

## เอกสารอ้างอิง

1. Tasakorn, P. "The Effect of suspension Solids on Gas-Liquid Contacting in an Agitate Tank." M.Sc. Thesis, University of Wales, U.K., 1972.
2. Calderbank, P.H. "Physical Rate Processes in Industrial Fermentation Part I", Trans. Instn Chem. Engrs. 36(1958) : 443 - 463.
3. Lee, J.C., and Meyrick, D.L. "Gas-Liquid Interfacial Areas in Salt Solution in an Agitated Tank", Trans. Instn Chem. Engrs. 48(1970) : T 37-46.
4. Calderbank, P.H. Mass Transfer, Mixing (UHL, V.W. and Gray, J.B. eds.) Vol. II pp. 2-111 Academic Press, New York, 1967.
5. Oldshue, J.Y. and Conelly F.L. "Gas-Liquid Contacting with Impeller Mixers" Chem. Eng. Prog. 73(1977) : 85-89.
6. Yoshida, F., Ikeda, A., Imakawa, S. and Miura, Y. "Oxygen Absorption Rates in Stirred Gas-Liquid Contactors" Ind. Eng. Chem. 52(1960) : 435-438.
7. Riet, K.V. "Review of Measuring Methods and Results in Nonviscous Gas-Liquid Mass Transfer in Stirred Vessels" Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 18(1979) : 357-364.
8. Yoshida, F. and Miura, Y. "Gas Absorption in Agitated Gas-Liquid Contactors" I & EC Proc. 2(1963) : 263-268.
9. Mehta, V.D., Sharma, M.M. "Mass Transfer in Mechanically Agitated Gas-Liquid Contactors" Chem. Engng. Sci. 26(1971) : 461-479.

10. Holland, F.A. and Chapman, F.S. Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks. pp. 78, Chapman and Hall Ltd, London, 1966.
11. Luong, H.T. and Volesky, B. "Mechanical Power Requirements of Gas-Liquid Agitated Systems" A.I.Ch.E.J. 25(1979) : 893-895.
12. Dickey, D.S. Turbine Agitated Gas Dispersion, Advances in Biotechnology (Moo-Young, M. ed) Vol. I pp. 483 - 488. Pergamon Press, Toronto, 1981.
13. Potter, G.E. and Sridha, T. "Interfacial Area in Gas-Liquid Stirred Vessels" Chem. Engng Sci. 35(1980) : 683-695.
14. Voyutsky, S. Colloid Chemistry. pp. 127-150, MIR Publishers, Moscow, 1978.
15. Elworthy, P.H., Florence, A.T. and Masfalance, C.B. Solubilization by Surface Active Agents. pp. 13-19, Chapman and Hall Ltd, London, 1968.
16. Davies, J.T. and Rideal, E.K. Interfacial Phenomena. pp. 218-257, Academic Press, New York, 1963.
17. Reymond, D.R. and Zieminski S.A., "Mass Transfer and Drag Coefficients of Bubble Rising in Dilute Aqueous Solution" A.I.Ch.E.J. 17(1971) : 57-65.
18. Hammerton, J.T. and Garner, W. Gas-Liquid Dispersion, Advance Chemical Engineering Vol. 7 pp. 327, Academic Press, New York, 1968.

19. Lee, Y.H., Tsao, G.T. and Wanrat, P.C. "Hydrodynamic Effect of Surfactants on Gas-Liquid Oxygen Transfer" A.I.Ch.E.J. 26(1980) : 1008-1012.
20. Goodridge, F. and Robb, I.D. "Mechanism of Interfacial Resistance in Gas Absorption" I & EC Fund. 4(1965) : 49-55.
21. Koide, K., Hayashi, T., Sumino, K. and Dwamoto, S. "Mass Transfer from Single Bubble in Aqueous Solutions of Surfactants" Chem Engng Sci. 31(1976) : 963-966.
22. Reith, T. and Beek, W.J. Gas Hold ups, Interfacial Areas and Mass Transfer Coefficients in Gas-Liquid Contactors, Chemical Reaction Engineering Symposium. pp. 191-204, Pergamon Press Ltd, 1968.
23. Nhygen, L.A., Carbonel R.G. and McCoy, B.J. "Diffusion of Gasses Through Surfactant films" A.I.Ch.E.J. 25(1979) : 1015-1024.
24. Hughmark, G.A. "Power Requirements and Interfacial Area in Gas-Liquid Turbine Agitated System" Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 19(1980) : 638-641.

## ภาคผนวก ก

## สัญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ

$A, a, a_0$	=	พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวต่อหน่วยปริมาตรของของเหลว, เมตร <sup>2</sup> /เมตร <sup>3</sup>
$a', a''$	=	ค่าคงที่ในสมการที่ 4.12 และ 4.20
$B$	=	ความกว้างของแผ่นกั้น (Baffle), เมตร
$b$	=	ความสูงของใบพัดกวน, เมตร
$b', b''$	=	ค่าคงที่ในสมการที่ 4.12 และ 4.20
$C$	=	ความเข้มข้นของสารละลายสารชอบผิว, ส่วนในล้านส่วน
$C_1, C_2$	=	ค่าคงที่ในสมการที่ 2.7 และ 2.8
$C_L(t)$	=	ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำหรือในสารละลายสารชอบผิวที่เวลาต่าง ๆ, ส่วนในล้านส่วน
$C^*$	=	ความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำ, ส่วนในล้านส่วน
$D$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองก๊าซ, เมตร
$D_{S.M}$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองก๊าซเฉลี่ยแบบ Sauter, เมตร
$D_p$	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของ particle, เมตร
$D_g$	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของตัวถูกละลายในก๊าซ, เมตร <sup>2</sup> /วินาที
$D_L$	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของตัวถูกละลายในของเหลว, เมตร <sup>2</sup> /วินาที
$E_t$	=	พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการแพร่กระจายของก๊าซในของเหลว, วัตต์
$F$	=	แรงที่ใช้ในการดึงมอเตอร์ให้อยู่ในภาวะสมดุล ขณะที่มอเตอร์หมุนไป เนื่องจากการหมุนใบพัดกวน, กิโลกรัม
$g$	=	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, 9.806 เมตร/(วินาที) <sup>2</sup>
$H$	=	สัดส่วนก๊าซค้าง
$H_L$	=	ความสูงของของเหลวในถังกวน, เมตร
$h$	=	ระดับความสูงของใบพัดกวนจากกันถังกวน, เมตร
$h_S$	=	ระดับความสูงของหัวกระจายก๊าซจากกันถังกวน, เมตร

- $K_S$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล เนื่องจากสารขอบผิว
- $K_L$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในของเหลว , เมตร/วินาที
- $K_g$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในก๊าซ , เมตร/วินาที
- $L$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดกวน , เมตร
- $l$  = ความกว้างของแผ่นใบพัดกวน , เมตร
- $N$  = ความเร็วรอบของใบพัดกวน , รอบต่อวินาที
- $N_o$  = ความเร็วรอบวิกฤตของใบพัดกวน , รอบต่อวินาที
- $P$  = กำลังที่ใช้ในการกวนของใบพัดกวน เมื่อมีก๊าซผ่านเข้ามาในถังกวน , วัตต์
- $P_o$  = กำลังที่ใช้ในการกวนของใบพัดกวน เมื่อไม่มีก๊าซผ่านเข้ามาในถังกวน , วัตต์
- $P_K$  = พลังงานจลน์ของก๊าซที่เข้าสู่ถังกวน , วัตต์
- $P_q$  = กำลังที่ใช้ในการขยายตัวของก๊าซ , วัตต์
- $Q$  = อัตราการไหลของก๊าซเข้าสู่ถังกวน , เมตร<sup>3</sup>/วินาที
- $R_L$  = ความต้านทานการถ่ายเทมวลรวม , วินาที/เมตร
- $R_{L_o}$  = ความต้านทานการถ่ายเทมวลในน้ำ , วินาที/เมตร
- $R_S$  = ความต้านทานการถ่ายเทมวลเนื่องจากสารขอบผิว , วินาที/เมตร
- $T$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของถังกวน , เมตร
- $t$  = เวลา , วินาที
- $V$  = ปริมาตรของของเหลวในถังกวน , เมตร<sup>3</sup>
- $V_S$  = ความเร็วไหลผ่านของก๊าซที่เข้าสู่ถังกวน , เมตร/วินาที
- $V_t$  = ความเร็วสุดท้ายของฟองก๊าซขณะที่ลอยตัวขึ้นอย่างอิสระในของเหลว , เมตร/วินาที
- $Y$  = ค่า slope ในสมการที่ 4.11
- $\rho_L$  = ความหนาแน่นของของเหลว , กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup>
- $\rho_C$  = ความหนาแน่นของเฟสต่อเนื่อง , กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup>
- $\rho_d$  = ความหนาแน่นของเฟสกระจาย , กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup>
- $\Delta\rho$  = ผลต่างความหนาแน่นระหว่างก๊าซและของเหลว , กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup>
- $\mu$  = ความหนืดของของเหลว , กิโลกรัม/เมตร.วินาที
- $\mu_c$  = ความหนืดของเฟสต่อเนื่อง , กิโลกรัม/เมตร.วินาที

$\sigma$	= ความหนาของชั้นสารขอบผิว
$\mu_d$	= ความหนืดของเฟสกระจาย , กิโลกรัม/เมตร.วินาที
$\mu_s$	= ความหนืดผิว , กิโลกรัม/วินาที
$\sigma$	= แรงตึงผิว , นิวตัน/เมตร
$\tau$	= แรงเค้นเฉือน , นิวตัน
$N_{Re, I}$	= Impeller Reynolds number
$N_{Re, b}$	= Bubble Reynolds number
$N_{We, b}$	= Bubble Weber number
$N_{We, I}$	= Impeller Weber number
$(N_{We})_{crit}$	= Critical Weber number
$N_P$	= Power number
$N_{Sh}$	= Sherwood number
$N_{Sc}$	= Schmidt number
$N_{Ae}$	= Aeration number



## ภาคผนวก ข

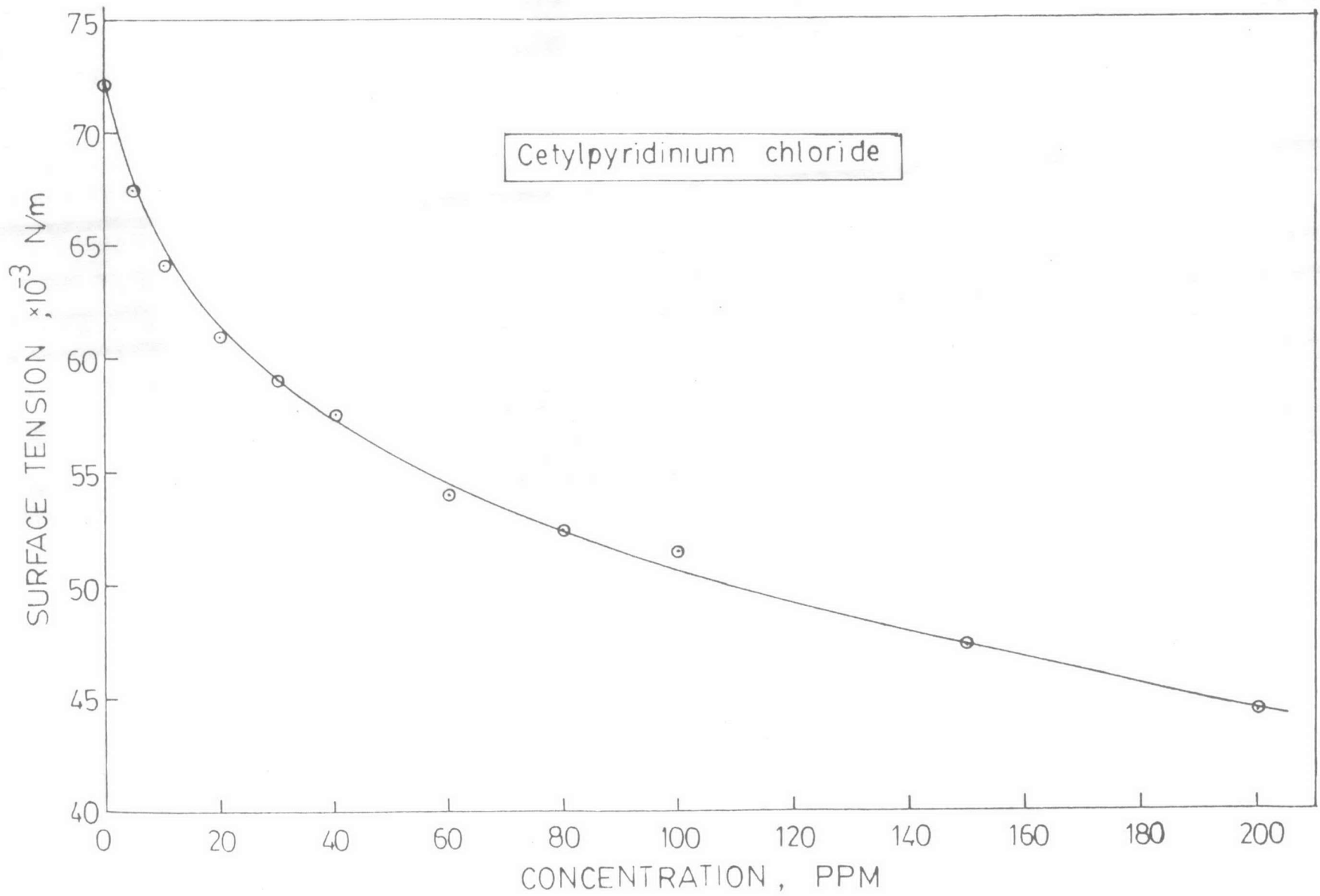
ตารางแสดงความเข้มข้นอิมิตัวของออกซิเจนในน้ำที่อุณหภูมิและความดันต่าง ๆ

TEMP (C)	PRESSURE (TORR)									
	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795
0	14.37	14.47	14.57	14.66	14.76	14.86	14.95	15.05	15.15	15.24
1	13.98	14.08	14.17	14.27	14.36	14.45	14.55	14.64	14.73	14.83
2	13.61	13.70	13.79	13.88	13.97	14.07	14.16	14.25	14.34	14.43
3	13.25	13.34	13.43	13.52	13.61	13.69	13.78	13.87	13.96	14.05
4	12.90	12.99	13.08	13.16	13.25	13.34	13.42	13.51	13.60	13.68
5	12.57	12.66	12.74	12.83	12.91	13.00	13.08	13.16	13.25	13.33
6	12.25	12.34	12.42	12.50	12.58	12.67	12.75	12.83	12.91	13.00
7	11.95	12.03	12.11	12.19	12.27	12.35	12.43	12.51	12.59	12.67
8	11.66	11.74	11.81	11.89	11.97	12.05	12.13	12.21	12.29	12.36
9	11.38	11.45	11.53	11.61	11.68	11.76	11.84	11.91	11.99	12.07
10	11.11	11.18	11.26	11.33	11.41	11.48	11.56	11.63	11.71	11.78
11	10.85	10.92	10.99	11.07	11.14	11.21	11.29	11.36	11.43	11.51
12	10.60	10.67	10.74	10.81	10.89	10.96	11.03	11.10	11.17	11.24
13	10.36	10.43	10.50	10.57	10.64	10.71	10.78	10.85	10.92	10.99
14	10.13	10.20	10.27	10.34	10.41	10.48	10.54	10.61	10.68	10.75
15	9.91	9.98	10.05	10.11	10.18	10.25	10.32	10.38	10.45	10.52
16	9.70	9.77	9.83	9.90	9.96	10.03	10.10	10.16	10.23	10.29
17	9.50	9.56	9.63	9.69	9.76	9.82	9.89	9.95	10.01	10.08
18	9.30	9.37	9.43	9.49	9.56	9.62	9.68	9.75	9.81	9.87
19	9.12	9.18	9.24	9.30	9.36	9.43	9.49	9.55	9.61	9.67
20	8.93	9.00	9.06	9.12	9.18	9.24	9.30	9.36	9.42	9.48
21	8.76	8.82	8.88	8.94	9.00	9.06	9.12	9.18	9.24	9.30
22	8.59	8.65	8.71	8.77	8.83	8.89	8.95	9.01	9.06	9.12
23	8.43	8.49	8.55	8.61	8.66	8.72	8.78	8.84	8.90	8.95
24	8.28	8.33	8.39	8.45	8.50	8.56	8.62	8.67	8.73	8.79
25	8.13	8.18	8.24	8.29	8.35	8.41	8.46	8.52	8.57	8.63
26	7.98	8.04	8.09	8.15	8.20	8.26	8.31	8.37	8.42	8.48
27	7.84	7.89	7.95	8.00	8.06	8.11	8.17	8.22	8.27	8.33
28	7.70	7.76	7.81	7.86	7.92	7.97	8.02	8.08	8.13	8.18
29	7.57	7.63	7.68	7.73	7.78	7.84	7.89	7.94	7.99	8.05
30	7.44	7.50	7.55	7.60	7.65	7.70	7.76	7.81	7.86	7.91
31	7.32	7.37	7.42	7.47	7.52	7.58	7.63	7.68	7.73	7.78
32	7.20	7.25	7.30	7.35	7.40	7.45	7.50	7.55	7.60	7.65
33	7.08	7.13	7.18	7.23	7.28	7.33	7.38	7.43	7.48	7.53
34	6.97	7.02	7.07	7.11	7.16	7.21	7.26	7.31	7.36	7.41
35	6.86	6.90	6.95	7.00	7.05	7.10	7.15	7.19	7.24	7.29
36	6.75	6.79	6.84	6.89	6.94	6.98	7.03	7.08	7.13	7.18
37	6.64	6.69	6.73	6.78	6.83	6.88	6.92	6.97	7.02	7.06
38	6.53	6.58	6.63	6.67	6.72	6.77	6.81	6.86	6.91	6.95
39	6.43	6.48	6.52	6.57	6.62	6.66	6.71	6.75	6.80	6.85
40	6.33	6.38	6.42	6.47	6.51	6.56	6.60	6.65	6.70	6.74
41	6.23	6.28	6.32	6.37	6.41	6.46	6.50	6.55	6.59	6.64
42	6.13	6.18	6.22	6.27	6.31	6.36	6.40	6.45	6.49	6.53
43	6.04	6.08	6.13	6.17	6.21	6.26	6.30	6.35	6.39	6.43
44	5.94	5.99	6.03	6.07	6.12	6.16	6.20	6.25	6.29	6.33
45	5.85	5.89	5.94	5.98	6.02	6.06	6.11	6.15	6.19	6.24
46	5.76	5.80	5.84	5.88	5.93	5.97	6.01	6.06	6.10	6.14
47	5.67	5.71	5.75	5.79	5.83	5.88	5.92	5.96	6.00	6.05
48	5.57	5.62	5.66	5.70	5.74	5.78	5.83	5.87	5.91	5.95
49	5.49	5.53	5.57	5.61	5.65	5.69	5.73	5.78	5.82	5.86
50	5.40	5.44	5.48	5.52	5.56	5.60	5.64	5.68	5.72	5.77

(ต่อ)

TEMP (C)	PRESSURE (TORR)									
	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745
0	13.41	13.51	13.60	13.70	13.80	13.89	13.99	14.08	14.18	14.28
1	13.05	13.14	13.23	13.33	13.42	13.51	13.61	13.70	13.80	13.89
2	12.70	12.79	12.88	12.97	13.06	13.15	13.24	13.34	13.43	13.52
3	12.36	12.45	12.54	12.63	12.72	12.80	12.89	12.98	13.07	13.16
4	12.04	12.12	12.21	12.30	12.38	12.47	12.56	12.64	12.73	12.82
5	11.73	11.81	11.90	11.98	12.07	12.15	12.23	12.32	12.40	12.49
6	11.43	11.51	11.60	11.68	11.76	11.84	11.93	12.01	12.09	12.17
7	11.15	11.23	11.31	11.39	11.47	11.55	11.63	11.71	11.79	11.87
8	10.87	10.95	11.03	11.11	11.19	11.26	11.34	11.42	11.50	11.58
9	10.61	10.69	10.76	10.84	10.92	10.99	11.07	11.15	11.22	11.30
10	10.36	10.43	10.51	10.58	10.66	10.73	10.81	10.88	10.96	11.03
11	10.11	10.19	10.26	10.33	10.41	10.48	10.55	10.63	10.70	10.77
12	9.88	9.95	10.03	10.10	10.17	10.24	10.31	10.38	10.46	10.53
13	9.66	9.73	9.80	9.87	9.94	10.01	10.08	10.15	10.22	10.29
14	9.45	9.51	9.58	9.65	9.72	9.79	9.86	9.93	9.99	10.06
15	9.24	9.31	9.37	9.44	9.51	9.58	9.64	9.71	9.78	9.84
16	9.04	9.11	9.17	9.24	9.31	9.37	9.44	9.50	9.57	9.64
17	8.85	8.92	8.98	9.05	9.11	9.18	9.24	9.30	9.37	9.43
18	8.67	8.73	8.80	8.86	8.92	8.99	9.05	9.11	9.18	9.24
19	8.49	8.56	8.62	8.68	8.74	8.80	8.87	8.93	8.99	9.05
20	8.33	8.39	8.45	8.51	8.57	8.63	8.69	8.75	8.81	8.87
21	8.16	8.22	8.28	8.34	8.40	8.46	8.52	8.58	8.64	8.70
22	8.01	8.06	8.12	8.18	8.24	8.30	8.36	8.42	8.48	8.53
23	7.85	7.91	7.97	8.03	8.09	8.14	8.20	8.26	8.32	8.37
24	7.71	7.76	7.82	7.88	7.94	7.99	8.05	8.11	8.16	8.22
25	7.57	7.62	7.68	7.73	7.79	7.85	7.90	7.96	8.01	8.07
26	7.43	7.49	7.54	7.60	7.65	7.71	7.76	7.82	7.87	7.93
27	7.30	7.35	7.41	7.46	7.52	7.57	7.62	7.68	7.73	7.79
28	7.17	7.22	7.28	7.33	7.38	7.44	7.49	7.54	7.60	7.65
29	7.05	7.10	7.15	7.20	7.26	7.31	7.36	7.41	7.47	7.52
30	6.93	6.98	7.03	7.08	7.13	7.19	7.24	7.29	7.34	7.39
31	6.81	6.86	6.91	6.96	7.01	7.06	7.12	7.17	7.22	7.27
32	6.70	6.75	6.80	6.85	6.90	6.95	7.00	7.05	7.10	7.15
33	6.58	6.63	6.68	6.73	6.78	6.83	6.88	6.93	6.98	7.03
34	6.48	6.53	6.57	6.62	6.67	6.72	6.77	6.82	6.87	6.92
35	6.37	6.42	6.47	6.52	6.56	6.61	6.66	6.71	6.76	6.81
36	6.27	6.32	6.36	6.41	6.46	6.51	6.55	6.60	6.65	6.70
37	6.17	6.21	6.26	6.31	6.36	6.40	6.45	6.50	6.54	6.59
38	6.07	6.11	6.16	6.21	6.25	6.30	6.35	6.39	6.44	6.49
39	5.97	6.02	6.06	6.11	6.15	6.20	6.25	6.29	6.34	6.39
40	5.88	5.92	5.97	6.01	6.06	6.10	6.15	6.19	6.24	6.29
41	5.78	5.83	5.87	5.92	5.96	6.01	6.05	6.10	6.14	6.19
42	5.69	5.73	5.78	5.82	5.87	5.91	5.96	6.00	6.04	6.09
43	5.60	5.64	5.68	5.73	5.77	5.82	5.86	5.91	5.95	5.99
44	5.51	5.55	5.59	5.64	5.68	5.72	5.77	5.81	5.86	5.90
45	5.42	5.46	5.50	5.55	5.59	5.63	5.68	5.72	5.76	5.81
46	5.33	5.37	5.42	5.46	5.50	5.54	5.59	5.63	5.67	5.71
47	5.24	5.28	5.33	5.37	5.41	5.45	5.50	5.54	5.58	5.62
48	5.16	5.20	5.24	5.28	5.32	5.37	5.41	5.45	5.49	5.53
49	5.07	5.11	5.15	5.20	5.24	5.28	5.32	5.36	5.40	5.44
50	4.99	5.03	5.07	5.11	5.15	5.19	5.23	5.27	5.31	5.36



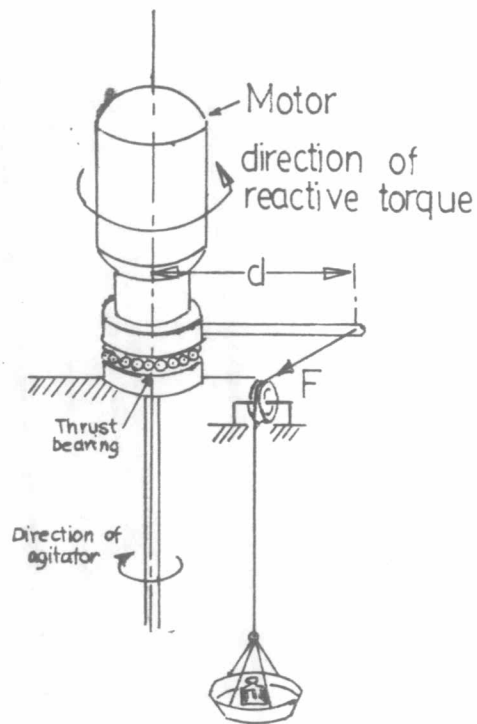


แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวและความเข้มข้นของสารชอบผิว

## ภาคผนวก ง

## ตัวอย่างการคำนวณ

1. กำลังที่ใช้ในการกวน (P),  $\frac{P}{P_o}$ ,  $\frac{P}{P_v}$  และ  $\frac{P}{V}$



รูปที่ ง.1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงบิด (Torque)

กำลังที่ใช้ในการหมุนใบพัด = แรงบิด x อัตราการเปลี่ยนแปลงมุม

$$\text{แรงบิด} = F \times d$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงมุม =  $2\pi N$  เมื่อ  $N$  = จำนวนรอบของใบพัดกวนที่หมุน

ตัวอย่าง เช่น ในการทดลองซึ่งมีสภาวะการทดลองดังนี้

$$\text{จำนวนรอบของไมพัตกวน} = 10.00 \text{ รอบต่อวินาที}$$

$$\text{อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน} = 7.33 \times 10^{-5} \text{ เมตร}^3/\text{วินาที}$$

$$\text{แรงที่ใช้ในการดึงมอเตอร์ (F)} = 14.00 \times 10^{-3} \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{แกนหมุนมอเตอร์ (d)} = 7.50 \times 10^{-2} \text{ เมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังที่ใช้ในการกวน (P)} &= 14.00 \times 10^{-3} \times 7.50 \times 10^{-2} \times 2\pi \times 10.00 \\ &= 6.60 \times 10^{-2} \text{ กิโลกรัม-เมตร} \\ &\quad \text{วินาที} \end{aligned}$$

$$1 \text{ วัตต์} = 0.1020 \text{ กิโลกรัม-เมตร} \\ \text{วินาที}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{6.60 \times 10^{-2}}{0.1020} \\ &= 0.65 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

เมื่อไม่มีอากาศเข้าสู่ถังกวนวัตต์แรงที่ใช้ในการดึงมอเตอร์ได้  $24.0 \times 10^{-3}$  กิโลกรัม

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{24.0 \times 10^{-3} \times 7.5 \times 10^{-2} \times 2\pi \times 10.00}{0.1020} \\ &= 1.11 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนกำลัง, } \frac{P}{P_0} &= \frac{0.65}{1.11} \\ &= 0.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังงานจำเพาะ, } \frac{P}{pV} &= \frac{0.65}{995.68 \times 3.1 \times 10^{-3}} \\ &= 0.21 \text{ วัตต์/กิโลกรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังต่อหน่วยปริมาตร, } \frac{P}{V} &= \frac{0.65}{3.1 \times 10^{-3}} \\ &= 209.68 \text{ วัตต์/เมตร}^3 \end{aligned}$$

2. ความเร็วไหลผ่าน (Superficial velocity),  $V_s$

$$V_s = \frac{\text{อัตราการไหลของก๊าซเข้าสู่ถังกวน}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของถังกวน}}$$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของถังกวน} = 16.00 \times 10^{-2} \text{ เมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่หน้าตัดของถังกวน} &= \frac{\pi (16.00 \times 10^{-2})^2}{4} \\ &= 2.01 \times 10^{-2} \text{ เมตร}^2 \end{aligned}$$

$$\text{ที่อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน} = 7.33 \times 10^{-5} \text{ เมตร}^3/\text{วินาที}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{7.33 \times 10^{-5}}{2.01 \times 10^{-2}} \\ &= 3.65 \times 10^{-3} \text{ เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

### 3. สัดส่วนก๊าซค้ำ , H

$$\text{ความสูงของของเหลวในถังกวนเริ่มต้น} = 16.00 \times 10^{-2} \text{ เมตร}$$

$$\text{ความสูงของของเหลวในถังกวนเมื่อมีก๊าซผ่าน} = 16.20 \times 10^{-2} \text{ เมตร}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{(16.20 - 16.00) \times 10^{-2}}{16.20 \times 10^{-2}} \\ &= 1.25 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

### 4. พื้นที่ผิวสัมผัส , A

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวสัมผัส (13) คือ

$$A = 1.44 \left[ \frac{(P/V)^{0.4} p^{0.2}}{C^{0.6}} \right] H^{0.5} \frac{Et}{P}$$

$$Et = P + P_k + P_q$$

$$P_k = \text{พลังงานจลน์ของก๊าซที่เข้าสู่ถังกวน , วัตต์}$$

$$P_q = \text{กำลังที่ใช้ในการขยายตัวของก๊าซ , วัตต์}$$

$$P_k = 0.5 Q p_g U^2$$

$$U = \text{ความเร็วของก๊าซที่พุ่งออกจากหัวกระจาย}$$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของรูหัวกระจายก๊าซ} = 0.51 \times 10^{-2} \text{ เมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่หน้าตัดของหัวกระจาย} &= \frac{\pi (0.51 \times 10^{-2})^2}{2} \\ &= 2.04 \times 10^{-5} \text{ เมตร}^2 \end{aligned}$$

$$U = \frac{Q}{A}$$

พื้นที่หน้าตัดของหัวกระจายก๊าซ

$$\text{เมื่อ } P = 0.65 \text{ วัตต์, } Q = 7.33 \times 10^{-5} \frac{\text{เมตร}^3}{\text{วินาที}} \text{ และ } \rho_{\text{air}} = 1.1746 \frac{\text{กิโลกรัม}}{\text{เมตร}^3}$$

$$\begin{aligned} P_k &= 0.5 \times 7.33 \times 10^{-5} \times 1.1746 \times \frac{(7.33 \times 10^{-5})^2}{2.04 \times 10^{-5}} \\ &= 5.54 \times 10^{-4} \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_q &= \rho_L g H_L Q \\ &= 995.68 \times 9.806 \times 16.00 \times 10^{-2} \times 7.33 \times 10^{-5} \\ &= 0.1145 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_t &= P + P_k + P_q \\ &= 0.65 + 0.0006 + 0.1145 \\ &= 0.76 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{E_t}{P} &= \frac{0.76}{0.65} \\ &= 1.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 1.44 \left[ \frac{(209.68)^{0.4} (995.68)^{0.2}}{(72.00 \times 10^{-3})^{0.6}} \right] (1.25 \times 10^{-2})^{0.5} 1.18 \\ &= 31.01 \text{ เมตร}^2 / \text{เมตร}^3 \end{aligned}$$

5. เส้นผ่านศูนย์กลางกลางพองก๊าซเฉลี่ย ,  $D_{S.M.}$

$$\begin{aligned} D_{S.M.} &= \frac{6H}{A} \\ &= \frac{6 \times 1.25 \times 10^{-2}}{31.01} \end{aligned}$$

$$= 0.24 \times 10^{-2} \text{ เมตร}$$

6. ผลต่างแรงดึงผิว ,  $\Delta\sigma$

$$\text{แรงดึงผิวของน้ำ} = 72.00 \times 10^{-3} \text{ นิวตัน/เมตร}$$

ที่ความเข้มข้นของสารขอบผิว 5 ส่วนในล้านส่วนวัดค่าแรงดึงผิวได้  $67.50 \times 10^{-3}$  นิวตัน/เมตร

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= (72.00 - 67.50) \times 10^{-3} \\ &= 4.50 \times 10^{-3} \text{ นิวตัน/เมตร} \end{aligned}$$

7. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร ,  $K_L A$

จากสมการการถ่ายเทมวลที่ steady state

$$\ln \left\{ C^* - C_L(t) \right\} = -K_L A t + C$$

จัดรูปใหม่ได้เป็น

$$t = \frac{C}{K_L A} - \frac{1}{K_L A} \ln \left\{ C^* - C_L(t) \right\}$$

ตัวอย่างที่จะแสดงการคำนวณนี้เป็นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมต่อหน่วยปริมาตรของออกซิเจนใน

สารละลาย Cetylpyridinium chloride ที่ความเข้มข้น 20 ส่วนในล้านส่วน โดยที่ความ

เร็วของใบพัดกวนเท่ากับ 20.00 รอบต่อวินาที และอัตราไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน เท่ากับ

$15.67 \times 10^{-5}$  เมตร<sup>3</sup>/วินาที จากรูปที่ ง.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $C^* - C_L(t)$

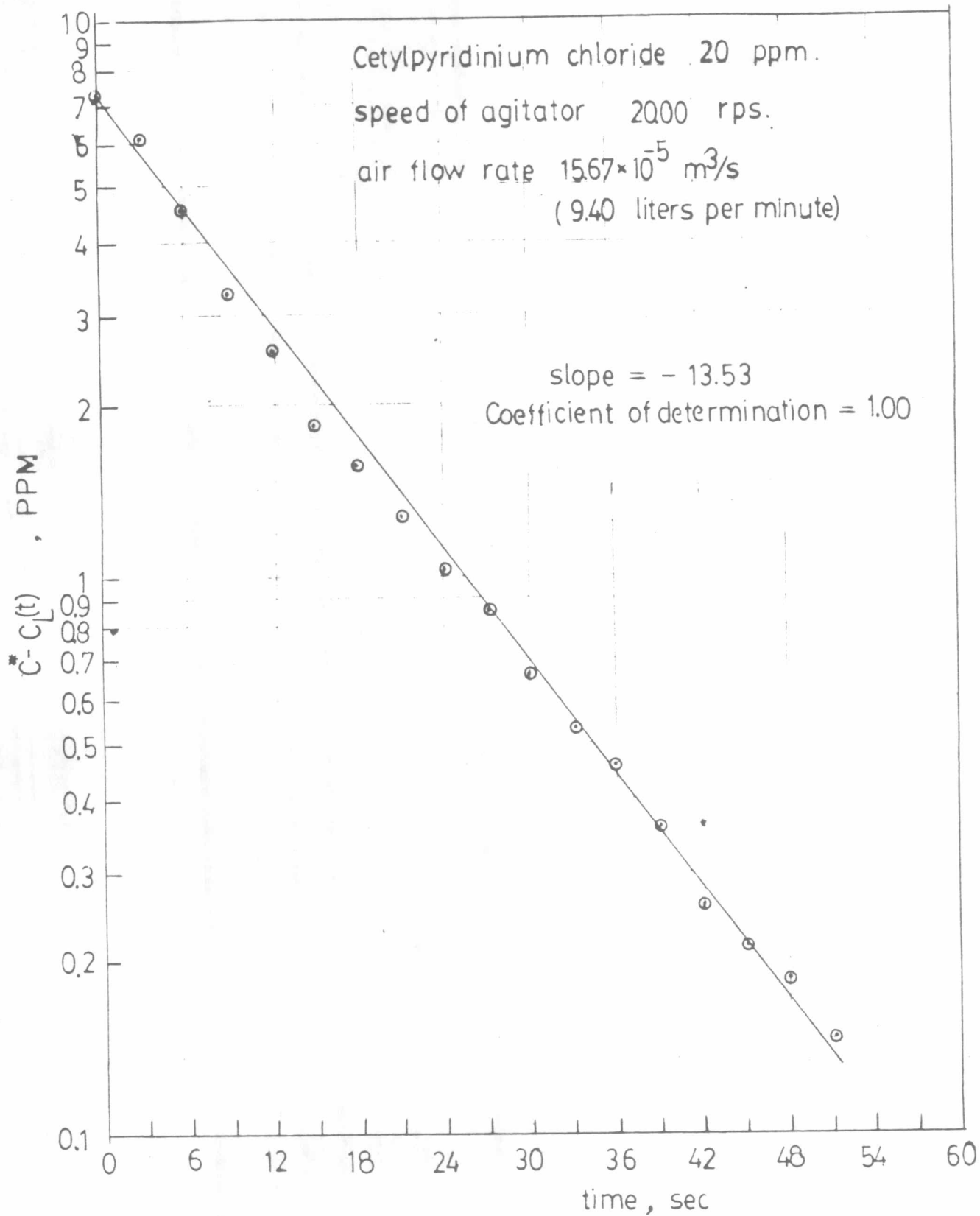
กับเวลาที่ใช้ในการทดลอง จากการคำนวณโดยวิธี Least square จะได้ slope เท่ากับ

-13.53 วินาที

$$\text{slope} = \frac{-1}{K_L A}$$

$$K_L A = \frac{1}{13.53}$$

$$= 7.39 \times 10^{-2} \frac{1}{\text{วินาที}}$$



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของความเข้มข้นของออกซิเจนอิ่มตัวกับความเข้มข้นของออกซิเจนในสารละลายสารขอมิวที่เวลาต่าง ๆ



8. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในของเหลว ,  $K_L$

$$K_L = \frac{K_L A}{A}$$

จากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมต่อหน่วยปริมาตรที่สภาวะเดียวกับการคำนวณหาค่าพื้นที่ผิว-  
สัมผัสโดยวิธีเดียวกับที่แสดงในหัวข้อที่ 7 ได้  $K_L A$  เท่ากับ  $2.24 \times 10^{-2}$

$$\begin{aligned} K_L &= \frac{2.24 \times 10^{-2}}{31.01} \quad \frac{1 \text{ เมตร}}{\text{วินาที}} \\ &= 7.22 \times 10^{-4} \quad \text{เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

9. การคำนวณค่า Aeration number, Reynold number, Schmidt number  
Sherwood number

$$\begin{aligned} \text{Aeration number, } N_{Ae} &= \frac{Q}{NL^3} \\ &= \frac{7.33 \times 10^{-5}}{10.00 \times (5.30 \times 10^{-2})^3} \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

$$\text{Bubble Reynold number, } N_{Re,b} = \frac{DNLP}{\mu}$$

$$\mu = 0.847 \times 10^{-3} \quad \frac{\text{กิโลกรัม}}{\text{เมตร.วินาที}}$$

$$\begin{aligned} N_{Re,b} &= \frac{(0.24 \times 10^{-2})(10.00)(5.30 \times 10^{-2})(995.68)}{(0.847 \times 10^{-3})} \\ &= 1495.28 \end{aligned}$$

$$\text{Impeller Reynold number, } N_{Re,I} = \frac{NL^2P}{\mu}$$

เมื่อ  $N = 13.33$  รอบต่อวินาที

$$N_{Re,I} = \frac{(13.33)(5.30 \times 10^{-2})^2 (995.68)}{(0.847 \times 10^{-3})}$$



$$= 44016.78$$

Schmidt number,  $N_{Sc}$

$$N_{Sc} = \frac{\mu}{\rho D_L}$$

$$D_L = 2.23 \times 10^{-9} \text{ (เมตร)}^2/\text{วินาที} \quad (\text{Lee, 19})$$

$$\begin{aligned} N_{Sc} &= \frac{(0.847 \times 10^{-3})}{(995.68)(2.23 \times 10^{-9})} \\ &= 381.47 \end{aligned}$$

$$\text{Sherwood number, } N_{Sh} = \frac{K_L D}{D_L}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(7.22 \times 10^{-4})(0.24 \times 10^{-2})}{(2.23 \times 10^{-9})} \\ &= 777.41 \end{aligned}$$

#### 10. วิธีการคำนวณพื้นที่ผิวสัมผัสจากสมการที่สร้างขึ้น

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าพื้นที่ผิวสัมผัสซึ่งคำนวณได้โดยใช้ค่าต่าง ๆ จากการทดลอง แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าเหล่านี้ ดังนั้นในการนำค่าพื้นที่ผิวสัมผัสไปใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลในของเหลว ( $K_L$ ) จึงต้องปรับค่าที่ได้ให้สอดคล้องกับสมการที่ 2.22 เพื่อให้ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีมากที่สุด จากสมการ พื้นที่ผิวสัมผัสจะแปรผันโดยตรงกับค่าแรงตึงผิวดังนี้

$$A \propto \sigma^{-0.6} \quad \text{เมื่อ } V_s, P/V \text{ และ } H \text{ คงที่}$$

ตัวอย่างเช่น การทดลองในสารละลายสารขบผิว ที่ค่า  $V_s$  เท่ากับ  $3.65 \times 10^{-3}$  เมตร/วินาที และความเร็วย้อนของใบพัดกวเท่ากับ 13.33 รอบต่อวินาที จะได้ค่าพื้นที่ผิวสัมผัสดังนี้

$\phi, \times 10^{-3}$ นิวตัน/เมตร	72.00	67.50	65.00	61.50	59.00	57.50
A, เมตร <sup>2</sup> /เมตร <sup>3</sup>	52.28	65.38	63.39	71.89	85.36	72.45

$\phi, \times 10^{-3}$ นิวตัน/เมตร	54.50	52.50	50.80	47.30	44.50
A, เมตร <sup>2</sup> /เมตร <sup>3</sup>	70.49	78.13	78.71	81.71	85.38

จากรูปที่ ง.3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง A และ  $\phi^{-0.6}$  ได้สมการเส้นตรงมี slope เท่ากับ 16.47 และ intercept เท่ากับ -19.13 จากความสัมพันธ์นี้สามารถหาค่าพื้นที่ผิวสัมผัสได้ดังนี้

$\phi, \times 10^{-3}$ นิวตัน/เมตร	72.00	67.50	65.00	61.50	59.00	57.50
A, เมตร <sup>2</sup> /เมตร <sup>3</sup>	59.00	63.30	65.54	68.94	71.38	73.35

$\phi, \times 10^{-3}$ นิวตัน/เมตร	54.50	52.50	50.80	47.30	44.50
A, เมตร <sup>2</sup> /เมตร <sup>3</sup>	75.90	77.97	79.73	83.44	86.52

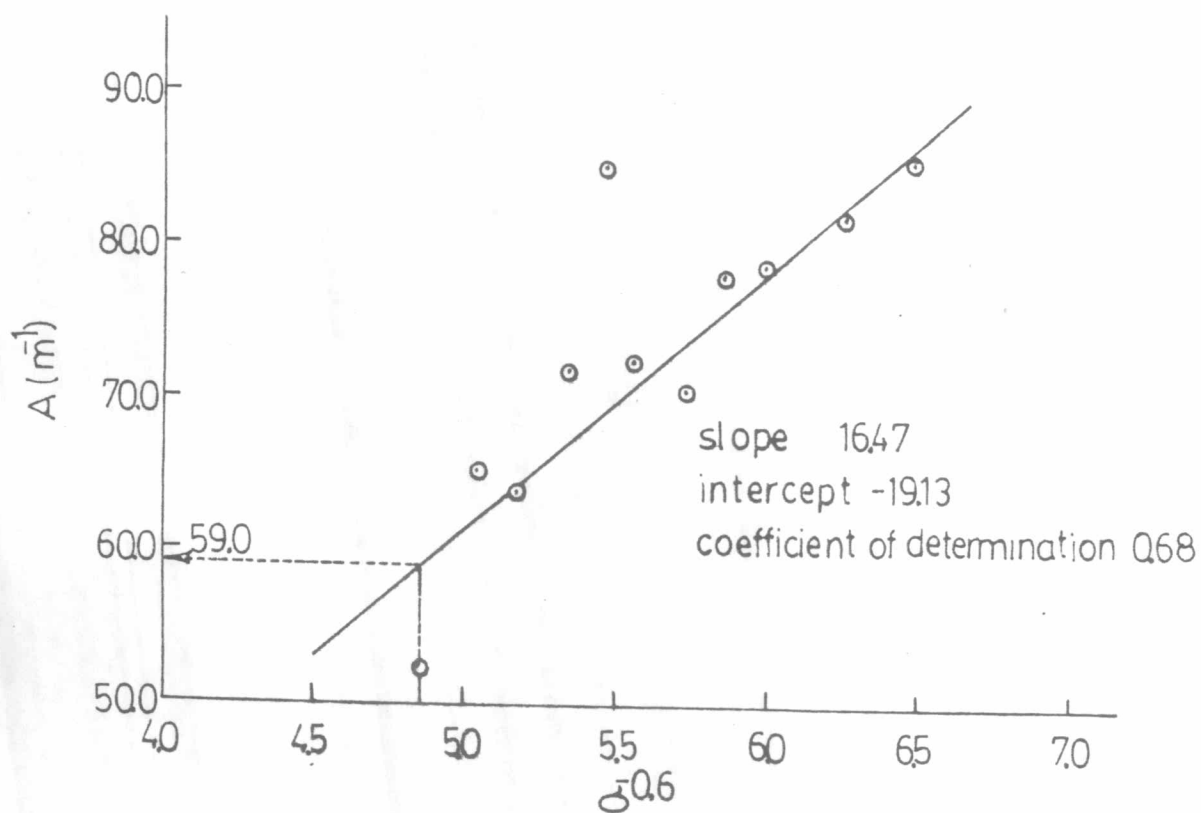
11. การคำนวณค่า ความต้านทานรวม  $\left(\frac{1}{K_L}\right)$  ความต้านทานเมื่อไม่มีสารขอมิวน  $\left(\frac{1}{K_{Lo}}\right)$  ความ

ต้านทานเนื่องจากสารขอมิวน  $\left(\frac{1}{K_S}\right)$  และอัตราส่วนความต้านทานเนื่องจากสารขอมิวน คือ

ความต้านทานเมื่อไม่มีสารขอมิวน  $(K_{Lo}/K_S)$

$$\text{ที่ } V_S = 3.65 \times 10^{-3} \text{ เมตรต่อวินาที}$$

$$N = 13.33 \text{ รอบต่อวินาที}$$



รูปที่ ง ๓ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $A$  และ  $\sigma^{-0.6}$

ที่ความเข้มข้นของสารละลายสารขอมพิว 0 ส่วนในล้านส่วน

$$(C_0 = 72.00 \times 10^{-3} \text{ นิวตัน/เมตร})$$

$$\begin{aligned} K_{Lo} &= \frac{K_L A}{A} \\ &= \frac{2.95 \times 10^{-2}}{59.00} \\ &= 5.00 \times 10^{-4} \text{ เมตร/วินาที} \\ \frac{1}{K_{Lo}} &= 2000.00 \text{ วินาที/เมตร} \end{aligned}$$

ที่ความเข้มข้นของสารขอมพิว 5 ส่วนในล้านส่วน ( $C = 67.50 \times 10^{-3}$  นิวตัน/เมตร)

$$\begin{aligned} K_L &= \frac{K_L A}{A} \\ &= \frac{2.76 \times 10^{-2}}{63.30} \\ &= 4.36 \times 10^{-4} \text{ เมตร/วินาที} \\ \frac{1}{K_L} &= 2293.48 \text{ วินาที/เมตร} \\ \frac{1}{K_s} &= \frac{1}{K_L} - \frac{1}{K_{Lo}} \\ &= 2293.48 - 2000.00 \\ &= 293.48 \text{ วินาที/เมตร} \\ \frac{1/K_s}{1/K_{Lo}} &= \frac{293.48}{2000.00} \\ &= 0.15 \end{aligned}$$

## ภาคผนวก จ

## ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ จ 1. แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลรวมต่อหน่วยปริมาตรในน้ำ, กำลังที่ใช้ในการกวนและค่าสัดส่วนก๊าซค้างที่ภาวะการทดลองต่าง ๆ

$Q \times 10^5$ $\left(\frac{M^3}{S}\right)$	N $(S^{-1})$	P (W)	H x 10 <sup>2</sup>	$K_L A \times 10^2$ $(S^{-1})$
0	10.00	1.11	-	-
	13.33	3.20	-	-
	16.67	6.16	-	-
	20.00	10.16	-	-
	23.33	15.09	-	-
	26.67	20.94	-	-
7.33	10.00	0.65	1.25	2.24
	13.33	1.91	1.85	2.95
	16.67	4.00	2.59	3.89
	20.00	7.30	3.66	5.10
	23.33	11.21	4.96	5.85
	26.67	16.51	5.38	6.92
15.67	10.00	0.46	1.42	2.95
	13.33	1.35	2.07	3.60
	16.67	2.77	2.82	4.59
	20.00	4.71	4.24	6.74
	23.33	7.54	5.35	8.42
	26.67	11.95	6.06	10.46
24.33	13.33	1.11	2.81	4.80
	16.67	2.39	3.36	6.76

ตารางที่ จ 1 (ต่อ)

$Q \times 10^5$ ( $M^3/S$ )	$N$ ( $S^{-1}$ )	$P$ ( $W$ )	$H \times 10^2$	$K_L A \times 10^2$ ( $S^{-1}$ )
24.33	20.00	3.97	4.52	8.56
	23.33	6.36	5.36	12.80
	26.67	9.73	6.38	13.67
41.33	13.33	0.86	1.86	4.78
	16.67	2.08	4.12	7.80
	20.00	3.42	5.09	11.61
	23.33	5.39	5.75	14.68
	26.67	8.13	6.94	16.12
56.00	16.67	1.69	3.67	5.66
	20.00	2.86	5.64	9.71
	23.33	4.42	6.49	12.69
	26.67	6.78	6.97	14.00
62.70	20.00	2.03	6.36	7.49
	23.33	3.34	7.71	13.02
	26.67	5.54	9.20	14.99

ตารางที่ จ 2

ความเร็วของใบพัดกวน 13.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $7.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	1.85	1.91	2.95
5	67.5	2.78	1.72	2.76
10	65.0	2.58	1.72	2.88
20	61.5	3.18	1.66	2.62
30	59.0	4.26	1.66	2.72
40	57.5	2.84	1.79	2.91
60	54.5	2.58	1.72	2.32
80	52.5	2.96	1.79	2.79
100	50.8	2.82	1.85	2.10
150	47.3	2.79	1.85	2.44
200	44.5	2.83	1.85	3.02

## ตารางที่ 3

ความเร็วของใบพัดกวน 16.67 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $7.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาทีอุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (s <sup>-1</sup> )
0	72.0	2.59	4.00	3.89
5	67.5	4.00	3.77	3.85
10	65.0	3.92	3.85	3.78
20	61.5	4.92	3.85	3.48
30	59.0	4.25	3.85	3.45
40	57.5	3.59	3.93	3.38
60	54.5	3.88	3.85	3.85
80	52.5	3.85	3.85	3.72
100	50.8	3.77	3.85	3.84
150	47.3	3.90	3.85	3.36
200	44.5	4.12	3.77	3.51



ตารางที่ จ 4

ความเร็วของใบพัดกวน 20.00 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $7.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	3.66	7.30	5.10
5	67.5	5.57	7.02	5.30
10	65.5	5.66	6.93	5.31
20	61.5	5.48	7.02	5.41
30	59.0	6.27	6.65	5.45
40	57.5	5.25	6.93	4.77
60	54.5	6.83	6.93	4.15
80	52.5	5.66	6.93	4.14
100	50.8	6.74	6.84	4.40
150	47.3	6.38	7.02	5.09
200	44.5	5.96	7.02	5.19

ตารางที่ จ 5

ความเร็วของใบพัดกวน 23.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $7.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	4.96	11.21	5.85
5	67.5	6.51	10.88	5.94
10	65.0	8.07	10.35	6.00
20	61.5	7.35	10.24	6.31
30	59.0	7.83	10.02	6.38
40	57.5	7.44	10.02	6.33
60	54.5	8.39	10.13	6.56
80	52.5	8.30	10.13	6.46
100	50.8	7.87	10.24	6.77
150	47.3	8.36	10.24	6.94
200	44.5	7.86	10.35	7.12

ตารางที่ จ 6

ความเร็วของใบพัดกวน 13.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $15.67 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	2.07	1.35	3.60
5	67.5	3.02	1.29	3.16
10	65.0	3.15	1.35	2.97
20	61.5	3.33	1.35	2.95
30	59.0	3.60	1.29	2.68
40	57.5	4.09	1.23	2.78
60	54.5	3.03	1.35	2.76
80	52.5	3.39	1.29	2.44
100	50.8	3.68	1.35	2.67
150	47.3	3.57	1.35	2.48
200	44.5	3.56	1.29	3.23



ตารางที่ จ 7

ความเร็วของใบพัดควาน 16.67 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังควาน  $15.67 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C	$\sigma \times 10^3$	$H \times 10^2$	P	$K_L A \times 10^2$
(PPM)	(N/m)		(W)	(S <sup>-1</sup> )
0	72.0	2.82	2.77	4.59
5	67.5	5.01	2.54	4.70
10	65.0	5.18	2.54	5.54
20	61.5	5.04	2.38	5.68
30	59.0	5.22	2.54	5.41
40	57.5	4.63	2.54	5.07
60	54.5	4.48	2.62	4.84
80	52.5	4.58	2.62	4.23
100	50.8	5.08	2.54	4.46
150	47.3	4.40	2.62	4.22
200	44.5	5.17	2.54	4.15

## ตารางที่ จ 8

ความเร็วของใบพัดกวน 20.00 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศสู่ถังกวน  $15.67 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาทีอุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\rho \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	4.24	4.71	6.74
5	67.5	5.77	4.44	5.66
10	65.0	6.55	4.34	6.20
20	61.5	7.15	4.34	7.39
30	59.0	6.09	4.44	6.98
40	57.5	6.31	4.34	7.02
60	54.5	6.47	4.34	6.60
80	52.5	6.15	4.44	6.36
100	50.8	7.42	4.34	5.57
150	47.3	7.05	4.34	5.69
200	44.5	6.79	4.44	5.81

ตารางที่ จ 9

ความเร็วของใบพัดกวน 23.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $15.67 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\sigma \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	5.35	7.54	8.42
5	67.5	7.75	7.22	8.49
10	65.0	7.41	7.33	7.79
20	61.5	7.61	7.22	8.25
30	59.0	8.17	7.11	8.66
40	51.5	7.80	7.22	9.27
60	54.5	8.18	7.22	9.34
80	52.5	8.07	7.33	9.58
100	50.8	8.00	7.11	9.86
150	47.3	8.23	7.33	8.51
200	44.5	8.26	7.33	9.09

ตารางที่ จ 10

ความเร็วของใบพัดกวน 13.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $24.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A x 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	2.81	1.11	4.89
5	67.5	3.36	0.99	4.58
10	65.0	3.66	0.92	4.24
20	61.5	3.84	0.92	3.69
30	59.0	3.36	0.86	3.37
40	57.5	4.08	0.92	2.64
60	54.5	3.31	0.99	2.95
80	52.5	4.17	0.86	2.66
100	50.8	3.74	0.86	3.43
150	47.3	3.52	0.86	3.47
200	44.5	4.07	0.86	3.71

ตารางที่ จ 11

ความเร็วของใบพัดกวน 16.67 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $24.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\rho \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	3.36	2.39	6.76
5	67.5	5.78	2.00	6.67
10	65.0	5.60	2.08	6.32
20	61.5	5.34	2.00	5.91
30	59.0	5.36	2.00	4.96
40	57.5	5.94	1.85	5.96
60	54.5	5.05	1.93	5.51
80	52.5	5.37	2.08	4.51
100	50.8	5.54	2.08	4.56
150	47.3	5.67	2.16	4.52
200	44.5	5.83	2.08	5.14



ตารางที่ จ 12

ความเร็วของใบพัดคววน 20.00 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังคววน  $24.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	4.52	3.97	8.56
5	67.5	7.46	3.51	8.31
10	65.0	7.20	3.51	7.39
20	61.5	7.05	3.60	6.65
30	59.0	7.27	3.60	7.15
40	57.5	7.05	3.51	6.68
60	54.5	7.03	3.70	6.76
80	52.5	6.40	3.70	6.36
100	50.8	6.78	3.79	5.98
150	47.3	6.96	3.70	6.66
200	44.5	7.12	3.70	6.10

ตารางที่ จ 13

ความเร็วของใบพัดกวน 23.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $24.33 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\sigma \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	5.36	6.36	12.80
5	67.5	8.50	5.71	11.67
10	65.0	8.20	5.82	11.11
20	61.5	8.54	5.71	11.75
30	59.0	8.60	5.71	11.23
40	57.5	8.41	5.82	11.79
60	54.5	8.16	5.93	11.82
80	52.5	8.94	5.60	11.35
100	50.8	8.94	5.71	10.76
150	47.3	7.86	5.71	11.12
200	44.5	8.09	5.71	12.13

ตารางที่ จ 14

ความเร็วของใบพัดกวน 16.67 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน 32.67 ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\sigma \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	3.57	2.23	8.50
5	67.5	4.90	2.08	5.64
10	65.0	5.09	2.00	5.46
20	61.5	5.44	2.00	5.36
30	59.0	4.80	2.08	5.09
40	57.5	4.95	2.08	5.07
60	54.5	5.58	2.08	4.28
80	52.5	4.76	2.08	6.25
100	50.8	4.76	2.08	5.30
150	47.3	5.30	2.16	5.71
200	44.5	5.56	2.23	6.90

ตารางที่ จ 15

ความเร็วของใบพัดกวน 20.00 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน 32.67 ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\rho \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	4.53	3.70	10.97
5	67.5	6.36	3.33	7.68
10	65.0	6.44	3.23	6.48
20	61.5	6.74	3.23	6.60
30	59.0	6.59	3.14	6.14
40	57.5	6.11	3.14	6.41
60	54.5	6.20	3.05	5.44
80	52.5	6.09	3.23	6.16
100	50.8	6.98	3.23	5.74
150	47.3	6.37	3.33	5.19
200	44.5	7.03	3.33	6.36

ตารางที่ จ 16

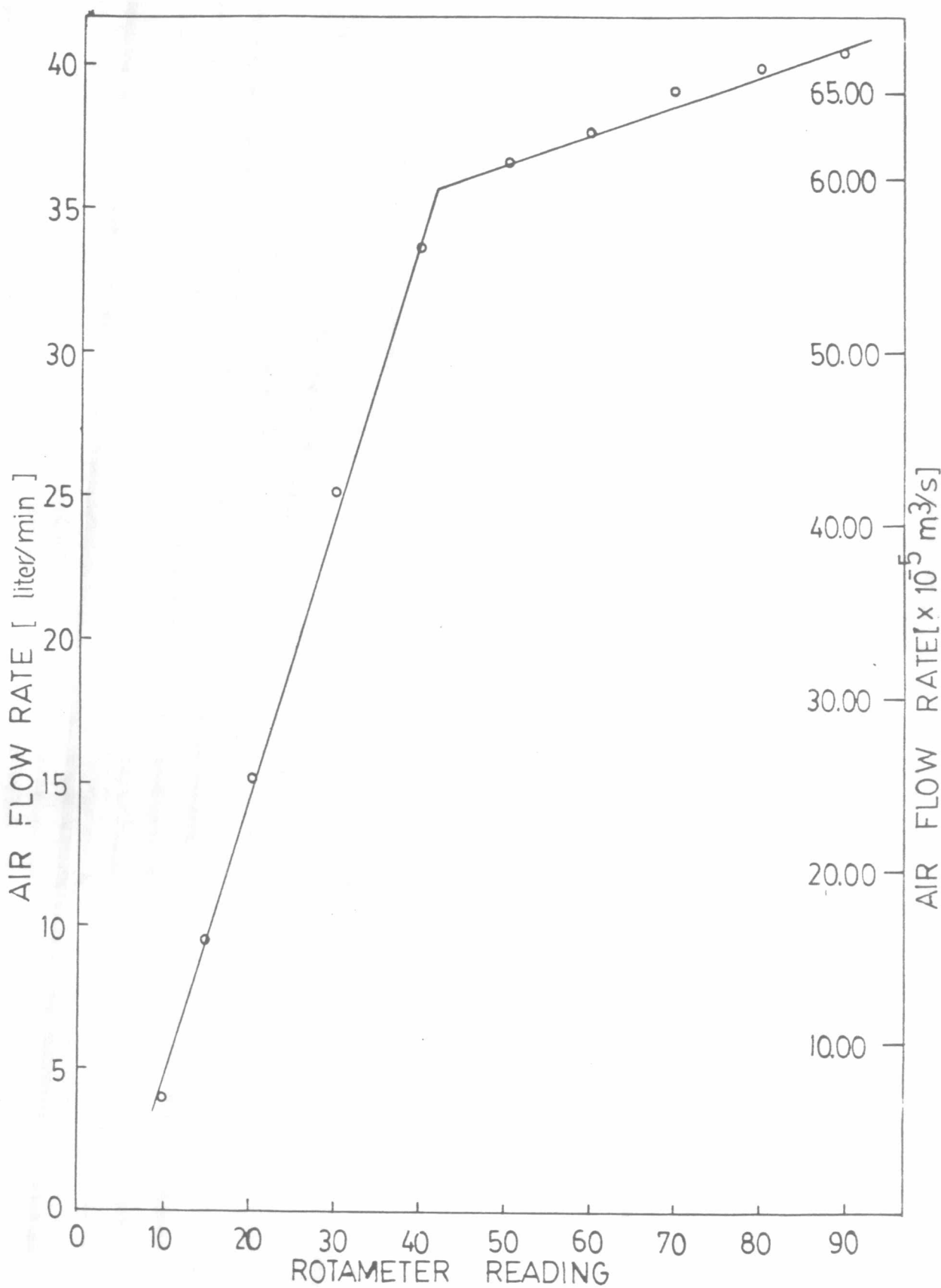
ความเร็วของใบพัดกวน 23.33 รอบต่อวินาที

อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ถังกวน  $32.67 \times 10^{-5}$  ลบ.ม.ต่อวินาที

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง  $27.0 \pm 3$  องศาเซลเซียส

C (PPM)	$\phi \times 10^3$ (N/m)	H x 10 <sup>2</sup>	P (W)	$K_L A \times 10^2$ (S <sup>-1</sup> )
0	72.0	5.73	6.04	13.47
5	67.5	8.18	5.50	10.37
10	65.0	8.67	5.39	10.59
20	61.5	8.60	5.50	10.26
30	59.0	8.80	5.39	10.64
40	57.5	8.32	5.39	9.86
60	54.5	8.25	5.50	10.23
80	52.5	8.61	5.60	9.29
100	50.8	8.87	5.50	7.65
150	47.3	9.07	5.60	8.29
200	44.5	9.01	5.60	8.12

Calibration curve of rotameter



## ประวัติผู้เขียน

นายสมพร สมเจริญศิลป์ เกิดวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2497 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี จบปริญญาตรีเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2519 ปัจจุบันอยู่ที่บ้านเลขที่ 522/9 ถนนเทอดไทย ตลาดพลู กรุงเทพฯ.

