บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่แล้ว ดังในรูปที่ 5.1-5.3 พบว่าการเปลี่ยนของเมทานอล และ DME เป็นสารไฮโดรคาร์บอนมีค่าต่ำในช่วงที่อัตราการเปลี่ยนของปฏิกิริยามีค่าต่ำหรือเวลาสัมผัสมีค่าต่ำ อย่างไรก็ตามอัตราการเปลี่ยนจะเร่งขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อความเข้มข้นของสารไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันกับปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทานอลบนตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ดังในรูปที่ 3.5 การที่เกิดลักษณะเช่นนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ (nonisothermal) ในชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเบดนิ่ง ที่เกิดจากปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) ของปฏิกิริยาเมทานอลดีไฮเดรชันและปฏิกิริยาการเกิดสารไฮโดรคาร์บอน ในกรณีของตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 Chen (10) ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบไมโคร (Micro reactor) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 และ 3/8 นิ้ว เพื่อป้องกันการเกิดอุณหภูมิไม่สม่ำเสมออันเนื่องมาจากขนาดของเครื่องปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่เกินไป จากการทดลองพบว่าการเร่งขึ้นของอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้เป็นผลเนื่องมาจากการที่อุณหภูมิไม่สม่ำเสมอในชั้นของตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับในกรณีของตัวเร่งปฏิกิริยาวานาโดซิลิเคต คาดว่าจะไม่มีผลมาจากการไม่สม่ำเสมอในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาเช่นกัน ทั้งนี้เพราะเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบไมโครมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 มิลลิเมตร หรือ 0.236 นิ้วและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เพียง 210 มิลลิกรัมเท่านั้น

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.1 - 5.3 พบว่าสารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นในขั้นต้นเป็นสารไฮโดรคาร์บอนประเภทสารโอลิฟินที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม 2 - 4 อะตอม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารโอลิฟินจะเปลี่ยนไปเป็นสารพาราฟินและอโรมาติก ดังนั้นจึงสามารถสรุปขั้นตอนของปฏิกิริยาอย่างง่าย ๆ ได้ดังนี้

$$\text{Oxygenates (Methanol and DME)} \longrightarrow \text{Light Olefins } (C_2'' - C_4'')$$

$$\text{Light Olefins} \longrightarrow \text{Paraffins and Aromatics}$$

ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนของปฏิกิริยาที่กำหนดไว้และมีลักษณะ เช่น เดียวกับปฏิกิริยาการ เปลี่ยน เมทานอลบนตัว เร่งปฏิกิริยา ZSM-5 จากผลอันนี้ยัง เป็นข้อสนับสนุนที่ว่าปฏิกิริยาของการ เปลี่ยน เมทานอล เป็นไฮโดรคาร์บอนหรือก๊าซโซลีนบนตัว เร่งปฏิกิริยาที่มีคุณสมบัติ เป็นกรดจะมีลักษณะ ของปฏิกิริยาที่คล้ายกัน

จากการทดลองและฟิตแบบจำลองพบว่าที่อุณหภูมิ 280 องศา เซล เซียสค่า R ซึ่ง เป็น ค่าอัตราส่วนของค่าคงที่ของอัตราการ เกิดปฏิกิริยาการ เกิดสารโอลิฟินจากอีทีน เทียบกับของอัตรา การทำปฏิกิริยาระหว่างสารออกซิจิ เนตกับสารโอลิฟินมีค่า เท่ากับ 0.970 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เป็น 320 และ 360 อาศา เซล เซียสค่า R จะมีค่าลดลง เท่ากับ 0.950 และ 0.142 ตามลำดับจะ เห็นได้ว่าในช่วงอุณหภูมิ 280 องศา เซล เซียส อัตราการ เกิดของปฏิกิริยาทั้งสองมีค่าใกล้ เคียง กันแต่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดย เฉพาะที่อุณหภูมิ 360 องศา เซล เซียส อัตราการทำปฏิกิริยาระหว่าง สารออกซิจิ เนตกับสารโอลิฟินมีค่าสูงขึ้นมาก เมื่อ เทียบกับอัตราการ เกิดสารอีทีน ที่ เป็น เช่นนี้อาจ สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เริ่ม เกิดสารไฮโดรคาร์บอนประ เภทพาราฟินและอโรมาติกจากสาร โอลิฟิน ซึ่งสารโอลิฟินที่ทำให้ เกิดสารพาราฟินและอโรมาติกนั้นส่วนใหญ่ เป็นสารโอลิฟินที่ได้จาก ปฏิกิริยาระหว่างสารออกซิจิ เนตและสารโอลิฟิน ดังนั้น เพื่อให้ เกิดความสมดุลย์ของปฏิกิริยาจึงทำ ให้ค่าคงที่ของปฏิกิริยามีลักษณะดังกล่าวไว้ในขั้นต้น ซึ่งจากการทดลองของ Chang (11) พบว่า สำหรับตัว เร่งปฏิกิริยา ZSM-5 การ เปลี่ยนสารโอลิฟิน เป็นสารพาราฟินจะ เกิดจากการถ่าย เท โปรตอนและสารโอลิฟินที่มีน้ำหนักโม เลกุลสูงจะถ่าย เทดีกว่าสารโอลิฟินที่มีน้ำหนักโม เลกุลต่ำ ซึ่งใน ตัว เร่งปฏิกิริยาวานาโดซิล เคต (Si/V = 90) อาจมีลักษณะ เช่น เดียวกัน

สำหรับปฏิกิริยาระหว่างสารออกซิจิ เนตกับสารโอลิฟินนั้นได้ทำการหาค่าพลังงาน กระตุ้นที่ปรากฏจากสมการของอาลี เนียสได้ เท่ากับ 29,569.78 แคลอรี่/กรัม-โมลและมีค่าคง ที่ เท่ากับ 3.56×10^{14} ค่าพลังงานกระตุ้นที่ปรากฏที่ได้จากการฟิตแบบจำลองนี้คาดว่า เป็น ค่าพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาแบบอินทรินซิค กล่าวคือ เป็นค่าของปฏิกิริยาที่ไม่มีผลจากการถ่าย เท มวลและความร้อน ที่ เป็น เช่นนี้ เพราะ เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ เป็นแบบไมโคร ซึ่งทำให้อุณหภูมิในชั้น เบด สม่ำ เสมอดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ในการทดลองยังใช้อัตราการไหลของก๊าซที่มีค่าสูง เป็นการลด ผลของการถ่าย เทมวลและความร้อนระหว่างอนุภาคของตัว เร่งปฏิกิริยากับก๊าซที่ไหลผ่าน (bulk fluid) (21) อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่ตั้งขึ้นจะใช้ได้ดีในช่วงอัตราการ เปลี่ยนของ เมทานอลมีค่าต่ำ เท่านั้น เนื่องจาก เมื่ออัตราการ เปลี่ยนมีค่าสูงขึ้นจะไม่สามารถยก เว้นปฏิกิริยาการ เกิดสารพาราฟินและอโรมาติก (สมการที่ 5.3) ได้ (ดูภาคผนวก ง)

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อ เป็นข้อมูล เบื้องต้นในการศึกษา เพื่อออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ซึ่งในการวิจัยข้อมูลจะแบ่งออก เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ (21)

1. การศึกษาอัตราการ เกิดของปฏิกิริยาที่ไม่มีผลของการถ่าย เทมวลและความร้อน เช่น การศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอินทรินซิค

2. การศึกษาผลของการถ่าย เทมวลและความร้อนต่าง ๆ ต่อปฏิกิริยารวมทั้งการศึกษาปรากฏการณ์ของปฏิกิริยา เช่น การแพร่ของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในรูของตัว เร่งปฏิกิริยา เป็นต้น

ดังนั้นการศึกษาที่ควรจะทำต่อไปสำหรับใน เรื่องนี้ก็ควรทำการวิจัยในส่วนที่สอง เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วนในการออกแบบและวิจัย