บทที่ 4

วิธีการทดลอง

4.1 การปรับปรุงเครื่องมือวิจัย

จากการทดลองการเผาไหม้และกาซซีฟีเคชันแกลบโดยใช้เครื่องมือวิจัยที่สร้างไว้ พบว่า เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้น จึงได้ทำการแก้ไขและเพิ่มเติมอุปกรณ์บางส่วนเพื่อทำให้เครื่องมือวิจัยทำงานได้ดีขึ้นดังนี้

4.1.1 เนื่องจากในการทดลองเริ่มแรกนั้น การป้อนแกลบเข้าสู่คอลัมน์ทั้งสองใช้อัตราการป้อนสูงมาก โดยเฉพาะคอลัมน์กระบวนการเผาไหม้ (คอลัมน์ 1) ใช้อัตราการป้อนแกลบประมาณ 37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำให้การเผาไหม้ภายในคอลัมน์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และเกิดควันออกมาจากระบบการป้อนแกลบ จึงแก้ไขโดยเปลี่ยนมู่เล่ย์ทดรอบให้อัตราการป้อนแกลบลดลง 10 เท่าเป็น 3.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถลดปริมาณควันลงได้บ้างและสังเกตเห็นการเผาไหม้เกิดขึ้นดี นอกจากนี้ระบบการป้อนแกลบติดตั้งไม่สูงจากแผ่นกระจายลม ทำให้ควันและก๊าซร้อนแทรกออกมาทางถังใส่แกลบได้ แก้ไขโดยทำถังใส่แกลบให้เป็นถังมีแผ่นเหล็กปิดใส่น็อตล็กรูและอัดด้วยประเกนทนไฟ

4.1.2 ติดตั้งปล่องควันสำหรับระบายควันและก๊าซยิวมวลที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ทั้งนี้เพราะในช่วงเริ่มต้นของการทดลองจะปรากฏควันขึ้นในปริมาณมาก จึงระบายควันออกไปจากห้องทดลอง ปล่องควันนี้สามารถเปิดและปิดได้โดยหมุนประตูวาล์ว

4.1.3 ในกระบวนการกาซซีฟีเคชันซึ่งเกิดในคอลัมน์กาซซีไฟ (คอลัมน์ 2) จะมีท่อให้เถ้าไหลลงจากคอลัมน์ 2 ซึ่งท่อนี้เชื่อมต่อจากตัวกระจายลมทรงกรวย เริ่มแรกใช้ลวดเหล็กล่ปริงทำเป็นเกลียวต่อเข้ามอเตอร์สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ดึงเถ้าและแกลบที่ไหม้ไม่หมดออกจากตัวกระจายลมลงสู่ถังใส่แกลบด้านล่าง เมื่อทดลองที่อุณหภูมิสูงขึ้นแกลบภายในท่อจะอัดกันแน่นทำให้ลวดล่ปริงหมุนไม่ได้และหักในเวลาต่อมา ถึงแม้จะเปลี่ยนลวดล่ปริงให้มีขนาดใหญ่และแข็งแรงขึ้นก็ไม่สามารถทนการเสียดสีและการอัดกันของแกลบภายในท่อได้ จึงแก้ไขโดยใช้แท่ง

โลหะไร้สนิมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.70 มม.ยาว 16.20 มม. นำมาทำเกลียวโดยรอบ ความยาวของเกลียว 700 มม. ปลายอีกด้านหนึ่งของแท่งเกลียวจะทะลุผ่านถังใส่แกลบลงไปทะลุพื้นเหล็กไปยังมอเตอร์พร้อมทั้งเครื่องลดความเร็วรอบที่แขวนไว้ใต้พื้นเหล็ก เมื่อเปิดมอเตอร์แท่งเกลียวจะหมุนยักนำให้แกลบและเถ้าไหลลงมาในแนวดิ่งลงสู่ถังใส่แกลบเถ้า เหล่านี้จะถูกระบบป้อนแกลบป้อนกลับเข้าสู่คอลัมน์ที่ 1

4.1.4 การเผาไหม้และการจุดไฟแกลบจะเกิดเถ้าปริมาณสูงมากและเมื่อใช้อากาศความเร็วสูง เถ้าจะปลิวติดไปพร้อมกับก๊าซเชื้อเพลิง จึงกำจัดเถ้าด้วยไซโคลน และเถ้าที่ถูกกำจัดเหล่านี้จะตกลงด้านล่างของไซโคลนซึ่งมีโรตารี่วาล์วที่หมุนด้วยมอเตอร์ คอยยักนำให้เถ้าออกจากไซโคลน แต่เนื่องจากการทดลองเกิดเถ้าปริมาณมากและใช้ความร้อนสูงจนเถ้าบางส่วนเกาะกันแน่นจนโรตารี่วาล์วไม่สามารถทำงานได้ เกิดการหยุดหมุนเนื่องจากเถ้าไปอัดบริเวณวาล์ว นอกจากนี้จะเกิดควันและก๊าซเชื้อเพลิงบางส่วนออกมาทางด้านล่างของไซโคลน ปัญหานี้แก้ไขโดยการเปลี่ยนโรตารี่วาล์วออกแล้วติดตั้งประตูวาล์วแทน พร้อมทั้งติดตั้งถังใส่เถ้าที่มีประตูปิด - เปิด ถังใส่เถ้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม. ยาว 300 มม. สามารถเก็บกักเถ้าได้ดี (รูปที่ 3-1)

4.1.5 เจาะคอลัมน์ที่ 1 และคอลัมน์ที่ 2 ให้เป็นช่อง 4 เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 50 X 50 ตร.มม. สำหรับเป็นช่องสังเกตเปลวไฟและสังเกตการเกิดฟลูอิไดซ์ของแกลบ นอกจากนี้ได้ติดตั้งมาโนมิเตอร์น้ำไว้สังเกตความดันภายในคอลัมน์ทั้งสองคอลัมน์เพื่อประโยชน์ในการสังเกตการเกิดฟลูอิไดซ์ของแกลบในการทดลองด้วย (รูปที่ 3-1)

4.1.6 การเผาไหม้แกลบจะเกิดขึ้นต้องมีการจุดสันดาปแกลบให้ลุกไหม้เสียก่อน เพื่อที่ความร้อนที่เกิดขึ้นจะได้ช่วยให้แกลบทั้งหมดภายในคอลัมน์ติดไฟได้ง่าย จึงทำท่อล่อหัวเผาไว้ที่คอลัมน์ที่ 1 ตำแหน่งใต้แผ่นกระจายลมและมีประตูวาล์วเพื่อปิดท่อเมื่อไม่ใช้งาน (รูปที่ 3-1) ส่วนหัวเผาสร้างขึ้นจากหัวฉีดก๊าซเชื่อมกับท่ออากาศเข้าสำหรับให้อากาศผสมกับก๊าซหุงต้ม ปริมาณก๊าซหุงต้มและปริมาณอากาศจะควบคุมด้วยบอล์วาล์ว เมื่อจุดแกลบจนติดไฟแล้วจะดึงหัวเผาออกจากท่อแล้วปิดท่อด้วยประตูวาล์ว

4.1.7 ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิและเทอร์โมคอบเปิล โดยล่อดเทอร์โมคอบเปิลไว้เหนือตัวกระจายลม (รูปที่ 3-1) ก่อนนำเทอร์โมคอบเปิลมาใช้งานได้ทำการทดสอบโดยนำเทอร์โมคอบเปิลไปวัดเทียบกับเทอร์โมคอบเปิลของเตาเผาเซรามิค ได้ผลการอ่านอุณหภูมิ

ได้เท่ากัน นอกจากนี้ได้ติดตั้งเทอร์โมคอบเปิลไว้ที่ท่อทางออกสุดท้ายของก๊าซเชื้อเพลิงเพื่ออ่านอุณหภูมิของก๊าซ เครื่องอ่านอุณหภูมิจะพ่วงกับเครื่องควบคุมเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ของระบบป้อนแกลบ

4.1.8 การทดลองเริ่มแรกจะใช้อากาศจากเครื่องอัดอากาศผ่านเข้าสู่คอลัมน์ที่ 1 เมื่อใช้อากาศไปชั่วระยะเวลาหนึ่งปรากฏว่าอากาศมีความชื้นสูงทำให้แกลบที่กำลังลุกไหม้ค่อย ๆ ดับลง ดังนั้นจึงติดตั้งเครื่องทำความร้อนโดยต่อท่อนำอากาศเข้าสู่เครื่องทำความร้อนก่อนที่จะผ่านอากาศเข้าสู่คอลัมน์ อากาศที่ออกจากเครื่องทำความร้อนจะมีความร้อนสูงมาก ดังนั้นก่อนที่อากาศร้อนจะเข้าสู่คอลัมน์จะต้องใช้เทอร์โมคอบเปิลวัดอุณหภูมิของอากาศร้อนนั้นเสียก่อน

4.2 <u>การหาคุณสมบัติทางกายภาพของแกลบ</u>

แกลบที่จะนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ต้องทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร

4.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (ASTM D-3173)

1) นำจานอลูมิเนียมเปล่าและฝามาอบที่อุณหภูมิประมาณ 110 ซ. เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (เปิดฝาในเตาอบ)

2) ปิดฝาจานอลูมิเนียมนำออกจากเตาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator นานประมาณ 20 นาที

3) ชั่งจานอลูมิเนียมและฝา ใส่ตัวอย่างแกลบประมาณ 1 กรัม รีบปิดฝาและชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดอีกครั้ง

4) นำจานอลูมิเนียมเข้าอบในเตาที่อุณหภูมิประมาณ 105 - 110° ซ. เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง โดยเปิดฝาจานอลูมิเนียมไว้ครึ่งหนึ่ง

5) เมื่อครบกำหนดปิดฝาและนำออกจากเตา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator นานประมาณ 20 นาที จึงนำออกไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

6) คำนวณหาปริมาณความชื้นได้โดยใช้สมการ

$$\% \text{ ความยืน} = \frac{\text{น้ำหนักแกลบก่อนอบ} - \text{น้ำหนักแกลบหลังอบ}}{\text{น้ำหนักแกลบก่อนอบ}} \times 100$$

4.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (ASTM D-3174)

1) นำถ้วยกระเบื้องทนไฟไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 750°ซ. นานประมาณ 1/2 - 1 ชั่วโมง

2) นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator นานประมาณ 25 นาที

3) นำถ้วยกระเบื้องออกมาชั่งน้ำหนัก ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัมแล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดอีกครั้ง

4) เผาถ้วยกระเบื้องด้วยตะเกียงบุนเส่นจนควันหมด จึงนำเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°ซ. นานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วปรับอุณหภูมิไปที่ 750°ซ. นานประมาณ 2 ชั่วโมง

5) นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน disicator ประมาณ 25 นาที จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

6) คำนวณหาปริมาณเถ้าได้โดยใช้สมการ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักแกลบก่อนเผา}} \times 100$$

4.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารระเหยได้ (ASTM D-3175)

1) นำถ้วยนิเกิลทนไฟเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 $\pm$ 50°ซ. เป็นเวลา 6 นาทีแล้วเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่ง 950 $\pm$ 20°ซ. เป็นเวลา 6 นาที จึงนำออกจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator นานประมาณ 25 นาที

2) ชั่งน้ำหนักถ้วยนิเกิลเปล่า และใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ปิดฝาแล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

3) นำถ้วยนิเกิลเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 $\pm$ 50°ซ. เป็นเวลา 6 นาที โดยค่อย ๆ เคลื่อนถ้วยนิเกิลลงไปทุก 2 นาที ประมาณว่านาทีที่ 6 จะอยู่ช่วงอุณหภูมิ 500 $\pm$ 50°ซ.

4) เคลื่อนถ้วยนิเกิลลงไปที่ตอนกลางของเตาเผา อุณหภูมิประมาณ 950°ซ. เผาต่อไปเป็นเวลานานประมาณ 6 นาที จึงนำออกจากเตาเผาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator นานประมาณ 25 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

5) คำนวณปริมาณน้ำหนักที่หายไปได้โดยสมการ

$$\% \text{ น้ำหนักหายไป} = \frac{\text{น้ำหนักแกลบก่อนเผา} - \text{น้ำหนักแกลบหลังเผา}}{\text{น้ำหนักแกลบก่อนเผา}} \times 100$$

% สารระเหยได้ = % น้ำหนักที่หายไป -% ความชื้น

4.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนคงตัว

คำนวณหาปริมาณคาร์บอนคงตัวได้โดยใช้สมการ

% คาร์บอนคงตัว = 100 - % ความชื้น - % สารระเหยได้ - % เถ้า

การวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพแบบ Ultimate analysis และการหาค่าความร้อนของแกลบได้จัดส่งให้ทางศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นผู้วิเคราะห์ โดยใช้เครื่องมือ Elemental analyzer และเครื่อง Automatic bomb calorimeter ตามลำดับ ตัวอย่างแกลบที่จะนำไปวิเคราะห์ต้องผ่านการอบไล่ความชื้นและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 53 ไมโครเมตรก่อน

4.2.5 การหาสัดส่วนช่องว่าง

บรรจุแกลบลงในกระบอกตวง แล้วบันทึกค่าปริมาตรที่อ่านได้ เติมนอร์มอลเฮ็กเซน (n -hexane) ที่ทราบปริมาตรแน่นอนลงไปในกระบอกตวงจนถึงระดับผิวหน้าของแกลบ บันทึกปริมาตรไว้ นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาสัดส่วนช่องว่าง และค่าของความเป็นทรงกลมเทียบเท่า (ภาคผนวกที่ 2)

4.2.6 การหาเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมที่มีปริมาตรเทียบเท่าแกลบ

นำแกลบจำนวนหนึ่งที่ทราบปริมาตรแน่นอนมานับจำนวนอนุภาค นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมที่มีปริมาตรเทียบเท่าแกลบ (ภาคผนวกที่ 2)

4.2.7 การหาความหนาแน่นของแกลบ

นำแกลบจำนวนหนึ่งมาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร โดยไม่รวมปริมาตรของช่องว่างระหว่างอนุภาค นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความหนาแน่น (ภาคผนวกที่ 2)

4.3 การหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชัน

การหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชัน เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านแกลบกับความดันที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการเปลี่ยนความเร็วดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 3-6 โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1) ให้อากาศไหลผ่านคอลัมน์เปล่าด้วยความเร็วตั้งแต่ 40 ซม./วินาที จนถึง 80.4 ซม./วินาที ตามลำดับ พร้อมทั้งวัดความดันที่เปลี่ยนไปในแต่ละความเร็วด้วยมาโนมิเตอร์ที่บรรจุไว้ด้วยน้ำ

2) จากนั้นบรรจุแกลบลงในคอลัมน์สูงประมาณ 10 ซม. แล้วให้อากาศไหลผ่านคอลัมน์ด้วยความเร็วตั้งแต่ 4.0 ซม./วินาที จนถึง 80.4 ซม./วินาที ตามลำดับ พร้อมทั้งวัดความดันที่เปลี่ยนไปในแต่ละความเร็วด้วยมาโนมิเตอร์ จากนั้นจึงลดความเร็วของอากาศลงตามลำดับและวัดความดันที่เปลี่ยนไปเช่นกัน

จากข้อ 1) และข้อ 2) นำค่าความดันที่เปลี่ยนไปในแต่ละความเร็วมาลบกัน ค่าที่ได้จะเป็นค่าของความดันที่เปลี่ยนไปที่เกิดขึ้นเนื่องจากการไหลของอากาศผ่านเบดของแกลบ

3) ทำการทดลองในทำนองเดียวกับข้อ 2) แต่บรรจุแกลบลงในคอลัมน์ให้มีความสูงเบด 15 ซม.

4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวมวลด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซออแสท

การวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้ จะใช้เครื่อง Orsat analyzer โดยมีวิธีการวิเคราะห์ ดังนี้

1) เก็บก๊าซชีวมวลปริมาตร 100 ลบ.ซม. จากท่อเก็บก๊าซ โดยการบีบลูกยางให้แทนที่กรดซัลฟูริกเจือจางในกระบอกตวง

2) ไล่ก๊าซที่เก็บได้เข้าสู่กระเปาะแรกซึ่งบรรจุสารละลาย KOH เพื่อดูดซึมก๊าซ CO_2 ทิ้งไว้นานประมาณ 1 นาที

3) ปล่อยก๊าซที่เหลือจากการดูดซึมกลับเข้าสู่กระบอกตวง บันทึกปริมาตรที่ถูกดูดซึมไป ปริมาตรที่ถูกดูดซึมนี้จะเป็นปริมาตรของก๊าซ CO_2 ในก๊าซผสม

4) ไล่ก๊าซที่เหลือในกระบอกตวงเข้าสู่กระเปาะที่สองซึ่งบรรจุสารละลายของ Pyrogallic acid ใน KOH เพื่อดูดซึมก๊าซ O_2 ทิ้งไว้นานประมาณ 1 นาที

5) ปล่อยก๊าซที่เหลือจากการดูดซึมกลับเข้าสู่กระบอกตวง บันทึกปริมาตรที่ถูกดูดซึมไป ปริมาตรที่ถูกดูดซึมในครั้งนี้ลบด้วยปริมาตรก๊าซ CO_2 ในข้อ 3) จะเป็นปริมาตรของก๊าซ O_2 ในก๊าซผสม

6) ไล่ก๊าซที่เหลือในกระบอกตวงเข้าสู่กระเปาะที่สามซึ่งบรรจุสารละลาย Cuprous chloride เพื่อดูดซึมก๊าซ CO ทิ้งไว้นานประมาณ 1 นาที

7) ปล่อยก๊าซที่เหลือจากการดูดซึมกลับเข้าสู่กระบอกตวง บันทึกปริมาตรที่ถูกดูดซึมไป ปริมาตรที่ถูกดูดซึมในครั้งนี้ลบด้วยปริมาตรก๊าซ CO_2 และ O_2 ในข้อ 3) และ 5) จะเป็นปริมาตรก๊าซ CO ในก๊าซผสม

4.5 วิธีการทดลอง

4.5.1 การอุ่นเครื่องก่อนการทดลอง

1) บันทึกสภาวะทั่วไปของการทดลอง เช่น อุณหภูมิกระเปาะเปียก, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์

2) เปิดเครื่องทำความร้อนโดยปรับให้มีอัตราการไหลของอากาศผ่านเพียงเล็กน้อย

3) เมื่ออุณหภูมิใน combustor เพิ่มขึ้นถึงช่วงประมาณ 100-200 °ซ. จึงปิดเครื่องทำความร้อนและปรับอัตราการไหลของอากาศให้น้อยลง

4.5.2 การจุดไฟเริ่มการทดลอง

1) จุดหัวเผาโดยใช้ก๊าซหุงต้ม โดยปรับให้ได้เปลวไฟสีน้ำเงินและส่งลงเข้าทางด้านล่างของแผ่นกระจายลม ระวังอย่าให้หัวเผาดับ

2) เมื่ออุณหภูมิใน combustor เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 300 °ซ. จึงเริ่มป้อนแกลบเข้า combustor แกลบจะเกิดการลุกไหม้ทันที

3) ค่อย ๆ ปรับอัตราการไหลของอากาศเพิ่มทีละน้อยจนถึงค่าที่เราต้องการทดลอง พยายามทำให้เกิดการฟลูอิไดซ์ในขณะเผาไหม้มากที่สุด

4) เมื่อแกลบลุกไหม้ดีแล้วตั้งอุณหภูมิของเครื่องควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 900 °ซ. จนอุณหภูมิใน gasifier ขึ้นถึงประมาณ 300 °ซ. จึงเริ่มป้อนแกลบเข้า gasifier แบบต่อเนื่อง (สำหรับเถ้าที่ได้จาก gasifier จะทำการป้อนกลับเข้าไปใน gasifier ใหม่และเถ้าส่วนหนึ่งจะถูกดึงลงมาเผาไหม้ใน combustor ต่อ)

5) เมื่ออุณหภูมิใน gasifier เพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการทดลอง คือ 650, 700,750,800,850 และ 900 °ซ. ควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ที่จุดทดลองนั้น

6) ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล จึงเริ่มเก็บก๊าซตัวอย่างนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่อไป

7) บันทึกค่าต่าง ๆ ดังนี้ น้ำหนักของแกลบที่ใช้ทั้งหมด, น้ำหนักของเถ้าที่ลุกได้จาก combustor column อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศร้อนที่เข้าคอลัมน์, อุณหภูมิภายใน combustor, gasifier และอุณหภูมิก๊าซทางออก

4.6 สภาวะในการทดลอง

ในการทดลองนี้จะมีตัวแปรที่พิจารณาศึกษา คือ อุณหภูมิของกระบวนการกาซิฟิเคชันและอัตราการไหลของอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงสภาวะที่กำหนดขึ้นในการทดลองผลิตก๊าซชีวมวลจากแกลบในเครื่องกำเนิดก๊าซแบบฟลูอิไดซ์เบด

การทดลองที่	อัตราการไหลของอากาศ (ลบ.ม/นาที)	$\frac{U}{U_{mf}}$	อุณหภูมิของกระบวนการกาซิฟิเคชัน (องศาเซลเซียส)
1	0.533	1.55	700
2	0.533	1.55	750
3	0.533	1.55	800
4	0.567	1.64	650
5	0.567	1.64	700
6	0.567	1.64	750
7	0.567	1.64	800
8	0.567	1.64	850
9	0.567	1.64	900
10	0.633	1.84	650
11	0.633	1.84	700
12	0.633	1.84	750
13	0.633	1.84	800
14	0.633	1.84	850
15	0.633	1.84	900
16	0.683	1.98	700
17	0.683	1.98	750
18	0.683	1.98	800
19	0.683	1.98	850
20	0.683	1.98	900

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย