บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ใน ในการผลิตก๊าซสังเคราะห์โดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนตัวรองรับ γ -อลูมินา (Ni/Al_2O_3) ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีอัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นอย่างไร ขึ้นอยู่กับการใช้สารตั้งต้นว่าจะเป็นไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และด้วยอัตราส่วนสารตั้งต้นเท่าใด หากเลือกใช้ไอน้ำทำปฏิกิริยากับก๊าซมีเทนแล้วจะให้อัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนนอกไซด์สูง และในทางกลับกันหากเลือกใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากับก๊าซมีเทน อัตราส่วนดังกล่าวจะต่ำมาก จึงน่าสนใจที่จะนำทั้งไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาเป็นสารตั้งต้นร่วมกันในปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทน เพื่อให้ได้ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับคาร์บอนมอนนอกไซด์เหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงนี้เป็นปฏิกิริยาที่ดูดความร้อนที่รุนแรง โดยทั่วไปกระบวนการผลิตมักกระทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดบรรจุ (packed bed) ซึ่งสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างขดลวดให้ความร้อนกับเบดมีค่าต่ำ การควบคุมอุณหภูมิภายในเบดให้สม่ำเสมอเป็นไปได้ลำบาก ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเบด (temperature gradient) การทดลองนี้จึงได้ประยุกต์เทคนิคฟลูอิไดเซชันขึ้นมาใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซสังเคราะห์ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 ทำหน้าที่เป็นเบด ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวของฟลูอิไดเซชันที่ว่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนให้แก่เบดภายในปฏิกิริยาเป็นไปอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ทำให้ง่ายต่อการควบคุมอุณหภูมิ จึงได้ศึกษาทดลองการเกิดปฏิกิริยานี้ในฟลูอิไดซ์เบดที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในเบดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากผลการทดลองสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับไอน้ำเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทน จะช่วยปรับอัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับคาร์บอนมอนนอกไซด์ให้อยู่ในช่วงที่นำไปใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบเพื่อสังเคราะห์สารปิโตรเคมีได้ แสดงเปรียบเทียบอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ผลิตได้จากปฏิกิริยารีฟอร์มมิงมีเทนด้วยสารตั้งต้นต่าง ๆ กัน ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงอัตราส่วน H_2/CO ที่ผลิตได้จากปฏิกิริยารีฟอร์มมิง

ปฏิกิริยารีฟอร์มมิง	H_2/CO
1. ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	0.3-0.7
2. ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1.0-2.5
3. ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำ	5.0-7.0

สภาวะที่เหมาะสมที่ให้อัตราส่วน H_2/CO อยู่ในช่วง 1.0 ถึง 2.5 คือ ที่อัตราส่วนสารตั้งต้นระหว่างไอน้ำต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซมีเทนตั้งแต่ 1.0:4.0:1.0 ถึง 3.0:4.0:1.0 โดยใช้อุณหภูมิในช่วง 650 ถึง 800 องศาเซลเซียสซึ่งจะเป็นไปตามสภาวะใดขึ้นอยู่กับอัตราส่วน H_2/CO ที่จะนำไปใช้ประโยชน์

2. อัตราส่วนของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา กล่าวคือ

2.1 เมื่อเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ปริมาณของไอน้ำต่อก๊าซมีเทนคงที่ ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนลดลง และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้น

2.2 เมื่อเพิ่มปริมาณไอน้ำ โดยที่ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซมีเทนคงที่ ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดลง

3. อุณหภูมิมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา กล่าวคือ ปฏิกิริยารีฟอร์มมิงเกิดได้ดี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนนอกไซด์เพิ่มขึ้น

4. อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามีผลต่อเปอร์เซนต์การเกิดปฏิกิริยาของก๊าซมีเทน โดยเปอร์เซนต์การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นต่ำและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาสูง จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 ที่เหมาะสมกับเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.7 เซนติเมตร สูง 30.0 เซนติเมตร คือ อัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นเป็น 2.5 เท่าของอัตราเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชั่น (0.6 เซนติเมตรต่อวินาที) และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 550 กรัม

5. แบบจำลองคณิตศาสตร์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ของปฏิกิริยารีฟอร์มมิงก๊าซมีเทนด้วยไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นดังนี้

$$CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3H_2$$

$$CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$$

และ $$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$$

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

ก๊าซสังเคราะห์ที่ผลิตได้จากการทดลองครั้งนี้เหมาะสมกับการสังเคราะห์สารปิโตรเคมีต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์เมธานอล ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็น 1.0 ต่อ 2.5 จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการนำก๊าซสังเคราะห์ที่ผลิตได้ดังกล่าวไปก่อให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่อไป