

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการนำคอนเดนเสทมาผลิตสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน โดยกระบวนการรีฟอร์มมิง ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทตินัม-เรเนียม บนอะลูมินา ความดันระหว่าง 120 ถึง 180 พีเอสไอจี อุณหภูมิ 420 ถึง 510 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยวิธีการทดลองดังที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่า น่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำคอนเดนเสทมาเป็นสารตั้งต้นเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของสารไฮโดรคาร์บอนบางชนิดให้เป็นสารประกอบเบนซีน โทลูอีน และไซลีน เนื่องจากที่สภาวะการทดลอง ความดัน 120 พีเอสไอจี อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา 20 กรัม เปอร์เซนต์การเพิ่มขึ้นของสารทั้งสามมีค่าประมาณ 10 ถึง 30 เปอร์เซนต์ ดังตารางที่ ๕.10 อย่างไรก็ตาม ด้วยวิธีการทดลองข้างต้น น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกทั้งสาม ไม่อยู่ในระดับที่เป็นที่พอใจ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ลดลงเมื่อเทียบกับคอนเดนเสทประมาณ 10 ถึง 90 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ดังภาคผนวก ๕ ตารางที่ ๕.6 ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

5.1.1 เมื่อความดันคงที่และอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น จาก 420 ถึง 510 องศาเซลเซียส ปริมาณของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ในส่วนของผลิตภัณฑ์ลดลง ประมาณ 10 ถึง 95 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับคอนเดนเสท เนื่องจาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ พิจารณาได้จากเปอร์เซนต์ของก๊าซผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน

มีค่าประมาณ 1 ถึง 35 โดยปริมาณของก๊าซทั้งหมด และปริมาณไค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ มีค่าประมาณ 4.5 ถึง 33 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา ไค้กที่เกาะบนตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ทั้งนี้เพราะว่า พื้นที่ผิวบริเวณกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่สามารถทำงานได้เต็มที่

5.1.2 เมื่อควบคุมอุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์คงที่และเพิ่มความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์ จาก 120 ถึง 180 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ปริมาณของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ลดลงประมาณ 10 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับคอนเดนเสท เนื่องจาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิง ทำให้ปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นประมาณ 1 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณของก๊าซทั้งหมด

5.1.3 เมื่ออุณหภูมิคงที่ ความดันและเวลาเปลี่ยนแปลงไป ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า เวลาที่ใช้ในการทดลองเพิ่มมากขึ้น ปริมาณของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ในผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเทียบกับปริมาณของสารตั้งสามในคอนเดนเสท เนื่องจากปริมาณของสารตั้งสามมีแนวโน้มลดลง และไม่สามารถสรุปได้เช่นกันว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิงเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น การทดลองที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส ความดัน 140 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาที่ใช้ในการทดลอง 3, 5 และ 7 นาที เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่มีค่า 3.4, 1.51 และ 3.51 ตามลำดับ ขณะที่สภาวะการทดลองเหมือนเดิม ความดันเปลี่ยนเป็น 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เปอร์เซ็นต์ของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่มีค่า 0.89, 4.63 และ 6.52 ตามลำดับ

5.1.4 การศึกษากระบวนการรีฟอร์มมิงภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกลดลงเมื่อเทียบกับคอนเดนเสท เนื่องจากปริมาณไค้กที่เกาะบนตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้พื้นที่ผิวบริเวณกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยเฉพาะปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนชันลดลง นอกจากนี้ การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรแครกกิง พิจารณาได้จากปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น และการย้อนกลับของสารผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเป็นสารตั้งต้นหรือสาร

ไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่น ๆ เพราะปริมาณสารอะโรมาติกในคอนเดนเสท ดังรูปที่ 5.1 เป็นเหตุ
 หนึ่งที่ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโรมาติกลดลง

5.1.5 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น เป็นประมาณ 20 กรัม และการทดลอง
 ภายใต้บรรยากาศก๊าซไฮโดรเจน ด้วยวิธีการทดลองข้างต้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง
 ของสารเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ในผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับคอนเดนเสทเพิ่มขึ้นประมาณ 10 ถึง
 30 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิธีการทดลองแบบเดิมที่สภาวะเดียวกัน ดังภาคผนวก ข ตารางที่
 ข.10 รูปที่ 4.51 เนื่องจาก ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวบริเวณกระตุ้นสำหรับ
 การเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งปฏิกิริยาดีไฮโดรจีเนชัน และดีไฮโดรไอโซเมอไรเซชัน
 (Gates et al., 1979) เพิ่มขึ้น โอกาสการสัมผัสของสารไฮโดรคาร์บอนกับตัวเร่งปฏิกิริยา
 เพิ่มขึ้น สำหรับการทดลองภายใต้บรรยากาศก๊าซไฮโดรเจน ถึงแม้ว่าจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา
 ดีไฮโดรจีเนชันช้าลง ดังสมการ 21 (Gates et al., 1979) อย่างไรก็ตาม ก๊าซไฮโดร
 เจนนับได้ว่ามีส่วนสำคัญในการช่วยลดปริมาณโค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้พื้นที่ผิวบริเวณกระตุ้น
 ของตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพช้าขึ้น

$$r_{N-A} = \frac{dC_N}{d(1:MSV)} = \frac{k_{N-A} P_T}{K_p} C_N \left(K_p - \frac{C_A}{C_N} P_{H_2}^3 \right) \dots\dots\dots (21)$$

เมื่อ Equilibrium constant $K_p = \frac{P_A P_{H_2}^3}{P_N}$

$$K_p = 1.10 \times 10^{20} \exp \frac{-27,600}{RT} \text{ atm}^3$$

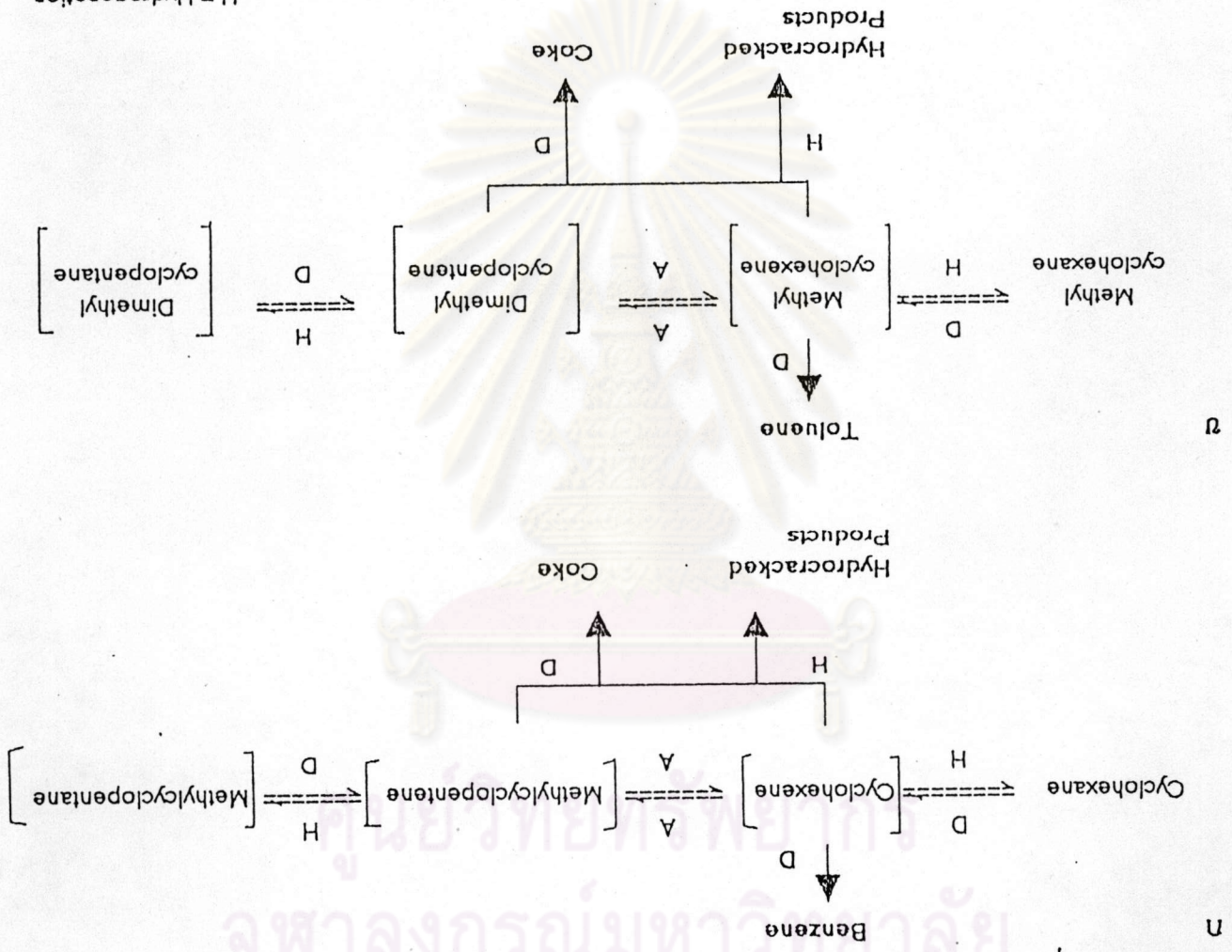
$$k_{N-A} = 1.20 \times 10^{10} \exp \frac{-21,300}{RT} \text{ mol/g catalyst} \cdot \text{atm} \cdot \text{h}$$

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองข้างต้น พบว่า ปริมาณเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ในผลิตภัณฑ์ลดลง
 เมื่อเทียบกับคอนเดนเสท ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการทดลองหรือเครื่องมือไม่เหมาะสม ทำให้ตัว
 แปรที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นช่วงศึกษาที่เหมาะสม ได้ผลไม่สอดคล้องตามทฤษฎี การ
 เปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวิธีการทดลอง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์อะโร

รูปที่ 5.1 แผนภาพวงจรปฏิกิริยา (n) ที่ไหลวนวน และ (v) บนไซต์ไหลวนวน

H = Hydrogenation
 D = Dehydrogenation
 A = Acid Sites



มาติงที่ต้องการเพิ่มขึ้นได้ การปรับปรุงวิธีการทดลองอาจเป็นดังนี้

5.2.1 เพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแพลตตินัม-เรเนียม เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว บริเวณกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตาม ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ควรเหมาะสมเมื่อเทียบกับปริมาณสารตั้งต้น ทั้งนี้เนื่องจาก การทดลองแบบต่อเนื่อง อัตราการป้อนสาร (LHSV) ขึ้นกับอัตราการไหลของสารตั้งต้นและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า อัตราการป้อนสารที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 ปริมาตรของสารไฮโดรคาร์บอนต่อปริมาตรตัวเร่งปฏิกิริยาต่อชั่วโมง (Edgar, 1980)

5.2.2 เพิ่มปริมาณก๊าซไฮโดรเจนในเครื่องปฏิกรณ์ตอนเริ่มต้น เพื่อลดการเกิดโค้กบนตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะช่วยให้ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ เช่น อัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนต่อสารไฮโดรคาร์บอน สำหรับการทดลองแบบต่อเนื่องมีค่าระหว่าง 3.5-7.0 ต่อ 1 (McPherson และ Olive, 1986)

5.2.3 คอนเดนเสทสำหรับการทดลอง ควรกลั่นแยกและใช้สัดส่วนในช่วงอุณหภูมิ 93 ถึง 149 องศาเซลเซียส เนื่องจาก สัดส่วนของสารไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ในช่วงอุณหภูมินี้ มีค่า $N+2A$ (N คือ เพอร์เซนต์สารแนพทีน ในขณะที่ A คือ เพอร์เซนต์สารอะโรมาติก) สูงที่สุด (Little, 1985)

5.2.4 ปรับปรุงเครื่องมือเป็นแบบต่อเนื่อง เนื่องจากวิธีการทดลองแบบกะ (Batch) และเป็นแบบเบดนิ่ง (Fixed bed) ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ สารไฮโดรคาร์บอนหรือสารอื่น ๆ ที่เกาะบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาอาจไม่สามารถหลุดออกจากพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ต้องอาศัยแรงกระทำจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้นเพื่อให้สารต่าง ๆ เหล่านี้หลุดออกจากพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้พื้นผิวบริเวณกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับสารไฮโดรคาร์บอนต่อไป