ผลของการเติมออกซิเจนต่อการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในหอดูดกลืนแบบเบดนิ่ง

นาย สถิตย์ จุ้ยเตย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-714-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19236505

EFFECTS OF OXYGEN ADDITION ON ABSORPTION OF SULFUR DIOXIDE WITH SODIUM HYDROXIDE IN A PACKED BED ABSORBER

Mr. Sathit Chuitoi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-714-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเติมออกซิเจนต่อการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในหอดูดกลืนแบบเบดนิ่ง
โดย	นาย สถิตย์ จุ้ยเตย
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนศรี)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุทธิชัย อัสสะบำรุงรัตน์)

สถิตย์ จุ้ยเตย : ผลของการเติมออกซิเจนต่อการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในหอดูดกลืนแบบเบดนิ่ง (EFFECTS OF OXYGEN ADDITION ON ABSORPTION OF SULFUR DIOXIDE WITH SODIUM HYDROXIDE SOLUTION IN A PACKED BED ABSORBER) อ.ที่ปรึกษา : ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช, 79 หน้า. ISBN 974-331-714-7

การดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในหอดูดกลืนแบบเบดนิ่ง ได้ศึกษาทดลองภายใต้อุณหภูมิ 40-90 องศาเซลเซียส แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถูกดูดกลืนได้มากขึ้นและเปลี่ยนเป็นเกลือโซเดียมซัลเฟตได้มากขึ้นเช่นกัน เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเพิ่มขึ้น การเติมอากาศในหอดูดกลืนช่วยเปลี่ยนเกลือโซเดียมซัลไฟต์ให้เป็นเกลือของโซเดียมซัลเฟตได้เฉพาะเมื่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกใช้หมดไป และการเติมอากาศในหอดูดกลืนช่วยลดอุณหภูมิของหอดูดกลืน

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C817635 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD:
OXYGEN / ABSORBER / SULFUR DIOXIDE / SODIUM HYDROXIDE / PACKED BED
SATHIT CHUITOI : EFFECTS OF OXYGEN ADDITION ON ABSORPTION OF SULFUR DIOXIDE WITH SODIUM HYDROXIDE SOLUTION IN A PACKED BED ABSORBER. THESIS ADVISOR : DECHA CHATSIRIWECH, Ph. D. 79 pp. ISBN 974-331-714-7.

The absorption of sulfur dioxide gas with sodium hydroxide solution in a packed bed absorber was studied at 40 – 90 $^{\circ}c$. The amount of sulfur dioxide absorbed, as well as the amount of sodium sulfate formed, could be improved with an increase in the concentration of sodium hydroxide solution. Addition of air into the absorber accelerated the formation of sodium sulfate from sodium sulfite after the sodium hydroxide had been already consumed and also reduced the temperature of the absorber.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีมาตลอด

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนศรี และ อาจารย์ ดร. สุทธิชัย อัสสะบำรุงรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณไพฑูรย์ มานพพิรุฬห์ ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท ท่าไทย จำกัด ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณสารในสารตัวอย่างแก่ผู้วิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ท่าไทย จำกัด และคุณวิชัย วิโรจน์อุไรเรือง ผู้จัดการทั่วไป บริษัท ท่าไทย จำกัด ที่ให้ความเอื้อเฟื้อ อุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูป.....ฑ

สัญลักษณ์.....ณ

บทที่

1. บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

2. ทฤษฎี.....5

2.1 การดูดกลืนแก๊สด้วยของเหลว.....5

2.2 การดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์.....9

2.3 แบบจำลองการดูดกลืนแก๊สด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์.....10

หน้า

2.4 การเปลี่ยนองค์ประกอบของซัลไฟต์ให้เป็น
องค์ประกอบซัลเฟต.....14

3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง.....16

3.1 ระบบการทดลอง.....16

3.1.1 แก๊สถูกดูดกลืน.....16

3.1.2 ตัวดูดกลืน.....17

3.1.3 ออกซิเจน.....17

3.1.4 ผลิตภัณฑ์หลัก.....17

3.1.5 องค์ประกอบร่วม.....18

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง.....18

3.2.1 หอดูดกลืน.....18

3.2.2 เครื่องวัดความเร็วลม.....19

3.2.3 ชุดวิเคราะห์ขององค์ประกอบในแก๊สผสม
และของเหลวผสม.....19

3.3 วิธีการทดลอง.....24

3.3.1 หาอัตราการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์
และศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์ต่อการดูดกลืนโดยไม่เติมออกซิเจน.....24

3.3.2 หาอัตราการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์
และศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์และอัตราการไหลของอากาศที่มี
ต่อการดูดกลืนโดยเติมออกซิเจน.....25

หน้า

4. ผลการทดลองและบทวิเคราะห์.....26

4.1 การดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยไม่เติมออกซิเจน.....26

4.2 การดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยเติมออกซิเจน 35

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....45

5.1 สรุปผลการทดลอง.....45

5.2 ข้อเสนอแนะ.....48

รายการอ้างอิง.....51

ภาคผนวก.....53

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ.....53

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลอง.....55

ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง.....59

ภาคผนวก ง ข้อมูลการทดลอง.....63

ภาคผนวก จ คุณสมบัติทางกายภาพของโซเดียมไฮดรอกไซด์.....71

ภาคผนวก ฉ ค่าการละลายของแก๊สและองค์ประกอบต่างๆ ใน
สารละลาย.....73

ประวัติผู้วิจัย.....80

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของการดูดกลืนแก๊ส
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยไฮดรอกซิลไอออน.....9
ตารางที่ 4.1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N_B) ที่ใช้ดูดกลืนแก๊ส
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยไม่เติมออกซิเจน.....27
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้จริงและ
การคำนวณจากสมการ(2.3) และ(2.10) ในการดูดกลืน
แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยไม่เติมอากาศ.....32
ตารางที่ 4.3 ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ถูกดูดกลืนด้วยสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์.....36
ตารางที่ ข.1 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ12.68 โดยมวล.....55
ตารางที่ ข.2 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล.....55
ตารางที่ ข.3 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล.....56
ตารางที่ ข.4 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล.....56
ตารางที่ ข.5 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย
ในหน่วยร้อยละโดยมวล.....57
ตารางที่ ข.6 ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลไฟต์ในสารละลาย
ในหน่วยกรัมโมลต่อลิตร.....57

ตารางที่ ข.7 ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลเฟตในสารละลาย
ในหน่วยกรัมโมลต่อลิตร.....58
ตารางที่ ข.8 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลาย
ในหน่วยกรัมโมลต่อลิตร.....58
ตารางที่ ค.1 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล.....59
ตารางที่ ค.2 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล.....59
ตารางที่ ค.3 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล.....60
ตารางที่ ค.4 อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล.....60
ตารางที่ ค.5 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย
ในหน่วยร้อยละโดยมวล.....61
ตารางที่ ค.6 ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลไฟต์ในสารละลาย
ในหน่วยกรัมโมลต่อลิตร.....61
ตารางที่ ค.7 ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลเฟตในสารละลาย
ในหน่วยกรัมโมลต่อลิตร.....62
ตารางที่ ค.8 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายในหน่วยกรัม
โมลต่อลิตร.....62
ตารางที่ ง.1 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล.....63
ตารางที่ ง.2 ความเข้มข้นของซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล.....63
ตารางที่ ง.3 ความเข้มข้นของซัลเฟตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล.....64

ตารางที่ ง.4 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายที่
ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น
ร้อยละเท่ากับ 12.68 โดยมวล.....64
ตารางที่ ง.5 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล.....65
ตารางที่ ง.6 ความเข้มข้นของซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล.....65
ตารางที่ ง.7 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล.....66
ตารางที่ ง.8 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลาย
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น
ร้อยละ 23.15 โดยมวล.....66
ตารางที่ ง.9 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล.....67
ตารางที่ ง.10 ความเข้มข้นของซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล.....67
ตารางที่ ง.11 ความเข้มข้นของซัลเฟตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล.....68
ตารางที่ ง.12 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายที่
ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น
ร้อยละ 32.21 โดยมวล.....68
ตารางที่ ง.13 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้น
ของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล.....69
ตารางที่ ง.14 ความเข้มข้นของซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล.....69
ตารางที่ ง.15 ความเข้มข้นของซัลเฟตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียม
ไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล.....70

ตารางที่ ง.16 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลาย
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น
ร้อยละ 50.04 โดยมวล.....70
ตารางที่ จ.1 ความถ่วงจำเพาะของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....71
ตารางที่ ฉ.1 ค่าการละลายและค่าการแพร่ของออกซิเจนในสารละลาย
ซัลไฟต์.....73
ตารางที่ ฉ.2 ค่าการละลายของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำ.....74
ตารางที่ ฉ.3 ค่าการละลายของออกซิเจนในสารละลายกรดและด่าง.....75
ตารางที่ ฉ.4 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลเฟต-
โซเดียมไฮดรอกไซด์-น้ำ.....76
ตารางที่ ฉ.5 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลไฟต์-
โซเดียมไฮดรอกไซด์-น้ำ.....77
ตารางที่ ฉ.6 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลเฟต-
โซเดียมไฮดรอกไซด์-น้ำ.....78
ตารางที่ ฉ.7 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลไฟต์-โซเดียมซัลเฟต-น้ำ.....79

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การละลายทางกายภาพและทางเคมีของแก๊สในของเหลว.....6
รูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบของการทดลอง.....20
รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดความเร็วลม.....22
รูปที่ 3.3 ชุดเครื่องมือ Reich Test ใช้วิเคราะห์แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในกระบวนการผลิต.....23
รูปที่ 4.1 ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ ไดออกไซด์โดยไม่เติมออกซิเจน.....28
รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นขององค์ประกอบซัลไฟต์ที่เกิดขึ้นจากการ ดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยไม่เติมออกซิเจน.....29
รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของซัลเฟต ในระบบที่ไม่มีการเติมออกซิเจน.....30
รูปที่ 4.4 อุณหภูมิของหอดูดกลืน ในระบบที่ไม่มีการเติมออกซิเจน.....34
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ NaOH ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ12.68 โดยมวล.....37
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ NaOH ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 23.15 โดยมวล.....37
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ NaOH ในระบบที่ไม่และเติม ออกซิเจนที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 32.21 โดยมวล.....38
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความเข้มข้นของ NaOH ในระบบที่ไม่และเติม ออกซิเจนที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 50.04 โดยมวล.....38
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณซัลไฟต์ ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 12.68 โดยมวล.....39

รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณซัลไฟต์ ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 23.15 โดยมวล.....39
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณซัลไฟต์ ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 32.21 โดยมวล.....40
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณซัลไฟต์ ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 50.04 โดยมวล.....40
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณซัลเฟต ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 12.68 โดยมวล.....41
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณซัลเฟต ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 23.15 โดยมวล.....41
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณซัลเฟต ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 32.21 โดยมวล.....42
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบปริมาณซัลเฟต ในระบบที่ไม่และเติมออกซิเจน
ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaOH ร้อยละ 50.04 โดยมวล.....42
รูปที่ จ.1 ความหนืดของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....71

สัญลักษณ์

A แก๊ส A

B องค์ประกอบ B

B_o ความเข้มข้นของสารตั้งต้น B หรือไฮดรอกซิลไอออนในสารละลายส่วนใหญ่, กรัมโมลต่อลิตร

c_{pg} ความร้อนจำเพาะของแก๊สผสม

c_{pl} ความร้อนจำเพาะของของเหลวผสม

C_A, C_B, C_E ความเข้มข้นของแก๊ส A ในวัฏภาคแก๊สและขององค์ประกอบ B และ E ในของเหลว

C_{Ao} ความเข้มข้นเริ่มต้นของแก๊ส A

C_{BO} ความเข้มข้นเริ่มต้นขององค์ประกอบ B

E องค์ประกอบ E

ΔG° พลังงานอิสระของกิบส์ ที่สภาวะมาตรฐาน , แคลลอรีต่อกรัมโมล

i, j องค์ประกอบ i และ j ในแก๊สและของเหลว ตามลำดับ

H ค่าคงที่ของเฮนรี , บรรยากาศ ลิตร ต่อกรัมโมล

H_g, H_l พลังงานเอนทาลปีของแก๊สผสมและของเหลวผสม , แคลลอรีต่อกรัม

H_{gO}, H_{lO} พลังงานเอนทาลปีของแก๊สผสมและของเหลวผสมที่อุณหภูมิแก๊สทางเข้า (T_O) , แคลลอรีต่อกรัม

i, j องค์ประกอบ i และ j ในแก๊สและของเหลว ตามลำดับ

ΔH° พลังงานเอนทาลปี ที่สภาวะมาตรฐาน , แคลลอรีต่อกรัมโมล

ΔH^{diss} พลังงานเอนทาลปีของการละลาย , แคลลอรีต่อกรัมโมล

k ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี

K_1 ค่าคงที่ของสมดุลปฏิกิริยา (2.1) , ลิตรต่อกรัมโมล

K_2 ค่าคงที่ของสมดุลปฏิกิริยา (2.2) , ลิตรต่อกรัมโมล

K_3 ค่าคงที่ของสมดุลปฏิกิริยา (2.3) , ลิตรต่อกรัมโมล

N_B อัตราการดูดกลืนสมมูลย์กับไฮดรอกซิลไอออน , กรัมโมลต่อนาที

p ความดันย่อยของแก๊สในวัฏภาคแก๊สหรือในแก๊สส่วนใหญ่ , บรรยากาศ

p^* ความดันย่อยที่สภาวะสมดุล

r_A, r_B, r_E อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแก๊ส A และขององค์ประกอบ B และ E ในของเหลว

R ค่าคงที่ของแก๊ส

t เวลา

T อุณหภูมิ

T_g, T_l, T_O อุณหภูมิของแก๊ส ของเหลว และแก๊สทางเข้า

v_{AZ} ความเร็วขององค์ประกอบ A ในทิศทางแนวแกน Z

v_{BZ} ความเร็วขององค์ประกอบ B ในทิศทางแนวแกน Z

v_{EZ} ความเร็วขององค์ประกอบ E ในทิศทางแนวแกน Z

v_{gZ} ความเร็วของแก๊สผสมป้อนเข้าหอดูดกลืนในแนวแกน Z

v_{lZ} ความเร็วของของเหลวผสมป้อนเข้าหอดูดกลืนในแนวแกน Z

x_i, y_i สัดส่วนโดยมวลขององค์ประกอบในของเหลวและแก๊ส

Z ระยะทางในแนวแกน Z

สัญลักษณ์กรีก

ρ_g, ρ_l ความหนาแน่นของแก๊สและของเหลว