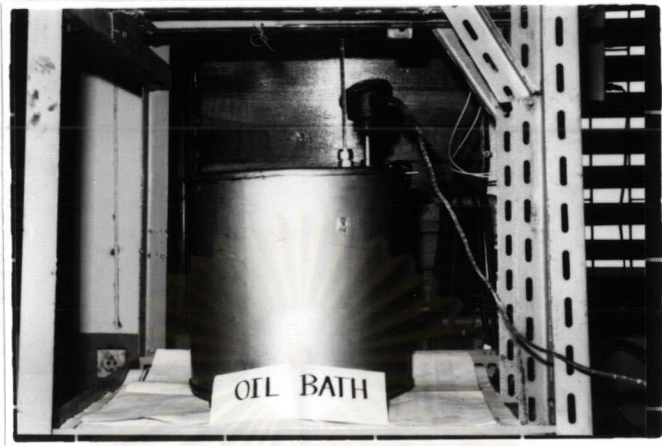
รูปที่ 3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งกวนและเครื่องมือควบคุมต่าง ๆ



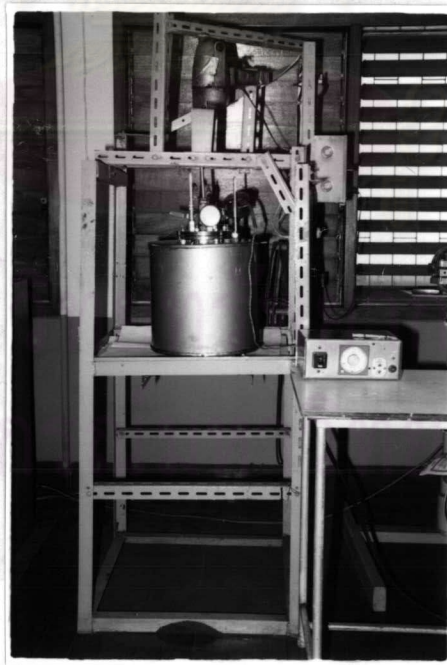
รูปที่ 3.2 ถังปฏิกิริยาและฝาปิด



รูปที่ 3.3 ถังปฏิกิริยาและฝาปิดเมื่อประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.4 อ่างน้ำมัน



รูปที่ 3.5 การจัดเครื่องปฏิกรณ์และอ่างน้ำมันในการทดลอง

ตำแหน่ง N 36 W 5.5

- ง. กำนหินจากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตัวอย่างที่ 4 เป็นกำหินชั้น Q₃ ตำแหน่ง N 35.9 W 5.5

3.3 การดำเนินงานวิจัย

งานสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 150 °ซ โดยเก็บตัวอย่างกำหินจากเครื่องบดเพื่อนำมาวิเคราะห์ประมาณ 10 กรัม ตามระยะเวลาคือ 10 20 30 40 50 และ 60 นาที ตามลำดับ

ก. การทดลองหาผลของความเข้มข้นของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO₄) ที่มีต่อการขจัดกำมะถันจากกำหิน โดยทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้นของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 10 และ 20% น้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ

ข. การทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการขจัดกำมะถันจากกำหิน โดยแปรค่าอุณหภูมิ 120, 140 และ 150 °ซ ตามลำดับ

ค. การทดลองหาผลของขนาดกำหินที่มีต่อการขจัดกำมะถันจากกำหิน โดยแปรขนาดกำหิน 150-250, 250-500 และ 500-600 ไมโครเมตร

ง. การทดลองเปรียบเทียบผลของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่มีต่อการขจัดกำมะถันจากกำหิน โดยแปรชนิดและองค์ประกอบกำมะถันของกำหิน

จ. การศึกษาอัตราเร็วปฏิกิริยาเคมีของไพไรต์และหาอันดับปฏิกิริยา

- การทดสอบหาอันดับปฏิกิริยา (reaction order) จากค่า ค.

- การคำนวณหาค่าคงที่ของปฏิกิริยา (rate constant) และค่าพลังงานกระตุ้น (activation energy)

ฉ. การศึกษาขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยา (rate determining step) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบอัตราการแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม (diffusion through film) กับ การแพร่ผ่านชั้นเถ้า (diffusion through ash layer) และการเข้าทำปฏิกิริยาเคมี (chemical reaction) โดยการพลอตกราฟระหว่าง x กับเวลา, $1-3(1-x)^{2/3} + 2(1-x)$ กับเวลา และ $1-(1-x)^{1/3}$ กับเวลา ตามลำดับ

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างกำหิน

นำกำหินที่ได้จากเหมืองมาบดด้วยเครื่อง hammer mill มีรูตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แล้วนำกำหินนั้นไปบดด้วยเครื่อง ball mill อีกครั้งเพื่อให้กำหินมีขนาดเล็กลง แล้วนำไปร่อนแยกขนาดในตะแกรงร่อน (seive) เพื่อแยกเก็บกำหินขนาด 150-250 ไมครอน

3.4.2 การทำปฏิกิริยาก่อนหินกับสารละลายทองแดง

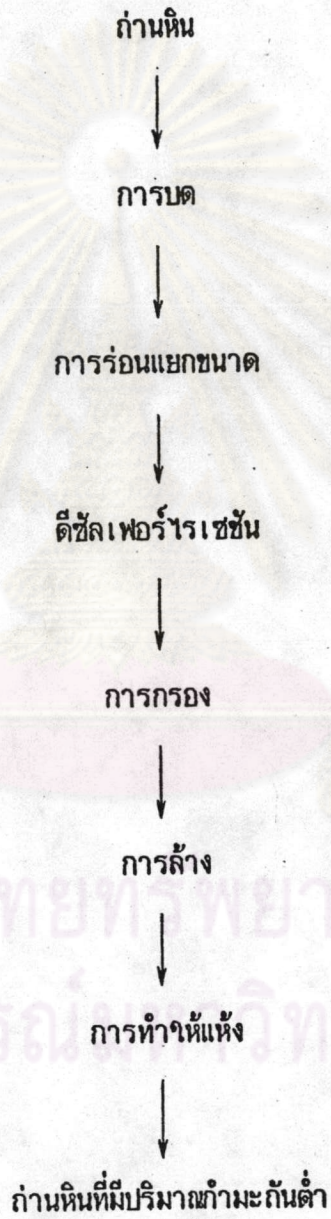
- ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนหินที่มีขนาดและปริมาณตามต้องการใส่ลงในเครื่องปฏิกรณ์
- เติมสารละลายทองแดงที่มีความเข้มข้นตามต้องการลงในเครื่องปฏิกรณ์พร้อมทั้งปิดฝา
- นำเครื่องปฏิกรณ์ใส่ลงในถังน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิตามต้องการได้
- เปิดเครื่องกวนพร้อมทั้งปรับความเร็วของอัตราการกวนและระยะเวลาตามต้องการ เมื่อครบกำหนดเวลาปิดเครื่องกวน
- เมื่อปฏิกิริยาแล้วเสร็จ กรองแยกก่อนหินออกจากสารละลาย ล้างด้วยน้ำจนเป็นกลาง
- อบก่อนหินให้แห้งในเตาอบ (drying oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 110 °ซ
- นำก่อนหินไปวิเคราะห์ผล

3.4.3 การวิเคราะห์ก่อนหิน

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างก่อนหินดังนี้

- ก. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ASTM D 3173) (25)
- ข. การวิเคราะห์ปริมาณเก๊า (ASTM D 3174) (26)
- ค. การวิเคราะห์ปริมาณสารระเหย (ASTM D 3175) (27)
- ง. การวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวม (total sulfur) (ASTM D 3177) (28)
- จ. การวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันซัลเฟต (sulfate sulfur) (ASTM D 2492) (29)
- ฉ. การวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันไพไรต์ (pyritic sulfur) (ASTM D 2492) (29)
- ช. การหาค่าความร้อน (gross heating value) ของก่อนหิน (ASTM D 3286) (30)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.6 แสดงแผนผังขั้นตอนการทดลอง

110304319 .