# การศึกษาการสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวกฎกำลังโดยใช้เครื่องผสมสถิตย์

เรืออากาศโทศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-300-3

009478

1741988

# A STUDY OF GAS AND POWER LAW LIQUID CONTACTING BY USING STATIC MIXER

Flg.Off. SRISAK TRANGWACHARAKUL

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
1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวกฎกำลังโดยใช้เครื่องผสมสถิตย์

โดย เรืออากาศโทศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักรินทร์ ภูมิรัตน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษาการสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวกฎกำลัง โดยใช้เครื่องผสมสถิตย์ |
| ชื่อนิสิต | เรืออากาศโทศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศคร |
| ภาควิชา | เคมีเทคนิค |
| ปีการศึกษา | 2526 |

ทรัพยากรกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการใช้คอลัมน์ฟองก๊าซเปรียบเทียบกับคอลัมน์เครื่องผสมสถิตย์เพื่อเป็นอุปกรณ์การดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยดูผลของอัตราการไหลของก๊าซ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซ และผลของการใช้ของเหลวกฎกำลังที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรของก๊าซที่ถูกละลายในคอลัมน์ทั้งสองชนิด

ในการศึกษาลักษณะการกระจายก๊าซนั้น ใช้วิธีการทางเคมีโดยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซึมด้วยสารละลายโปแตสเซียมคาร์บอเนตและโปแตสเซียมไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นปฏิกิริยากำลังหนึ่ง จากอัตราการดูดซึมที่วัดได้ทำให้สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรได้

ผลของการวิจัยพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรในคอลัมน์ฟองก๊าซมีค่าสูงกว่าคอลัมน์เครื่องผสมสถิตย์เมื่ออัตราการไหลและความเข้มข้นของก๊าซเหมือนกัน ความเข้มข้นของโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสที่สูงขึ้นจะทำให้สารละลายเป็นของเหลวกฎกำลังโดยมีค่ากำลังน้อยลงแต่ค่าดัชนีสัดส่วนคงตัวเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรลดลง ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลต่อสัมประสิทธิ์นี้ในช่วงความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 4 เท่านั้น ส่วนอัตราการไหลของก๊าซไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรเมื่อความเร็วไหลผ่านของก๊าซไม่เกิน 0.015 เมตรต่อวินาที

| | |
|---|---|
| Thesis Title | A Study of Gas and Power Law Liquid Contacting by Using Static Mixer |
| Name | Fig.Off.Srisak Trangwacharakul |
| Thesis Advisor | Pienpak Tasakorn, Ph.D. |
| Department | Chemical Technology |
| Academic Year | 1983 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

The use of bubble column and column with static mixer for the absorption of carbondioxide were compared. The effects of gas flow rate , carbondioxide concentration in gas phase, and the use of power law liquid on volumetric mass transfer coefficient in both column were investigated.

Chemical method was used to characterise the gas dispersion. Carbondioxide was absorbed in a solution of potassium carbonate and potassium bicarbonate;it was pseudo-first order reaction. From the rate of absorption, volumetric mass transfer coefficient can be determined.

Results have shown that volumetric mass transfer coefficient in a bubble column is higher than a column with static mixer, when gas flow rate and gas concentration were the same . The increase in concentration of CMC results in the solution becoming power law liquid with lower power but higher consistency index , and the volumetric mass transfer coefficient decreases. The

concentration of carbondioxide affects the coefficient when its concentration is less than four percents. The volumetric mass transfer coefficient is not affected by the gas flow rate when superficial gas velocity does not exceed 0.015 m/s.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เพียรพรรค หัศดรที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการเป็นอย่างดี จนทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ที่ได้ช่วยเหลือทำให้งานวิจัยผ่านพ้นอุปสรรคและสำเร็จลงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

รายการตารางประกอบ..... ง

รายการรูปประกอบ..... จ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยในอดีต..... 3

2.1 ระบบการไหลในคอลัมน์..... 3

2.2 การเกิดฟองก๊าซ..... 6

2.3 คุณสมบัติของของเหลว..... 12

2.4 พลศาสตร์ฟองก๊าซ..... 15

2.5 การใช้เครื่องผสมสถิตย์..... 17

2.6 พื้นผิวสัมผัสระหว่างก๊าซกับของเหลว..... 21

2.7 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรในคอลัมน์ฟองก๊าซ..... 25

2.8 การหาพื้นผิวสัมผัสจำเพาะและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารโดยวิธีเคมี..... 34

3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 46

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 46

3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง..... 49

3.3 วิธีการทดลอง..... 50

บทที่ หน้า

4 ผลการทดลอง การวิเคราะห์และวิจารณ์..... 55

4.1 คำนำ..... 55

4.2 ผลของอัตราการไหลของก๊าซ..... 56

4.3 ผลของความเข้มข้นของก๊าซในคอลัมน์ฟองก๊าซกับคอลัมน์เครื่องผสมสถิตย์..... 56

4.4 ผลของการใช้ของเหลวกฎกำลังในคอลัมน์ฟองก๊าซกับคอลัมน์เครื่องผสมสถิตย์..... 66

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 67

เอกสารอ้างอิง..... 69

ภาคผนวก..... 75

ตัวอย่างการคำนวณ..... 75

ตารางแสดงผลการทดลอง..... 95

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ..... 109

ประวัติ..... 112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการตารางประกอบ


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ระบบปฏิกิริยาการดูดซึมเพื่อหาพื้นผิวสัมผัส | 24 |
| 2 | แสดงค่า b และ d ที่ทดลองโดย Deckwer และคณะ | 26 |
| 3 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับก๊าซค้าง | 31 |
| 4 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับความเร็วไหลผ่านของก๊าซกับของเหลว | 32 |
| 5 | อัตราคงที่ของปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ | 39 |
| 6 | อัตราคงที่ของปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับไฮดรอกซีลอิออน | 39 |
| 7 | สภาวะตัวแปรต่างๆที่ทดลอง | 52 |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการรูปประกอบ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ผังการไหล | 5 |
| 2 | ลักษณะการไหลในคอลัมน์ฟองก๊าซ | 5 |
| 3 ก. | แสดงรูปร่างของฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาร สารละลาย CMC 1% | 8 |
| 3 ข. | แสดงรูปร่างของฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน สารละลาย CMC 3 % | 8 |
| 3 ค. | แสดงรูปร่างของฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ | 9 |
| 4 | แสดงค่า eccentricity กับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ของฟองก๊าซ | 10 |
| 5 | แสดงพื้นผิวฟองก๊าซกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของฟองก๊าซ | 10 |
| 6 ก. | แสดงความสัมพันธ์ความเร็วลอยตัว ของฟองก๊าซกับเส้นผ่าน ศูนย์กลางเฉลี่ยของฟองก๊าซในน้ำ | 11 |
| 6 ข. | แสดงความสัมพันธ์ความเร็วลอยตัวกับเส้นผ่านศูนย์กลาง เฉลี่ยของฟองก๊าซใน CMC | 11 |
| 7 ก. | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นเฉือนและอัตราเฉือน ของ Pseudoplastic กับ Newtonian fluids | 13 |
| 7 ข. | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นเฉือนกับอัตราเฉือนของ Bingham, False body, Dilatant fluids | 13 |
| 8 ก. | แสดงรูปเครื่องผสมสถิตย์ 180 องศา | 18 |
| 8 ข. | แสดงรูปเครื่องผสมสถิตย์ 270 องศา | 18 |

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 9 | แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับอัตราการไหลของอากาศในคอลัมน์เครื่องผสมสถิตย์แบบ Koch | 33 |
| 10 | แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับอัตราการไหลของอากาศในคอลัมน์แผ่นตะแกรง | 33 |
| 11 | แสดงแนวความเข้มข้นของสารทำปฏิกิริยากับก๊าซที่ถูกละลายตามทฤษฎีแบบฟิลม์ | 36 |
| 12 | แสดงลักษณะคอลัมน์เครื่องผสมสถิตย์ | 47 |
| 13 | แสดงลักษณะคอลัมน์ฟองก๊าซ | 48 |
| 14 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับความเร็วไหลผ่านของก๊าซ | 57 |
| 15 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ | 58 |
| 16 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง enchancement factor กับแรงขับ( driving force ) | 59 |
| 17 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับความเข้มข้นของโซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส | 61 |
| 18 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับดัชนีกำลัง | 64 |
| 19 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับความหนืดปรากฏ | 65 |
| 20 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลต่อปริมาตรกับอัตราส่วนความหนืด | 66 |