

การศึกษาประสิทธิผลของท่อดูดซึม NO_x ระดับอุตสาหกรรม



นาย อติชาติ วงศ์อบลภ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

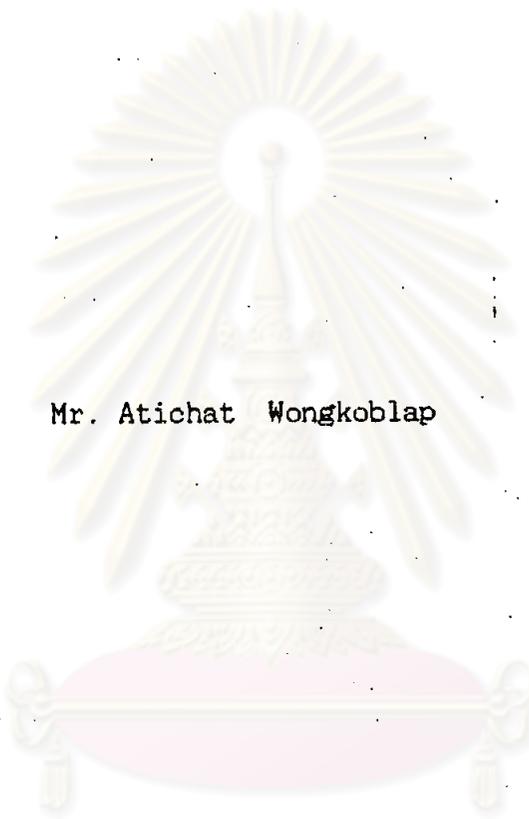
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-561-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

114145926

PERFORMANCE STUDY OF INDUSTRIAL-SCALE NO_x ABSORBER



Mr. Atichat Wongkoblap

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-561-2

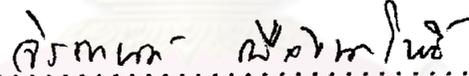
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิผลของหอดูดูดซึม NO_x ระดับอุตสาหกรรม
โดย นาย อติชาต วงศ์กอบลาภ
ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นาย เอี่ยม เอี่ยมวานานนทชัย

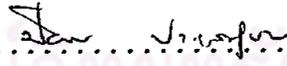


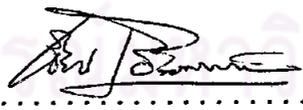
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

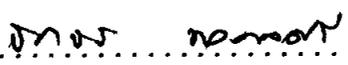

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ทวาร วัชรราช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนารถ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)


..... กรรมการ
(นาย เอี่ยม เอี่ยมวานานนทชัย)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ฐาธร มงคลศรี)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อติชาติ วงศ์กอบลาภ : การศึกษาประสิทธิภาพของหอดูดซึม NO_x ระดับอุตสาหกรรม (PERFORMANCE STUDY OF INDUSTRIAL-SCALE NO_x ABSORBER) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายเอี่ยม เอี่ยมวานานนทชัย, 78 หน้า. ISBN 974-584-561-2

ในอุตสาหกรรมผลิตไนโตรเซลลูโลส จะมีก๊าซ NO_x เกิดขึ้นจากกระบวนการไนเตรชัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีหอดูดซึม NO_x เพื่อใช้ในการกำจัด NO_x ทำให้สามารถนำกรดไนตริกกลับมาใช้ใหม่ได้ และช่วยรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ได้มีการนำหอดูดซึมแบบแพคมาใช้ในการกำจัด NO_x ในอุตสาหกรรมจริง โดยใช้กรดไนตริกเจือจาง เป็นของเหลวดูดซึม ในการทดลองได้ศึกษาถึงรูปแบบการไหลของของเหลวในหอดูดซึม ศึกษาถึงผลของอัตราการไหลของของเหลวและก๊าซ รวมถึงความเข้มข้นของกรดไนตริกที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซึม และศึกษาถึงการถ่ายเทมวลสารในหอดูดซึมแบบแพคในระดับอุตสาหกรรมด้วย

จากการทดลองพบว่า การไหลของของเหลวในหอดูดซึมแบบแพคที่ใช้ นั้น ปรากฏเสมือนเป็นการไหลผ่านถังกวนต่อเนื่องกัน 4 ใบ โดยที่ขนาดของเครื่องปฏิกรณ์มีขนาดเท่ากัน และพบว่าประสิทธิภาพในการดูดซึมจะแปรผันตามอัตราการไหลของของเหลว แต่จะแปรผกผันกับอัตราการไหลของก๊าซ และความเข้มข้นของกรดไนตริก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลกับประสิทธิภาพของหอดูดซึม พบว่าประสิทธิภาพของหอดูดซึมค่อนข้างจะคงที่ไม่ขึ้นกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลมากนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรม เคมี
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C416645 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: INDUSTRIAL SCALE NO. ABSORBER/ MASS TRANSFER COEFFICIENT

ATICHAT WONGKOBLAP :^xPERFORMANCE STUDY OF INDUSTRIAL-SCALE NO.
ABSORBER, THESIS ADVISOR : PROF. PIYASAN PRASERTHDAM, Ph.D.,^x
THESIS CO-ADVISOR : MR. IEUM IEUMWANANONTACHAI, 78 pp. ISBN
974-584-561-2.

In the manufacturing process of Nitro Cellulose, NO_x occurs from nitration process. Absorber is used to remove NO_x from the effluent gas, to recover nitric acid and prevent environment from pollutants.

One of industrial absorbers for aqueous nitric acid absorption of NO_x is the Packed column. A hydrodynamic model of the column; the effects of liquid flowrate, gas flowrate and nitric acid concentration on column efficiency; correlation between mass transfer coefficient and efficiency were studied in this experiment.

The hydrodynamic model of the column was found similar to liquid flowing through 4 equal stirred-tanks reactors. The efficiency was found to be higher when liquid flowrates were higher but to be lower when gas flowrates and acid concentrations were higher. Its efficiency did not depend much on the mass transfer coefficient.



คุุณย์วิทยทรพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมเคมี.....

ลายมือชื่อนิสิต..... *Atichat Wongkoblap*.....

สาขาวิชา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Prof. Piyasan Prasertdam*.....

ปีการศึกษา..... 2536.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *Mr. Ieum Ieumwananontachai*.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และคุณ เอี่ยม เอี่ยมมานานนทชัย ที่กรุณาสับสนุนการวิจัย จัดหาให้ใช้เครื่องมือในโรงงานทหารทดลอง และให้คำปรึกษาด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณพนักงาน บริษัท ในโตรเคมีอุตสาหกรรม จำกัด ที่ได้ช่วยทหารทดลอง และทหารวิเคราะห์หาราคาให้ รวมถึงการช่วยติดตั้ง เครื่องมือเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณ มณฑา และเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่านของภาควิชา วิศวกรรมเคมีที่ได้ช่วยติดต่อประสานงาน ระหว่างนิสิตกับอาจารย์ที่ปรึกษา และทางมหาวิทยาลัยให้จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษานครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
สัญลักษณ์	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	5
- บทนำ	5
- กลไกการเกิดปฏิกิริยา	6
- จลนพลศาสตร์เชิงเคมี	8
- การถ่ายเทมวลสาร	17
1. สมการของฮอนด้า	17
2. สมการของแฮมเบอร์และเซอร์วูด	18
3. สมการของเคนบีจซ์และปรินซ์	18
4. สมการของมิลเลอร์	19
5. สมการของศ.ดร.ปิยะสาร	21
- ทดดูคั้งแบบแพค	22
3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง	25
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	25
- สารเคมีที่ใช้	35
- วิธีการทดลอง	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.ศึกษารูปแบบการไหลของของ เหลวในท่อ หอคูดซึ่ม NO _x ระดับอุตสาหกรรม.....	36
2.ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ หอคูดซึ่ม NO _x ระดับอุตสาหกรรม.....	37
4. ผลการทดลอง.....	39
- การศึกษารูปแบบการไหลของของ เหลวในหอคูดซึ่ม แบบเพอร์ระดับอุตสาหกรรม.....	39
- การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของหอคูดซึ่ม ระดับอุตสาหกรรม.....	42
- การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแลกเปลี่ยนมวลสาร กับประสิทธิภาพของหอคูดซึ่มระดับอุตสาหกรรม.....	48
5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....	52
- การศึกษารูปแบบการไหลของของ เหลวในหอคูดซึ่ม แบบเพอร์ระดับอุตสาหกรรม.....	52
- การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของหอคูดซึ่ม ระดับอุตสาหกรรม.....	53
1.ผลของอัตราการไหลของก๊าซต่อประสิทธิภาพ.....	53
2.ผลของอัตราการไหลของของ เหลวต่อประสิทธิภาพ.....	54
3.ผลของความเข้มข้นของกรดไนตริกต่อประสิทธิภาพ.....	55
- การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแลกเปลี่ยนมวลสาร กับประสิทธิภาพของหอคูดซึ่มระดับอุตสาหกรรม.....	55
- สังเกตประสิทธิภาพถ่ายเทมวลสารของหอคูดซึ่มแบบต่างว ในระดับอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการ.....	57

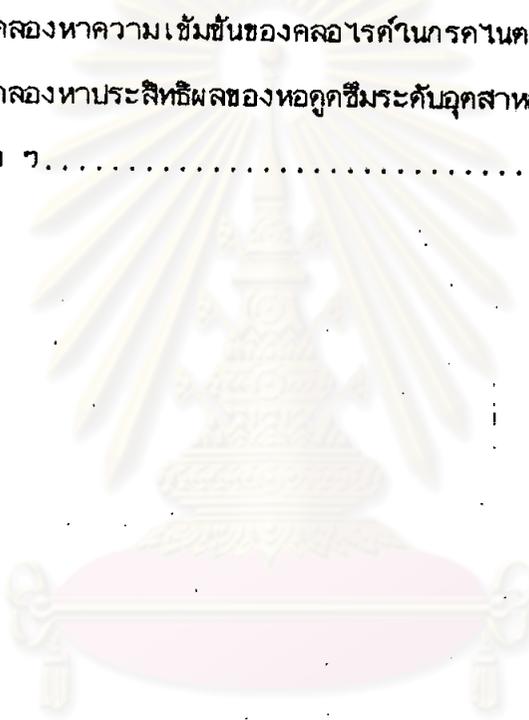
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6. สรุปผลการทดลองและข้อ เสนอแนะ.....	60
เอกสารอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	63
ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดลอง.....	64
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการคำนวณ.....	67
ภาคผนวก ค. แผนภาพการทำงานของหอคอยซีม.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าคงที่สมมูลที่ความดันบรรยากาศ.....	12
4.1 แสดงค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ในกรคนาตริกที่ระยะเวลาต่างวกัน.	40
4.2 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในหลอดซีม.....	43
ก.1 ข้อมูลการทดลองหาความเข้มข้นของคลอไรด์ในกรคนาตริก.....	62
ก.2 ข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพของหลอดซีมระดับอุตสาหกรรม ที่สภาวะต่าง ๆ.....	63



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ k_g กับความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิ.....	12
2.2 แผนภาพการไหลของของเหลวผ่านเครื่องปฏิกรณ์แบบต่างๆ.....	14
2.3 แผนภาพทางไดนามิกส์ของการไหลของของเหลวแบบต่างๆ.....	15
2.4 แสดงรูปแพคกิ้งแบบอินทาล็อกแซค เทิล.....	23
2.5 แสดงรูปของหอคอยซีมแบบแพค.....	24
3.1 แพคกิ้งที่ใช้ในหอแบบแพค.....	25
3.2 หอแบบแพคที่ใช้ในการทดลอง.....	26
3.3 แสดงรูปของหอคอยดูดอากาศ.....	28
3.4 แสดงรูปของไม้เหลวเขียน.....	29
3.5 แสดงรูปของไม้ฉัดสารเคมี.....	29
3.6 แสดงรูปของอินเวอร์เตอร์.....	30
3.7 แสดงรูปของแค๊ก เกอร์โมฟ.....	31
3.8 แสดงรูปของท่อแค๊ก เกอร์.....	32
3.9 แสดงรูปเครื่องตี เทรคซ์คาร์บอนิติ.....	34
3.10 แสดงรูปเครื่องมือวัดความเร็วลม.....	34
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง θ กับ E_0	41
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตของก๊าซกับประสิทธิภาพ.....	45
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตของของเหลวกับประสิทธิภาพ.....	46
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดในตริกกับประสิทธิภาพ.....	47
4.5 ประสิทธิภาพของหอคอยซีมตามสมการรูปแบบการไหล.....	49
4.6 ประสิทธิภาพของหอคอยซีมตามสมการออนคา.....	50
4.7 ประสิทธิภาพของหอคอยซีมตามสมการมิลเลอร์.....	51
5.1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของกรดในตริก.....	58

สัญลักษณ์

- A = พื้นที่ตั้งฉากกับการถ่ายเทมวล , L^2
- a_v = พื้นที่ผิววัสดุที่เป็นแพคกิ้งต่อปริมาตรของแพคกิ้ง , L^{-1}
- a_w = พื้นที่ผิวที่เปียกของ เหลวของแพคกิ้งต่อปริมาตรของเบด , L^{-1}
- C_1 = ค่าคงที่ที่ไม่มีหน่วยของแพคกิ้ง
- C_e , C_s , C^* = ความเข้มข้นของสารละลายที่เข้า,ออก และสมดุล , ML^{-3}
- D_p = เส้นผ่าศูนย์กลางของแพคกิ้ง , L
- D_L , D_v = สัมประสิทธิ์การแพร่ของสารในเฟสของเหลว, เฟสก๊าซ , L^2/T
- DN_{2O4} , DN_{O2} = สัมประสิทธิ์การแพร่ของ N_2O_4 , NO_2 , L^2/T
- E_e = ค่าแปรปรวนของความเข้มข้น
- $G(p)$ = Transfer Function
- G_L , G_v = อัตราการไหลต่อพื้นที่ของ เฟสของเหลวและก๊าซ, มวล/เวลา-ระยะทาง²
- g = แรงโน้มถ่วงของโลก , L/T^2
- H = ความสูงของแพคกิ้ง , L
- H_{N2O4} = ค่าคงที่ของเฮนรีสำหรับ N_2O_4 , $M/L^3 \text{ kPa}$
- j = จำนวนของ เครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก
- K = จำนวนของ เครื่องปฏิกรณ์ขนาดใหญ่
- k , k_1 , k_2 , k_3 = ค่าคงที่สมดุล
- k_g , k_l = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉลี่ยในเฟสก๊าซ, เฟสของเหลว , M/TL^2
- $k_{g,loc} , k_{l,loc}$ = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่ในเฟสก๊าซ, เฟสของเหลว , M/TL^2
- k_a , k_a' , k_g = ค่าคงที่ของปฏิกิริยา
- L = อัตราการไหลของของเหลว , L^3T^{-1}
- M_L = น้ำหนักมวลเฉลี่ยของของเหลว
- m = แพคเตอร์ของจุดอับ (dead zone)
- N_A = อัตราการถ่ายเทมวล , M/T
- n = แพคเตอร์ของการไหลลัดเส้นทาง (short circuit)
- P = ความดัน

- $P_{N_2O_4}, P_{NO}, P_{NO_2},$
- P_{HNO_3}, P_{H_2O} = ความดันย่อยของก๊าซ
- ΔP = ความดันลอคคร่อมท่อแพค
- R = ค่าคงที่ของก๊าซ
- T = อุณหภูมิ , K
- t = เวลา , T
- U_G , U_L = ความเร็วของก๊าซ , ของเหลว , L/T
- V_1 , V_2 = ปริมาตรของเครื่องปฏิกรณ์ขนาดใหญ่ , ขนาดเล็ก , L³
- x = ความหนาของชั้นฟิล์ม , L
- $(H_2O), (NO_2), (NO),$
- (N_2O_4) = ความเข้มข้นของสารละลาย , mole/lit

สัญลักษณ์กรีก

- β = แพคเตอร์การกลับมาซ้ำใหม่ (recycle)
- T_1 , T_2 = เวลาที่ผ่านเข้าบานเครื่องปฏิกรณ์ขนาดใหญ๋, เล็กตามลำดับ , T
- T_L = เวลาเฉลี่ยที่ของเหลวไหลผ่านเข้าบานเครื่องปฏิกรณ์ , T
- p_G , p_V = ความหนาแน่นของก๊าซ , มวล/ระยะทาง²
- p_L = ความหนาแน่นของของเหลว , มวล/ระยะทาง²
- μ_L , μ_V = ความหนืดของของเหลว , ของก๊าซ , มวล/ระยะทาง-เวลา
- δ , δ_C = แรงตึงผิวของของเหลว , แรงตึงผิววิกฤต , แรง/ระยะทาง
- θ = ตัวแปรไร้มิติของเวลา
- = t/T_L