บทที่ 6

บทสรุป

ถ่านหินลิกไนท์ตัวอย่าง จาก อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน และจาก อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ถูกนำมาทดลองโดยการไล่สารระเหยออกในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 700°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเข้าทำปฏิกิริยากาซซิไฟกับไอน้ำ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่าง 700°-950°ซ ความดันบรรยากาศ ในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์ ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนโตรเจน ปฏิกิริยาสำคัญที่เกิดขึ้นมีดังนี้ คือ

$$C + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 2H_2 \qquad (6.1)$$

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2 \qquad (6.2)$$

$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO \qquad (6.3)$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \qquad (6.4)$$

ได้มีการศึกษาอิทธิพลเนื่องจากการแพร่ผ่านชั้นฟิลม์ก๊าซ พบว่าเมื่อกำหนดให้อัตราส่วนก๊าซไนโตรเจนและไอน้ำ ที่เข้าทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในถ่านหินคงที่เป็น 1:2.4 โดยน้ำหนัก ถ้าความเร็วในการป้อนก๊าซไนโตรเจนมากกว่า 2 ลิตรต่อนาที และความเร็วในการป้อนน้ำมากกว่า 6 ลบ.ซม. ต่อนาที แล้วผลการทดลองจะไม่มีอิทธิพลเนื่องจากความต้านทานของฟิลม์ก๊าซ หลังจากนั้น จะทำการทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่เปลี่ยนไป เริ่มต้นจาก 700°ซ อธิบายผลการทดลองโดยใช้แบบจำลอง 3 แบบจำลอง ของ Octave Levenspiel (1972)(21)

1. แบบจำลองโปรเกล่ซีพ-คอนเวอร์ชั่น
2. แบบจำลองแกนกลางหดตัว
3. แบบจำลองขนาดอนุภาคหดตัว

พบว่า เมื่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่า 25 นาที แล้ว อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะถูกควบคุม โดยขั้นตอนปฏิกิริยาเคมี อธิบายโดยแบบจำลองแกนกลางหดตัว และแบบจำลองขนาดอนุภาคหดตัว เมื่อปฏิกิริยาเคมีควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยา แต่ภายหลังจากนั้น อัตราเร็วปฏิกิริยาจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนการแพร่ผ่านชั้นเถ้าที่เกิดขึ้นบนผิวถ่านหิน อธิบายโดยแบบจำลองแกนกลางหดตัวเมื่อขั้นต่อนการแพร่ผ่านชั้นเถ้าควบคุมอัตราเร็วปฏิกิริยา และอัตราเร็วปฏิกิริยาเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี จะมีอัตราเร็วมากกว่าเมื่อเกิดการแพร่ผ่านชั้นเถ้า ผลการทดลองตรงกับการทดลองของ Hunt, et al (1953) (17)

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์มีดังนี้

1. ที่อุณหภูมิต่ำ (700 °ซ) ก๊าซผลิตภัณฑ์จะมีความเข้มข้นสูงอย่างรวดเร็ว และจะมีค่าสูงสุดค่าหนึ่ง จากนั้นจะมีปริมาณคงที่ หรือลดลงเล็กน้อยตลอดช่วงเวลาทดลอง แต่ที่อุณหภูมิสูง (950 °ซ) ก๊าซผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 25 นาทีแรกของการเกิดปฏิกิริยา และความเร็วจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลาต่อมา

2. ที่อุณหภูมิต่ำการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ แต่ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่า

3. ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนจะเกิดเป็นปริมาณมากที่สุด และเกิดก๊าซมีเทนน้อยที่สุด

4. ที่อุณหภูมิต่ำการเกิดปฏิกิริยาจะให้ปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

5. ก๊าซมีเทนมีแนวโน้มจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำมากกว่าที่อุณหภูมิสูง แต่ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนมีน้อย (น้อยกว่า 0.35%) เนื่องจากความดันในการทดลองต่ำ เช่น ที่ 1 บรรยากาศ ฯลฯ

6. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 25 นาทีแรก แต่หลังจากนั้นจะมีอัตราการเกิดค่อนข้างคงที่ทุก ๆ อุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา เนื่องจากปฏิกิริยาที่ 6.1 เป็นปฏิกิริยาปฐมภูมิ ตามข้อเสนอของ G.S. Scott (1941) (15)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะสามารถได้รับจากการวิจัย คือ ข้อมูลในการพิจารณาเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ก๊าซซิไฟถ่านหินด้วยไอน้ำ โดยจะต้องพิจารณาถึงอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีต่อความต้องการและวิธีการออกแบบที่ดี ซึ่งพบว่า แฟกเตอร์ที่จะต้องพิจารณา คือ

1. ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งเป็นปัญหาแรกสุดที่จะต้องพิจารณา เพราะความต้องการผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน จะส่งผลถึงสภาวะในการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเป็นการคาร์บอนมอนอกไซด์ สภาวะการเกิดปฏิกิริยาก็ควรจะกระทำที่อุณหภูมิสูง ๆ และเครื่องปฏิกรณ์ก็มีเวลาในการเกิดปฏิกิริยาของถ่านหินสั้น เพื่อให้เกิดความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์สูง ๆ แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเป็นก๊าซมีเทน อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาก็ต้องต่ำ ๆ มีความดันสูง ๆ และเครื่องปฏิกรณ์มีเวลาให้ถ่านหินเกิดปฏิกิริยาได้นาน ๆ เป็นต้น

2. อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา นอกจากจะมีอิทธิพลถึงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แล้ว อุณหภูมิยังมีผลต่อปริมาณของก๊าซที่ผลิตได้ จากการวิจัยนี้พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 850-900°ซ เพราะช่วงอุณหภูมินี้จะให้ก๊าซผลิตภัณฑ์มีปริมาตรสูงสุด

3. ความเร็วและปริมาณไอน้ำที่ใช้ พบว่าความเร็วหรือปริมาณไอน้ำจะมีค่าสูงสุดอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งไม่ว่าจะเพิ่มความเร็วขึ้นไปอีกก็ไม่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น จากการวิจัยพบว่าความเร็วนี้มีค่าประมาณเท่ากับ 5.4 เท่าของความเร็วฟลูอิไดซ์น้อยที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย