บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการรีฟอร์ม มีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยา นิกเกิล/อลูมินา โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 923 เคลวิน ความดันบรรยากาศ จากการทดลองและวิเคราะห์ผล โดยวิธี multiple linear regression พบว่า ค่าคงที่อัตราเร็วเท่ากับ 0.0159 อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาที่จุดเริ่มต้นของมีเทนจะเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1.119 ของมีเทน อันดับ 0.385 ของไอน้ำ และอันดับ -1.311 ของคาร์บอนไดออกไซด์รวมกัน โดยเขียนอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น

$$-r_{methane} = 0.0159[CH_4]^{1.119}.[H_2O]^{0.385}.[CO_2]^{-1.311}$$

โดย $-r_{methane}$ = อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน($mol.kg^{-1}.s^{-1}$)

$[CH_4]$ = ความเข้มข้นของมีเทน($mol.m^{-3}$)

$[H_2O]$ = ความเข้มข้นของไอน้ำ($mol.m^{-3}$)

$[CO_2]$ = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์($mol.m^{-3}$)

k = ค่าคงที่อัตราเร็ว

แสดงว่า

เมื่อความเข้มข้นของมีเทนเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของไอน้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนเร็วขึ้น

เมื่อความเข้มข้นของไอน้ำเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของมีเทนกับคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนเร็วขึ้นเช่นกัน

เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของมีเทนกับไอน้ำคงที่ จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนช้าลง

การเพิ่มความเข้มข้นของมีเทนจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน มากกว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไอน้ำ

2. จากการศึกษากฎอาร์เรเนียส โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 823 , 873 , 923 และ 973 เคลวิน ความดัน 1 บรรยากาศ ได้ค่าคงที่อัตราเร็วที่อุณหภูมิ 823 , 873 , 923 และ 973 เคลวิน เท่ากับ 0.00524 , 0.00892 , 0.0143 และ 0.0219 ตามลำดับ ได้ค่าแฟกเตอร์ความถี่เท่ากับ 55.23 พลังงานกระตุ้นเท่ากับ 15,149 cal/mole สมการอาร์เรเนียสเขียนได้เป็น

$$k = k_0 \exp.^{(-EA/RT)}$$
$$= 55.23 \exp.^{(-15149/RT)}$$

โดย k_0 คือ แฟกเตอร์ความถี่

EA คือ พลังงานกระตุ้น(cal/mole)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซเท่ากับ 1.987 cal/mol/K

แสดงว่า เมื่อทดลองที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะให้ค่าคงที่อัตราเร็วสูงขึ้น มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนเกิดเร็วขึ้น

3. การศึกษาทดลองที่ความเข้มข้นของ มีเทน ไอน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ พบว่า

เมื่อเศษส่วนของน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการป้อนมีเทน ($W/F_{0,methane}$)หรือเวลาสเปซ(τ)เพิ่มขึ้น จะทำให้เศษส่วนการเปลี่ยนแปลงของมีเทน ($X_{methane}$) เพิ่มขึ้น

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน($-r_{methane}$) จะสูงสุดที่จุดเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยา

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทน($-r_{methane}$) จะค่อยๆ ลดลงเมื่อเศษส่วนของน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการป้อนมีเทน ($W/F_{0,methane}$)หรือเวลาสเปซ(τ)เพิ่มขึ้น

4. สมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์บนตัวเร่งตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินาชนิดเดียวกัน แต่ไม่มีการป้อนคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในปฏิกิริยา ซึ่งทำการวิจัยโดย Vitidsant จากการวิจัยของ Vitidsant พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของก๊าซมีเทนจะเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งของก๊าซมีเทนและปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของไอน้ำ และอัตราส่วนระหว่างก๊าซไฮโดรเจนต่อคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในช่วง 5-10:1 โดยเขียนสมการได้เป็น

$$-r_{methane} = k_0.exp.^{(-EA/RT)}.[CH_4]$$

$$k_0 = 1531\ m^3.kg^{-1}.s^{-1}$$

$$EA = 12524\ cal.mol^{-1}$$

จะเห็นว่าพลังงานกระตุ้นที่ได้จากการวิจัยของ Vitidsant มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ และอันดับการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินาที่ไม่มีการป้อนคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในปฏิกิริยา จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาของมีเทนสูงกว่าการรีฟอร์ม มีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา แต่จากการวิจัยของ ลาวัลย์ เธียรถาวร พบว่าการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา จะช่วยปรับอัตราส่วนก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในช่วงที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ คือ การรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา จะให้สารผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1.0-2.5 : 1 มีประโยชน์ในการรีฟอร์มมีเทนเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของการรีฟอร์มมีเทน ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ บนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล/อลูมินา ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ มีประโยชน์ที่จะนำไปเป็นข้อมูลเพื่อทำแบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบดต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย