บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ปฏิกิริยารีฟอร์มมิ่งแอล พี จี ด้วยไอน้ำ เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตก๊าซสังเคราะห์ โดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี มีการผลิตมาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่สอง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนที่รุนแรง โดยทั่วไปกระบวนการผลิตมักกระทำในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดบรรจุ (packed bed) ซึ่งสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับเบดมีค่าต่ำ การควบคุมอุณหภูมิภายในเบดให้สม่ำเสมอเป็นไปได้ลำบาก ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเบด (temperature gradient) การทดลองนี้จึงได้ประยุกต์เทคนิคฟลูอิไดเซชันขึ้นมาใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซสังเคราะห์ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/Al_2O_3 ทำหน้าที่เป็นเบด ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวของฟลูอิไดเซชันที่ว่า การถ่ายเทพลังงานความร้อนให้แก่เบดภายในปฏิกิริยาเป็นไปอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ จึงเป็นแนวทางที่จะทำการควบคุมอุณหภูมิภายในเบดให้อยู่ในช่วงของการทำงานที่เหมาะสมได้ จึงได้ทำการทดลองประยุกต์การควบคุมอุณหภูมิภายในเบดด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ด้วยผลการทดลองที่ได้สรุปได้ดังต่อไปนี้

6.1 ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น 3 แบบ คือโปรแกรมควบคุมแบบ P โปรแกรมควบคุมแบบ PI และโปรแกรมควบคุมแบบ PID ซึ่งทั้งสามโปรแกรมสามารถควบคุมอุณหภูมิเบดให้คงที่ได้โดยมีค่าออฟเซทไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส และค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยภายใน + 5 องศาเซลเซียส ผลของการทำงานของโปรแกรมควบคุมแต่ละชนิดสรุปได้ดังนี้

6.1.1 เมื่อทำการทดลองควบคุมอุณหภูมิในช่วง 650 ถึง 800 องศาเซลเซียส สำหรับโปรแกรมควบคุมแบบ P ควรใช้ค่า K_c ในช่วง 8 ถึง 12 โวลต์ต่อองศาเซลเซียส และค่าคงที่ V_s ควรอยู่ในช่วง 70 ถึง 180 โวลต์ ซึ่งทุกค่าของ K_c และ V_s สามารถเลือกนำมาใช้ในการควบคุมได้ แต่จะมีโอกาสเกิดออฟเซทขึ้นในช่วง -7.6 ถึง +5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม (T_s) และอัตราเร็วของก๊าซ (U/U_{mf}) ค่าคงที่ของ V_s สูงเกิน อุณหภูมิที่ควบคุมได้จะมีค่าสูงกว่าที่ต้องการควบคุม แต่ถ้าค่าคงที่ V_s ที่ใช้มีค่าลดลง อุณหภูมิที่ควบคุมให้คงที่ได้จะมีค่าต่ำลงด้วย ซึ่งเป็นข้อเสียสำหรับการควบคุมแบบ P

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนผสมของสารตั้งต้น H_2O/LPG และอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นที่มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิเบด ปรากฏว่าไม่มีผลต่อการควบคุม

อุณหภูมิเบดด้วยโปรแกรมควบคุมแบบ P แต่เมื่ออัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นสูงขึ้น อุณหภูมิเบดที่ควบคุมได้จะมีค่าต่ำลง เป็นเพราะสารตั้งต้นต้องการพลังงานความร้อนมากขึ้นสำหรับปฏิกิริยา

6.1.2 การใช้โปรแกรมควบคุมแบบ PI ได้ใช้ค่า τ_I ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุม ในช่วง 5 ถึง 15 นาที และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการควบคุมแบบ P พบว่าการควบคุมแบบ PI สามารถลดค่าออฟเซทที่เกิดในแบบ P ได้

อีกทั้งศึกษาอิทธิพลของอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น พบว่าอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้นนั้นไม่ทำให้อุณหภูมิภายในเบดเบี่ยงเบนไปเมื่อใช้การควบคุมแบบ PI ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมแบบ PI สามารถปรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาวะใหม่ที่ใช้ในการทดลองได้ตลอดเวลา

6.1.3 ในทำนองเดียวกันการใช้โปรแกรมควบคุมแบบ PID ให้ผลของการตอบสนองของการควบคุมอุณหภูมิคล้ายกับการควบคุมแบบ PI คือสามารถลดออฟเซทที่เกิดจากการควบคุมแบบ P ได้ ค่า τ_D ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมอยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.1 นาที

เมื่อศึกษาถึงอัตราเร็วในการป้อนสารตั้งต้น ก็พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อการควบคุมแบบ PID ที่สภาวะคงที่ เช่นเดียวกับการควบคุมแบบ PI

6.2 ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่อุณหภูมิและอัตราส่วน H_2O/LPG ต่าง ๆ นั้นสามารถสรุปได้ว่า

6.2.1 แอล พี จี สามารถแตกตัวเป็น CH_4 ได้ง่าย และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องเป็นผลิตภัณฑ์ได้หมดทุกการทดลอง

6.2.2 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของเบดจาก 650 ถึง 800 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการเกิดก๊าซ CO ซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 17.56 เป็น 24.70 เปอร์เซนต์ ส่วนก๊าซ CO_2 มีปริมาณลดลงจาก 6.71 เป็น 1.54 เปอร์เซนต์ ส่วนปริมาณก๊าซ H_2 ค่อนข้างคงที่ที่ 71.0 เปอร์เซนต์ และก๊าซ CH_4 ลดลงจาก 4.72 เป็น 2.00 เปอร์เซนต์

6.2.3 ส่วน H_2O/LPG ที่เพิ่มจาก 2 ถึง 8 มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของก๊าซ CO ซึ่งจะลดลงเล็กน้อยจาก 19.98 เป็น 18.20 เปอร์เซนต์ ทำให้ได้ก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจาก 0.68 เป็น 6.43 เปอร์เซนต์ ก๊าซ H_2 ซึ่งได้จากปฏิกิริยาทั้งสองเพิ่มขึ้นจาก 72.60 เป็น 74.85 เปอร์เซนต์ และก๊าซ CH_4 ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 6.75 เป็น 0.53 เปอร์เซนต์

6.2.4 อัตราส่วนของก๊าซสังเคราะห์ H_2 ต่อ CO ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ มีค่าอยู่ในช่วง 2.9 ถึง 4

6.3 ทำการเปรียบเทียบปริมาณของก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาในเบด กับผลที่ได้จากการคำนวณทางเทอร์ไดนามิกส์ ปรากฏว่าผลที่ได้สอดคล้องกันอย่างดี จึงสรุปคุณสมบัติของก๊าซในเครื่องปฏิกรณ์ ตามสมมติฐานจากการคำนวณทางเทอร์ไดนามิกส์ได้ว่า

6.3.1 ก๊าซทั้งหมดในปฏิกิริยารวมทั้งก๊าซเฉื่อย มีคุณสมบัติเหมือนก๊าซอุดมคติ

6.3.2 ความดันรวมของก๊าซทั้งหมดเป็นความดันบรรยากาศ

6.3.3 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาวะสมดุล

ข้อเสนอแนะในการศึกษางานวิจัยต่อไป

ก๊าซสังเคราะห์ เป็นก๊าซที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้านในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเคมีต่าง ๆ สามารถผลิตโดยการรีฟอร์มมิ่งของสารตั้งต้นได้หลายชนิด อัตราส่วนของ H_2/CO ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ นอกจากขึ้นกับเงื่อนไขสภาวะที่ใช้ในการผลิตแล้วยังขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตด้วย จึงควรศึกษาถึงการใช้สารตั้งต้นอื่นในการผลิตที่จะให้ได้อัตราส่วนของ H_2/CO ที่เหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในแต่ละกระบวนการผลิตของแต่ละกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย