

บทที่ 4

วิธีทดลอง

4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

4.1.1 เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม

4.1.2 เครื่องเขย่าแรง (Sieve Shaker) EFL mk3

4.1.3 แรงขนาดต่างๆ ดังนี้ 0.35, 1.18, 2.36 และ 4.75 มิลลิเมตร

4.1.4 เครื่องคาร์บอนเซอร์แบบเบดนิ่งความจุ 2.9 ลิตร (รูปที่ 4.1) ตัวเตามีลักษณะเป็นทรงกระบอก ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) SS. 316 หนา 4 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร ด้านล่างมีแผ่นกระจายแก๊ส 23 เซนติเมตร อุปกรณ์ให้ความร้อนประกอบด้วยขดลวดให้ความร้อนหุ้มด้วยคอนกรีตทนไฟ ขดลวดความร้อนขนาดกำลังไฟฟ้า 2000 วัตต์ ภายนอกหุ้มด้วยใยเซรามิกทนความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติแบบเข็ม ซึ่งเป็นวงจรไฟฟ้าที่มีสวิตช์แม่เหล็ก (magnetic contactor) ควบคุมการป้อนไฟฟ้าให้แก่ขดลวด โดยมีเทอร์โมคัปเปิลชนิดโคเมล-อลูเมล แบบเค ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 0 - 1000 องศาเซลเซียส

4.1.5 เครื่องแอกติเวเตอร์แบบเบดนิ่ง (รูปที่ 4.2) ซึ่งมีส่วนสำคัญดังต่อไปนี้

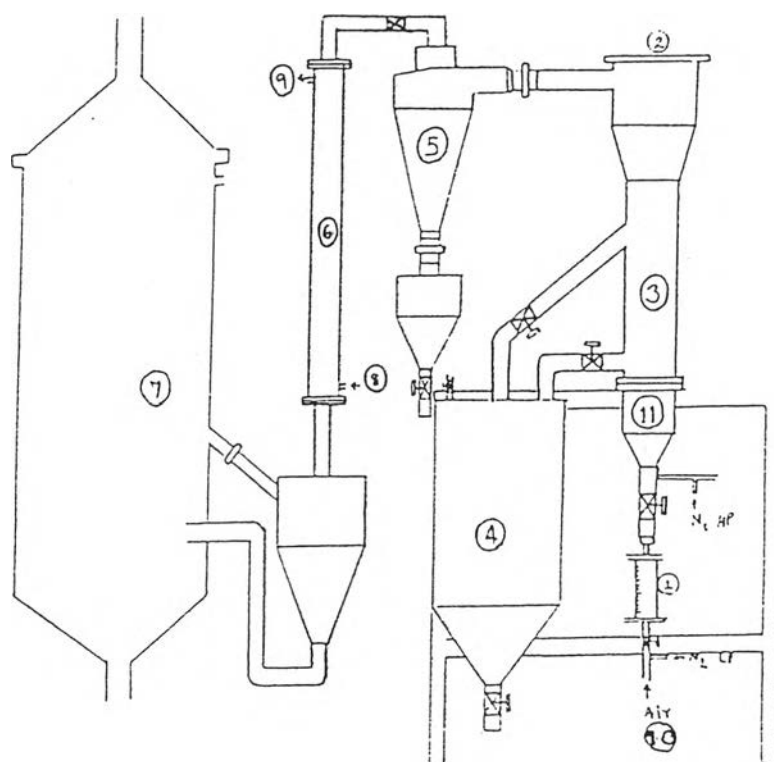
เบดคอลัมน์ ลักษณะเป็นทรงกระบอกทำจากอิฐทนไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.81 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ภายนอกหุ้มด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม ss 316 มีฝาเปิดใส่วัสดุดิบทางด้านบนของคอลัมน์ และมีช่องสำหรับสอดเทอร์โมคัปเปิลอยู่บนฝา

อุปกรณ์ให้ความร้อนและอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วยขดลวดให้ความร้อนชนิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร พันรอบผนังเตาใช้ขนาดกำลังไฟฟ้า 26 วัตต์ โดยใช้ไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสตรงที่ปรับค่าได้ขนาด 30 - 250 แอมป์ ภายนอกหุ้มด้วยฉนวนใยทนความร้อน ควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติแบบเข็มรับสัญญาณจาก

เทอร์โมคัปเปิลชนิด โคเมล-อลูเมล แบบเค ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 0 - 1200 องศาเซลเซียส

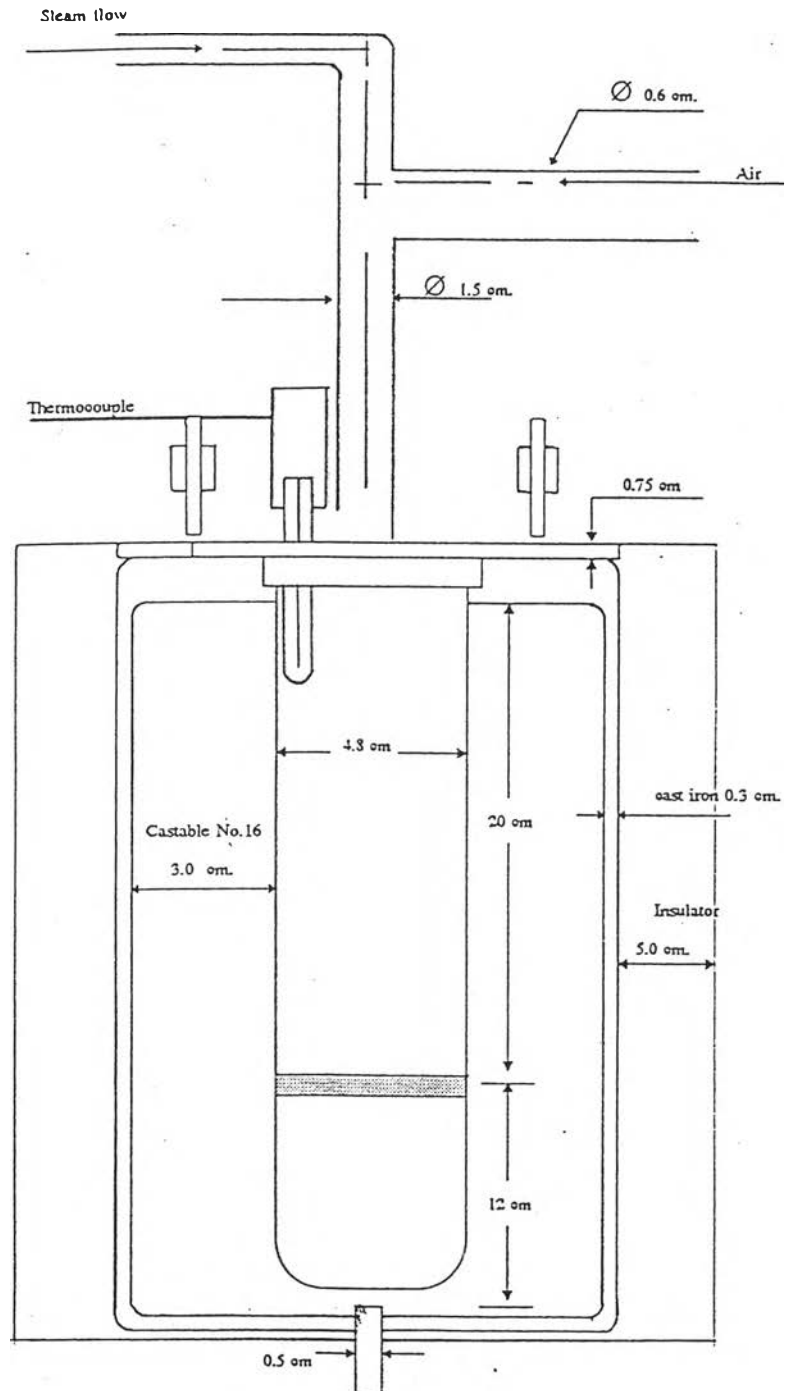
ส่วนผลิตไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ใช้ไอน้ำจากเครื่องผลิตไอน้ำ (boiler) ด้วยดีเซลของภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ท่อไอน้ำเข้าเป็นท่อเหล็กสแตนเลสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

ของวงประมาณ 4 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับขดลวดให้ความร้อน ให้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 80 โวลต์ โดยใช้ไฟฟ้าจากหม้อแปลงกระแสตรงที่ปรับค่าได้ขนาด 0 - 260 โวลต์ ขดลวดให้ความร้อนชนิดนี้เป็นชนิดแบน กว้าง 10.3 เซนติเมตร ยาว 15.5 เซนติเมตร และหนา 0.1 เซนติเมตร พันรอบท่อไอน้ำเข้า แล้วหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน

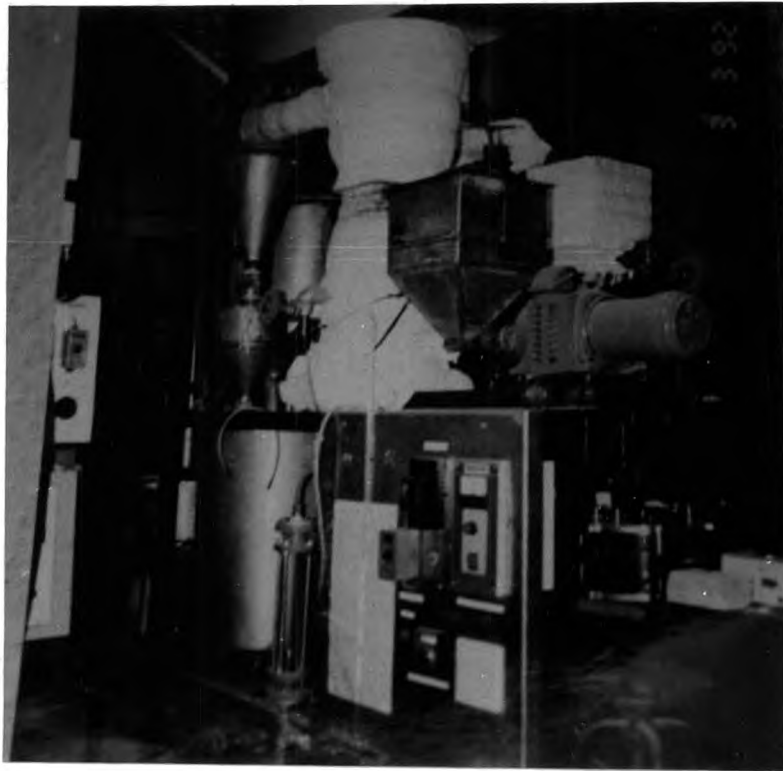


- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. โรตารีมอเตอร์ | 7. ส่วนกำจัดแก๊สแบบคูตซีม |
| 2. ฝาเปิดสำหรับใส่วัสดุดิบ | 8. ทางน้ำเข้าเครื่องควบแน่น |
| 3. ส่วนเกิดปฏิกิริยา | 9. ทางน้ำออกเครื่องควบแน่น |
| 4. ถังเก็บผลิตภัณฑ์ | 10. ทางแก๊สไนโตรเจนเข้า |
| 5. โซโคลอน | 11. แผ่นกระจายแก๊ส |
| 6. เครื่องควบแน่น | |

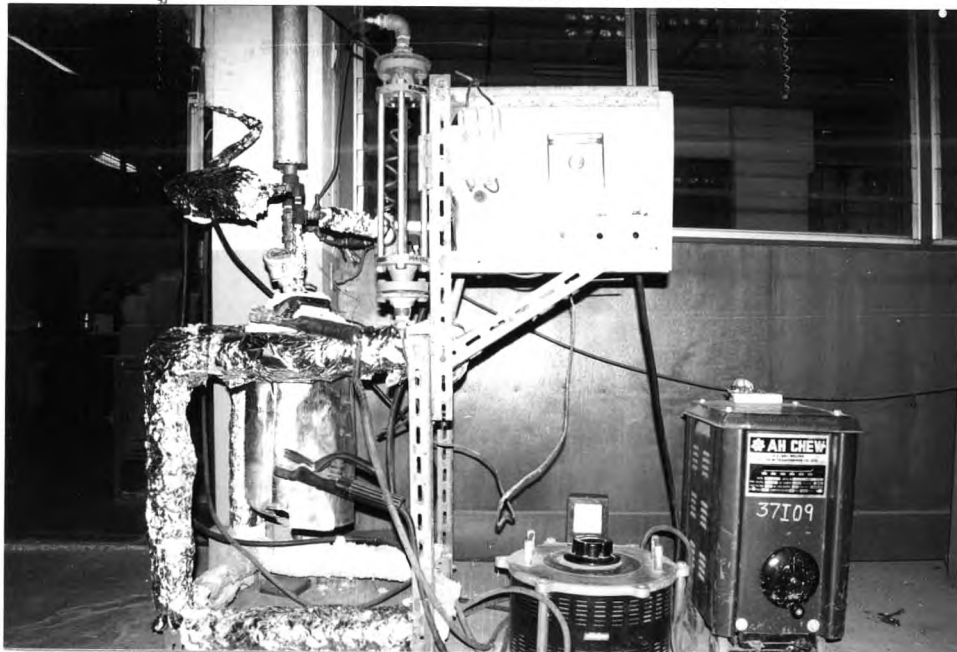
รูปที่ 4.1 เครื่องคาร์บอนไดออกไซด์แบบเบดนิ่ง



รูปที่ 4.2 เครื่องแอกติเวเตอร์แบบเบดนิ่ง



รูปที่ 4.1(ต่อ) เครื่องคาร์บอนไดออกไซด์แบบเบตนิ่ง (ลักษณะทั่วไป)



รูปที่ 4.2(ต่อ) เครื่องแอสติเวเตอร์แบบเบตนิ่ง (ลักษณะทั่วไป)

4.2 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบในงานวิจัยเป็นยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว นำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยกรรไกรตัดเหล็ก ให้มีขนาดประมาณ $0.5 \times 0.5 \times 0.5$ เซนติเมตร

4.3 การคาร์บอนไนท์

4.3.1 ใส่ยางที่ตัดแล้ว 1 กิโลกรัม ลงในเตาเผาเครื่องคาร์บอนไนท์แบบเบดนิ่ง

4.3.2 ให้ความร้อนแก่เครื่องคาร์บอนไนท์ เริ่มนับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึงตามต้องการ คาร์บอนไนท์ในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน เมื่อครบเวลาดังตั้งไว้ให้เย็นในเตา แล้วจึงนำออกมา

4.3.3 ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิในการคาร์บอนไนท์ 400, 450, 500 และ 550 องศาเซลเซียส และใช้เวลาการคาร์บอนไนท์ 30, 60 และ 90 นาที

4.4 การกระตุ้น

บดและคัดขนาดถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนท์ที่ 450 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ให้มีขนาด 0.35 - 1.18, 1.18 - 2.36 และ 2.36 - 4.75 มิลลิเมตร

4.4.1 ศึกษาตัวแปรอุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้น

4.4.1.1 ชั่งถ่านขนาด 0.35 - 1.18 มิลลิเมตร 50 กรัม ใส่ในเตาเครื่องแอกติเวเตอร์ ตั้งอุณหภูมิเมื่อได้อุณหภูมิตามต้องการ ผ่านไอน้ำ 2.06 กรัมต่อนาที และอากาศ 43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที จนครบเวลาที่ต้องการ

4.4.1.2 ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิในการกระตุ้น 800, 850, 900 และ 940 องศาเซลเซียส และเวลาการกระตุ้น 15, 30 และ 45 นาที

4.4.2 ศึกษาตัวแปรขนาดเม็ดถ่านที่นำไปกระตุ้น

4.4.2.1 ชั่งถ่าน 50 กรัม ใส่ในเตาเครื่องแอกติเวเตอร์ ใช้ภาวะที่ได้จากการทดลองข้อ 4.4.1 คือ ตั้งอุณหภูมิที่ 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการกระตุ้น 30 นาที

4.4.2.2 ทำการทดลองซ้ำโดยแปรขนาดเม็ดถ่านที่นำไปกระตุ้น 0.35-1.18, 1.18-2.36 และ 2.36-4.75 มิลลิเมตร

4.4.3 ศึกษาตัวแปรอัตราการป้อนไอน้ำ

4.4.3.1 ชั่งถ่านขนาด 1.18 - 2.36 มิลลิเมตร 50 กรัม ใส่ในเตาเครื่องแอกติเวเตอร์ ใช้ภาวะที่ได้จากการทดลองข้อ 4.4.1 คือตั้งอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการกระตุ้น 30 นาที

4.4.3.2 ทำการทดลองซ้ำโดยแปรอัตราการป้อนไอน้ำ 1.51, 1.88, 2.92 และ 4.18 กรัมต่อนาที