

การจำลองผลกระทบของวิธีการเพิ่มและลดความดันต่อการแยกอากาศโดยกระบวนการดูด
ชั้นแบบความดันสลับ

นาย จิตตะเสน จรุงวัฒนเลาะห์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-639-765-6
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIMULATION OF EFFECTS OF PRESSURIZATION AND DEPRESSURIZATION
METHODS ON AIR SEPARATION BY THE PRESSURE SWING ADSORPTION
PROCESS

Mr Chittasen Charoonwattanaoaha

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

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-639-765-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจำลองผลกระทบของวิธีการเพิ่มและลดความดันต่อการ
แยกอากาศโดยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ

โดย

นายจิตตะเสน จรุงวัฒนเลาหะ

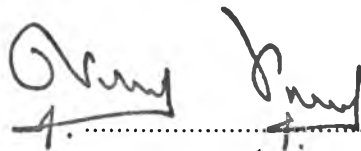
ภาควิชา

วิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

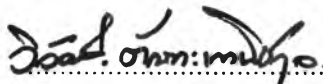
อาจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

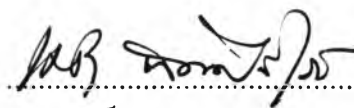


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

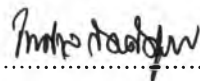
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



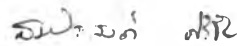
.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. วีวัฒน์ ตันตะพานิชกุล)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช)



.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติสุขภกร)



.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมประสงค์ ศรีชัย)

จิตตะเสน จรุงวัฒน์เลาะห์ : การจำลองผลกระทบของวิธีการเพิ่มและลดความดันต่อการแยกอากาศโดยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ (SIMULATION OF EFFECTS OF PRESSURIZATION AND DEPRESSURIZATION METHODS ON AIR SEPARATION BY THE PRESSURE SWING ADSORPTION PROCESS)
อ.ที่ปรึกษา : ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช, 77 หน้า. ISBN 974-639-765-6.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของวิธีการเพิ่มและลดความดันที่ใช้ในการแยกอากาศ โดยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ กระบวนการที่ใช้เป็นการแยกอากาศเพื่อผลิตแก๊สออกซิเจนเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 99 การศึกษาทำโดยจำลองกระบวนการด้วยสมการคณิตศาสตร์ และคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละกระบวนการ การเปรียบเทียบกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนการดำเนินการแบบพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม การดูดซับ การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง การชะล้าง

ขั้นตอนการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มเติมเข้าไป จะทำให้ได้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิตที่เพิ่มเติมเข้าไป สามารถดำเนินการลดความดันได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในขั้นตอนการชะล้างที่มากเกินไป จะทำให้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการลดลง ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนความดันสูงและความดันต่ำเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการเพิ่มความดัน เวลาที่ใช้ในการลดความดัน สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวแกน และความดันลดของหอดูดซับ ไม่มีผลต่อพฤติกรรมของกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2541.....

ลายมือชื่อนิสิต จิตตะเสน จรุงวัฒน์เลาะห์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C817006 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: PRESSURE SWING ADSORPTION / AIR SEPARATION

CHITTASEN CHAROONWATTANALAOHA: SIMULATION OF EFFECTS
OF PRESSURIZATION AND DEPRESSURIZATION METHODS ON AIR
SEPARATION BY THE PRESSURE SWING ADSORPTION PROCESS.
THESIS ADVISOR: DEACHA CHATSIRIWECH, Ph.D.. 77 pp. ISBN
974-639-765-6.

The effects of pressurization and depressurization methods in air separation by pressure swing adsorption process to produce pure oxygen (>99%) was studied by using mathematical simulation. The product recovery of each process was compared with basic step process, which include of feed pressurization, adsorption, countercurrent depressurization and purge.

The product recovery was increased by the additional product pressurization step. The adsorber pressure reduced by additional cocurrent pressurization step could be done in a little amount. Excess product gas that used during purge step reduce product recovery of the process. Increasing of the pressure ratio could be increased the product recovery. The pressurization time, depressurization time, axial dispersion and bed pressure drop had no effects on process performance.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต..... Chittasen Charoonwattanalaocha.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... Deacha Chatsiriwech.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ อ.ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการ
ศึกษาวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล อ.ดร. สมประสงค์ ศรีชัย อ.ดร.
ไพศาล กิตติศุกร ในฐานะคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการ
ศึกษาวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ต้องขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนทุกท่านที่ช่วยเป็นกำลังใจในระหว่างการศึกษาจนสำเร็จได้ด้วยดี

สารบาญ

บทคัดย่อ	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบาญ.....	ช
สารบาญรูป	ญ
สารบาญตาราง	ฎ
สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ณ
1 บทนำ	1
2 การดูดซับแบบความดันสลับ	5
2.1 กระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ	5
2.2 การแยกอากาศโดยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ	6
2.2.1 ตัวดูดซับชนิดซีโอไลต์	6
2.2.2 ตัวดูดซับชนิดคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีบ	7
2.3 ขั้นตอนดำเนินงานพื้นฐานของกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ	7
2.4 ขั้นตอนดำเนินการที่ใช้ในอุตสาหกรรม	10
2.4.1 การเพิ่มความดันของหอดูดซับ	10
2.4.2 การลดความดันของหอดูดซับ	10

	ช
3 การจำลองกระบวนการแยกอากาศ	13
3.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์	13
3.2 การหาคำตอบของสมการแบบจำลอง	16
3.3 การทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์	21
3.4 กรณีที่ใช้ในการศึกษา	24
3.4.1 วิธีการเพิ่มความดันของหอดูดซับ	25
3.4.2 วิธีการลดความดันของหอดูดซับ	27
4 ผลการจำลองระบบการแยกอากาศ	29
4.1 การเคลื่อนที่ของแก๊สผสมภายในหอดูดซับ	29
4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการเพิ่มและลดความดัน	31
4.3 ผลของความดันที่ใช้ในขั้นตอนการดูดซับ	31
4.4 ผลของสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวแกน	32
4.5 ผลของความดันลดภายในหอดูดซับ	34
4.6 ผลของวิธีการเพิ่มและการลดความดัน	37
4.6.1 ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการชะล้างมากเกินไปและคงที่ . . .	37
4.6.2 ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการชะล้างพอเพียง	41
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการศึกษา	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
รายการอ้างอิง	53
ภาคผนวก	55
ก ผลการจำลองที่สภาวะต่างๆ	55
ก.1 กรณีที่ใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างมากเกินไปและคงที่	55
ก.2 กรณีที่ใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างพอเพียง	56

ข ตัวอย่างการคำนวณ	58
ข.1 การแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยให้เป็นระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ	58
ข.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจน	58
ข.3 การคำนวณค่าร้อยละของการปรับปรุงของสัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์	59
ประวัติผู้เขียน	60

สารบัญรูป

1.1	รูปแสดงกระบวนการกลั่นแบบโครโอจีนิก สำหรับใช้ในการแยกอากาศ	2
2.1	รูปแสดงการดำเนินการแบบความดันสลับบนสมดุลการดูดซับ	6
2.2	แสดงลักษณะทั่วไปของสมดุลการดูดซับของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจนบนตัวดูดซับซีโอไลต์	7
2.3	แสดงลักษณะทั่วไปของสมดุลการดูดซับของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจน บนคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีป	8
2.4	แสดงลักษณะของอัตราการดูดซับของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจน บนคาร์บอนโมเลกุลาร์ซีป	8
2.5	แสดงขั้นตอนการดำเนินการแบบพื้นฐานของกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ	9
2.6	รูปแสดงกระบวนการแยกอากาศเพื่อผลิตแก๊สออกซิเจน โดยใช้หอดูดซับ 4 หอ	11
2.7	รูปแสดงแผนผังการดำเนินการของแต่ละหอดูดซับ ในการกระบวนการแยกอากาศเพื่อผลิตแก๊สออกซิเจน โดยใช้หอดูดซับ 4 หอ	12
3.1	รูปแสดงภาคตัดขวางของหอดูดซับ	14
3.2	รูปแสดงขั้นตอนการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์	26
3.3	รูปแสดงขั้นตอนการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์และแก๊สผสมตามลำดับ .	26
3.4	รูปแสดงขั้นตอนการลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต	27
3.5	รูปแสดงขั้นตอนการลดความดันแบบเพิ่มผลผลิตและการลดความดันแบบปล่อยทิ้ง	28

- 4.1 รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ
 สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ $P_L = 100$ kPa $P_H=250$ ((1):การ
 เพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม (2):การดูดซับ (3):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง
 (4):การชะล้าง) 30
- 4.2 รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ
 สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ โดยใช้เวลาในการเพิ่มและลดความดัน
 ต่างกัน $P_L = 100$ kPa $P_H=250$ kPa ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊ส
 ผสม (2):การดูดซับ (3):การลดความดันชนิดปล่อยทิ้ง (4):การชะล้าง) 31
- 4.3 รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อใช้
 ความดันในขั้นตอนการดูดซับต่างๆ กัน ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม
 (2):การดูดซับ (3):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง (4):การชะล้าง) 33
- 4.4 รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ
 สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ โดยเปรียบเทียบกรณีที่ D_L มีค่า
 ต่างๆ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ (2):การเพิ่มความดันด้วยแก๊ส
 ผสม (3):การดูดซับ (4):การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต (5):การลดความ
 ดันแบบปล่อยทิ้ง (6):การชะล้าง) 35
- 4.5 รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ
 สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีและไม่
 มีความดันลดภายในหอดูดซับ ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ (2):การ
 เพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม (3):การดูดซับ (4):การลดความดันแบบเพิ่มผล
 ผลิต (5):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง (6):การชะล้าง) 36
- 4.6 แสดงค่าร้อยละของการปรับปรุงของปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ (I_R) เมื่อใช้วิธี
 การเพิ่มความดันแบบต่าง กรณีที่ใช้ปริมาณผลิตภัณฑ์ในการชะล้างคงที่ . . . 37

4.7	รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ $P_D = 250$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิต ภัณฑ์ในการชะล้างคองที่ ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ (2):การ เพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม (3):การดูดซับ (4):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง (5):การชะล้าง)	39
4.8	รูปแสดงปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เข้าและออกจากหอดูดซับ เมื่อ $P_D = 250$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างคองที่	40
4.9	แสดงค่าร้อยละของการปรับปรุงของสัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์ (I_R) เมื่อใช้วิธีการเพิ่มความดันแบบต่าง กรณีที่ใช้ปริมาณผลิตภัณฑ์ในการ ชะล้างคองที่	41
4.10	รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ $P_P = 100$ kPa และใช้ปริมาณแก๊ส ผลิตภัณฑ์ในการชะล้างคองที่ ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม (2):การดูด ซับ (3):การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต (4):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง (5):การชะล้าง)	42
4.11	รูปแสดงปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เข้าและออกจากหอดูดซับ เมื่อ $P_P = 100$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างคองที่	43
4.12	แสดงร้อยละของการปรับปรุงของสัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์ (I_R) เมื่อใช้วิธีการเพิ่มความดันแบบต่างๆ และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะ ล้างเหมาะสมกับวิธีการเพิ่มหรือลดความดัน	44
4.13	รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อ สิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ $P_D = 175$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิต ภัณฑ์ในการชะล้างเหมาะสมกับวิธีการเพิ่มและลดความดัน ((1):การเพิ่มความ ดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ (2):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม (3):การดูดซับ (4):การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต (5):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง (6):การ ชะล้าง)	45

4.14 รูปแสดงปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เข้าและออกจากหอดูดซับ เมื่อ $P_p = 175$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างเหมาะสมกับวิธีการเพิ่มและลดความดัน 46

4.15 ค่าร้อยละของการปรับปรุงของสัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อใช้วิธีการลดความดันแบบต่างๆ และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างเหมาะสมกับวิธีการเพิ่มและลดความดัน 47

4.16 รูปแสดงการกระจายความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในหอดูดซับ เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ $P_p = 100$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างเหมาะสมกับวิธีการเพิ่มและลดความดัน ((1):การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ (2):การดูดซับ (3):การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต (4):การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง (5):การชะล้าง) 48

4.17 รูปแสดงปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เข้าและออกจากหอดูดซับ เมื่อ $P_p = 100$ kPa และใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ในการชะล้างเหมาะสมกับวิธีการเพิ่มและลดความดัน 49

ข.1 รูปแสดงการแบ่งหอดูดซับเป็นส่วนย่อยๆ m-1 ส่วน 58

สารบัญตาราง

3.1	ตารางแสดงความผิดพลาดของข้อมูลสารของหอดูดดับ ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินการ เมื่อใช้จำนวนกริดต่าง และค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1×10^{-6}	22
3.2	ตารางแสดงความผิดพลาดของข้อมูลสารของหอดูดดับ ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินการ เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนต่างๆ และจำนวนกริดเท่ากับ 61 กริด	23
3.3	แสดงผลการคำนวณจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลการทดลอง	23
3.4	ตารางแสดงความผิดพลาดของข้อมูลสารของหอดูดดับ ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินการ	24
3.5	แสดงสภาวะที่ใช้ในการจำลอง	25
4.1	แสดงเศษส่วนโมลของแก๊สผลิตภัณฑ์และค่า R_p เมื่อใช้เวลาในการเพิ่มความดันต่างๆ กัน	32
4.2	แสดงเศษส่วนโมลของแก๊สผลิตภัณฑ์และค่า R_p เมื่อใช้ความดันในช่วงการดูดซับต่างๆ กัน	32
4.3	แสดงผลของค่า D_L ที่มีต่อเศษส่วนโมลของแก๊สผลิตภัณฑ์และค่า R_p	34
4.4	แสดงผลของความดันลดภายในหอดูดดับที่มีต่อเศษส่วนโมลของผลิตภัณฑ์และปริมาณของผลิตภัณฑ์	37
4.5	แสดงความหมายของค่า P_P และ P_D ที่มีต่อวิธีการที่ใช้ในการเพิ่มและการลดความดันหอดูดดับ	38

ก.1	ตารางแสดงผลการคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ และค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง สัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ใน การชะล้างมากเกินไปพอละครึ่งที่	55
ก.2	ตารางแสดงผลการคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ และค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุง สัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์ใน การชะล้างพอเพียง	56

สัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์

A	พื้นที่หน้าตัดของหอดูดซับ (m^2)
b_i	ค่าคงที่ของสมดุลการดูดซับขององค์ประกอบ i (kPa^{-1})
d_p	เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวดูดซับ (m)
D_L	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวแกน (m^2/s)
D_{ON}	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของแก๊สออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจน (m^2/s)
I_R	ค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงของปริมาณผลิตภัณฑ์ (%)
L	ความยาวหอดูดซับ (m)
$M_{i,in}$	ปริมาณแก๊สไนโตรเจนที่เข้าสู่หอดูดซับในขั้นตอน i ($kmol$)
$M_{i,out}$	ปริมาณแก๊สไนโตรเจนที่ออกจากหอดูดซับในขั้นตอน i ($kmol$)
M_N	มวลโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจน
M_O	มวลโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน
$N_{i,in}$	ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เข้าสู่หอดูดซับในขั้นตอน i ($kmol$)
$N_{i,out}$	ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ออกจากหอดูดซับในขั้นตอน i ($kmol$)
N_O	ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่เข้าและออกจากหอดูดซับ ($kmol$)
P	ความดัน (kPa)
P_D	ความดันเมื่อสิ้นสุดขั้นตอนการลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต (kPa)
P_H	ความดันช่วงการดูดซับ (kPa)
P_L	ความดันช่วงการชะล้าง (kPa)
P_P	ความดันเมื่อสิ้นสุดขั้นตอนการเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์ (kPa)
q_i	ปริมาณองค์ประกอบ i ที่ถูกดูดซับ ($kmol/m^3$)
$q_{i,s}$	ปริมาณการดูดซับขององค์ประกอบ i ที่สภาวะอิ่มตัว ($kmol/m^3$)
Q_H	อัตราการป้อนอากาศเข้าหอดูดซับในขั้นตอนการดูดซับ (STP L/min)
Q_L	อัตราการป้อนแก๊สผลิตภัณฑ์เข้าหอดูดซับในขั้นตอนการชะล้าง (STP L/min)
R	ค่าคงที่ของแก๊ส ($8.3143 kPa \cdot m^3 / kmol \cdot K$)
R_P	สัดส่วนการแยกกลับมาของแก๊สผลิตภัณฑ์ ($kmol$ ของแก๊สออกซิเจนที่ผลิตได้/ $kmol$ ของแก๊สออกซิเจนที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการ)
t	เวลา (s)
T	อุณหภูมิ (K)

u	ความเร็ว (m/s)
u_H	ความเร็วของแก๊สที่ไหลเข้าหอดูดซับในช่วงการดูดซับ (m/s)
u_L	ความเร็วของแก๊สที่ไหลเข้าหอดูดซับในช่วงการชะล้าง (m/s)
y	สัดส่วนโมลของแก๊สออกซิเจน
y_p	เศษส่วนโมลของแก๊สออกซิเจนในผลิตภัณฑ์
z	ระยะทาง(m)
อักษรกรีก	
α	อัตราการเพิ่มหรือลดความดัน (kPa/s)
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m ³)
ϵ	ความพรุนของเบด (m ³ ของช่องว่างของเบด/m ³ ของเบด)
ϵ_{ON}/k	ค่าคงที่ซึ่งใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การแพร่ของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจน (K)
μ	ความหนืดของอากาศ (kg/m-s)
$\Omega_{D,ON}$	ค่าคงที่ของการชนกันของโมเลกุลออกซิเจนและไนโตรเจน
σ_{ON}	ระยะทางในการชนกันของโมเลกุลออกซิเจนและไนโตรเจน (Å)
ตัวห้อย	
AD	การดูดซับ
BD	การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง
CD	การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต
FP	การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม
N	แก๊สออกซิเจน
O	แก๊สไนโตรเจน
PG	การชะล้าง
PP	การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์
อักษรย่อ	
PP	การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผลิตภัณฑ์
FP	การเพิ่มความดันด้วยแก๊สผสม
AD	การดูดซับ
CD	การลดความดันแบบเพิ่มผลผลิต
BD	การลดความดันแบบปล่อยทิ้ง
PG	การชะล้าง
STP	ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน