

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

1. ข้อมูลการทดลองการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์จากแก๊สสังเคราะห์

ภาวะการทดลอง สัดส่วนแก๊สสังเคราะห์ CO/H₂/Ar = 48/48/4
อัตราการไหลสารตั้งต้น 40 มิลลิลิตร/นาที
ตัวเร่งปฏิกิริยา CuZnO/HZSM-5 ปริมาณ 1 กรัม
ปริมาณตัวทาละลายเมทานอล 40 มิลลิลิตร
อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส
ความดัน 40 บาร์

ข้อมูลจากเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ TCD
ตารางที่ ก1 แก๊สสารตั้งต้น CO/H₂/Ar = 48/48/4 ก่อนทำปฏิกิริยา

ครั้งที่	พื้นที่			สัดส่วนแก๊ส
	H ₂	Ar	CO	CO/Ar
1	75043.3	5947.2	77132.9	12.97
2	1206.8	7025	77624.8	11.05
3	1185.5	6994.9	77777.3	11.12
AVG				11.71

ตารางที่ ก2 แก๊สผลิตภัณฑ์ TCD จากการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์ที่ชั่วโมงต่างๆ

ชั่วโมงที่	พื้นที่				สัดส่วนแก๊ส
	H ₂	Ar	CO	CO ₂	CO/Ar
1	309.4	1151.7	13428.7	2558.6	11.66
2	1217.2	6251.1	58053.2	5734.1	9.29
3	1213.1	5917.1	54743.4	5486.3	9.25
4	1238.1	5758.8	52796.1	5377.2	9.17
5	1227.4	5642.0	52448.9	4819.7	9.30
6	1213.0	5686.5	53527.0	4835.4	9.41

ข้อมูลจากเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ FID

ตารางที่ ก3 แก๊สผลิตภัณฑ์ FID จากการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์ที่ชั่วโมงต่างๆ

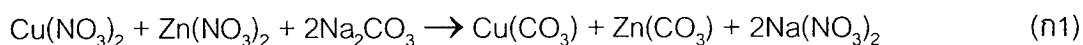
ชั่วโมงที่	พื้นที่		
	CO ₂	DME	MeOH
1	40221819.2	14168.2	218110917.5
2	366436714.5	39471965.0	133894350.8
3	329361805.2	127180675.0	130585489.2
4	293020357.9	272216039.5	50618782.6
5	266826974.2	314087592.4	46162236.2
6	137621850.9	341216354.4	42789528.8

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์ซิงก์ออกไซด์ (Cu/ZnO)

<u>ข้อมูล</u>	มวลโมเลกุลคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO)	เท่ากับ 79.55
	มวลโมเลกุลซิงก์ออกไซด์ (ZnO)	เท่ากับ 81.39
	มวลโมเลกุลคอปเปอร์ไนเตรต ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$, 99%)	เท่ากับ 232.59
	มวลโมเลกุลซิงก์ไนเตรต ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 98%)	เท่ากับ 297.47
<u>กำหนดให้</u>	ตัวเร่งปฏิกิริยามีสัดส่วนโดยมวลของ CuO:ZnO เท่ากับ 1:1	
	ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม (CuO/ZnO)	
	สัดส่วนโดยมวลของคอปเปอร์ไนเตรต ซิงก์ไนเตรต และ โซเดียมคาร์บอเนตดังสมการ ก1	



คอปเปอร์ 1 โมล : ซิงก์ 1 โมล เท่ากับ คอปเปอร์ออกไซด์ 1 โมล : ซิงก์ออกไซด์ 1 โมล

ดังนั้น น้ำหนักรวม คือ $79.55 + 81.39 = 160.94$ กรัม

$$\text{สัดส่วนมวล CuO} = 79.55/160.94 = 0.4943$$

$$\text{สัดส่วนมวล ZnO} = 81.39/160.94 = 0.5057$$

จากปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม ต้องใช้ CuO 2.4715 กรัมต่อ ZnO 2.5285 กรัม

คิดเป็น CuO 0.03106 โมลต่อ ZnO 0.03106 โมล (จาก น้ำหนักกรัม/มวลโมเลกุล = น้ำหนักโมล)

- เตรียม CuO 0.03106 โมล จาก $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ ปริมาณ 7.2987 กรัม

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนัก } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{น้ำหนักโมล CuO} \times \text{มวลโมเลกุล } \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}}{\text{ร้อยละความบริสุทธิ์}} \\ &= \frac{0.03106 \times 232.59}{0.99} \\ &= 7.2987 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

- เตรียม ZnO 0.03106 โมล จาก $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.6\text{H}_2\text{O}$ ปริมาณ 9.4279 กรัม

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนัก } \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.6\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{น้ำหนักโมล } \text{ZnO} \times \text{มวลโมเลกุล } \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.6\text{H}_2\text{O}}{\text{ร้อยละความบริสุทธิ์}} \\ &= \frac{0.03106 \times 297.47}{0.98} \\ &= 9.4279 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

2. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์/ซิงก์ออกไซด์-ซีโอไลต์ HZSM-5 ($\text{CuZnO}/\text{HZSM-5}$) สำหรับการสังเคราะห์ไดเมทิลอีเทอร์ (ดีเอ็มอี)

กำหนดให้ ตัวเร่งปฏิกิริยามีสัดส่วนโดยโมล $\text{CuO}:\text{ZnO}$ เท่ากับ 1:1

สัดส่วนโดยน้ำหนักของ $\text{Cu}/\text{ZnO}:\text{HZSM-5}$ เท่ากับ 2:1

ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม ($\text{Cu}/\text{ZnO}/\text{HZSM-5}$)

จาก น้ำหนักรวม คือ Cu/ZnO 2 กรัม + HZSM-5 1 กรัม = 3 กรัม

สัดส่วนมวล $\text{Cu}/\text{ZnO} = 2/3 = 0.6667$

สัดส่วนมวล $\text{HZSM-5} = 1/3 = 0.3333$

ดังนั้น ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม ($\text{CuZnO}/\text{HZSM-5}$) ต้องใช้ Cu/ZnO 0.6667 กรัมต่อ HZSM-5 0.3333 กรัม

3. การคำนวณร้อยละการเปลี่ยนของแก๊สสารตั้งต้น

- ร้อยละการเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

$$\begin{aligned} \%CO &= \frac{\left(\frac{CO}{Ar}\right)_{in} - \left(\frac{CO}{Ar}\right)_{out}}{\left(\frac{CO}{Ar}\right)_{in}} \times 100 \\ &= \frac{11.71 - 9.67}{11.71} \times 100 \\ &= 17.36 \end{aligned}$$

4. การคำนวณร้อยละการเลือกเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ไดเมทิลอีเทอร์

$$\% \text{ Selectivity} = \frac{\text{Area of wanted product}}{\text{Area of all product}} \times 100$$

$$\text{Area of wanted product} = \frac{(\text{FID Area})_{\text{product}}}{(\text{FID Area})_{\text{std}} \times \text{number of C in product}} \times \% \text{ CH}_4 \text{ in syngas}$$

สารมาตรฐาน (standard gas, std) คือ มีเทน (CH_4) ปริมาณ 10% ในแก๊สสังเคราะห์

- พื้นที่ของ CO_2

$$\begin{aligned} \text{Area of CO}_2 &= \frac{(\text{FID Area})_{\text{CO}_2}}{(\text{FID Area})_{\text{std}} \times \text{number of C in CO}_2} \times 10 \\ &= \frac{137621850.9}{404897573.4 \times 1} \times 10 \\ &= 3.39893 \end{aligned}$$

- พื้นที่ของ CH_3OH

$$\begin{aligned} \text{Area of CH}_3\text{OH} &= \frac{(\text{FID Area})_{\text{CH}_3\text{OH}}}{(\text{FID Area})_{\text{std}} \times \text{number of C in CH}_3\text{OH}} \times 10 \\ &= \frac{42789528.8}{163294505 \times 1} \times 10 \\ &= 2.62039 \end{aligned}$$

- พื้นที่ของ CH_3OCH_3

$$\begin{aligned} \text{Area of CH}_3\text{OCH}_3 &= \frac{(\text{FID Area})_{\text{CH}_3\text{OCH}_3}}{(\text{FID Area})_{\text{std}} \times \text{number of C in CH}_3\text{OCH}_3} \times 10 \\ &= \frac{341216354.4}{121494854.3 \times 2} \times 10 \\ &= 14.04242 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\% \text{ Selectivity} = \frac{\text{Area of wanted product}}{\text{Area of all product}} \times 100$$

- %Selectivity ของ CO_2

$$\begin{aligned} \% \text{ Selectivity of } \text{CO}_2 &= \frac{\text{Area of } \text{CO}_2}{\text{Area of all product}} \times 100 \\ &= \frac{3.39893}{(3.39893 + 2.62039 + 14.04242)} \times 100 \\ &= 16.94 \end{aligned}$$

- %Selectivity ของ CH_3OH

$$\begin{aligned} \% \text{ Selectivity of } \text{CH}_3\text{OH} &= \frac{\text{Area of } \text{CH}_3\text{OH}}{\text{Area of all product}} \times 100 \\ &= \frac{2.62039}{(3.39893 + 2.62039 + 14.04242)} \times 100 \\ &= 13.06 \end{aligned}$$

- %Selectivity ของ CH_3OCH_3

$$\begin{aligned} \% \text{ Selectivity of } \text{CH}_3\text{OCH}_3 &= \frac{\text{Area of } \text{CH}_3\text{OCH}_3}{\text{Area of all product}} \times 100 \\ &= \frac{14.04242}{(3.39893 + 2.62039 + 14.04242)} \times 100 \\ &= 69.99 \end{aligned}$$

ค

ผลการทดลอง

ภาคผนวก

ตาราง ค การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์/ซิงก์ออกไซด์ด้วยเทคนิคอัลตราโซนิคสเปรย์ไฟโรไลซิส

ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์/ซิงก์ออกไซด์ (กรัม)	อุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนโดยโมลของคอปเปอร์ออกไซด์ต่อซิงก์ออกไซด์	ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา (กรัม)
5	500	1 : 1	3.178
5	600	1 : 1	3.254
5	700	1 : 1	3.779
5	600	1 : 2	3.342
5	600	2 : 1	3.435