

อิทธิพลของสารชอบผิวต่อการถ่ายเทออกซิเจนในถังกวน



นายสมพร สมเจริญศิลป์

007524

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-595-1

17740824

EFFECTS OF SURFACTANTS ON OXYGEN TRANSFER IN STIRRED TANK

Mr. SOMPORN SOMCHAROENSILP

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1982


กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ เลอสรวง เมขสุด และท่านอาจารย์ เพียรพรรค ทศคร
ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการเป็นอย่างดี และให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ทำงานของ
ภาควิชาเคมีเทคนิค จนทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จลงด้วยดี


ผู้เขียนขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ตลอดจนเพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่ได้ช่วยเหลือ ทำให้
งานวิจัยผ่านพ้นอุปสรรคและสำเร็จลงด้วยดี.


หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของสารชอบผิวต่อการถ่ายเทออกซิเจนในถังกวน
โดย	นายสมพร สมเจริญศิลป์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต
	อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทิศคร


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ ปุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ชัยพิทยากุล)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

.....  กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทิศคร)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม วาณิชเสนี)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของสารชอบผิวต่อการถ่ายเทออกซิเจนในถังกวน
ชื่อนิสิต	นายสมพร สมเจริญศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมขสุด อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศคร
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2525

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของสารชอบผิวต่อการถ่ายเทมวลออกซิเจนในถังกวนขนาดประมาณ 5 ลิตร สารชอบผิวที่ใช้ในการทดลองคือ Cetylpyridinium chloride โดยแปรค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0-200 ส่วนในล้านส่วน ความเร็วรอบของใบพัดกวน 13.33-23.33 รอบต่อวินาที และอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน 7.33×10^{-5} - 32.67×10^{-5} ลบ.ม.ต่อวินาที สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมต่อหน่วยปริมาตรแสดงได้ในรูปสมการดังนี้

$$K_L A = \left\{ 4.73 \times 10^{-2} - 0.30 \Delta C \right\} (P/V)^{0.46} V_S^{0.62}$$

นอกจากนี้ได้แสดงผลการวิเคราะห์ในรูปความต้านทานการถ่ายเทมวลเนื่องจากสารชอบผิวซึ่งสัมพันธ์กับค่า ΔC , N_{Re} , N_{Ae} ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{1}{K_S} = \left[\frac{(2.84 - 3.22 \times 10^{-5} N_{Re}) \exp(-16.15 + 4.93 \times 10^{-4} N_{Re}) N_{Ae}}{9.77 \times 10^{-4} \exp(-2.17 \times 10^{-5} N_{Ae}) + (3.64 \times 10^{-3} + 1.44 \times 10^{-7} N_{Re}) N_{Ae}} \right] \left(\frac{\Delta C}{C} \right)^{0.95}$$

Thesis Title Effects of Surfactants on Oxygen Transfer in Stirred Tank
 Name Mr. Somporn Somcharoensilp
 Thesis Advisor Lursuang Mekasut, Dr. Ing
 Pienpak Tasakorn, Ph.D.
 Department Chemical Technology
 Academic Year 1982

ABSTRACT

Effects of surfactant on oxygen transfer rate have been studied in an agitated 5-litre tank. The surfactant was cetylpyridinium chloride, its concentration was varied from 0 to 200 ppm. The agitator was operated at 13.33 to 23.33 rps, and air flow rate 7.33×10^{-5} to 32.67×10^{-5} cubic meter per second. The overall volumetric mass transfer coefficient can be described by the following expression :

$$K_L A = (4.33 \times 10^{-2} - 0.30 \Delta C) \left(\frac{P}{V}\right)^{0.46} v_S^{0.62}$$

Effects of the surfactant is summarised in terms of the resistance of mass transfer which can be related to ΔC , N_{Re} , N_{Ae} by the following expression.

$$\frac{1}{K_S} = \left[\frac{(2.84 - 3.22 \times 10^{-5} N_{Re}) \exp \left\{ (-16.15 + 4.93 \times 10^{-4} N_{Re}) N_{Ae} \right\}}{9.77 \times 10^{-4} \exp (-2.17 \times 10^{-5} N_{Ae}) + (3.64 \times 10^{-3} + 1.44 \times 10^{-7} N_{Re}) N_{Ae}} \right] \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^{0.95}$$

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ฅ
รายการตารางประกอบ	ญ
รายการรูปประกอบ	ณ



บทที่

1	บทนำ	1
2	ทฤษฎีและผลงานวิจัยในอดีต	3
	2.1 การกระจายของฟองก๊าซในถังกวน	3
	2.1.1 การเกิดฟอง	3
	2.1.2 กลไกการกระจายของฟองก๊าซในของเหลว	3
	2.2 การใช้ถังกวนเป็นเครื่องมือในการดูดซึมก๊าซ	6
	2.2.1 ลักษณะของถังกวน	6
	2.2.2 กำลังที่ใช้ในการกวน	8
	2.2.3 ความเร็วของใบพัดกวน	12
	2.2.4 ขนาดของฟองและสัดส่วนก๊าซค้าง	14
	2.2.5 พื้นที่ผิวสัมผัส	15
	2.3 การถ่ายเทมวลในถังกวน	16
	2.3.1 การถ่ายเทมวลในเฟสต่อเนื่อง	16
	2.3.2 การถ่ายเทมวลในเฟสกระจาย	16

บทที่	หน้า
2.4 สารชอบผิวและผลของสารชอบผิวต่อการถ่ายเทมวล	18
2.4.1 ลักษณะของสารชอบผิว	18
2.4.2 ชนิดของสารชอบผิว	20
2.4.3 การเกิดชั้นโมเลกุลของสารชอบผิว	20
2.4.4 ลักษณะโครงสร้างของชั้นโมเลกุลสารชอบผิว	22
2.4.5 คุณสมบัติของชั้นโมเลกุลสารชอบผิว	23
2.4.6 การถ่ายเทมวลผ่านชั้นโมเลกุลสารชอบผิว	24
3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง	26
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	26
3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 วิธีการทดลอง	29
3.3.1 การวัดแรงดึงผิวของสารละลายสารชอบผิว	29
3.3.2 การวัดกำลังที่ใช้ในการหมุนใบพัดกวน	29
3.3.3 การวัดระดับความสูงของของเหลวในถังกวน	30
3.3.4 การวัดความเข้มข้นของออกซิเจนและอุณหภูมิของสารละลาย ..	30
3.3.5 ขั้นตอนในการทดลอง	30
4 ผลการทดลอง, การวิเคราะห์และวิจารณ์	33
4.1 การทดลองในน้ำที่ไม่มีสารชอบผิว	33
4.1.1 สัดส่วนก๊าซค้าง	33
4.1.2 กำลังที่ใช้ในการกวน	36
4.1.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร	39
4.1.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในของเหลว	43

บทที่	หน้า
4.2 การทดลองในสารละลายสารซอบฟิว	46
4.2.1 ผลของสารซอบฟิวต่อค่าสัดส่วนก๊าซค้าง	46
4.2.2 ผลของสารซอบฟิวต่อกำลังที่ใช้ในการกววน	53
4.2.3 ผลของสารซอบฟิวต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเท- มวบรวมต่อหน่วยปริมาตรและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล ..	53
5 สรุปผลและ เสนอแนะ	83
เอกสารอ้างอิง	85
ภาคผนวก	88
ประวัติ	123

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	สภาวะตัวแปรค่าต่าง ๆ ที่ทำการทดลอง	32
4.1	แสดงค่า $H/(P/\rho V)^{0.47} V_S^{0.36}$ ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ	51
4.2	แสดงค่า $K_{LA}/(P/V)^{0.46} V_S^{0.62}$ ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ	63
4.3	แสดงค่าพื้นที่สัมผัสซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.22 ที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ	66
4.4	แสดงค่าพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวในสารละลายสารชอบผิว หลังจากปรับค่าให้ใกล้เคียงกับค่าจากทฤษฎีที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ	67
4.5	แสดงค่า K_{Lo}/K_S ในสารละลายสารชอบผิวที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ	71
4.6	แสดงค่า slope, intercept และ coefficient of determination จากการจัดแบบในรูปสมการ $K_{Lo}/K_S = \text{intercept} + \text{slope}(\frac{\Delta C}{C_0})^{0.95}$	72
4.7	แสดงค่า a'_0 , b'_0 ที่ได้จากสมการ $Y = a'_0 \exp(b'_0 N_{Ae})$	74
4.8	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง K_{Lo} และ N_{Ae} ในรูปสมการ $K_{Lo} = a'_0 + b'_0 N_{Ae}$ ที่ค่า N_{Re} ต่าง ๆ	78

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการกระจายของพื้นที่ผิวสัมผัสตามแนวรัศมี (ก) และแนวตั้ง (ข) ภายในถังกวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว	4
2.2	แสดงลักษณะของถังกวนและใบพัดกวน	7
2.3	แสดงลักษณะใบพัดกวนชนิด 6-Flat blade turbine	9
2.4	แสดงรูปแบบการไหลของของเหลวในถังกวน	10
2.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power number และ Reynold number สำหรับถังกวนมาตรฐาน	11
2.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power ratio และ Aeration number	13
2.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $DNL P/\mu$ และ $(K_L D/D_L)/(\mu/PD_L)^{0.5}$	18
2.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงผิวและความเข้มข้นของสารละลายชนิดต่าง ๆ	19
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง standard chemical potential และระยะทาง	21
2.10	แสดงการจัดโมเลกุลของสารชอบผิวที่ผิวสัมผัส (ก) gaseous surface film (ข) Condensed film	23
3.1	แสดงการจัดเครื่องมือในการทดลอง	27
3.2	แสดง เครื่องมือวัดระดับความสูงของของเหลวในถังกวน	28
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ P/PV ที่อัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ	34
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ $(P/PV)^{0.47} V_S^{0.36}$	35
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ Q ที่ความเร็วรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	37
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P/P_0 และ Q/NL^3 ในน้ำ	38
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ N ที่อัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ	40
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ Q ที่ความเร็วรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	40
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ P ที่อัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ	41
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ $(P/V)^{0.46} V_S^{0.62}$	42

รูปที่		หน้า
4.9	แสดงการเปรียบเทียบค่า $K_L A$ จากผลการทดลองนี้กับผลการทดลองอื่น ๆ	44
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(K_L D/D_L) / (\mu/\rho D_L)^{0.5}$ และ $DNL\rho/\mu$	45
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 3.65×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	47
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 7.80×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	48
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 12.10×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	49
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 16.25×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	50
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $H/(P/\rho V)^{0.47} V^{0.36}$ เฉลี่ย และ $\Delta\phi$	52
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 3.65×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	54
4.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 7.80×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	55
4.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 12.10×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	56
4.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ $\Delta\phi$ ที่ V_S เท่ากับ 16.25×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	56
4.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P/P_0 และ Q/NL^3 ในสารละลาย Cetylpyridinium chloride	57

รูปที่		หน้า
4.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 3.65×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	58
4.22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 7.80×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	59
4.23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 12.10×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	60
4.24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 16.25×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	61
4.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A / (P/V)^{0.46} V_S^{0.62}$ เฉลี่ย และ ΔC	64
4.26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $K_L A$ ที่ได้จากการทดลอง และ $K_L A$ ที่ได้จากสมการที่สร้างขึ้น	65
4.27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_L และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 3.65×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	68
4.28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_L และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 7.80×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	68
4.29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_L และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 12.10×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	69
4.30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_L และ ΔC ที่ V_S เท่ากับ 16.25×10^{-3} เมตรต่อวินาที และความเร็วยรอบของใบพัดกวนต่าง ๆ	69
4.31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ N_{Ae}	73
4.32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง b'_o และ N_{Re}	75
4.33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง a'_o และ N_{Re}	75

รูปที่		หน้า
4.34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_{L0} / K_S ที่ได้จากการทดลองและ K_{L0} / K_S ที่ได้จากสมการที่สร้างขึ้น	77
4.35	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง a''_0 และ N_{Re}	80
4.36	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง b''_0 และ N_{Re}	80
4.37	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_{L0} ที่ได้จากการทดลอง และ K_{L0} ที่ได้จากสมการที่สร้างขึ้น	81

