

สภาพให้น้ำซึมได้ของเยื่อแผ่นยางธรรมชาติ



นางสาว อัจฉณี ชลมาตร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-253-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WATER PERMEABILITY OF NATURAL RUBBER MEMBRANE

MISS ATSANEE CHONLAMART

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

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

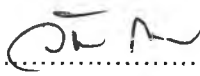
Chulalongkorn University

Academic Year 2000


ISBN 974-346-253-8


หัวข้อวิทยานิพนธ์	สภาพให้น้ำซึมได้ของเยื่อแผ่นยางธรรมชาติ
โดย	นางสาว อัสณี ชลมาตร์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เพ็ญพรอค ทิศคร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. สุชญา นิติวฒนานนท์

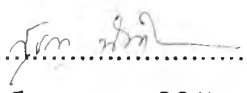
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ไพฑิฉิต)

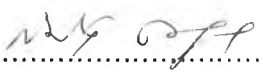
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เพ็ญพรอค ทิศคร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. สุชญา นิติวฒนานนท์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

อัศนี ชลมาตร์ : สภาพให้น้ำซึมได้ของเยื่อแผ่นยางธรรมชาติ. (WATER PERMEABILITY OF NATURAL RUBBER MEMBRANE) อ. ที่ปรึกษา : ดร. เพียรพรรค ทศคร, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร. สุชญา นิติวัดมานนท์ , 87 หน้า. ISBN 974-346-253-8.

งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านเยื่อแผ่นยางธรรมชาติที่มีรูพรุน แผ่นฟิล์มยางที่มีรูพรุนเตรียมโดย ผสมสารแขวนลอยของ o-xylene กับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ลงในน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ และขึ้นรูปยางโดยเทคนิคการจุ่ม หยดของ o-xylene ถูกระเหยออกระหว่างกระบวนการวัลคาไนซ์ ทำให้ได้ฟิล์มที่มีรูพรุน การทดลองแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหยด o-xylene กับตัวแปรดำเนินการ ได้แก่ ความเร็วรอบใบกวน สัดส่วนเฟส และค่าแรงตึงระหว่างผิว ส่วนที่สองเตรียมแผ่นฟิล์มที่มีรูพรุนจากของผสมระหว่างสารแขวนลอย o-xylene ที่ทำนายขนาดหยดแล้วกับน้ำยางผสม พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นสารช่วยความคงตัวของหยด เป็นสารจำพวกชอบน้ำช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำ

ผลจากการทดลองได้สมการแสดงความสัมพันธ์สำหรับทำนายขนาดหยดดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{D_{32}}{D_i} = 0.02(1 + 0.89\phi)W_i e^{-0.6}$$

โดย D_{32} คือขนาดหยดเฉลี่ย, D_i คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกวน ϕ คือ สัดส่วนเฟส และ W_i คือ ค่าเวเบอร์นัมเบอร์ จากการทดสอบอัตราการซึมผ่านของน้ำพบว่า มีค่าลดลงเมื่อความเร็วรอบในการกวนสูงขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบสูงทำให้ขนาดรูพรุนในยางเล็กลง การเพิ่มความหนาฟิล์มทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำลดลงด้วย นอกจากนี้อัตราการซึมผ่านของน้ำเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและสัดส่วนเฟสเพิ่มขึ้น

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4172540623 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD : WATER PERMEABILITY/NATURAL RUBBER/POROUS MEMBRANE

ATSANEE CHONLAMART : WATER PERMEABILITY OF NATURAL RUBBER

MEMBRANE.THESIS ADVISOR:PIENPAK TASAKORN, Ph.D.,87pp. ISBN 974-346-253-8

This experimental research is to study the water permeability of porous natural rubber membrane. The membrane is produced by adding o-xylene dispersion stabilized in PVA solution into the pre-vulcanized natural rubber latex and membrane formed by dipping technique. When o-xylene droplets evaporated during vulcanization, holes are formed thus resulting in a breathable membrane. The experiment consists of two parts. In the first part, the correlations of o-xylene drop size and operating parameters, i.e. impeller speed, disperse phase volume fraction and interfacial tension were developed to predict the size and distribution of droplets. In the second part, the porous natural rubber film was prepared from pre-determined o-xylene dispersion and the latex compound. The PVA stabilizer used is hydrophilic which will facilitate water absorption by the membrane.

The experimental result shows that the correlation for predicting drop size diameter can be represented by:

$$D_{32}/D_i = 0.02(1+0.89\phi)We_i^{-0.6}$$

Where D_{32} is sauter mean diameter, D_i is impeller diameter, ϕ is volume fraction and We_i is weber number. It is observed that the permeability decreases with higher impeller speeds due to small drops resulting in small holes in the membrane. In addition, the thicker the membrane the less permeability. Besides, the permeation increases with both temperature and volume fraction.

Department Chemical Technology

Field of study Chemical Technology

Academic year 2000

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. เพ็ญพรรณ ทศกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่
ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้ง อาจารย์
ดร. สุชญา นิติวฒนานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่
ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณบริษัท แอนเซลส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมี
และอุปกรณ์ ในการทำวิจัยครั้งนี้ และคุณ สิทธิศักดิ์ สิทธิจินดา ที่คอยแนะนำและอำนวยความสะดวก
สะดวกในระหว่างการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำ
วิทยานิพนธ์นี้ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวก
ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ การเบิกจ่ายเครื่องมือ ในการทำวิจัยครั้งนี้จนสามารถ
ดำเนินการวิจัยได้ดีมาตลอด และขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ภาควิชาเคมีเทคนิค และผู้ที่อยู่
เบื้องหลังทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้การสนับสนุน ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดา ที่เป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือและให้การ
สนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตารางประกอบ.....	ณ
สารบัญภาพประกอบ.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทรรศน์.....	4
2.1 ยาง.....	4
2.2 น้ำยางธรรมชาติ.....	4
2.3 น้ำยางข้น.....	11
2.4 น้ำยางคงรูปหรือน้ำยางพรีวัลคาไนซ์.....	15
2.5 การเตรียมฟิล์มโดยวิธีการจุ่ม.....	20
2.6 การออกแบบเครื่องกวน.....	23
2.7 การกระจายตัวในระบบของเหลว-ของเหลว.....	25
2.7.1 กลไกทางอุทกศาสตร์ของการแตกออกของหยด.....	25
2.7.2 การกระจายขนาดหยด.....	28
2.7.3 สมบัติทางกายภาพของสารแขวนลอย.....	28
2.7.4 การแตกออกของหยดในถังกวน.....	29
2.7.5 แฟกเตอร์ความรุนแรงในของปั่นป่วน.....	32
2.7.6 การวัดขนาดหยด.....	34
2.8 การถ่ายโอนมวล.....	35
2.8.1 การแพร่ของโมเลกุล.....	35

สารบัญ (ต่อ)	๗
	หน้า
2.8.1 การแพร่ของโมเลกุลที่สถานะคงตัว.....	37
2.8.2 ผลงานวิจัยในอดีต.....	39
3. อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง.....	41
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	41
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	44
3.3 การดำเนินงานวิจัย.....	44
3.4 การหาค่าแรงตึงระหว่างผิว.....	46
4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง.....	47
4.1 การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อขนาดหยดและการกระจายตัวของอนุภาค o-xylene ในสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์.....	47
4.2 การกระจายตัวของรูพรุนที่เกิดจากการกระจายตัวของ o-xylene ในยาง.....	49
4.3 อิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ.....	59
4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำ.....	61
4.5 อิทธิพลของความหนาฟิล์มต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำ.....	65
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	66
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก.....	70
ก. ค่าแรงตึงระหว่างผิวและสมบัติทางกายภาพของสารอินทรีย์.....	70
ข. ข้อมูลการทดลองการกระจายขนาดหยด.....	72
ค. ข้อมูลการทดลองอัตราการซึมผ่านของน้ำ.....	78
ง. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านของน้ำกับความหนาฟิล์ม.....	83
จ. ตัวอย่างการคำนวณ.....	86
ประวัติผู้เขียน.....	87

สารบัญญัตราสาร

ตาราง	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ.....	2
2.2 แสดงการกำหนดขีดจำกัดสมบัติน้ำหนักยางชั้น ที่ผลิตจากวิธีการปั่น.....	15
2.3 มาตรฐานสัดส่วนของไบกวนและถังกวน.....	25
ก.1 ค่าแรงดึงระหว่างผิวของ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และ o-xylene ที่ 25 องศาเซลเซียส.....	70
ก.2 สมบัติทางกายภาพของสารอินทรีย์.....	71
ข.1 การกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.1.....	72
ข.2 การกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.15.....	73
ข.3 การกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.2.....	74
ข.4 การกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.3.....	75
ข.5 การกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.5.....	76
ข.6 การกระจายขนาดรูเฉลี่ยที่เกิดบนผิวฟิล์ม ที่สัดส่วนเฟส 0.1 0.15 และ 0.2.....	77
ค.1 ข้อมูลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มยาง หนา 350 ไมโครเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส $\phi=0.2$	78
ค.2 ผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มไม่ผสม o-xylene ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	78
ค.3 ผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.1$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	79
ค.4 ผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.2$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	80
ค.5 ผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.3$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	81
ค.6 ผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.5$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	82

สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 อัตราการผลิตยางธรรมชาติในประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย ปี พ.ศ. 2521-2541 และการคาดคะเนในปี พ.ศ. 2542-2548.....	2
2.1 โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ.....	5
2.2 สถานะการเป็นสารแขวนลอยของน้ำยางสด.....	6
2.3 น้ำยางเสียสภาพจับเป็นก้อนยาง.....	7
2.4 แบบของใบกวน.....	24
2.6 Arnold diffusion cell.....	37
3.1 ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการกวน.....	42
3.2 ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาดหยด.....	42
3.3 อุปกรณ์ทดสอบอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำ.....	43
3.4 หม้ออบคเซรามิกส์.....	43
4.1 ค่าแรงดึงระหว่างผิวของ o-xylene กับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ที่ความ เข้มข้นต่างๆ.....	49
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปริมาตรผสมกับ reduced diameter ที่ $\phi = 0.1...$	50
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปริมาตรผสมกับ reduced diameter ที่ $\phi = 0.15..$	51
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปริมาตรผสมกับ reduced diameter ที่ $\phi = 0.2....$	52
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปริมาตรผสมกับ reduced diameter ที่ $\phi = 0.3....$	53
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปริมาตรผสมกับ reduced diameter ที่ $\phi = 0.5....$	54
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง D_{32} กับ $We_1^{-0.6}$ ที่ $\phi=0.1.....$	55
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง D_{32} กับ $We_1^{-0.6}$ ที่ $\phi=0.15.....$	55
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง D_{32} กับ $We_1^{-0.6}$ ที่ $\phi=0.2.....$	56
4.10 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับสัดส่วนเฟส.....	56
4.11 ความสัมพันธ์ของขนาดหยดกับค่าสัดส่วนเฟสและ weber number.....	57
4.12 รูปร่างที่เกิดบนผิวแผ่นฟิล์มผสม o-xylene ความเร็วรอบใบกวน 500 รอบต่อนาที $\phi=0.2.....$	57
4.13 ภาพตัดขวางแผ่นฟิล์มยาง.....	58
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูพรุนเฉลี่ยบนผิวฟิล์มกับ $D_{32}.....$	58

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของไอน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สัดส่วนเฟส 0 0.1 0.2 0.3 และ 0.5	59
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สัดส่วนเฟส 0 0.1 0.2 0.3 และ 0.5.....	60
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สัดส่วนเฟส 0 0.1 0.2 0.3 และ 0.5.....	60
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สัดส่วนเฟส 0 0.1 0.2 0.3 และ 0.5.....	61
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่ $\phi=0$ อุณหภูมิ 25 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส.....	62
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่ $\phi=0.1$ อุณหภูมิ 25 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส.....	62
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่ $\phi=0.2$ อุณหภูมิ 25 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส.....	63
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่ $\phi=0.3$ อุณหภูมิ 25 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส.....	63
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม ที่ $\phi=0.5$ อุณหภูมิ 25 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส.....	64
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำที่ผิวฟิล์มกับอุณหภูมิ ที่สัดส่วนเฟส 0 0.1 0.2 0.3 และ 0.5.....	65
ง.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่อุณหภูมิต่าง ๆ $\phi= 0$	83
ง.2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่อุณหภูมิต่าง ๆ $\phi= 0.1$	83
ง.3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่อุณหภูมิต่าง ๆ $\phi= 0.2$	84

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

D_t	=	เส้นผ่าศูนย์กลางถึงกวน
D_i	=	เส้นผ่าศูนย์กลางใบกวน
H_i	=	ความสูงระดับของเหลว
W_b	=	ความกว้างแผ่นกั้นของถัง
W_i	=	ความกว้างใบกวน
H_i	=	ความสูงจากใบกวนถึงกั้นถัง
L_i	=	ปลายใบกวนตัวแทนใบกวน
σ	=	ค่าแรงตึงระหว่างผิว
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางหยด
τ	=	แรงเค้นเฉือน
μ	=	ความหนืด
μ'	=	ความหนืดของเฟสที่กระจาย
ρ	=	ความหนาแน่นของเฟสที่กระจาย
Re	=	ค่า Reynolds number
We	=	ค่า Weber number
N_{v1}	=	กลุ่มความหนืดไร้หน่วย
u^{-2}	=	ความเร็วเฉลี่ยกำลังสอง
v^{-2}	=	ค่าความเร็วเฉลี่ยกำลังสอง เมื่อระยะทางเท่ากับ d_{max}
w^{-2}	=	ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความเร็วอนุภาคที่กระจายอยู่ในเฟสของเหลว
η	=	ขนาดความยาวของ komogoroff
ϵ	=	การกระจายพลังงานต่อหนึ่งหน่วยมวล
D_{32}	=	ขนาดหยดเฉลี่ย (sauter mean diameter)
ρ_m	=	ความหนาแน่นของของผสม
fn	=	จำนวนหยดต่อจำนวนทั้งหมด
A_s	=	พื้นที่ผิวระหว่างเฟส
ϕ	=	สัดส่วนเฟส
k	=	สภาพนำไฟฟ้าของสารแขวนลอย

k_c	=	ค่าการนำไฟฟ้าของเฟสต่อเนื่อง
k_d	=	ค่าการนำไฟฟ้าของเฟสที่กระจาย
μ_m	=	ค่าความหนืดของของผสม
$\bar{\varepsilon}$	=	อัตราการกระจายพลังงานเฉลี่ย
C_1-C_8	=	ค่าคงตัว
N	=	ความเร็วรอบใบกวน
λ	=	สัดส่วนความหนืด
E_k	=	พลังงานจลน์
$f(\phi)$	=	correlation factor
ν	=	Kinematic viscosity
$E(k,t)$	=	Energy spectrum function
α	=	ค่าคงตัว
K	=	ค่าคงตัว
a, b	=	ค่าคงตัว
d_{95}	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมด
P	=	power input
θ	=	turbulence intensity factor
β	=	สัดส่วนขนาดหยดเฉลี่ยต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร
$N_{A,Z}$	=	โมลาร์ฟลักซ์ของสาร A
$N_{B,Z}$	=	โมลาร์ฟลักซ์ของสาร B
Z	=	ระยะทางการแพร่
S	=	พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้ว
D_{AB}	=	สัมประสิทธิ์การแพร่
c	=	ความเข้มข้นของแก๊ส
n	=	จำนวนโมลของแก๊ส
V	=	ปริมาตรของแก๊ส
P	=	ความดัน
R	=	ค่าคงที่ของแก๊ส