การจำลองกระบวนการและการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมของหน่วยกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

นาย ยศธร อรัญนารถ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0928-7

สิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20 ก.พ. 2544
I 19981220

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF A CARBONDIOXIDE ABSORBER

Mr.Yosatorn Arunyanart

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-0928-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองกระบวนการและหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมของหน่วยกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
โดย	นาย ยศธร อรัญนารถ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุณา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุณา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช)

..... กรรมการ

(นาย วิบูลย์ ชูชีพชื่นกมล)

นาย ยศธร อรัญนารถ : การจำลองกระบวนการและการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมของหน่วยกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. (SIMULATION AND OPTIMIZATION OF A CARBON DIOXIDE ABSORBER) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุนา, 120 หน้า. ISBN 974-13-0928-7.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจำลองกระบวนการและการหาสภาวะที่เหมาะสมของหอดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และหอฟื้นฟูสภาพ การจำลองกระบวนการใช้แบบจำลองสมดุลปฏิกิริยาเคมีที่สร้างขึ้นโดยอาศัยแบบจำลองของ เดสห์มัคห์ ที่ได้รับการพัฒนารูปแบบการคำนวณด้วยวิธี นิวตัน-ราล์ฟสัน ผลที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองนำไปเปรียบเทียบกับผลการปฏิบัติงานจากหอที่ปฏิบัติการอยู่จริง สภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมที่กำหนดในการศึกษานี้คือสภาวะการดำเนินการที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำที่สุด โดยค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสำหรับหน่วยกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะขึ้นอยู่กับพลังงานที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำเป็นสำคัญ ตัวแปรที่สำคัญคือค่าความเข้ม-ข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอัตราการไหลของก๊าซเข้า ตัวแปรควบคุมคือ อัตราการไหล ค่าความเข้มข้นและอุณหภูมิของโมโนเอทาโนลามีนในสายของเหลวเข้า

ผลการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลปฏิบัติการตามสภาวะการดำเนินการจริง พบว่าผลการคำนวณปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสายก๊าซที่ออกจากหอดูดซึมมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงประมาณร้อยละ 8 – 11 ค่าอุณหภูมิสายของเหลวที่ออกจากหอดูดซึมและอุณหภูมิที่ยอดหอฟื้นฟูสภาพมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงประมาณร้อยละ 1 ที่ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สายเข้าในช่วงประมาณร้อยละ 1 – 3 โดยโมล

ผลการศึกษาตัวแปรในการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมพบว่าในการปฏิบัติงานจริงค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สายก๊าซเข้าเป็นตัวแปรเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า การปรับค่าตัวแปรอื่นๆ ในระบบที่ปฏิบัติงานจริงไม่สามารถทำได้เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของระบบ ทำให้ข้อมูลที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะดำเนินการหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมได้

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....,....วิศวกรรมเคมี ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543

4070384621 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: ABSORBER / STRIPPER / SIMULATION / OPTIMIZATION / CARBON DIOXIDE AND MONOETHANOLAMINE

YOSATORN ARUNYANART : SIMULATION AND OPTIMIZATION ON CARBON DIOXIDE ABSORBER.

THESIS ADVISOR : JIRDSAK TSCHEIKUNA Ph.D., 120 pp. ISBN 974-13-0928-7.

Simulation and optimization of carbon dioxide absorber and stripper is studied. Simulation is based on mathematical which is model derived using equilibrium of chemical reaction adopted from Deshmukh model. The model is then solved using Newton Raphson method. Simulation results are compared with actual data obtained from carbon dioxide absorber and stripper. Objective of the optimization port is the optimum operating conditions which give minimum operating cost of the unit. The optimum operating cost is found to be depended on energy utilized in reboiler. Important variables are concentration of carbon dioxide and flow rate of inlet gas stream. Control variable are flow rate of inlet liquid stream concentration and temperature of monoethanolamine

The simulation result show that calculated carbon dioxide concentration in exit gas stream deviate from actual results with in approximately 8 – 10%. Liquid exit stream temperature and temperature of exit stream stripper deviate with in approximately 1%. These results are based on carbon dicxide concentration at inlet gas stream in the range of approximate 1 – 3%.

The optimization results show that carbon dioxide concentration at inlet gas stream is the only variable encountered in this study. Other important and control variables can not be adjusted because of actual operating condition of the unit. The optimization of the unit is inconclusive

Department....Chemical Engineering..... Student's signature.....A. yosatorn.....

Field of study.....Chemical Engineering.. . Advisor's signature.....

Academic year 2000

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอคอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุณา ผู้มีส่วนสำคัญในการริเริ่มงานวิจัย ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ รวมทั้งความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช และ นาย วิบูลย์ ชูชีพชื่นกมล ที่ให้ความช่วยเหลือนับตั้งแต่การตรวจสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และวิทยานิพนธ์ข้อเสนอแนะต่างๆในงานวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ นาตยา จาก บริษัท ปิโตรเคมีแห่งชาติ เจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกตลอดการศึกษา รวมทั้งพี่ เพื่อน และน้องๆทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำและข้อมูลต่างๆ

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อ พี่สาว และ น้องสาว ที่คอยเป็นกำลังใจในระหว่างการศึกษาจนสำเร็จได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญรูป.....ญ
สารบัญตาราง.....ฐ
สัญลักษณ์และอักษรย่อ.....ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
3. ทฤษฎี.....11
    3.1 สมดุล.....11
    3.2 สมดุลเคมี.....11
    3.3 แฟคเตอร์ที่ผลกระทบต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา.....12
    3.4 กฎอัตรา.....12
    3.5 สมดุลระหว่างไอและของเหลว.....13
    3.6 สมดุลบริเวณพื้นผิวสัมผัส.....14
    3.7 สมการสมดุลมวลสาร.....16
    3.8 สมการสมดุลพลังงาน.....29
    3.9 การหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสม.....23
4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....25
    4.1 การคำนวณในหอดูดซึม.....25
    4.2 การคำนวณในหอฟื้นฟูสภาพ.....30
    4.3 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฟิวกาซิตี.....33

หน้า

4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)

4.4 การคำนวณอุณหภูมิที่จุดเกิดฟอง.....35

4.5 การคำนวณอุณหภูมิที่จุดกลั่นตัว.....37

4.6 การหาสภาวะการดำ.นินการที่เหมาะสม.....39

4.6.1 สมการข้อจำกัดสมมาตร.....39

4.6.2 สมการข้อจำกัดไม่สมมาตร.....40

4.6.3 สมการวัตถุประสงค์หลัก.....40

5. ผลการคำนวณจากโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการคำนวณ.....42

5.1 ทดสอบโปรแกรม.....42

5.2 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบ.....50

5.3 การหาสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสม.....60

5.4 สรุปผล.....63

รายการอ้างอิง.....64

ภาคผนวก ก แสดงค่าข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ.....66

ภาคผนวก ข แสดงการคำนวณโมเดลความสัมพันธ์ คาร์บอนไดออกไซด์ และ
สารละลายโมโนเอทาโนลามีนของ เดสมัคห์.....69

ภาคผนวก ค โปรแกรมการคำนวณ.....76

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....120

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

5.1 เปรียบเทียบโมเดลในโปรแกรมกับโมเดลของเดสห์มัคห์.....42
5.2 ค่าการออกแบบข้างต้น.....47
5.3 เปรียบเทียบผลการคำนวณของโปรแกรมเทียบกับค่าการออกแบบข้างต้น.....47
5.4 เปรียบเทียบผลการคำนวณของโปรแกรมเทียบกับค่าการออกแบบข้างต้น.....48
5.5 เปรียบเทียบผลการคำนวณของโปรแกรมเทียบกับค่าการออกแบบข้างต้น.....48
5.6 เปรียบเทียบผลการคำนวณของโปรแกรมเทียบกับค่าการออกแบบข้างต้น.....49
5.7 แสดงค่าสภาวะต่างๆในหอดูดซึม.....51
5.8 แสดงค่าข้อมูลที่มีการผันแปรมาก.....53
5.9 แสดงค่าเปรียบเทียบผลการจำลองกระบวนการกับข้อมูลจริงในหอดูดซึม.....54
5.10 แสดงค่าเปรียบเทียบผลการจำลองกระบวนการกับข้อมูลจริงในหอฟื้นฟูสภาพ.....55
5.11 แสดงขั้นตอนสมดุลที่เหมาะสม.....58
5.12 แสดงขั้นตอนที่เหมาะสมในแต่ละกรณี.....59

สารบัญรูป

รูปประกอบ หน้า

3.1 รูปภาพอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบ.....16

5.1 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบโมเดลของเดสห์มัคห์.....43