บทที่ 3

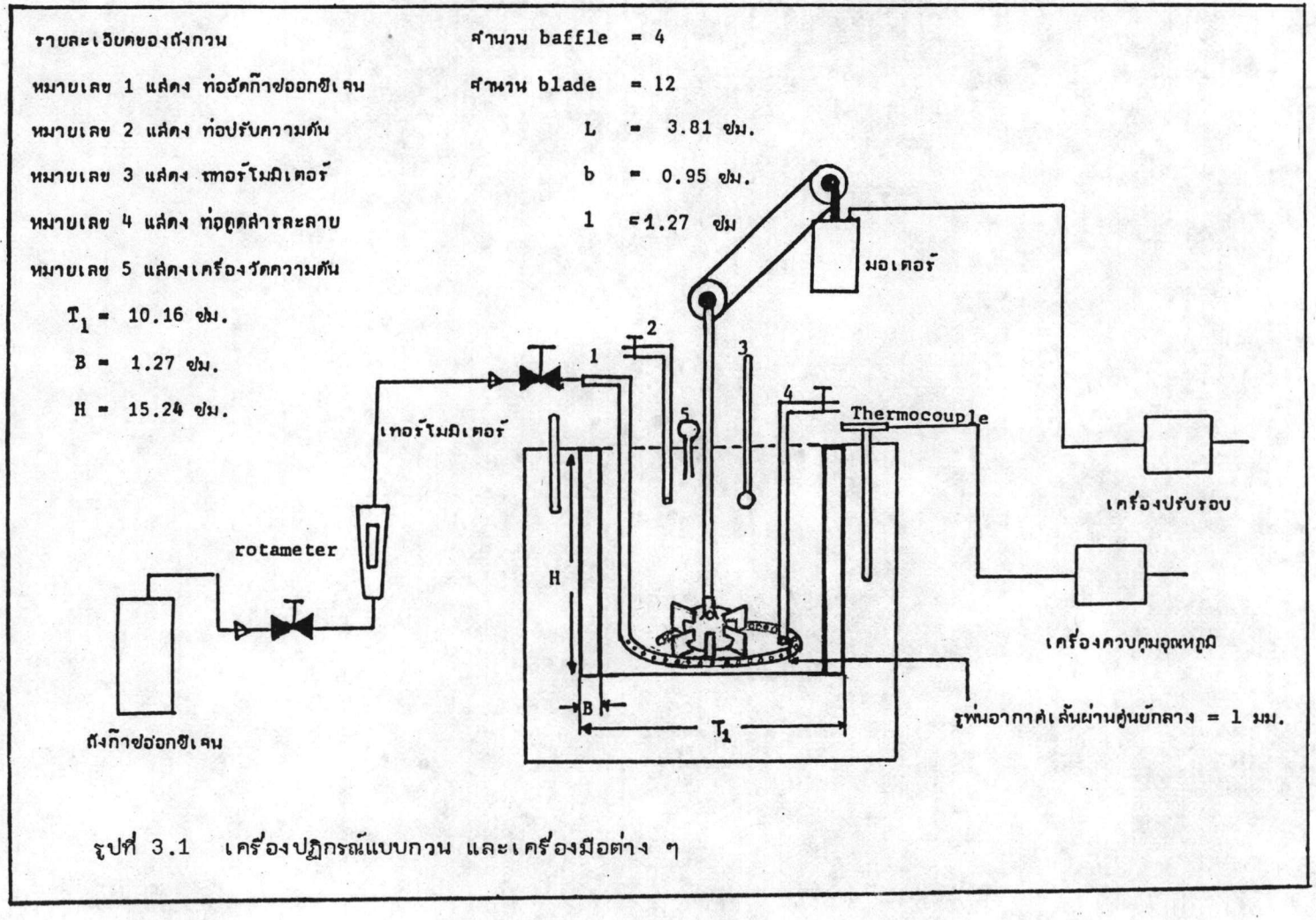
เครื่องมือและวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

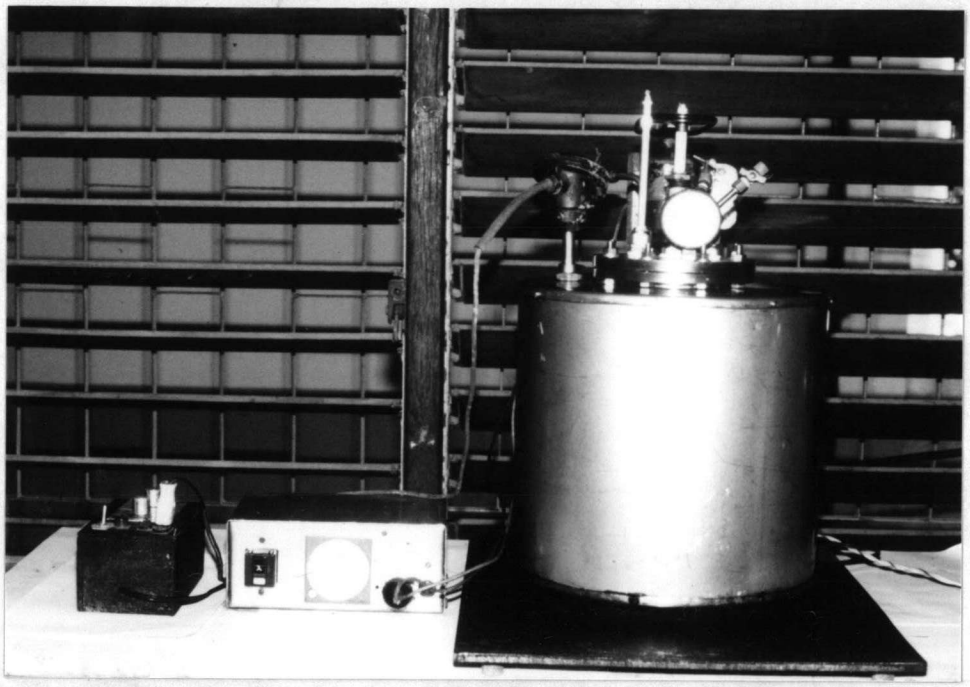
การศึกษาอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีต่อการยจัดกำมะถันโดยวิธีออกซิดีซัลเฟอไรเซชัน ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวน (stirred tank reactor) เป็นถังกวนที่มีฝาปิดแน่นบรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน (oil bath) ที่เป็นตัวให้ความร้อน แผนภูมิและขนาดของเครื่องมือแสดงในรูปที่ 3.1 ในการทดลองยจัดกำมะถันจะจัดเครื่องมือดังแสดงในรูป 3.2 และถ้ามีการใช้ออกซิเจนจะมีการต่อท่อนำก๊าซจากถังก๊าซออกซิเจนผ่านโรตามิเตอร์ (rotameter) เข้าสู่ถังกวนดังรูปที่ 3.3

oil bath ทำจากเหล็กปลอดสนิม (stainless steel) มีความสูง 30.48 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 33 ซม. มีฉนวนทำด้วยใยแก้ว หนา 2.54 ซม. หุ้ม oil bath เพื่อกันการสูญเสียความร้อน ภายใน oil bath บรรจุน้ำมันพาราฟินปริมาตร 10 ลิตร และยดลวดไฟฟ้าขนาด 2500 วัตต์ เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ มีเทอร์โมมิเตอร์เสียบติดอยู่เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำมันพาราฟิน

เครื่องปฏิกรณ์ถังกวนที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 1 ลิตร ทำจากเหล็กปลอดสนิมหนา 1.27 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.16 ซม. สูง 15.24 ซม. บริเวณขอบถังกวนเจาะรู เพื่อใช้ร้อยน็อตในการเชื่อมปิดระหว่างฝาปิดถังกวนกับส่วนตัวถังกวน ซึ่งส่วนประกอบทั้งสองแสดงในรูป 3.4 ฝาปิดถังกวนทำจากเหล็กปลอดสนิมหนา 1.27 ซม. มีแผ่นกั้น (baffle) 4 แผ่น เชื่อมติดอยู่ด้านล่างของฝาปิด ตัวฝาปิดถังกวนมีแท่งกวน (stirrer) เสียบติดอยู่กึ่งกลาง บริเวณรอบ stirrer มีท่อต่าง ๆ คือ ท่อปรับความดันภายในถังกวน ท่ออัดออกซิเจน ท่อดูดสารละลายออกจากถังกวน เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในถังกวน เครื่องมือวัดความดันภายในถังกวนดังรูปที่ 3.5 สำหรับท่ออัดออกซิเจนเป็นท่อที่โค้งตามลักษณะส่วนโค้งของถังปฏิกรณ์ ซึ่งเจาะรูเล็ก ๆ ขนาด 1.0 มม. เพื่อให้ก๊าซออกซิเจนออกมาในลักษณะฉีดฝอย เพื่อช่วยให้เกิดการ mixing ดียิ่งขึ้น ในการทำปฏิกิริยาจะประกอบถังปฏิกิริยา

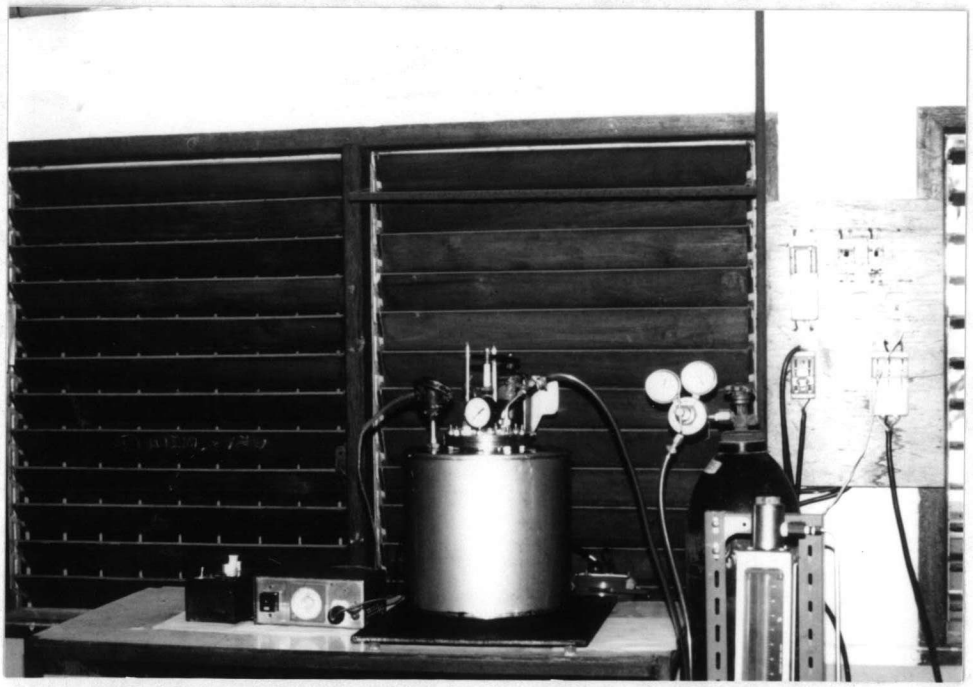


รูปที่ 3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบกวน และเครื่องมือต่าง ๆ

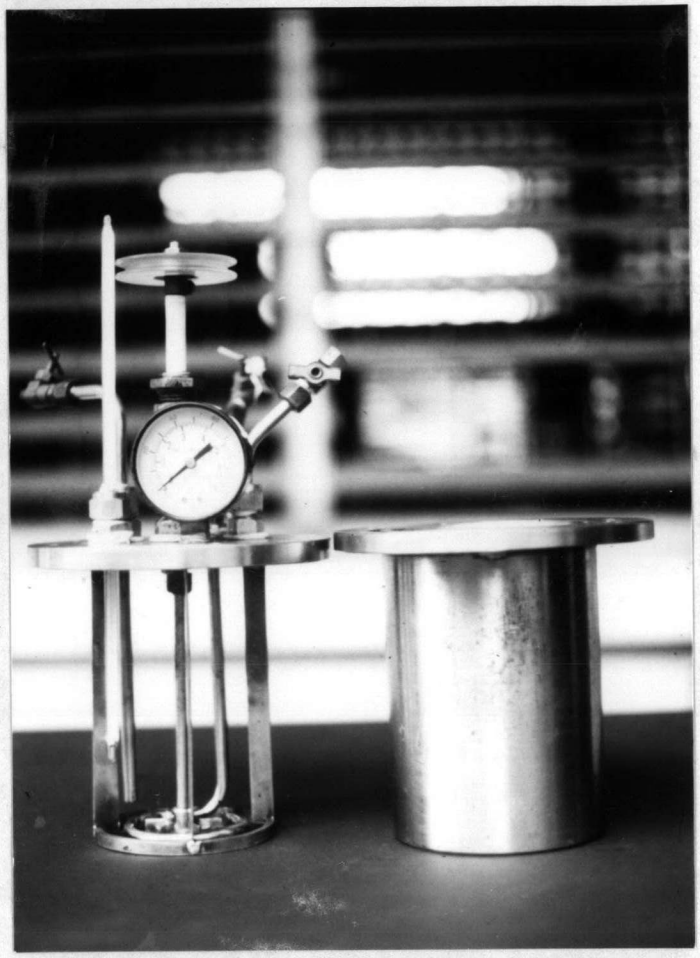


รูปที่ 3.2 การจัดเครื่องมือในการทดลอง

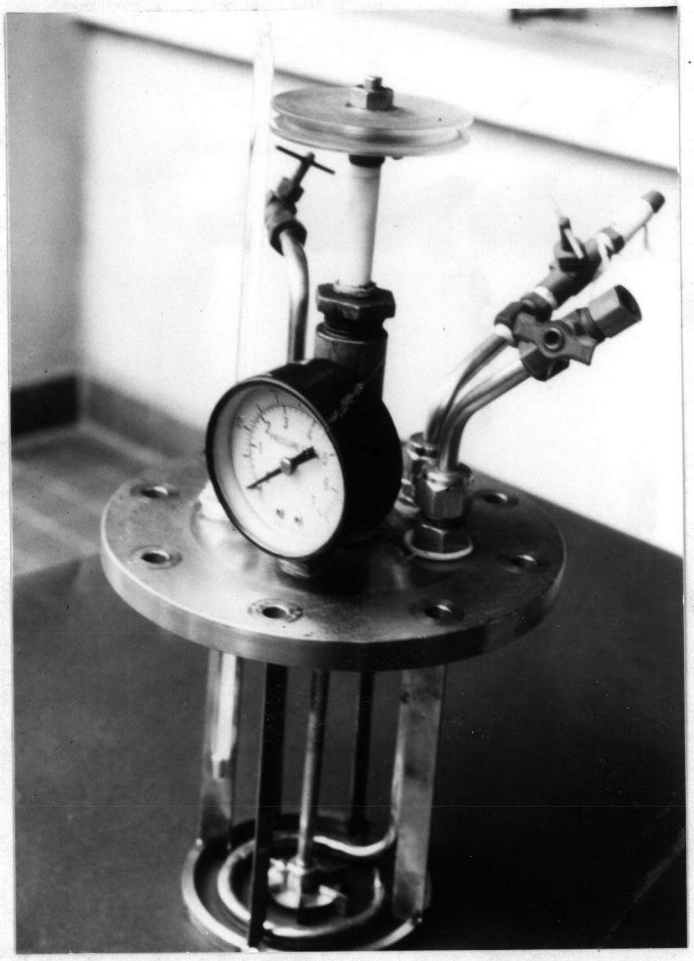
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 การจัดเครื่องมือในการทดลอง เมื่อมีการใช้ก๊าซออกซิเจนร่วมในปฏิกิริยา



รูปที่ 3.4 ถังปฏิกรณ์และฝาปิด



รูปที่ 3.5 ฝาปิดปฏิกรณ์ (ด้านข้าง)

และฝาปิดแสดงในรูปที่ 3.6 สำหรับมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวนเป็นมอเตอร์ขนาด $\frac{1}{8}$ แรงม้า ติดตั้งอยู่กับแท่งเหล็กที่อยู่บริเวณข้างของตัว oil bath การหมุนของใบพัดกวนจะอาศัยแรงยับจากมอเตอร์ผ่านสายพาน ความเร็วของใบพัดกวนสามารถปรับได้ตามความต้องการ

3.2 ตัวอย่างถ่านหินและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ก. ถ่านหินจากเหมืองหวายเล็ก จังหวัดกระบี่

ข. ถ่านหินจากเหมืองแม่ตีบ จังหวัดลำปาง

ค. สารเคมีโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 การทดลองหาผลของเวลาที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทำการทดลองที่เวลาต่าง ๆ คือ 0.5, 1, 2, 3 และ 4 ชม. ตามลำดับ

3.3.2 การทดลองหาผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.5 และ 1.0 โมลาร์ ตามลำดับ

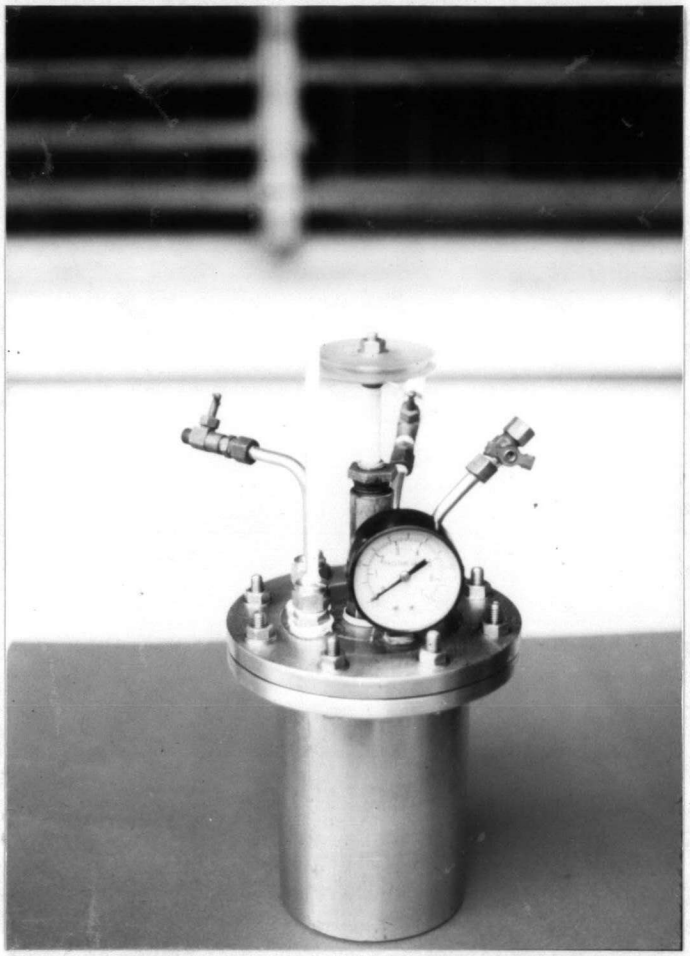
3.3.3 การทดลองหาผลของปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยใช้ถ่านหินปริมาณ 50, 100 และ 500 กรัมต่อสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 500 มล. ตามลำดับ

3.3.4 การทดลองหาผลของขนาดถ่านหินที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทดลองถ่านหินขนาดเฉลี่ย 75, 200, 325, 625, 925 และ 1500 ไมครอน ตามลำดับ

3.3.5 การทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทำการทดลองที่ค่าอุณหภูมิ 80, 100 และ 120^{o} ซ. ตามลำดับ

3.3.6 การทดลองหาผลของความดันออกซิเจนที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทำการทดลองที่ความดันออกซิเจน (ความดันเกจ) 0, 2.44, 3.85, 5.25 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

3.3.7 การทดลองหาผลของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และน้ำที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน โดยทำการทดลองใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ และน้ำตามลำดับ



รูปที่ 3.6 ถังปฏิกรณ์ปิดฝาพร้อมที่จะนำไปใช้งาน

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การเตรียมถ่านหิน (23)

สุ่มตัวอย่างถ่านหินจากแหล่งที่คัดเลือกแล้วว่ามีปริมาณกำมะถันสูงมาอบให้แห้งแล้วนำไปบดโดยใช้เครื่องบด hammer mill ดังแสดงในรูปที่ 3.7 เมื่อต้องการให้ถ่านหินมีขนาดเล็กมากให้นำไปบดต่อ โดยใช้เครื่องบด ball mill ดังแสดงในรูปที่ 3.8 แล้วนำไปร่อนในเครื่องคัดขนาดในรูปที่ 3.9 เพื่อแยกขนาดถ่านหินตามต้องการ

3.4.2 การทำปฏิกิริยา

3.4.2.1 ชั่งน้ำหนักของถ่านหินตามที่ต้องการใส่ในถังกวน

3.4.2.2 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นตามที่ต้องการลงไปในถังกวน 500 มล. พร้อมทั้งปิดฝาให้แน่น

3.4.2.3 นำถังกวนใส่ลงใน oil bath ที่มีอุณหภูมิตามต้องการ

3.4.2.4 เปิดเครื่องกวนปรับความเร็วของอัตราการกวนระยะเวลาตามที่ต้องการ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาจึง ปิดเครื่องกวน

3.4.2.5 ในกรณีที่ใช้ออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยาจะทำการต่อท่อจากถังก๊าซออกซิเจนผ่านโรตามิเตอร์เข้าสู่ถังกวน เพื่อทำปฏิกิริยาพร้อมกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่สภาวะต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้

3.4.2.6 หลังจากเสร็จสิ้นการทำปฏิกิริยาแล้วกรองถ่านหิน และสารละลายเพื่อแยกถ่านหินออกจากสารละลาย หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเย็นจนหมดด่าง

3.4.2.7 นำถ่านหินไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 110^{o} ซ เวลา 1 ชม. แล้วนำออกมาทำให้สมดุลกับอากาศ

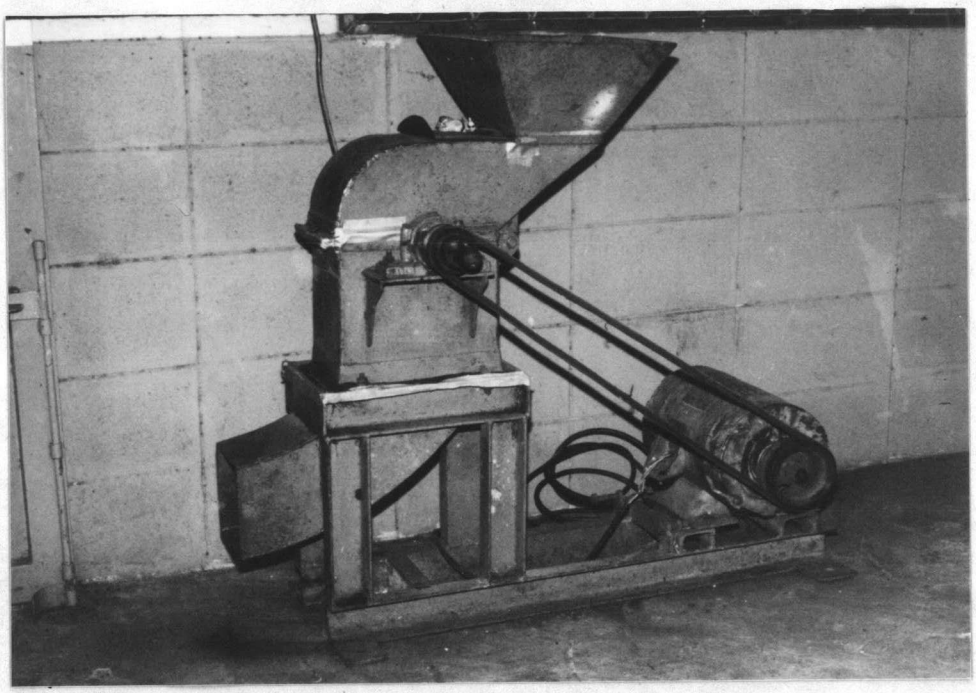
3.4.2.8 นำถ่านหินไปวิเคราะห์ผล

3.5 การวิเคราะห์ถ่านหิน

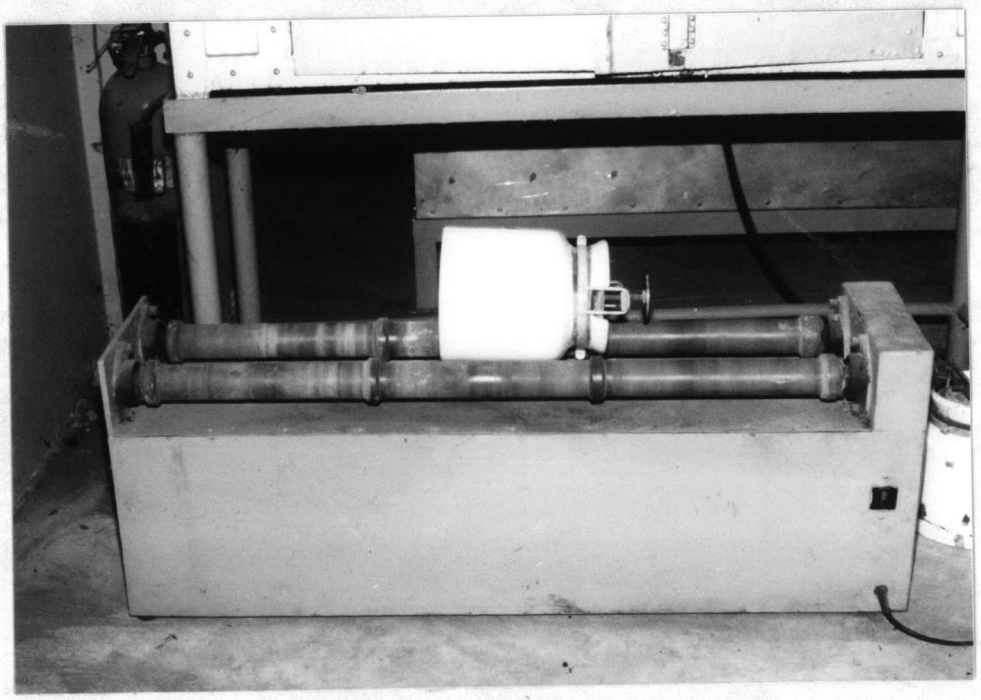
ในการวิเคราะห์ผล จะทำการวิเคราะห์ผลถ่านหินที่ทำปฏิกิริยาแล้วดังนี้คือ

ก. การวิเคราะห์ค่าร้อยละของความชื้น (ASTM D3173) (24)

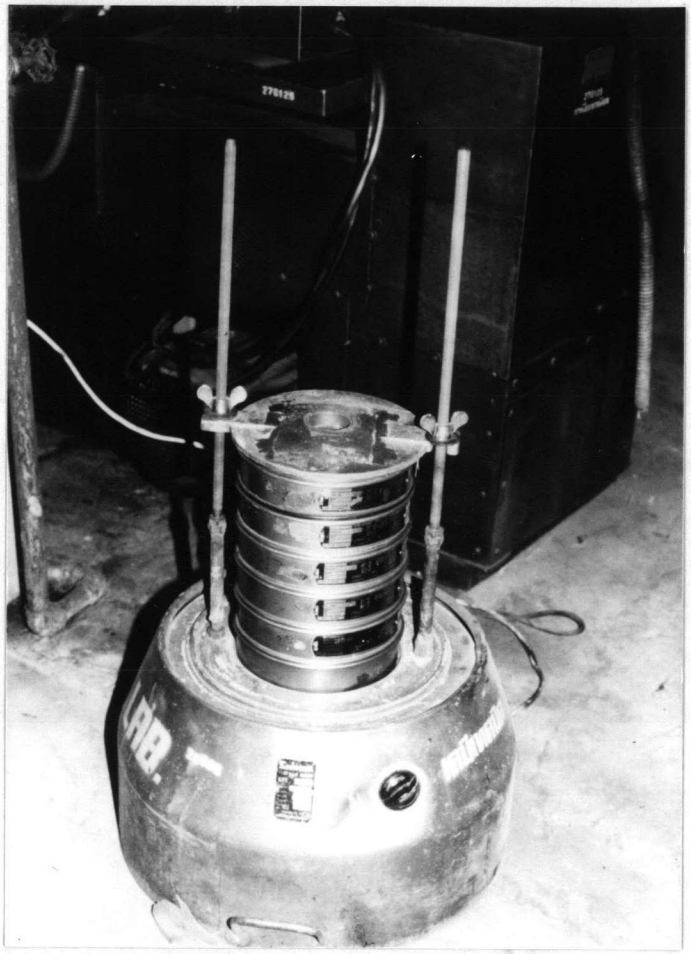
ข. การวิเคราะห์ค่าร้อยละของเถ้า (ASTM D3174) (25)



รูปที่ 3.7 เครื่องบดถ่านหิน (hammer mill)



รูปที่ 3.8 เครื่องบดละเอียดถ่านหิน (ball mill)



รูปที่ 3.9 เครื่องร่อนแยกขนาดถ่านหิน (sieve)

ค. การหาค่าความร้อน (heating value) ของถ่านหิน (ASTM D2015) (26)

ง. การหาค่ากำมะถันที่ประกอบอยู่ในถ่านหินในรูปต่าง ๆ คือ กำมะถันรวม (total sulfur) (ASTM D3177) กำมะถันไพไรต์ (pyritic sulfur), กำมะถันซัลเฟต (sulfate sulfur) (ASTM D2492) และกำมะถันอินทรีย์ (organic sulfur) (27,28)