

การดูซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอลัมน์แบบฟิลล์



นางสาวพนิตนาฏ จิระสถิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-257-1


ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015497

J10304204



ABSORPTION OF CARBON DIOXIDE IN A PULSED COLUMN



Miss Panitnad Chirastit

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-257-1






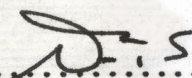
หัวข้อวิทยานิพนธ์  
โดย  
ภาควิชา  
อาจารย์ที่ปรึกษา


การดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอลัมน์แบบพัลส์  
นางสาวพนิตนาฏ จิระสถิตย์  
เคมีเทคนิค  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด

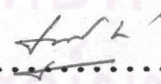
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

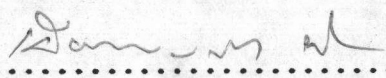
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วิชัยวัช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. เพียรพรต ทิศธร)





บทนิพนธ์ จีระสถิตย์ : การดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอลัมน์แบบพัลส์ (ABSORPTION OF CARBON DIOXIDE IN A PULSED COLUMN) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.เลอสรวง เมฆสุด, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในคอลัมน์แบบพัลส์ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 ซม. ความสูงของคอลัมน์ 99 ซม. โดยพิจารณาการถ่ายเทมวลของคาร์บอนไดออกไซด์ จากเฟองก๊าซไปยังของเหลว ของเหลวที่ใช้คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยแปรค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.1-0.2 นอร์แมล ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบของระบบพัลส์ ( $af$ ) 0.48-1.30 ซม./วินาที อัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $Q_L$ ) 7.55-12.60 ซม.<sup>3</sup>/วินาที และสัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมที่เข้าคอลัมน์ ( $y$ ) (8.86-10.36)  $\times 10^{-2}$  จากผลการทดลองถึงอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวม ( $K_G A$ ) ที่เกิดขึ้นในคอลัมน์ พบว่าเมื่อเพิ่มค่า  $af$  ค่าของ  $K_G A$  จะเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่  $af$  เท่ากับ 0.8 ซม./วินาที จากนั้นค่า  $K_G A$  จะลดลงเมื่อ  $af$  เพิ่มขึ้น ค่า  $K_G A$  เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และอัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น และค่า  $K_G A$  เพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมที่เข้าคอลัมน์เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....เคมีอินทรีย์.....  
สาขาวิชา .....เคมีเทคโนโลยี.....  
ปีการศึกษา .....2531.....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ผศ.ดร.เลอสรวง เมฆสุด



PANITNAD CHIRASTIT : ABSORPTION OF CARBON DIOXIDE IN A PULSED COLUMN. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. LURSUANG MEKASUT, Dr. Ing., 95 PP.

Absorption of carbon dioxide by aq. NaOH had been studied in a pulsed column 4.5 cm diameter and 99 cm high. The initial concentration of aq. NaOH was varied from 0.1 to 0.2 normal. The pulsed column was operated at pulsation velocity ( $af$ ) from 0.48 to 1.30 cm/sec, the flow rate of aq. NaOH was increased from 7.55 to 12.60  $\text{cm}^3/\text{sec}$  and mole fraction of carbon dioxide entering a column was raised from  $8.86 \times 10^{-2}$  to  $10.36 \times 10^{-2}$ . The overall mass transfer coefficient ( $K_G A$ ) increased with pulsation velocity up to 0.8 cm/sec and then decreased remarkably with the accumulation of the pulsation velocity. The overall mass transfer coefficient increased with the flow rate of aq. NaOH, the normality of aq. NaOH and mole fraction of carbon dioxide entering a column.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... เคมีเทคนิค .....  
สาขาวิชา ..... เคมีเทคนิค .....  
ปีการศึกษา ..... 2521 .....

ลายมือชื่อนิสิต ..... พนิดนาฏ จิระสลิขัย .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... [Signature] .....





### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านช่วยกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ชี้แนะ ตลอดจนให้ความคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยทั้งในแง่ของเครื่องมือที่ใช้ทดลอง วิธีการทดลองและขั้นตอนการทดลอง ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและส่งเสริมงานวิจัยนี้ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณสนิท ปรีนคร ฝ่ายจัดซ่อมสร้าง ที่ช่วยกรุณาสร้างและซ่อมแซม ต่อเติม เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณ คุณณรงค์ ชัยพันธ์ ฝ่ายพัสดุที่ช่วยสั่งซื้อ สารเคมีและอุปกรณ์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคนที่อำนวยความสะดวกในการใช้มอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในเรื่องนี้ และขอขอบคุณ บริษัทไทยอาสาฮี-โซดาไฟ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และพี่ชาย ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเงินและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมาจนจบการศึกษา รวมทั้งน้องทุกคนในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ ทำให้งานวิจัยนี้บรรลุผลสำเร็จได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ.....	ต
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 กลไกการดูตพิมพ์.....	2
2.2 การแพร่ผ่านฟิล์มกระดาษ.....	2
2.3 อัตราการดูตพิมพ์.....	5
2.4 เครื่องมือในการดูตพิมพ์.....	8
2.5 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสาร.....	9
2.5.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเท.....	16
2.5.2 กลุ่มไรหน่วยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร.....	16
2.6 การดูตพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี.....	19
2.7 ผลงานวิจัยในอดีต.....	23
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	32
3.1 อุปกรณ์.....	32
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	35
3.3 วิธีการทดลอง.....	36

4. ผลการทดลอง.....	41
4.1 อิทธิพลของผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของ ลูกสูบของระบบพัลส์.....	41
4.2 อิทธิพลของอัตราการใช้ของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์.....	49
4.3 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์.....	49
4.4 อิทธิพลของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสม ที่เข้าคอลัมน์.....	57
5. วิจารณ์และวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	69
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	73
เอกสารอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก.....	78
ประวัติผู้เขียน.....	95

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงค่าคงที่ b และ c..... 27
2.2	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของ CO <sub>2</sub> กับอัตราการดูดซึม CO <sub>2</sub> และร้อยละประสิทธิภาพการดูดซึมที่ความสูงเบต 30 ซม. อัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 52.8 ลิตรต่อชั่วโมง ความเข้มข้น 0.14 โมล และอัตราการไหลของอากาศ 25 กรัมโมลต่อชั่วโมง..... 30
2.3	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความเข้มข้นของ CO <sub>2</sub> กับอัตราการดูดซึม CO <sub>2</sub> และร้อยละประสิทธิภาพการดูดซึมที่ความสูงเบต 20 ซม. อัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 90 ลิตรต่อชั่วโมง..... 31
2.4	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับอัตราการดูดซึม CO <sub>2</sub> และร้อยละประสิทธิภาพการดูดซึม ที่ความสูงเบต 55 ซม. อัตราการไหลของอากาศ 34.3 กรัมโมลต่อชั่วโมงและอัตราการไหลของ CO <sub>2</sub> 3.2 กรัมโมลต่อชั่วโมง..... 31
4.1	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง K <sub>GA</sub> กับ af ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 43
4.2	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ af ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 46
4.3	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง K <sub>GA</sub> กับ Q <sub>L</sub> ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 51
4.4	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ Q <sub>L</sub> ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 54
4.5	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง K <sub>GA</sub> กับ [NaOH] ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ .... 58
4.6	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ [NaOH] ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 60
4.7	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง K <sub>GA</sub> กับ y ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 63
4.8	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ y ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ..... 66



ตารางที่	หน้า
ข	แสดงสภาพการละลายได้ของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ..... 84
ค.1	แสดงผลการทดลองที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ เมื่อ $y = 8.86 \times 10^{-2}$ ..... 85
ค.2	แสดงผลการทดลองที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ เมื่อ $y = 9.55 \times 10^{-2}$ ..... 86
ค.3	แสดงผลการทดลองที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ เมื่อ $y = 10.36 \times 10^{-2}$ ..... 87



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





## รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	โปรไฟล์ความเข้มข้นสำหรับองค์ประกอบ A ที่ถูกดูดซึม.....	6
2.2	driving force ในภูมิภาคของก๊าซและภูมิภาคของของเหลว.....	6
2.3	หอดูดซึมก๊าซ.....	10
2.4	ไดอะแกรมการไหลสำหรับการดูดซึมแบบสวนทางกันใน packed tower.....	11
2.5	การแปรผันของความเร็วใน pulsating flow.....	17
2.6	โปรไฟล์ความเข้มข้นของการดูดซึมที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี.....	21
2.7	โปรไฟล์ความเข้มข้นสำหรับการดูดซึม.....	21
2.8	กราฟแสดงฟังก์ชัน $\log K_G A = f(\log a)$ ที่ [NaOH] ต่าง ๆ.....	27
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซึมรวม และ pulsation.....	28
2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซึมรวม และแอมพลิจูดของ pulsation.....	28
2.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดซึมรวม และ Degree of undulation of the pulsation.....	29
2.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_G A$ กับความถี่และความสูงเบดที่ 20 °C และ 0.93 บรรยากาศ.....	29
3.1	แสดงรายละเอียดของคอลัมน์แบบฟิลล์.....	33
3.2	แสดงขนาดของคอลัมน์.....	34
3.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของคาร์บอนไดออกไซด์ ในน้ำกับอุณหภูมิ.....	38
3.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ กับอุณหภูมิ.....	39
3.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ กับอุณหภูมิ.....	39



รูปที่	หน้า
3.6 คอลัมน์แบบพัลส์.....	40
3.7 pulsator.....	40
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 7.55$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	44
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 9.24$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	44
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 10.92$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	45
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 12.60$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	45
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 7.55$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	47
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 9.24$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	47
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 10.92$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	48
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $af$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 12.60$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที.....	48
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $Q_L$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.48$ ซม./วินาที.....	52
4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $Q_L$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.80$ ซม./วินาที.....	52
4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $Q_L$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.05$ ซม./วินาที.....	53
4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_{GA}$ กับ $Q_L$ ที่สัดส่วนโมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.30$ ซม./วินาที.....	53



รูปที่	หน้า
4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $Q_L$ ที่สัดส่วน โมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.48$ ซม./วินาที.....	55
4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $Q_L$ ที่สัดส่วน โมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.80$ ซม./วินาที.....	55
4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $Q_L$ ที่สัดส่วน โมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.05$ ซม./วินาที.....	56
4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึม กับ $Q_L$ ที่สัดส่วน โมลต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.30$ ซม./วินาที.....	56
4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_GA$ กับ $[NaOH]$ ที่ $af$ ต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 9.24$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที, $y = 8.86 \times 10^{-2}$ .....	59
4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึมกับ $[NaOH]$ ที่ $af$ ต่าง ๆ เมื่อ $Q_L = 9.24$ ซม. <sup>3</sup> /วินาที, $y = 8.86 \times 10^{-2}$ .....	61
4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_GA$ กับ $y$ ที่อัตราการไหลของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.48$ ซม./วินาที.....	64
4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_GA$ กับ $y$ ที่อัตราการไหลของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.80$ ซม./วินาที.....	64
4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_GA$ กับ $y$ ที่อัตราการไหลของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.05$ ซม./วินาที.....	65
4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_GA$ กับ $y$ ที่อัตราการไหลของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.30$ ซม./วินาที.....	65
4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึมกับ $y$ ที่อัตราการไหล ของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.48$ ซม./วินาที.....	67
4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึมกับ $y$ ที่อัตราการไหล ของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 0.80$ ซม./วินาที.....	67
4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึมกับ $y$ ที่อัตราการไหล ของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.05$ ซม./วินาที.....	68



รูปที่	หน้า
4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดซึมกับ $y$ ที่อัตราการไหล ของสารละลาย NaOH ต่าง ๆ เมื่อ $af = 1.30$ ซม./วินาที.....	68
ก.1 การเทียบมาตรฐานของ rotameter สำหรับก๊าซผสม.....	94
ก.2 การเทียบมาตรฐานของ rotameter สำหรับสารละลาย NaOH.....	95
ก.3 การเทียบมาตรฐานของ orifice meter สำหรับอากาศ.....	96
ก.4 การเทียบมาตรฐานของ orifice meter สำหรับ $CO_2$ .....	97



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ

A	=	พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวต่อหน่วยปริมาตรของของเหลว, $\text{ซม.}^3/\text{ซม.}^3$
a	=	ระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ, ซม.
$C_L$	=	ความเข้มข้นในวัฏภาคของเหลว, กรัมโมล/ซม. <sup>3</sup>
$C_{CO_2}$	=	ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในที่ถูกดูดซึมสารละลาย, กรัมโมล/ซม. <sup>3</sup>
$C^*$	=	ความเข้มข้นในวัฏภาคของเหลวที่อยู่ในสมดุลกับความดันย่อย $p_G$ , กรัมโมล/ซม. <sup>3</sup>
C	=	ค่าคงที่ในสมการที่ 2.30
c	=	ค่าคงที่ในสมการที่ 2.36
d, $D_C$	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์, ซม.
$D_V$	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของก๊าซ, $\text{ซม.}^2/\text{วินาที}$
$D_L$	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ, $\text{ซม.}^2/\text{วินาที}$
E	=	ประสิทธิภาพการดูดซึม
f	=	ความถี่ของระบบพัลส์, วินาที <sup>-1</sup>
$G_M$	=	อัตราการไหลเชิงโมลาร์ของก๊าซ, กรัมโมล/วินาที ซม. <sup>2</sup>
H	=	ความสูงของเบดขณะทำการทดลอง, ซม.
$H_T$	=	ความสูงของคอลัมน์, ซม.
h	=	ความสูงของเบด, ซม.
K	=	ค่าคงที่ในสมการ (2.34)
$K_L$	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในของเหลว, ซม./วินาที
$K_G$	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในก๊าซ, ซม./วินาที
$k_p$	=	สัมประสิทธิ์การดูดซึมรวมสำหรับ pulsation, กรัมโมล/ซม. <sup>2</sup> วินาที บรรยากาศ
L	=	อัตราการไหลของของเหลว, ปอนด์โมล/ซม. ฟุต <sup>2</sup>
$L_M$	=	อัตราการไหลเชิงโมลาร์ของของเหลว, กรัมโมล/วินาที ซม. <sup>2</sup>
m	=	ค่ายกกำลังในสมการที่ 2.35



N	= ความเข้มข้นของกรดเกลือ, นอร์แมล
Na	= อัตราการดูดซึมต่อหน่วยเวลา, ปอนด์/โมล/ชม. ฟุต <sup>2</sup>
$N_{CO_2}$	= อัตราการดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์, กรัม/โมล/วินาที
P	= ความกดดันทั้งหมด, บรรยากาศ
p	= ความดันย่อยของก๊าซ, บรรยากาศ
$p^*$	= ความดันย่อยของ A ที่อยู่ในสมดุลกับความเข้มข้น $C_L$ ในวัฏภาคของเหลว, บรรยากาศ
$Q_L, L$	= อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของเหลว, ชม. <sup>3</sup> /วินาที
R	= ค่าคงที่ของก๊าซ, บรรยากาศ ชม. <sup>3</sup> /กรัมโมล องศาเซลวิน
s	= พื้นที่หน้าตัดของคอลัมน์, ชม. <sup>2</sup>
T	= อุณหภูมิสัมบูรณ์, องศาเซลวิน
t	= เวลา, วินาที
$U_L$	= ความเร็วไหลผ่านของของเหลว, ชม./วินาที
$V, U_G$	= ความเร็วไหลผ่านของก๊าซ, ชม./วินาที
$V_m$	= ความเร็วสูงสุดที่เกิดขึ้นเนื่องจาก pulsation, ชม./วินาที
$V_t$	= ความเร็วรวมของการไหลแบบ pulsation, ชม./วินาที
$V_x$	= กระแสความเร็วที่เกิดขึ้นเนื่องจาก pulsation, ชม./วินาที
w	= ความเร็วเชิงมุม, เรเดียน/วินาที
x	= สัดส่วนโมลของตัวถูกละลายในวัฏภาคของเหลว
X	= ค่าคงที่ของ Henry
$y^*$	= สัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมที่อยู่ในสมดุลกับ x ในวัฏภาคของเหลว
y	= สัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสม
$y_1$	= สัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมที่เข้าคอลัมน์
$y_2$	= สัดส่วนโมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซผสมที่ออกจากคอลัมน์
z	= ระยะในทิศทางการแพร่



$f_L$	= ความหนาแน่นของของเหลว, กรัม/ซม. <sup>3</sup>
$\mu'$	= ionic strength
$\mu_L$	= ความหนืดของของเหลว, กรัม/(ซม.) (วินาที)
$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$	= ค่ายกกำลังของเทอมต่าง ๆ ในสมการที่ (2.25)
Z	= Degree of undulation of pulsations, $\frac{\pi a f}{U_c}$
Re	= Liquid Reynolds number, $\frac{f_L D_c U_L}{\mu_L}$
$S_c$	= Schmidt number, $\frac{\mu_L}{f_L D_L}$
Sh	= Sherwood number, $\left[ \frac{K_G A D_c^2}{D_L} \right] RT$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย