บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทนี้จะวิเคราะห์ผลการทดลองที่ทำการบันทึกค่าและได้เขียนกราฟไว้ในบทที่ 4

5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหินคุณภาพต่ำ

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ คือ ถ่านหินคุณภาพต่ำ ที่มีขนาดเล็กละเอียดจนถึงขนาดใหญ่กว่า 2.36 mm. เมื่อนำถ่านหินคุณภาพต่ำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ พบว่าถ่านหินคุณภาพต่ำมีค่าความร้อน 3627 kcal/kg ซึ่งถือว่ามีค่าความร้อนที่ต่ำมาก มีปริมาณเถ้าร้อยละ 19.56 โดยน้ำหนัก ซึ่งถือว่าสูงมาก จึงเกิดปัญหากับขบวนการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ หรือแม้กระทั่งการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ในหม้อไอน้ำก็จะเกิดปัญหาฝุ่นมาก ทั้งนี้อาจจะทำให้ตะกรับอุดตันได้ และมีปริมาณซัลเฟอร์ที่สูงมากคือ 2.48% เพราะถ้านำมาทำกาสิฟิเคชั่นจะทำให้เกิดซัลเฟอร์ออกไซด์ที่สูงมากซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5.2 การวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีผลต่อการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

จากการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ พบว่าขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำผลต่อการเกิดก๊าซเชื้อเพลิงมาก สำหรับการศึกษาขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีผล ซึ่งจะแยกออกพิจารณาดังนี้คือ

5.2.1 ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำ ที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm.
5.2.2 ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำ ที่มีขนาด 0.85-1.18 mm.
5.2.3 ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำ ที่มีขนาด 1.18-2.36 mm.
5.2.4 ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำ ที่มีขนาด 2.36 - 3.5 mm.

5.2.1 ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำ ที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm.

สำหรับการกาสิฟิเคชั่นถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm. พบว่าปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.9 - 2.3 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 8-12.4 % และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์(SO_x) 0.2-0.35 % ซึ่งปริมาณนี้ลดลง จากปริมาณที่คำนวณจากสมการเคมีตามทฤษฎีค่าที่คำนวณได้คือ 0.67 %

สำหรับขนาดถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm. สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ต่อไปในขบวนการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ ได้สูงสุด 2.3 % ของก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น 0.32 % ของก๊าซที่

เกิดขึ้นทั้งหมด และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 12.2 % ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.1 – 4.2 ในบทที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ในแต่ละอุณหภูมิ และค่าก๊าซที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมากทั้งนี้เนื่องมาจากถ่านมีขนาดเล็กมาก จึงทำให้เกิดการเผาไหม้หมดเร็วส่งผลทำให้มีปริมาณคาร์บอนที่น้อยในการที่จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่ต้องการ และการคำนวณความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชัน เท่ากับ 0.67 m/s และความเร็วสุดท้ายหรือความเร็วตกอย่างอิสระของถ่านหิน 1.05 m/s

5.2.2 ถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 0.85-1.18 mm.

สำหรับการกาสิฟิเคชั่นถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาด 0.85 – 1.18 mm. พบว่าปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5.9-7.2 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 12-15.2 % และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) 0.24-0.37 % ซึ่งปริมาณนี้ลดลงจากปริมาณที่คำนวณจากสมการเคมีตามทฤษฎีค่าที่คำนวณได้คือ 0.67 %

สำหรับขนาดถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาด 0.85 – 1.18 mm. สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ต่อไปในขบวนการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ ได้สูงสุด 7.2.% ของก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น 0.254 % ของก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 14.6 % ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 – 4.4 ในบทที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ในแต่ละอุณหภูมิ และค่าก๊าซที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ของขนาดถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm. ทั้งนี้เนื่องมาจากถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้มีปริมาณคาร์บอนในการที่จะผลิตก๊าซเชื้อเพลิงมากกว่าและคงสภาพเป็นเม็ดถ่านได้นานกว่าหรือสัดส่วนช่องว่างของเบดน้อยกว่า และการคำนวณความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชัน เท่ากับ 0.97 m/s และความเร็วสุดท้ายหรือความเร็วตกอย่างอิสระของถ่านหิน 12.42 m/s

5.2.3 ถ่านหินคุณภาพต่ำ ขนาด 1.18-2.36 mm.

สำหรับการกาสิฟิเคชั่นถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาด 1.18-2.36 mm. ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ อยู่ในช่วงระหว่าง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 5.5-7.9 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 10.6-15.8 % ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.12-0.37 %ซึ่งปริมาณนี้ลดลงจากปริมาณที่คำนวณจากสมการเคมีตามทฤษฎีค่าที่คำนวณได้คือ 0.67 %

สำหรับถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 1.18-2.36 mm. สภาวะที่ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ต่อไปในขบวนการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ ได้สูงสุด 7.9 % ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น 0.12 % ของก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 12.6 % ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.5และรูปที่ 4.5 – 4.6 ในบทที่ 4 คือ ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ในแต่ละอุณหภูมิ และค่าก๊าซที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ของขนาดถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm. และถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 0.85 – 1.18 mm. ทั้งนี้เนื่องมาจากถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้มีปริมาณคาร์บอนในการที่จะผลิตก๊าซเชื้อเพลิงมากกว่าและคงสภาพเป็นเม็ดถ่านได้นานกว่าและการคำนวณความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชัน เท่ากับ 1.68 m/s และความเร็วสุดท้ายหรือความเร็วตกอย่างอิสระของถ่านหิน 17.57 m/s

5.2.4 ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 2.36 - 3.5 mm.

สำหรับการกาสิฟิเคชั่นถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาด 2.36 3.5 mm. ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ อยู่ในช่วงระหว่าง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 5.5-9.9 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 8.3-12 % ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.12-0.33 %ซึ่งปริมาณนี้ลดลงจากปริมาณที่คำนวณจากสมการเคมีตามทฤษฎีค่าที่คำนวณได้คือ 0.67 %

สำหรับถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 2.36 - 3.5mm. สภาวะที่ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ต่อไปในขบวนการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ ได้สูงสุด 9.9 % ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น 0.32 % และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 12 % ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 – 4.8 ในบทที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ในแต่ละอุณหภูมิ และค่าก๊าซที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ของขนาดถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดน้อยกว่า 0.85 mm. ถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 0.85 – 1.18 mm. และถ่านหินคุณภาพต่ำขนาด 1.18 – 2.36 mm.ทั้งนี้เนื่องมาจากถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้มีปริมาณคาร์บอนในการที่จะผลิตก๊าซเชื้อเพลิงมากกว่าและคงสภาพเป็นเม็ดถ่านได้นานกว่า

ขนาดของถ่านหินคุณภาพต่ำที่เหมาะสำหรับการนำมาทำการกาสิฟิเคชัน สำหรับงานวิจัยนี้คือ ถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาด 2.36 – 3.5 mm. เพราะได้ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด ซึ่งเป็นก๊าซที่สามารถนำไปเผาไหม้ต่อได้ และเกิดมากที่สุดมากกว่าถ่านหินคุณภาพต่ำทุกขนาดสำหรับงานวิจัยนี้คือ 9.9 % และโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 7.8 % ทั้งนี้เนื่องจากถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดใหญ่กว่าจะติดไฟและ

คงสภาพความเป็นเม็ดถ่านได้นานกว่า ขณะเกิดปฏิกิริยา และปริมาณของคาร์บอนในถ่านหินคุณภาพต่ำเม็ดเล็กกว่าย่อมต้องเผาไหม้หมดก่อนถ่านหินคุณภาพต่ำที่มีขนาดใหญ่กว่าจากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดโซนออกซิเดชันในเบดของถ่านหินคุณภาพต่ำเม็ดใหญ่แคบกว่าถ่านหินคุณภาพต่ำเม็ดเล็ก แล้วไปเพิ่มขนาดของโซนรีดักชัน และการคำนวณความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เซชัน เท่ากับ 2.15 m/s และความเร็วสุดท้ายหรือความเร็วตกอย่างอิสระของถ่านหิน 21.39 m/s

5.3.การวิเคราะห์ผลอุณหภูมิต่อการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ

จากการศึกษาอุณหภูมิการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ ทราบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดก๊าซแต่ละชนิดมาก สำหรับการศึกษาจะแบ่งการศึกษาอุณหภูมิต่อการเกิดแต่ละชนิดดังนี้ คือ

5.3.1 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์

5.3.2 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดซัลเฟอร์ออกไซด์

5.3.3 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์

5.3.1 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์

จากการศึกษาการกาสิฟิเคชันถ่านหินคุณภาพต่ำคุณภาพต่ำในช่วงอุณหภูมิ 750-900 องศาเซลเซียส จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จาก 750 องศาเซลเซียส การเกิดก๊าซคาร์บอนนอกไซด์ในก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เพียง 0.9 % จะเกิดมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.9 – 4.10 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดที่ผลิตได้ 9.9 % ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และต่ำสุด ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน(Endothermic reaction)$C+CO_2 \longrightarrow 2CO$ ซึ่งต้องใช้ความร้อนในปริมาณมากในการทำปฏิกิริยาและสำหรับการกาสิฟิเคชันในฟลูอิดไดซ์เบดนี้ ปริมาณความร้อนที่ใช้ทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ จะได้จากการเผาไหม้ของถ่านหินคุณภาพต่ำกับออกซิเจน ถ้าอุณหภูมิการการสิฟิเคชันยังต่ำ ก็จะทำให้ปริมาณความร้อนที่จะทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำ และถ้าอุณหภูมิกาสิฟิเคชันเพิ่มสูงขึ้น ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก็จะมีมากและทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์สูงขึ้นด้วย

5.3.2 ผลของอุณหภูมิกาสิฟิเคชันต่อการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์

จากการศึกษาวิจัย พบว่าการเกิด SO_2 มีปริมาณที่มากคือเกิดขึ้นในช่วง 0.1-0.4 % ของก๊าซที่เกิดจากกาสิฟิเคชัน ซึ่งลดลงจากการคำนวณทางทฤษฎีประมาณ 50 % เพราะค่าที่

คำนวนทางทฤษฎี มีค่าเท่ากับ 0.67 % เนื่องจากในถ่านหินคุณภาพต่ำมีส่วนประกอบของซัลเฟอร์มากทำให้เมื่อทำกาสิฟิเคชันจะได้ซัลเฟอร์ออกไซด์ที่มีปริมาณมาก เพราะอากาศในการเผาไหม้มีน้อยจึงทำให้เกิดซัลเฟอร์ออกไซด์ ซึ่งจะแสดงค่าที่ได้จากการทดลองใน ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.11 – 4.12

สำหรับการวิจัยมีการเติมปูนขาวเข้าไปในการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซด้วยเพื่อกำจัดซัลเฟอร์ออกไซด์ ในอัตราส่วน 0.2 โดยน้ำหนัก หรือ ปูนขาว 1 kg ต่อ ถ่านหินคุณภาพต่ำ 5 kg

5.3.3 ผลของอุณหภูมิกาสิฟิเคชันต่อการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 8 - 16 % ของปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดขึ้นและลดลงเร็วมากทั้งนี้เนื่องจากการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของคาร์บอนกับออกซิเจนเหนือแผ่นกระจายอากาศ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกันทุกอุณหภูมิการกาสิฟิเคชั่น

5.4 การวิเคราะห์ผลผลของอัตราการป้อนอากาศต่อการกาสิฟิเคชันถ่านหินคุณภาพต่ำ

อากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดกาสิฟิเคชัน เพราะถ้ามีปริมาณอากาศเข้าสู่เบดมากเกินไป ก็จะกลายเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และสำหรับฟลูอิดไดซ์เซชันความเร็วของอากาศเป็นตัวกำหนดการเกิดฟลูอิดไดซ์ นอกจากนี้อัตราการป้อนอากาศยังเป็นตัวกำหนดปริมาณออกซิเจนในการทำกาสิฟิเคชันด้วย สำหรับการทดลองจะกำหนดอัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหินคุณภาพต่ำสำหรับการกาสิฟิเคชันให้คงที่ จากนั้นทำการแปรค่าอัตราการป้อนอากาศซึ่งในการทดลองจะแปรค่าอัตราการป้อนเชื้อเพลิงอยู่ 2 ค่าคือ ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/min และ ที่อัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/min จากการทดลองพบว่าที่อัตราการป้อนอากาศ 2.05 m/min เหมาะสำหรับการกาสิฟิเคชันและผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้มากกว่าอัตราการป้อนอากาศ 2.75 m/min

5.5 การวิเคราะห์ค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

สำหรับค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ จะอยู่ที่ประมาณ 0.12 MJ/m^3 – 1.25 MJ/m^3 ค่าความร้อนโดยเฉลี่ยของก๊าซเชื้อเพลิง 0.74 MJ/m^3 และค่าความร้อนส่วนใหญ่คือ 0.9 MJ/m^3 ทั้งนี้ ค่าความร้อนที่เกิดขึ้น ได้จากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ชนิดเดียว จึงทำให้ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย ซึ่งจะแสดงค่าที่ได้ใน ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.14 – 4.15 ในบทที่ 4