

วิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นศึกษาจลนพลศาสตร์เบื้องต้นของปฏิกิริยาของ แคลเซียมออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็ก(III)ออกไซด์ แบ่งการทดลอง ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแคลเซียมออกไซด์และเหล็ก(III) ออกไซด์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ดีที่สุดและผลของอัตราการไหลที่มีต่อ ปฏิกิริยา และส่วนที่สองศึกษาถึงจลนพลศาสตร์เบื้องต้นของปฏิกิริยาของแคลเซียมออกไซด์และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็ก(III)ออกไซด์

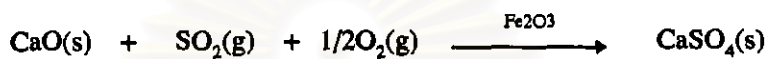
1. จากผลการทดลองส่วนแรกพบว่าอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมออกไซด์และ เหล็ก(III)ออกไซด์ที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับงานวิจัยนี้คือ ที่ $8\%Fe_2O_3$ และเหตุที่เหล็ก(III)ออกไซด์สามารถเร่งปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมออกไซด์และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้เนื่องจากเหล็ก(III)ออกไซด์มีสมบัติเป็น n-type semiconductor oxide (Desai and Yang, 1983) ที่มีอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมาก สามารถให้แก่โมเลกุลของซัลเฟอร์ได ออกไซด์ มีผลทำให้พันธะภายในโมเลกุลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์อ่อนตัวลงสามารถทำปฏิกิริยา กับแคลเซียมออกไซด์เกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตได้ง่ายขึ้น และการที่เพิ่มปริมาณเหล็ก(III)ออกไซด์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีนั้นเนื่องมาจากมีผลไปเพิ่มความหนาแน่นของอิเล็กตรอนให้มากขึ้นไปอีก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเหล็ก(III)ออกไซด์ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องมาจาก การที่เพิ่มปริมาณเหล็ก(III)ออกไซด์ในสารผสมมากเกินไป จะทำให้ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ใน สารผสมที่จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยาลดลง เมื่อสารตั้งต้นลดลง การเกิดปฏิกิริยาจึงเกิดได้ลดลงและ อีกสาเหตุหนึ่งที่น่ามาพิจารณา คือ การที่มีปริมาณเหล็ก(III)ออกไซด์มากขึ้น จะไปปกคลุมรอบๆ อนุภาคของแคลเซียมออกไซด์ ทำให้พื้นที่ผิวในการสัมผัสกันระหว่างแคลเซียมออกไซด์และซัล เฟอร์ไดออกไซด์ลดลง เมื่อสารตั้งต้นสัมผัสกันได้น้อยความสามารถในเกิดปฏิกิริยาจึงลดน้อยลง เช่นเดียวกัน นำอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือที่ $8\%Fe_2O_3$ ศึกษาต่อในส่วนที่สองเพื่อศึกษาถึง จลนพลศาสตร์เบื้องต้นของปฏิกิริยา

เมื่อพิจารณาผลของอัตราการไหลพบว่า ยิ่งเพิ่มอัตราการไหลของแก๊สผสมมากขึ้น จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดต่ำลง เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออัตราการไหล เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณสารตั้งต้นภายในเบคและความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่าเดิม จะมีผลทำให้เวลาที่อาศัยอยู่ภายในเบคของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (resident time) ลดลงและใน

ทางกลับกันที่อัตราการไหลของแก๊สผสมต่ำเวลาที่อาศัยอยู่ภายในเบดของแก๊สมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสูงขึ้นตามไปด้วย

จากผลการทดลองส่วนแรกนำมาใช้ศึกษาต่อในส่วนที่สองที่ศึกษาถึงจลนพลศาสตร์เบื้องต้นของปฏิกิริยาของแคลเซียมออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็ก(III)ออกไซด์

2. การศึกษาจลนพลศาสตร์เบื้องต้นของปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาที่มี 2 วัฏภาค



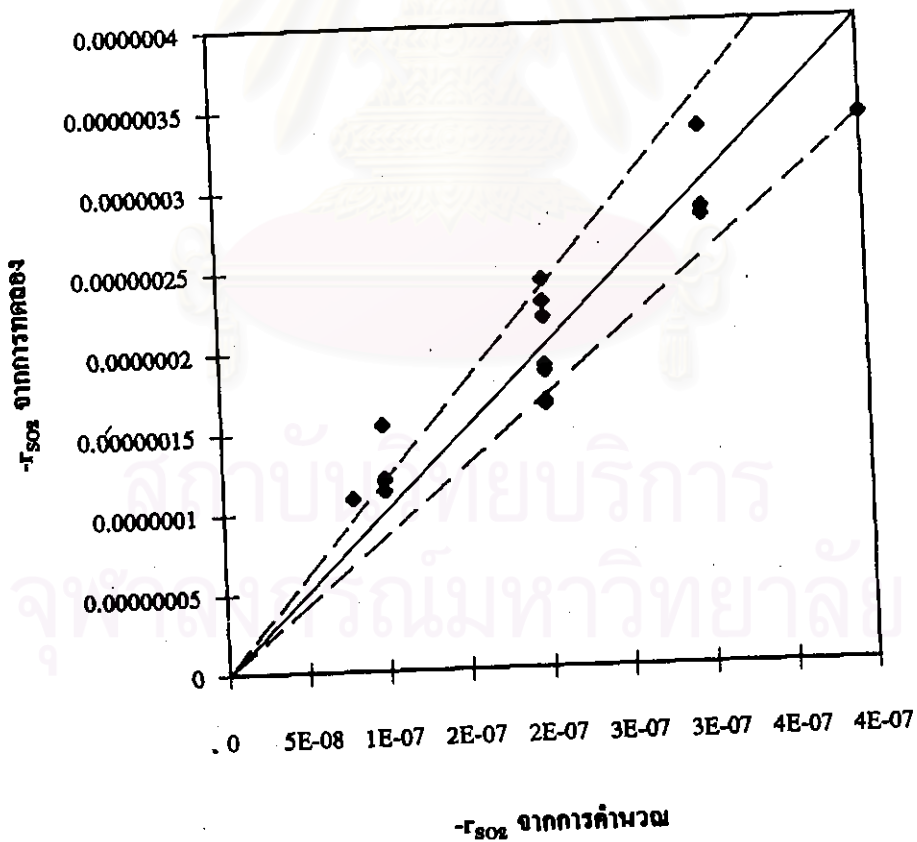
โดยการหาสมการอัตราเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยา จากผลการทดลองโดยทำการทดลองแปรค่าความเข้มข้นและอุณหภูมิที่ค่าต่างๆและหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับเวลาในแต่ละการทดลอง นำผลการทดลองมาเขียนกราฟแล้วหาความชันที่จุดเริ่มต้นของกราฟจะได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และใช้วิธี multiple linear regression หาสมการอัตราเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยา จะได้สมการอัตราเร็วคือ

$$-r_{(\text{SO}_2)_0} = 9.49 \times 10^{-4} \cdot e^{-763.5/T} \cdot [\text{C}_{\text{SO}_2}]_0^{0.84} \quad (5.1)$$

ซึ่งสามารถหาอันดับปฏิกิริยาขึ้นกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 0.84 ค่าพลังงานกระตุ้น 6.35 กิโลจูลต่อโมล และค่าแฟกเตอร์ความถี่ 9.49×10^{-4} (โมล/ลิตร)^{0.16}/วินาที จากสมการ 5.1 นำมาทดสอบความถูกต้องของการคำนวณหาสมการอัตราเร็วโดยวิธี multiple linear regression โดยแทนค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เริ่มต้นและอุณหภูมิของแต่ละการทดลองลงในสมการอัตราเร็วที่ได้จากวิธี multiple linear regression แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากอัตราการเกิดปฏิกิริยาของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการทดลอง ดังตารางที่ 5.1 และ รูปที่ 5.1 พบว่าจะมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 10\%$

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบอัตราการทำปฏิกิริยาของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จาก
การทดลองและที่ได้จากวิธี multiple linear regression

$-r_{(SO_2)O}$ จากการทดลอง	$-r_{(SO_2)O}$ จากการคำนวณ	$-r_{(SO_2)O}$ จากการทดลอง	$-r_{(SO_2)O}$ จากการคำนวณ
2.00	1.66	1.00	1.13
2.00	1.88	1.00	1.20
3.00	2.84	2.00	2.00
4.00	3.39	2.00	2.22
2.00	1.65	0.80	0.89
2.00	1.85	1.00	1.05
3.00	2.79	1.00	1.54
3.00	3.33	2.00	2.03



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบอัตราการทำปฏิกิริยาของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จาก
การทดลองและที่ได้จากวิธี multiple linear regression

จากผลการทดลองที่ศึกษาผลของการแพร่ภายนอก (external diffusion) และการแพร่ภายใน (internal diffusion) ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้นของปฏิกิริยา พบว่าผลของการแพร่ภายนอกที่จินตนาการว่าเป็นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม ที่ศึกษาโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนการเปลี่ยนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่ออุณหภูมิการทดลองและอัตราการไหลของแก๊สคงที่ พิจารณาจากเศษส่วนการเปลี่ยนมีแนวโน้มคงที่ จากลักษณะดังกล่าวสามารถบอกได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้มากขึ้น แต่เศษส่วนการเปลี่ยนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เวลาต่างๆเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แสดงว่าที่เวลาต่างๆปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพราะถ้ามีผลต่อปฏิกิริยาเคมีเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเศษส่วนการเปลี่ยนควรจะเพิ่มขึ้นตาม แต่จากการทดลองเพิ่มขึ้นน้อยมากจนเกือบคงที่ แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นภายนอกซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการถ่ายโอนมวล (mass transfer) ภายนอก ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้นเกิดปกติตามการเกิดปฏิกิริยา (chemical reaction) จากนั้นเมื่อพิจารณาผลของการแพร่ภายในที่เป็นการแพร่ผ่านรูพรุนของอนุภาคของแคลเซียมออกไซด์ พบว่าขนาดอนุภาคของแคลเซียมออกไซด์ที่ใช้ในการทดลองเล็กมาก ความลึกของรูพรุนน้อยมาก จึงคิดว่าไม่น่าจะมีผลจากการแพร่ผ่านรูพรุนต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

จึงสรุปในที่สุดได้ว่าสมการอัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้นที่ได้จากการทดลองเป็นผลมาจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแคลเซียมออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยมีเหล็ก (III) ออกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย