

การดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้สารละลายโมโนเอธาโนลามีนในหลอดซึมแบบแพค



นายชัยทวิ โตจิรกูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531


ISBN 974-569-062-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014319

1 10300339

REMOVAL OF CARBON DIOXIDE BY ABSORPTION IN AQUEOUS
MONOETHANOLAMINE SOLUTION IN PACKED
COLUMN ABSORBER



Mr. Chaithawee Tochirakul

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Program of Petrochemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University

1988

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การดูดซึมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้สารละลายโมโนเอธาโนลามีน
ในหลอดซึมแบบแพค
โดย นายชัยทวี ไตรจิรกุล
สาขาวิชา เทคโนโลยีปิโตรเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ ตันตยานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตั้งทะพานิชกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

ชัยทวี ไตรจิรกุล : การดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้สารละลายโมโนเอทานอลามีน
ในหอดูดซับแบบแพค (REMOVAL OF CARBON DIOXIDE BY ABSORPTION IN AQUEOUS MONOETHA-
NOLAMINE SOLUTION IN PACKED COLUMN ABSORBER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ปิยะสาร ประเสริฐ-
ธรรม, 119 หน้า.

การกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกระแสแก๊ส เป็นขั้นตอนสำคัญในโรงงานแยกแก๊ส-
ธรรมชาติ งานวิจัยนี้ศึกษาการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊สสังเคราะห์โดยการดูดซับด้วยสาร-
ละลายโมโนเอทานอลามีนในหอดูดซับแบบแพค ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.203 เมตร (8 นิ้ว)
สูง 5.32 เมตร แพคกิ้งที่บรรจุอย่างกระจัดกระจายภายในหอ เป็นวงแหวนแบบแรชชิกทำด้วยอะลูมิเนียม
ขนาดมาตรฐาน 0.0127 เมตร (1/2 นิ้ว) อุณหภูมิปฏิบัติการภายในหอดูดซับประมาณ 39-43 องศาเซล-
เซียส และความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ ค่าอัตราส่วนการจับคาร์บอนไดออกไซด์ของสารละลายโมโนเอตา-
นอลามีนที่ใช้ อยู่ในช่วง 0.380-0.411 จากการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการหาโพรไฟล์ของความ-
เข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดความสูงของหอ พบว่ายังคงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองของปฏิกิริยา
อันดับสองแบบผันกลับได้สำหรับกรณีของหอดูดซับที่ในอุตสาหกรรม แม้ว่าค่าอัตราส่วนการจับคาร์บอนไดออกไซด์
จะน้อยกว่า 0.5 ก็ตาม



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ...สหสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์-โพลีเมอร์.....
สาขาวิชา ...เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์.....
ปีการศึกษา 253๑.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
.....

๒

CHAITHAWEE TOCHIRAKUL : REMOVAL OF CARBON DIOXIDE BY ABSORPTION IN AQUEOUS MONOETHANOLAMINE SOLUTION IN PACKED COLUMN ABSORBER. THESIS ADVISOR: ASSO. PROF. PIYASARN PRASERTHDAM, Dr. Ing., 119 PP.

Removal of carbon dioxide from the gas stream was the important operation in gas separation plant. This work was to study absorption of carbon dioxide by monoethanolamine solution in packed column absorber. The column was 0.23 m.(8 in.) inside diameter and 5.32 m. high and packed randomly with 0.0127 m.(1/2 in.) aluminium Raschig rings. The operating temperature and pressure was 39-43 °C and 1 atmosphere respectively. Carbonation ratio of partly carbonated MEA solution was in the range of 0.380-0.411. For comparison of various models to predict profile of carbon dioxide concentration along the absorber height, it was found that the reversible second order reaction model was applied for the CO₂ absorption in industrial packed tower although the carbonation ratio was lower than 0.5.



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขาวิชาปิโตรเคมี-โพลีเมอร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีปิโตรเคมี
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต P. Chirakul
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Dr. Piyasarn Prasertdam



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม เป็นอย่างสูง ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยชี้แนะ ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะ และตรวจวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณคุณสงวน ศรีวราหกุล ที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติการเครื่องมือทดลอง คุณวรรณวิภา ศรีวราหกุล, คุณอรุณลักษณ์ แก้วคำมี และเพื่อนฯที่ห้องปฏิบัติการคະຕະໂสສິສ ในการช่วยจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ สำหรับทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ได้รับจากบัณฑิตวิทยาลัย และทุนการศึกษาได้รับจากมูลนิธิริธีสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบิดามารดา ผู้ให้การสนับสนุนกำลังทรัพย์และกำลังใจมาโดย

ตลอด

ชัยทวี โตจิรกูล

ศูนย์วิทยพัธพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ง
สารบัญภาพ.....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา.....	3
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	6
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	6
2. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล.....	8
2.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่.....	8
2.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่เมื่อมี ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในชั้นของเหลวด้านทาน.....	10
3. การหาอัตราการถ่ายเทมวล.....	17
3.1 จลนพลศาสตร์ และกลไกของปฏิกิริยาระหว่าง คาร์บอนไดออกไซด์กับโมโนเอทานอลามีน.....	17
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏภาคแก๊ส (P_g) กับความสูงของหอดูดซึม.....	19
4. การทดลอง.....	25
4.1 รายละเอียดเกี่ยวกับระบบต่างๆของโรงงานต้นแบบ กำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้สารละลาย โมโนเอทานอลามีน.....	25
4.2 การเตรียมการก่อนเดินเครื่อง.....	39
4.3 ขั้นตอนการเดินเครื่อง.....	40
4.4 ขั้นตอนการหยุดเครื่อง.....	41
4.5 การเก็บข้อมูลและการวัดค่า.....	42

บทที่	หน้า
5. ผลการทดลองและการวิจารณ์.....	44
5.1 ผลการเดินเครื่องมือทดลอง.....	44
5.2 ผลการทดลอง.....	46
5.3 การคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ตามความสูงของหอคูดูดซึม เมื่อคิดว่าเป็นการดูดซึมแบบไม่มีปฏิกิริยาเคมี.....	56
5.4 การคำนวณหาโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ตามความสูงของหอคูดูดซึม เมื่อคิดว่าเป็นการดูดซึมแบบมีปฏิกิริยาเคมี.....	60
5.5 การคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ตามความสูงของหอคูดูดซึม เปรียบเทียบกับผลการทดลองของผู้อื่น.....	73
6. สรุปผลการทดลอง.....	77
เอกสารอ้างอิง.....	79
ภาคผนวก	
ก. การคำนวณ.....	84
ข. ลักษณะทางกายภาพของแฉกกิ่ง.....	95
ค. ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่.....	96
ง. คุณสมบัติทางกายภาพของสารละลายเอ็มอีเอ.....	100
จ. ความหนืดและความหนาแน่นของวัฏภาคแก๊ส (μ_v และ ρ_v)	102
ฉ. ค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ใน สารละลายเอ็มอีเอ.....	103
ช. ค่าคงที่อัตราเร็ว (k_2).....	104
ซ. ค่าคงที่สมดุล (K).....	105
ฅ. ค่าอัตราส่วนการจับคาร์บอนไดออกไซด์.....	109
ฉ. การวิเคราะห์แก๊สด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี.....	116
ง. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลของ แก๊สเข้าหอคูดูดซึม กับผลต่างของระดับปรอท.....	118
ประวัติผู้เขียน.....	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1.1	ค่าความตึงผิววิกฤตของวัสดุต่างๆที่ใช้ทำแพคกิ้ง.....	10
3.1.1	ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยา.....	18
5.2.1	แสดงองค์ประกอบของแก๊สขาเข้าและขาออก.....	50
5.2.2	แสดงความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตำแหน่ง ต่างๆตามความสูงของหอคูดซิม.....	52
5.2.3	แสดงอุณหภูมิของสารละลายเอมีนอีเอที่ตำแหน่งต่างๆตาม ตามความสูงของหอคูดซิม.....	54
5.3.1	ผลการคำนวณความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อคิดว่าเป็น การดูดซิมแบบไม่มีปฏิกิริยา.....	57
5.4.1	เปรียบเทียบผลการคำนวณโปรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อคิดว่าเป็นการดูดซิมแบบมีปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม.....	61
5.4.2	ผลการคำนวณความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อคิดว่าเป็น การดูดซิมแบบมีปฏิกิริยา เปรียบเทียบกับผลการทดลอง ครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่ 3-4.....	65
5.4.3	ผลการคำนวณความเข้มข้นของเอมีนอีเอในเนื้อของเหลว \ เปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่3-4..	65
5.4.4	ผลการคำนวณความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อคิดว่าเป็น การดูดซิมแบบมีปฏิกิริยา เปรียบเทียบกับผลการทดลอง ครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่ 4-6.....	67
5.4.5	ผลการคำนวณความเข้มข้นของเอมีนอีเอในเนื้อของเหลว เปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่4-6..	67
5.4.6	ผลการคำนวณความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อคิดว่าเป็น การดูดซิมแบบมีปฏิกิริยา เปรียบเทียบกับผลการทดลอง ครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่ 10-12.....	69
5.4.7	ผลการคำนวณความเข้มข้นของเอมีนอีเอในเนื้อของเหลว เปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่10-12.	69

ตารางที่	หน้า
5.4.8 ผลการคำนวณความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อคิดว่าเป็น การดูดซึมแบบมีปฏิกิริยา เปรียบเทียบกับผลการทดลอง ครั้งที่ 2 ช่วงชั่วโมงที่ 6-9.....	71
5.4.9 ผลการคำนวณความเข้มข้นของเอมอีเอในเนื้อของเหลว เปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 2 ช่วงชั่วโมงที่ 6-9...	71
ก.2.1 แสดงสมการสำหรับหาค่า P _a ที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ.....	88
ข.1 ลักษณะทางกายภาพของแพคกิง(packings)ที่ใช้กันทั่วไป...	95
ค.1 สัมประสิทธิ์ของการแพร่ของแก๊สและของเหลวใน สารละลายเจือจางที่ 20 °ซ.....	97
ค.2 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏภาค แก๊ส(D _v).....	98
จ.1 คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศ.....	102
ช.1 ค่าอัตราเร็วคงที่.....	104
ซ.1 แสดงค่า pK ของเอมีนชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	106
ณ.1 แสดงค่า pH เปลี่ยนไปตามค่า CR ของสารละลาย.....	109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังกระบวนการควบคุมกลิ่นแก๊สกรดด้วยอัลคาโนลามีน.....	3
2.2.1	แสดงค่า E ของปฏิกิริยาอันดับสอง.....	15
3.1.1	สูตรแสดงโครงสร้างของโมโนเอธาโนลามีน.....	17
3.2.1	รูปทั่วไปของหอแพค.....	20
3.2.2	แสดงภูมิภาคแก๊สในส่วนย่อยที่กำลังพิจารณา.....	22
4.1.1	กระบวนการกำจัดแก๊สกรดออกจากแก๊สสังเคราะห์.....	26
4.1.2	แสดงตำแหน่งการวัดค่าต่าง ๆ.....	27
4.2.1	แสดงภาพตัดภายในของเตาผลิตแก๊สสังเคราะห์.....	28
4.2.2	แสดงเตาผลิตแก๊สสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองนี้.....	29
4.3	กระบวนการกำจัดทาร์และสิ่งสกปรกออกจากแก๊สสังเคราะห์ ตลอดจนการลดอุณหภูมิของแก๊สที่ออกจากเตาผลิตแก๊สสังเคราะห์	31
4.4	การเกิดละอองภายในสกรับเบอร์.....	32
4.5	ภาพด้านข้างของตัวถังหอดูดคาร์บอนไดออกไซด์.....	32
4.6	ส่วนหัวของหอดูดคาร์บอนไดออกไซด์.....	33
4.7	ส่วนล่างของหอดูดคาร์บอนไดออกไซด์.....	33
4.8	แสดงส่วนบนของหอดูดซิม ที่ใช้ในการทดลอง.....	34
4.9	แสดงส่วนล่างของหอดูดซิม ที่ใช้ในการทดลอง.....	35
4.10	แผ่นกระจายสารเคมี.....	36
4.11	แพคกิ้งภายในหอดูดซิม.....	36
4.12	แสดงโรงงานต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง.....	37
4.13	แสดงตู้ควบคุมการทำงานของโรงงานต้นแบบ.....	38
5.1.1	แสดงปริมาณแก๊ส CO ₂ ที่ได้จากเตาผลิตแก๊สสังเคราะห์เมื่อ เวลาผ่านไป.....	45
5.2.1	แสดงตัวอย่างข้อมูลจากการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมง ที่ 3-4.....	48
5.2.2	แสดงตัวอย่างข้อมูลจากการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมง ที่ 3-4 หลังทำมวลสารสมดุล.....	49

รูปที่	หน้า
5.2.3 แสดงโพรไฟล์ของอุณหภูมิของของเหลว ตลอดความสูงของ หอคูดูดซึม.....	55
5.3.1 แสดงโพรไฟล์ของความเข้มข้นของ CO ₂ ที่คำนวณได้ เมื่อ คิดว่า การดูดซึมเป็นแบบไม่มีปฏิกิริยาเคมีของการทดลอง ครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่ 3-4.....	58
5.3.2 โพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ ที่คำนวณได้กับผลการ ทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมงที่ 3-4.....	59
5.4.1 ผลการคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ เมื่อ คิดว่าเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม.....	62
5.4.2 ผลการคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ ตามความสูง ของหอเปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมง ที่ 3-4.....	66
5.4.3 ผลการคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ ตามความสูง ของหอเปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมง ที่ 4-6.....	68
5.4.4 ผลการคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ ตามความสูง ของหอเปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 1 ช่วงชั่วโมง ที่ 10-12.....	70
5.4.5 ผลการคำนวณโพรไฟล์ความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ ตามความสูง ของหอเปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งที่ 2 ช่วงชั่วโมง ที่ 6-9.....	72
5.5.1 โพรไฟล์ของความเข้มข้นของแก๊ส CO ₂ ตามความสูงของหอที่ คำนวณได้เปรียบเทียบกับผลการทดลองของ ดร.สุธรรม วานิชเสนี.....	75
5.5.2 แสดงค่า \sqrt{M} ตามความสูงของหอคูดูดซึม.....	76
ก.2.1 แสดงส่วนกันหอที่จำลองมวลสาร.....	90
ค.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของเอมอีเอ ในสารละลายที่ความเข้มข้น ต่างๆ (25 ° ซ).....	99
ง.1 ความหนืดของสารละลายโมโนเอทานอลามีน.....	100
ง.2 ความตึงจำเพาะของสารละลายโมโนเอทานอลามีน.....	101

รูปที่		หน้า
ซ.1	ค่าคงที่การแตกตัวเป็นไอออนขั้นแรก (First Ionization Constant) ของ CO_2 ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	107
ซ.2	ค่าคงที่ความเสถียรของคาร์บอเนต (Carbomate Instability Constant) ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	108
ณ.1	ผลปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อค่า pH ของสารละลายโมโนเอธาโนลามีน.....	110
ณ.2	ผลของอุณหภูมิต่อค่า pH ของสารละลาย.....	111
ณ.3	ผลของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่า pH ของสารละลายโมโนเอธาโนลามีน ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน อุณหภูมิ 21°C	112
ณ.4	แสดงการไทเทรตสารละลายโมโนเอธาโนลามีน 2 โมลต่อลิตรซึ่งจับคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล.....	114
ญ.1	รูปแสดงเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี.....	117
ฎ.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพาเข้าหลอดชิมกับผลต่างของระดับปรอท.....	118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์

- A = พื้นที่หน้าตัดของหอคูดซิม (ตารางเมตร)
- A_x = พื้นที่ผิวสัมผัสที่มีการถ่ายเทมวล (ตารางเมตร)
- a = พื้นที่ผิวที่เปียกของเหลวของแพคกิงต่อปริมาตรของเบด (เมตร²/เมตร³)
- a_v = พื้นที่ผิวของวัสดุที่เป็นแพคกิงต่อปริมาตรของแพคกิง (เมตร²/เมตร³)
- b_1 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 34 ก)
- b_2 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 34 ข)
- b_3 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 34 ค)
- b_4 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 34 ง)
- b_5 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 34 จ)
- C = ตัวคงที่ไม่มีหน่วย
- C_A = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซิมในสารละลายเอ็มอีเอ (โมล/ลิตร)
- C_{A_i} = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สมดุลกับความดันย่อยที่ผิว (โมล/ลิตร)
- C_{A_b} = ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเนื้อของเหลว (โมล/ลิตร)
- C_{B_b} = ความเข้มข้นของเอ็มอีเอในเนื้อของเหลว (โมล/ลิตร)
- C_{B_0} = ความเข้มข้นของสารละลายเอ็มอีเอก่อนการดูดซิม (โมล/ลิตร)
- C_1 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 25 ก)
- C_2 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 25 ข)
- C_3 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 17 ค)
- CR_B = ค่าอัตราส่วนการจับคาร์บอนไดออกไซด์ ของสารละลายที่กั้นหอ
- CR_T = ค่าอัตราส่วนการจับคาร์บอนไดออกไซด์ ของสารละลายที่ยอดหอ
- D_p = ขนาดเชิงตัวเลขของแพคกิง (เมตร)
- E = เอนฮานซ์เมนต์แฟคเตอร์
- E_1 = เอนฮานซ์เมนต์แฟคเตอร์สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่กั้นใด
- G_L = อัตราไหลของของเหลวต่อพื้นที่หน้าตัดของหอ (กิโลกรัม/วินาที-ตารางเมตร)
- G_V = อัตราไหลของแก๊สต่อพื้นที่หน้าตัดของหอ (กิโลกรัม/วินาที-ตารางเมตร)
- H = ค่าคงที่เฮนรี (บาร์-เมตร³/กิโลกรัมโมล)

- K = ค่าคงที่สมดุล (ลิตร/โมล)
 k_a = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่ในวัฏภาคแก๊ส (กิโลกรัมโมล/ตารางเมตร/บาร์/วินาที)
 k_L = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่ในวัฏภาคของเหลว เมื่อมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นในระหว่างการดูดซึม (เมตร/วินาที)
 k_L^o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่ในวัฏภาคของเหลว เมื่อมีเฉพาะการดูดซึมทางกายภาพ (เมตร/วินาที)
 k_1 = ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (1/วินาที)
 k_2 = ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับสอง (ลิตร/โมล/วินาที)
 L = อัตราไหลเชิงโมลของวัฏภาคของเหลว (โมล/วินาที)
 L_v = อัตราไหลของวัฏภาคของเหลวเชิงปริมาตร (ลิตร/วินาที)
 M = นิยามตามสมการ (2.2.16) ไม่มีหน่วย
 m = ความเข้มข้นของสารละลายเอ็มอีเอ (โมล/ลิตร)
 N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มัล)
 N_A = พลักซ์ของการดูดซึมแบบมีปฏิกิริยาเคมี (กิโลกรัมโมล/เมตร²-วินาที)
 N_A^o = พลักซ์ของการดูดซึมทางกายภาพ (กิโลกรัมโมล/เมตร²-วินาที)
 P_A = ความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ (บาร์)
 $P_{A,i}$ = ความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวต่อ (Interface) (บาร์)
 P_T = ความดันรวม (บาร์)
 R_A = อัตราการถ่ายเทมวล (โมล/วินาที)
 r = อัตราเร็วของปฏิกิริยา (โมล/วินาที)
 T = อุณหภูมิ (เคลวิน)
 V = อัตราไหลเชิงโมลของวัฏภาคแก๊ส (กิโลกรัมโมล/วินาที)
 V' = อัตราไหลเชิงโมลของวัฏภาคแก๊สเมื่อไม่รวม CO₂ (กิโลกรัมโมล/วินาที)
 V_1 = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้เมื่อถึงจุดยุติจุดแรก (มิลลิลิตร)
 V_2 = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้จากจุดยุติจุดแรก ถึงจุดยุติจุดที่สอง (มิลลิลิตร)
 x_A = เศษส่วนโมลของสาร A (CO₂) ที่อยู่ในวัฏภาคแก๊ส
 y_A = เศษส่วนโมลของสาร A (CO₂) ที่อยู่ในวัฏภาคของเหลว
 Z = ความสูงของหอดูดซึม (เมตร)
 D_A = สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร A (CO₂) ในวัฏภาคของเหลว (เมตร²/วินาที)

D_a = สัมประสิทธิ์การแพร่ของเอมซีเอ (เมตร²/วินาที)

D_v = สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร A (CO_2) ในวัฏภาคแก๊ส (เมตร²/วินาที)

μ_L = ความหนืดของของเหลว (นิวตัน-วินาที/ตารางเมตร)

μ_v = ความหนืดของแก๊ส (นิวตัน-วินาที/ตารางเมตร)

ρ_L = ความหนาแน่นของของเหลว (กิโลกรัม/ตารางเมตร)

ρ_v = ความหนาแน่นของแก๊ส (กิโลกรัม/ตารางเมตร)

σ = ความตึงผิวของของเหลว (นิวตัน/เมตร)

σ_c = ความตึงผิววิกฤต (นิวตัน/เมตร)

β_1 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 17ก)

β_2 = นิยามตั้งสมการ (ก. 2. 17ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย