บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการชะจัดเถ้าและกำมะถัน และอัตราเร็วปฏิกิริยาของกำมะถันไพไรต์ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อุปกรณ์ที่ใช้คือเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบดของเหลว โดยใช้ปั๊มพ์ขนาด 1/15 แรงม้าสำหรับปั๊มพ์สารละลายหรือน้ำจากถังเก็บ 2 ถัง และมีแจกเก็ตหล่อเย็น (cooling jacket) สวมถังที่บรรจุ สารละลายไว้เพื่อถ่ายเทความร้อนให้ได้อุณหภูมิในถังตามต้องการดังรูปที่ 3.1

3.1.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบดของเหลว 2 เครื่อง ทำจาก plexiglass และเหล็กปลอดสนิม (stainless steel) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 ซม. ส่วนที่ใส่ชิ้นส่วนช่วยให้ของเหลวไหลสม่ำเสมอสูง 6.4 ซม. ความสูงจากแผ่นกระจายของเหลว (distributor) ถึงส่วนบน 42.8 ซม. ส่วนบนจะสูง 10 ซม. กว้าง 8 ซม. ทำให้มีมุมลาดเอียงให้สารละลายไหลออกทางท่อทางออกได้ดีขึ้น ท่อทางออกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว แผ่นกระจายของเหลวขนาด 0.5 มม. ประกบไว้ด้วยหน้าแปลน

3.1.2 ถังเหล็กปลอดสนิม 2 ถัง เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 40 ซม. หนา 0.3 ซม. มีแผ่นกั้นไม่ให้ถ่านหินที่ติดมากับของเหลวหลุดผ่านเข้าไปในท่อทางออกได้ดังรูปที่ 3.1 โดยติดห่างจากขอบถัง 7 ซม. ถังบรรจุสารละลายจะมีแจกเก็ตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 40 ซม.มีท่อน้ำเย็นเข้าด้านบน และออกด้านล่างดังรูปที่ 3.1

3.1.3 ไซโคลนสำหรับดักถ่านหินที่หลุดมากับสารละลาย เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. สูง 32 ซม. ทำด้วยเหล็กปลอดสนิม

3.2 ตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง ถ่านชั้น Q_4 ตำแหน่ง N 36 W 5.5

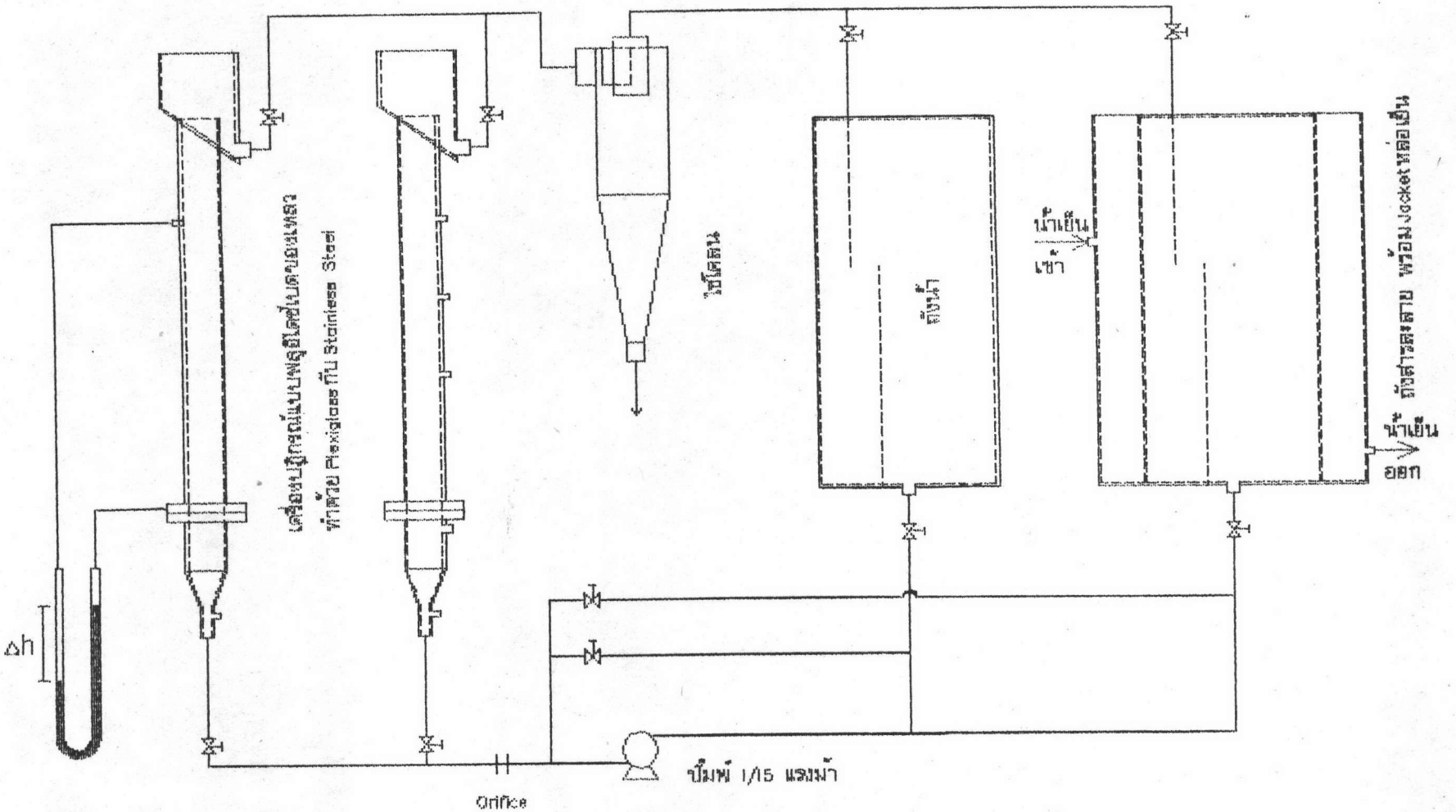
3.2.2 ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง ถ่านชั้น Q_3 ตำแหน่ง N35.9 W5.5

3.2.3 ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง ถ่านชั้น Q_4 ตำแหน่ง N 35 W 2

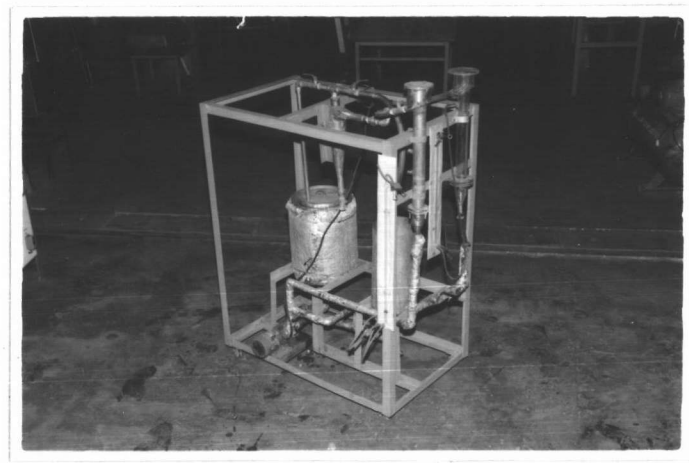
3.2.4 ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง ถ่านชั้น Q_3 ตำแหน่ง N34.8 W2

3.3 การดำเนินการวิจัย

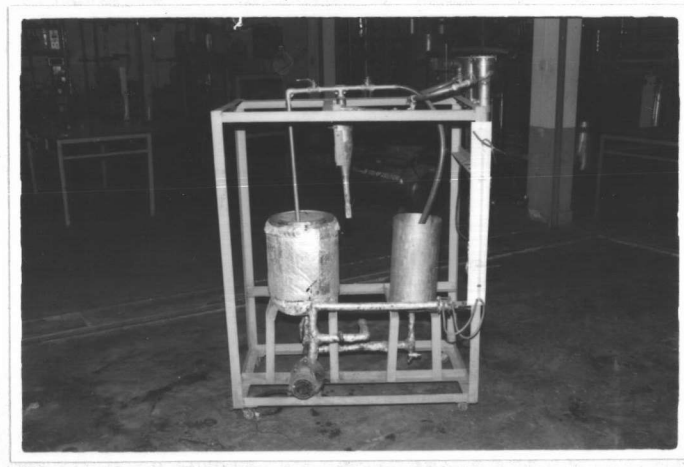
3.3.1 การศึกษาหาค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน ที่ขนาดถ่านหิน คือ 0.5-1.0 มม. และ 1.0-2.0 มม.



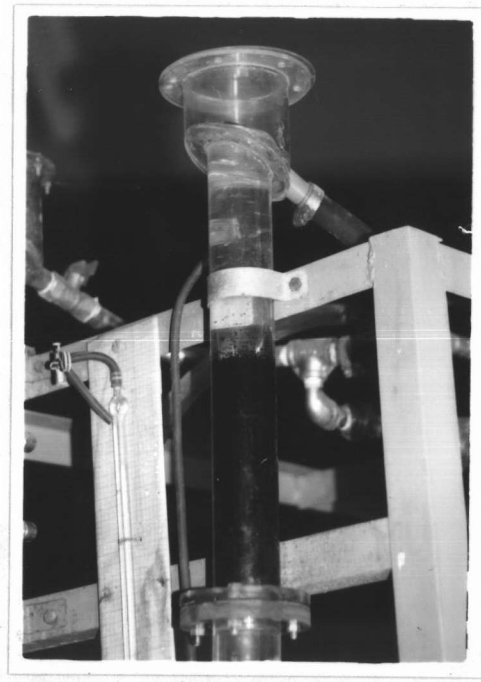
รูปที่ 3.1 แสดงระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบดของเหลว



รูปที่ 3.2 แสดงระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบดของเหลว



รูปที่ 3.3 แสดงถังสารละลาย ถังน้ำ ปั๊มน์ และไซโคลน



รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องปฏิกรณ์และลักษณะการฟลูอิไดเซชัน

3.3.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในสารละลายกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ ที่มีผลต่อการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหิน โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5, 7 และ 10 % น้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ปริมาณสารละลาย 10 ลิตร อัตราการไหลของสารละลาย 1.25 ลิตร/นาที ใช้ขนาดถ่านหิน 0.5-1.0 มม. ที่อุณหภูมิ 20°ซ ปริมาณถ่านหิน 150 กรัม

3.3.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในสารละลายกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ ที่มีผลต่อการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหิน โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4, 5 และ 7 % น้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ ปริมาณสารละลาย 10 ลิตร อัตราการไหลของสารละลาย 1.49 ลิตร/นาที ใช้ขนาดถ่านหิน 1.0-2.0 มม. ที่อุณหภูมิ 20°ซ ปริมาณถ่านหิน 150 กรัม

3.3.4 การศึกษาผลของอัตราการไหลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่มีผลต่อการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหิน โดยทำการทดลองที่อัตราการไหล 1.06, 1.25 และ 1.49 ลิตร/นาที ตามลำดับ ปริมาณสารละลาย 10 ลิตร ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 7 % น้ำหนัก/ปริมาตรในกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ ใช้ขนาดถ่านหิน 0.5-1.0 มม. อุณหภูมิ 20°ซ ปริมาณถ่านหิน 150 กรัม

3.3.5 การศึกษาผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหิน โดยใช้ขนาดถ่านหิน 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มม. ตามลำดับ ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 7 % น้ำหนัก/ปริมาตรในกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ ปริมาณสารละลาย 10 ลิตร อัตราการไหลของสารละลาย 1.49 ลิตร/นาที อุณหภูมิ 20°ซ ปริมาณถ่านหิน 150 กรัม

3.3.6 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหิน โดยใช้อุณหภูมิ 10, 20 และ 30°ซ ตามลำดับ ใช้ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 7 % น้ำหนัก/ปริมาตรในกรดซัลฟูริก 0.05 โมลาร์ ปริมาณสารละลาย 10 ลิตร อัตราการไหลของสารละลาย 1.25 ลิตร/นาที ใช้ขนาดถ่านหิน 0.5-1.0 มม. ปริมาณถ่านหิน 150 กรัม

3.3.7 การศึกษาผลของเวลาที่มีผลต่อการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหิน โดยเก็บตัวอย่างถ่านหินที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 0, 10, 20, 30, 45, 60 และ 90 นาที

3.3.8 การศึกษาผลการขจัดเถ้าและกำมะถันจากถ่านหินของถ่านหินตัวอย่างต่าง ๆ ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.3.9 การศึกษาอัตราเร็วปฏิกิริยาของไพไรต์ และขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วการเข้าทำปฏิกิริยา โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.3.9.1 การหาอันดับของปฏิกิริยาของไพไรต์ ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.3.9.2 การหาค่าคงที่ปฏิกิริยา (rate constant) และค่าพลังงานกระตุ้น (activation ernergy)

3.3.9.3 การศึกษาขั้นตอนควบคุมอัตราเร็วการเข้าทำปฏิกิริยา (rate determining step) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบอิทธิพลของการแพร่ผ่านชั้นฟิลม์ ชั้นผลิตภัณฑ์ และการเข้าทำปฏิกิริยา

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การเตรียมถ่านหิน

นำถ่านหินมาผึ่งไว้ประมาณ 2-3 วัน แล้วนำมาบดโดยใช้เครื่องบด hammer mill จากนั้นนำถ่านหินที่บดแล้วไปร่อนแยกขนาดในตะแกรงร่อน (seive) เพื่อแยกขนาดให้ได้ 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มม.

3.4.2 การทำปฏิกิริยาถ่านหินกับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.4.2.1 ชั่งน้ำหนักถ่านหินตามต้องการใส่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด

3.4.2.2 เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นตามต้องการใส่ลงในถังสารละลาย และน้ำในถังน้ำ

3.4.2.3 เริ่มหล่อเย็นในแจกเก็ตให้สารละลายมีอุณหภูมิตามต้องการ เริ่มทำการทดลองโดยปั๊มพ์น้ำเข้าในเครื่องปฏิกรณ์ให้ได้อัตราการไหลตามต้องการประมาณ 15 นาที เก็บตัวอย่าง

3.4.2.4 เปิดท่อให้สารละลายไหลเข้าเครื่องปฏิกรณ์ และค่อย ๆ ปิดน้ำไม่ให้ไหลเข้าเครื่องปฏิกรณ์ จับเวลา และปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามต้องการ

3.4.2.5 เก็บตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ ตามต้องการ ล้างตัวอย่างด้วยน้ำจนเป็นกลาง

3.4.2.6 ตากถ่านหินไว้ประมาณ 1 วัน จนถ่านหินแห้ง

3.4.2.7 นำตัวอย่างถ่านหินไปวิเคราะห์ผล

3.4.3 การวิเคราะห์ผลตัวอย่างถ่านหิน (ดูภาคผนวก ก. เพิ่มเติม)

3.4.3.1 การวิเคราะห์ความชื้น (ASTM D3173) (24)

3.4.3.2 การวิเคราะห์เถ้า (ASTM D3174) (25)

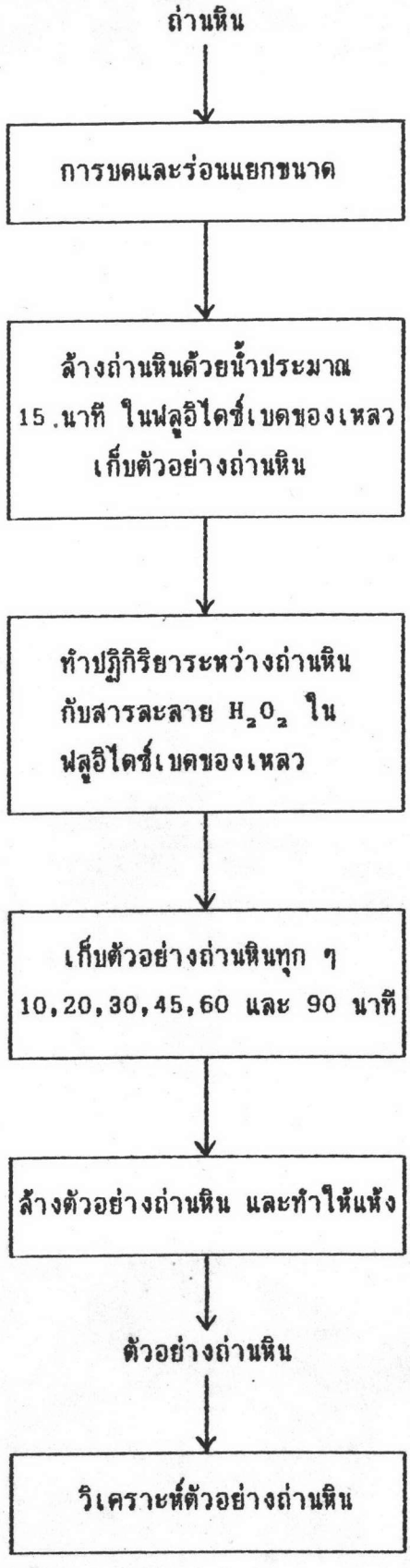
3.4.3.3 การวิเคราะห์สารระเหย (ASTM D3175) (26)

3.4.3.4 การวิเคราะห์ค่าความร้อน (ASTM D2015) (27)

3.4.3.5 การวิเคราะห์กำมะถันรวม (ASTM D3177) (28)

3.4.3.6 การวิเคราะห์กำมะถันซัลเฟต (ASTM D2492) (29)

3.4.3.7 การวิเคราะห์กำมะถันไพไรต์ (ASTM D2492) (29)



รูปที่ 3.5 แสดงแผนผังขั้นตอนการทดลอง