



รายการอ้างอิง

1. Loyen, G., and Dereinda, R. The Rubber International Magazine (January 2000): 73-98.
2. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. การผลิตยางธรรมชาติ. เอกสารทางวิชาการ, เลขที่ 92 (กุมภาพันธ์). ศูนย์วิจัยการยางสงขลา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา, 2524.
3. Brydson, J.A. Rubber Chemistry. London: Applied Science Publishers, 1978.
4. น้ำยาง. ภาควิชาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2531.
5. วราภรณ์ ขจรไชยกูล, ผลชิต บัวแก้ว และ ภัทธา กานตศิลป์. น้ำยางข้นและการผลิตถุงมือยาง. (ม.ป.ท, ม.ป.ป.).
6. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, บรรณานิการ. คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). พิมพ์ครั้งที่ 3, 2533.
7. Tasakorn, P. Liquid-Liquid Dispersion in Relation to Suspension Polymerization. Doctoral dissertation, Department of Chemical Engineering, University College of Swansea, University of Wales, 1977.
8. Hinze, J.O. Fundamentals of the Hydrodynamic Mechanism of Spitting in Dispersion Processes. AIChEJ 1(1955): 289.
9. Clay, P.H. 1940. Proc. Roy. Acad. Sci. (Amsterdam), 43, 852. Cited in Tasakorn, P. Liquid-Liquid Dispersion in Relation to Suspension Polymerization. Doctoral dissertation, Department of Chemical Engineering, University College of Swansea, University of Wales, 1977.
10. Shinnar, R., and Church, J.M. Predicting Particle Size in Agitated Dispersion. Ind. Eng. Chem. 52(1960): 253.
11. Miller, S.A., and Mann, C.A. Agitation of Two-Phase System of Immiscible Liquids. Trans. AIChE (1944): 709.
12. Vermulen, T., Williams, G.M. and Langlois, G.E. Interfacial Area in Liquid-Liquid and Gas-Liquid Agitation. Chem. Eng. Progr 51(1955): 85F-95F.
13. Chen, H.T., and Middleman, S. Drop Sizes Distribution in Agitated Liquid-Liquid System. AIChEJ 13(1967): 989.

14. Calderbank, P.H. Physical Rate Processes in Industrial Fermentation. Trans. Instn. Chem. Engrs. 36(1958): 443.
15. Mlynek, Y., and Resnick, W. Drop Sizes in an Agitated Liquid-Liquid System. AIChEJ 18 (January 1972): 122- 127.
16. Roger, W.A., Trice, V.G., and Rushton, J.H. Effect of Fluid Motion on Interfacial Area of Dispersions. Chem. Eng. Progr. 52(1956): 515.
17. Zerfa, M. and Brooks, B.W. Prediction of Vinyl Chloride Drop Size in Stabilized Liquid-Liquid Agitated Dispersion. Chem. Eng. Sci. 51(November 1996): 3223-3230.
18. Grossman, G. Determination of Droplet Size Distribution in Liquid-Liquid Dispersions. Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Development 11(1972): 537.
19. รัตนา จิระรัตนานนท์. การถ่ายเทมวล. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.
20. Sprow, F.B. Drop Size Distribution in Strongly Coalescing Agitated Liquid-Liquid Systems. AIChEJ. 13(September 1967): 995-998.
21. Johnson, T. and Thomas, S. Nitrogen/Oxygen Permeability of Natural Rubber, Epoxidised natural Rubber and Natural Rubber/Epoxidised Natural Rubber Blends. Polymer 40(1999): 3223.
22. Reis-Nunes, R.C. , Compan, V. and Rainde, E. Gas Transport in Vulcanized Natural Rubber-Cellulose.II. Composites. J. Polym. Sci 38(2000):393-402.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ค่าแรงตึงระหว่างผิวของ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และ o-xylene ที่ 25 องศาเซลเซียส

สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าแรงตึงระหว่างผิว (มิลลินิวตันต่อตารางเมตร)
0.0005	31.2
0.001	29.8
0.003	20.1
0.005	17.3
0.01	15.2
0.05	14.6
0.1	13.5
0.5	10.5
1.0	10

ตารางที่ ก.2 สมบัติทางกายภาพของสารอินทรีย์

สมบัติทางกายภาพ (ที่ 25 องศาเซลเซียส)	o-xylene
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	876
แรงตึงผิว (มิลลินิวตันต่อตารางเมตร)	30
ความหนืด (mNs/m ²)	0.756

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลองการกระจายขนาดหยด

ตารางที่ ข.1 แสดงการกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.1

- ปริมาตรสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 5.68×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

- ปริมาตร o-xylene 6.4×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร

ขีดจำกัดบนของอันตรภาคชั้น $\times 10^6$ (ไมโครเมตร)	จำนวนหยด ความเร็วรอบใบกวน (รอบต่อนาที)					
	500	700	900	1000	1100	1200
3.4	12	583	540	520	818	732
6.3	18	345	360	343	356	406
9.2	10	116	119	109	134	77
12.2	9	88	77	51	38	14
15.1	6	60	24	4	6	2
18.0	12	20	4	3	2	0
21.0	10	9	1	1	1	0
23.9	200	1	2	1	0	0
26.8	150	2	1	0	1	0
29.8	360	1	1	0	2	0
32.7	420	2	1	0	0	0
35.6	120	2	1	1	0	0
38.6	100	1	0	0	0	0
41.5	50	1	0	1	0	0
44.4	20	1	0	0	0	0
47.4	5	1	0	0	0	0
จำนวนหยดทั้งหมด	1502	1233	1131	1034	1358	1231
$D_{32} =$	27.7	20.7	13.9	13.7	11.1	7.2

ตารางที่ ข.2 แสดงการกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.15

- ปริมาตรสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 5.37×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

- ปริมาตร o-xylene 9.5×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร

ขีดจำกัดบนของอันตรภาคชั้น $\times 10^6$ (ไมโครเมตร)	จำนวนหยด						
	ความเร็วรอบใบกวน (รอบต่อนาที)						
	500	700	900	1000	1100	1200	1300
3.4	63	381	367	439	458	543	695
6.3	43	228	262	287	245	264	309
9.2	25	147	164	125	181	174	55
12.2	80	68	183	105	146	53	10
15.1	69	53	93	42	13	7	2
18.0	200	79	25	2	3	1	2
21.0	150	60	4	1	2	0	0
23.9	200	26	4	3	3	1	0
26.8	327	3	2	1	0	0	1
29.8	359	6	1	1	1	0	0
32.7	185	1	1	1	0	0	0
35.6	50	0	1	0	0	0	0
38.6	20	1	0	0	0	0	0
41.5	10	2	0	0	0	0	0
44.5	2	1	0	1	0	0	0
47.4	2	0	0	0	0	0	0
จำนวนหยดทั้งหมด	1785	1056	1107	1008	1052	1043	1074
$D_{32} =$	28.7	21.9	15.6	15.5	12.4	9.9	8.4

ตารางที่ ข.3 แสดงการกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.20

- ปริมาตรสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 5.04×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

- ปริมาตร o-xylene 1.28×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

ขีดจำกัดบนของอันตรภาคชั้น $\times 10^6$ (ไมโครเมตร)	จำนวนหยด					
	ความเร็วรอบใบกวน (รอบต่อนาที)					
	500	700	800	900	1000	1100
3.4	86	376	395	446	530	390
6.3	53	184	261	300	310	358
9.2	45	130	138	171	122	214
12.2	69	91	70	138	75	100
15.1	156	69	67	112	24	24
18.0	200	62	66	35	2	1
21.0	163	55	25	13	2	1
23.9	333	31	12	2	1	0
26.8	280	12	5	2	0	0
29.8	120	4	2	3	0	0
32.7	68	0	0	1	0	0
35.6	46	2	0	1	0	0
38.6	3	3	1	0	0	0
41.5	5	1	0	1	0	0
44.5	1	1	0	0	0	0
47.4	1	1	0	0	0	0
จำนวนหยดทั้งหมด	1629	1022	1042	1225	1066	1088
$D_{32} =$	30.6	23.8	18.8	17.1	11.2	10.7

ตารางที่ ข.4 แสดงการกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.30

- ปริมาตรสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 4.42×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

- ปริมาตร o-xylene 1.90×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

ขีดจำกัดบนของอันตรภาคชั้น $\times 10^6$ (ไมโครเมตร)	จำนวนหยด					
	ความเร็วรอบไมกวน (รอบต่อนาที)					
	500	700	800	900	1000	1100
3.0	22	198	368	336	460	312
5.6	31	89	165	189	321	308
8.2	29	56	212	145	125	406
10.8	42	96	102	136	123	135
13.4	33	113	68	147	110	120
16.0	55	142	85	122	84	96
18.6	65	295	39	89	56	36
21.2	73	123	68	76	20	27
23.8	88	97	44	48	19	1
26.4	95	112	59	36	8	6
29.0	210	84	45	22	6	1
31.6	225	43	22	12	3	0
34.2	435	35	18	4	2	0
36.8	326	27	10	2	1	2
39.4	85	8	5	2	0	1
42.0	46	3	2	0	0	1
44.6	32	8	2	0	0	0
47.2	12	2	1	1	0	1
49.8	4	5	0	0	0	0
52.4	8	1	0	0	0	0
55.0	2	3	0	0	0	0
57.6	0	1	0	0	0	0
60.2	1	1	0	0	0	0
62.8	0	0	0	0	0	0
จำนวนหยดทั้งหมด	1919	1542	1315	1367	1338	1453
D ₃₂	31.6	24.9	22.8	18.8	15.4	14.0

หมายเหตุ เกิดฟิล์ม o-xylene ด้านบนขณะกวนที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

ตารางที่ ข.5 แสดงการกระจายขนาดหยดที่สัดส่วนระหว่างเฟส 0.50

- ปริมาตรสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 3.16×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

- ปริมาตร o-xylene 3.16×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

ขีดจำกัดบนของอันตรภาคชั้น $\times 10^6$ (ไมโครเมตร)	จำนวนหยด					
	ความเร็วรอบใบกวน (รอบต่อนาที)					
	500	700	800	900	1000	1100
3.0	12	275	343	394	443	565
5.6	24	166	182	206	299	388
8.2	28	121	135	195	185	147
10.8	36	53	64	112	124	122
13.4	22	66	88	130	136	68
16.0	43	43	47	96	84	83
18.6	46	46	66	84	42	39
21.2	85	85	91	91	18	21
23.8	26	56	45	37	9	3
26.4	41	84	62	25	6	5
29.0	125	125	84	23	3	2
31.6	223	143	99	12	2	3
34.2	210	75	46	5	4	0
36.8	408	86	23	3	2	2
39.4	108	16	12	1	1	1
42.0	89	13	3	2	2	2
44.6	60	25	1	0	0	0
47.2	48	2	2	1	1	1
49.8	22	0	0	0	0	0
52.4	13	1	1	1	1	1
55.0	13	1	1	0	0	0
57.6	8	0	0	0	0	0
60.2	3	1	1	0	0	0
62.8	0	0	0	0	0	0
จำนวนหยดทั้งหมด	1693	1483	1396	1418	1362	1453
D_{32}	34.7	29.1	26.2	23.2	19.5	17.0

หมายเหตุ เกิดฟิล์ม o-xylene ด้านบนขณะกวนที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

ตารางที่ ข.6 แสดงการกระจายขนาดรูเฉลี่ยที่เกิดบนผิวฟิล์ม ที่สัดส่วนเฟส 0.1 0.15 และ 0.2

ขนาดรู (ไมโครเมตร)	จำนวนหยด		
	$\phi=0.1$	$\phi=0.15$	$\phi=0.2$
3	0	0	0
6	0	0	0
9	0	0	2
12	5	0	5
15	8	5	6
18	20	20	12
21	18	20	15
24	28	30	17
27	9	10	15
30	1	1	10
33	5	5	10
36	5	8	5
39	1	1	1
42	0	0	1
45	0	0	1
จำนวนหยดรวม	100	100	100
d_{32}	25.6	26.5	28.5

ภาคผนวก ค
ข้อมูลการทดลองอัตราการซึมผ่านของน้ำ

ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มยาง

หนา 350 ไมโครเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส $\phi=0.2$

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราการซึมผ่านได้ของน้ำ $\times 10^4$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง)
400	14.7
500	12.8
600	12.5
700	9.8
900	9.8
1000	9.1

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มไม่ผสม o-xylene ที่
อุณหภูมิต่าง ๆ

ความหนา (ไมโครเมตร)	อัตราการซึมผ่านได้ของน้ำ $\times 10^4$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	40	50	60
259	5.7	23.6	36.6	52.3
263	5.8	25.4	42.1	47.6
284	5.4	23.8	41.4	50.9
310	4.4	20.6	38.0	48.9
325	4.1	16.9	36.3	46.9
343	3.9	19.0	34.4	47.8
358	3.5	16.1	32.9	48.4
376	3.4	15.1	30.9	46.2
387	3.0	14.4	31.8	47.0

ตารางที่ ค.3 แสดงผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.1$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ความหนา (ไมโครเมตร)	อัตราการซึมผ่านได้ของน้ำ $\times 10^{-4}$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	40	50	60
263	10.3	32.1	44.3	56.9
275	10.5	31.0	42.5	54.8
289	9.3	30.6	43.9	55.9
308	10.0	27.1	44.0	55.7
325	9.5	25.3	43.6	54.4
335	9.0	26.4	42.9	53.5
365	8.8	24.3	35.4	52.8
375	8.9	23.1	34.8	52.1
395	8.2	23.1	33.8	51.2

ตารางที่ ค.4 แสดงผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.2$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ความหนา (ไมโครเมตร)	อัตราการซึมได้ของน้ำ $\times 10^{-4}$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	40	50	60
255	11.4	32.8	48.4	64.0
275	10.8	32.0	48.6	62.9
286	10.0	31.0	47.9	62.8
306	10.3	27.4	44.6	57.0
325	10.9	26.7	46.4	57.2
335	10.7	25.7	43.6	55.5
355	10.8	26.4	37.7	54.5
370	8.4	25.6	36.8	52.7
385	9.4	25.9	36.3	53.8

ตารางที่ ค.5 แสดงผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.3$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

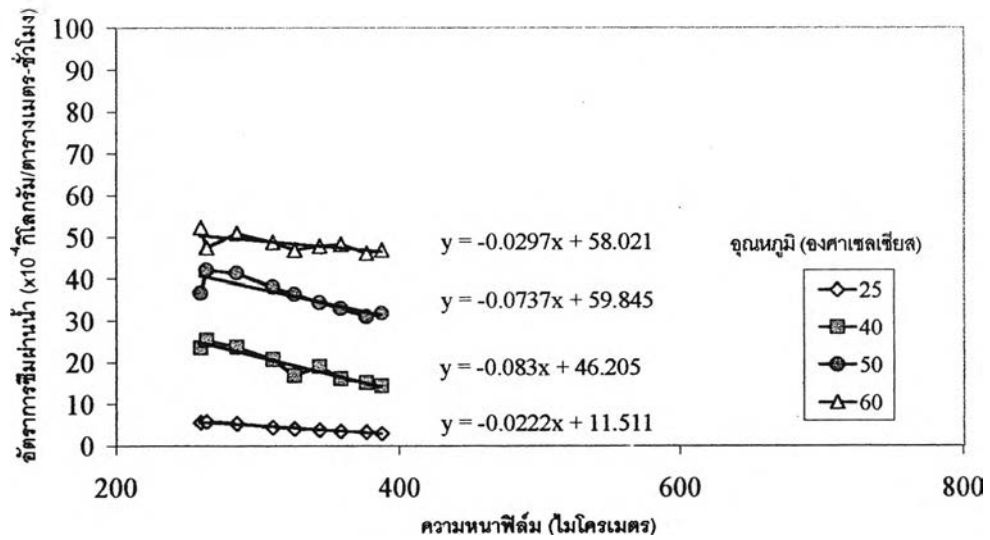
ความหนา (ไมโครเมตร)	อัตราการซึมได้ของน้ำ $\times 10^{-4}$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	40	50	60
257	10.6	35.5	49.2	68.0
283	9.9	34.8	49.0	67.4
294	9.0	33.6	47.6	66.6
310	8.9	33.2	45.6	56.4
333	8.5	32.7	44.8	57.7
346	9.4	33.6	46.8	58.6
362	8.2	28.1	45.9	57.3
375	8.4	28.8	44.7	56.3
387	7.8	27.6	43.9	55.5

ตารางที่ ค.6 แสดงผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านแผ่นฟิล์มผสม o-xylene $\phi=0.5$ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

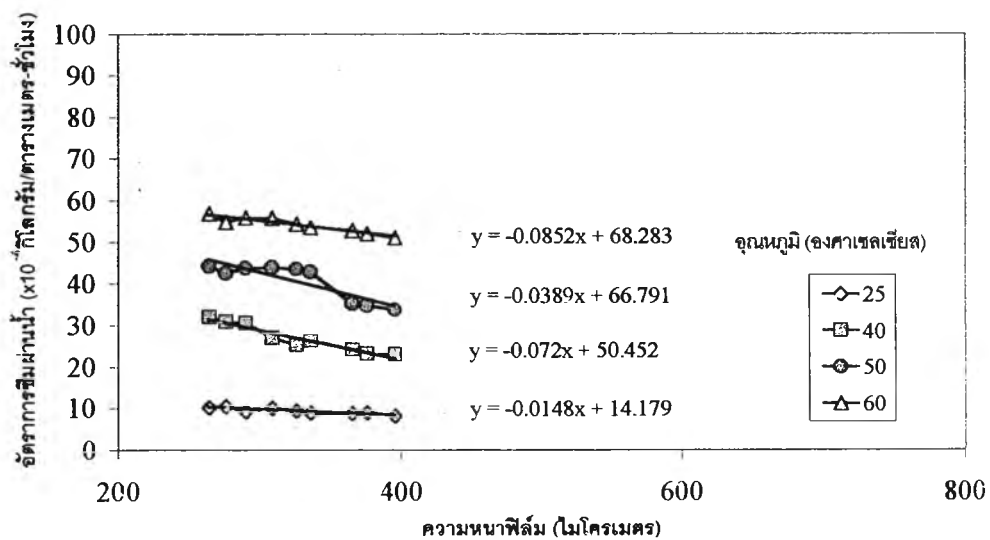
ความหนา (ไมโครเมตร)	อัตราการซึมได้ของน้ำ $\times 10^{-4}$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง)			
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	40	50	60
258	10.2	35.9	49.7	73.0
276	9.7	35.2	49.5	71.6
284	8.9	34.9	48.7	69.9
310	9.9	33.5	48.5	60.8
325	9.3	33.0	47.3	59.4
338	9.5	31.2	46.0	58.8
360	9.6	30.8	46.1	59.9
373	9.2	30.6	45.2	59.1
388	8.6	29.6	44.1	57.9

ภาคผนวก ง

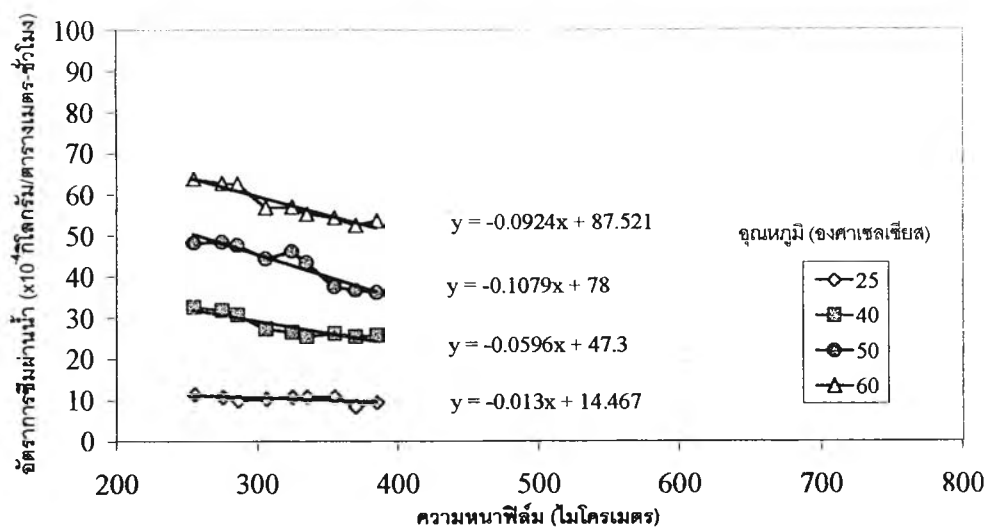
สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาแผ่นฟิล์ม



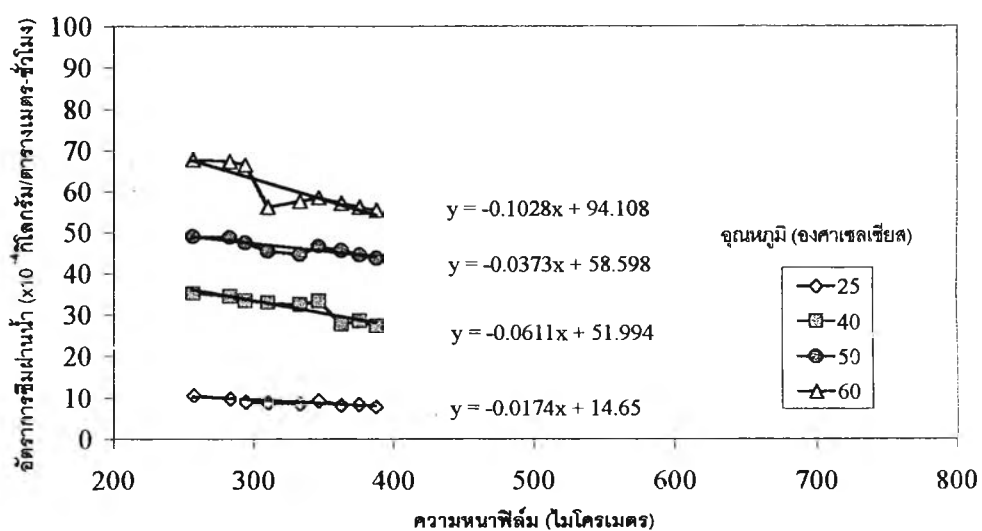
รูปที่ ง.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่จุดหมุมิต่าง ๆ $\phi = 0$



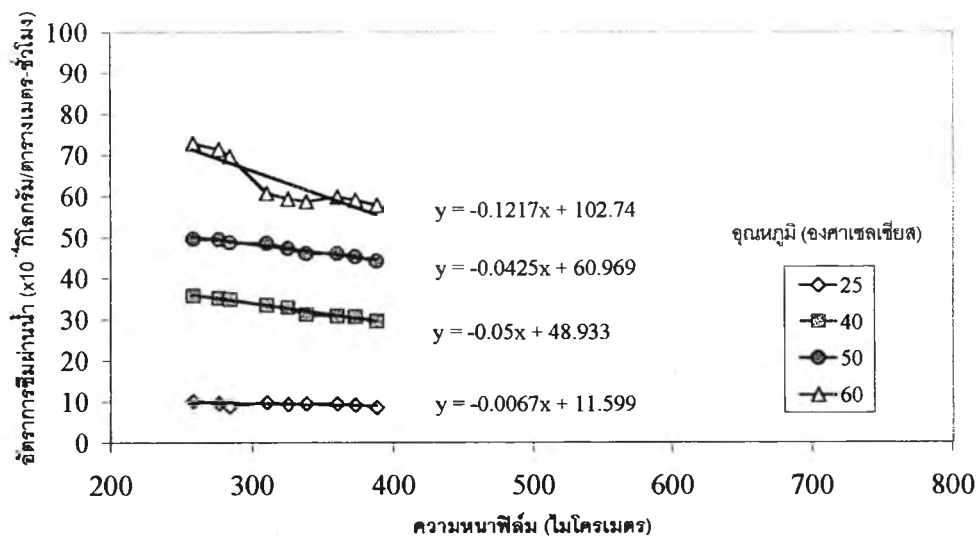
รูปที่ ง.2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่จุดหมุมิต่าง ๆ $\phi = 0.1$



รูปที่ 3.3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่จุดหนุมิต่าง ๆ $\phi = 0.2$



รูปที่ 3.4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่จุดหนุมิต่าง ๆ $\phi = 0.3$



รูปที่ 5 สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำกับความหนาฟิล์ม ที่จุดหมุมิต่าง ๆ $\phi = 0.5$

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณ

จากสมการความสัมพันธ์

$$\frac{D_{32}}{D_1} = \beta \cdot f(\phi) \frac{K}{(\theta C)^{0.4}} \left[\frac{1}{Np} \right]^{0.4} \cdot We_1^{-0.6} \quad (2.45)$$

ค่าความชันจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง D_{32}/D_1 กับ $We^{-0.6}$ ได้ค่าความชันดังต่อไปนี้

สำหรับ $\phi=0.1$ ค่าความชันเท่ากับ 1.89 รูปที่ 4.7

$\phi=0.15$ ค่าความชันเท่ากับ 1.97 รูปที่ 4.8

$\phi=0.2$ ค่าความชันเท่ากับ 2.06 รูปที่ 4.9

ถ้า $f(\phi)$ ถูกแทนด้วย $(1+c_8\phi)$ ความชันของกราฟแสดงด้วย $c_7(1+c_8\phi)$ แก้สมการหาค่า c_7 และ c_8 ได้ c_7 เท่ากับ 0.02 c_8 เท่ากับ 0.89

$$\beta \cdot f(\phi) \frac{K}{(\theta C)^{0.4}} \left[\frac{1}{Np} \right]^{0.4} = 0.02(1 + 0.89\phi)$$

จากกราฟ รูปที่ 4.2 4.3 4.4 ได้ค่าเฉลี่ย $\frac{d_{95}}{D_{32}} = 1.91$

$$\beta = 1/1.91 = 0.52$$

จากผลการทดลองของ Clay ได้ค่าคงที่ $K = 0.72$

ค่า power number ของถังกวนติดครีป $N_p \approx 4.1$

$$C = 4/27\pi = 0.0472$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \theta^{0.4} = \frac{(0.52)(0.72)}{(0.0472)^{0.4} (4.1)^{0.4} (0.02)}$$

$$\theta = 7.83 \times 10^3$$



ประวัติผู้เขียน

นางสาว อัจฉณี ชลมาตร์ เกิดวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2520 ที่ตำบลหนองไม้แดง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2541