

รายการอ้างอิง

1. I. M. Campbell, Acid and Properties of Major Industrial Acid, Chapman & Hall, 1992.
2. N. D. Nevers, Air Pollution Control Engineering, McGraw Hill, Inc., 1995.
3. G. Astarita, D. W. Savage, and A. Bisio, Gas Treatment with Chemical Solvent, John Wiley And Sons, Inc., 1983.
4. H. Hikita, S. Asai and T. Takatsuka, Gas Absorption with a Two Step Instantaneous Chemical Reaction, Chem. Eng J., 4, 31 – 39 (1972).
5. H. Hikita, S. Asai, and T. Takatsuka, Absorption of Sulfur Dioxide into Aqueous Sodium Hydroxide and Sodium Sulfite Solutions, AIChE J., 23 (4), 238 – 544, (1977).
6. K. Onda., T. Kobayashi, M. Fujine, and M. Takahashi, Behavior of The Reaction Plane Movement in Gas Absorption Accompanied by Instantaneous Chemical Reaction, Chem Eng Sci, 26 (12), 2009 – 2006, 1971.
7. V. Linek., and J. Mayrhoferova, The kinetic of Oxidation of Aqueous Sodium Sulfite Solution, Chem. Eng Sci., 25, 787 – 800, 1970.
8. E. Alper, and Abu – Sharkh, Kinetics of Absorption of oxygen into Aqueous Sodium Sulfite : Order in oxygen, Chem Eng Sci., 34 (8), 1384 – 1386, 1988.

9. K. Onda, H. Takeuchi, and Y. Maeda, The Absorption of Oxygen into Sodium Sulfite Solution in a Packed Column, Chem. Eng Sci., 27, 449 (1972).
10. Y. T. Shah, Gas-Liquid Solid Reaction Design, McGraw-Hill Inc., 1979.
11. D. L. Roberts, and S. K. Friedlander, Sulfur Dioxide Transport Through Aqueous Solution, AIChE Journal, 26 (4), 593 – 610 (1980).
12. R. B. Bird, W. E. Stewart, and E. N. Lightfoot, Transport Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., 1960.
13. H. F. Mark, D. F. Othmer, C. G. Overberger and G. T. Seaborg, Encyclopedia of Chemical Technology, Willy & Sons, Inc., 1983.
14. J. Buzek, and M. Jaschek, Gas – Liquid Equilibria in the system SO₂ Aqueous Solutions of NaHSO₃ / Na₂SO₃ / Na₂SO₄, Chem Eng Sci, 50 (19) 3067 – 3075, 1995.
15. T. J. Browder, Operator Instructions Sulphuric Acid Plant, Tim J. Brower Company.
16. T. P. Hou, Manufacture of Soda, Reinhold Publishing Cooperation, 1942.
17. W. I. Linke, Solubilities of Inorganic and Metal Organic Compounds, American Chemical Society, 1958.
18. R. H. Perry, D. W. Green, and J. O. Maloney, Perry's Chemical Engineerins' Hand Book, McGraw-Hill, Inc., 1984

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

สำหรับกรณีที่ไม่มีการเติมออกซิเจน โดยใช้ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ เริ่มต้น เท่ากับ 23.15 % ที่เวลา 5 นาที

ก.1 หาค่าความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ในหน่วย g-mol/l (B_0)

$$B_0 = \frac{C_{NaOH} \times \rho_{soln}}{MW_{NaOH}}$$

C_{NaOH} = ความเข้มข้นของ NaOH ในหน่วย % by wt

ρ_{soln} = ความหนาแน่นของสารละลาย

MW_{NaOH} = มวลโมเลกุลของ NaOH มีค่าเท่ากับ 40

จากตารางในภาคผนวก ข. ตารางที่ 5 $C_{NaOH} = 12.51$ % by wt และ จาก
ภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2 ความหนาแน่นของสารละลาย เท่ากับ 1.227 g/cm^3

$$\begin{aligned} B_0 &= \frac{(12.51 \times 1.227 \times 10)}{40} \\ &= 3.8374 \quad \text{gmol / l} \end{aligned}$$

ก.2 การคำนวณหาปริมาณการดูดกลืนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

คำนวณจากปริมาณของไฮดรอกซิลไอออนที่หายไปในช่วง 5 นาทีแรก

$$\begin{aligned} [\text{OH}]_{\text{ที่หายไป}} &= [\text{OH}]_{\text{ที่เริ่มต้น}} - [\text{OH}]_{\text{ที่เหลือ}} \\ &= 10.83 - 5.16 \\ &= 5.67 \text{ g - mol/l} \end{aligned}$$

ปริมาตรรวมของสารละลายที่ใช้เท่ากับ 12 ลิตร

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาณ } [\text{OH}]_{\text{ที่หายไปรวมต่อเวลา}} &= \frac{5.67 \times 12}{5} \\ &= 13.60 \text{ g - mol/min} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการดูดกลืนเท่ากับ 13.60 g - mol/min แสดงในตารางที่ 4.1

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลอง

ข. หาอัตราการดูดกลืนแก๊ส ในหลอดกลืนในระบบที่ไม่มีการเติมออกซิเจน

ตารางที่ ข.1 ค่าของอุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)				หลอดกลืน	pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส				
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	35	50	47	44	48	13.09	1.158
10	40	60	47	59	62	12.91	1.200
15	41	59	47	57	59	6.38	1.212
20	39	54	47	53	55	5.57	1.220
25	39	51	47	50	52	-	-
30	37	57	47	46	47	3.51	1.266

ตารางที่ ข.2 ค่าของอุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)				หลอดกลืน	pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส				
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	56	65	52	52	58	13.37	1.227
10	68	68	50	58	65	13.76	1.219
15	69	70	50	58	67	10.75	1.221
20	62	62	50	55	64	5.90	1.256
25	59	58	50	55	60	-	-
30	54	51	50	52	54	-	1.390

ตารางที่ ข.3 ค่าของอุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบตุกกลินแก๊สที่ความเข้มข้นของ
โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)					pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส		หอคुकกลิน		
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	60	68	48	58	64	12.60	1.221
10	69	64	48	66	73	12.73	1.274
15	67	74	48	68	74	13.81	1.331
20	64	73	48	65	72	13.60	1.353
25	62	72	48	65	70	13.31	1.378
30	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข.4 ค่าของอุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบตุกกลินแก๊สที่ความเข้มข้นของ
โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)					pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส		หอคुकกลิน		
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	32	85	49	53	71	11.45	1.468
10	48	88	50	60	83	11.61	1.557
15	64	92	50	73	95	11.66	1.433
20	63	88	50	75	95	11.24	1.361
25	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข.5 ค่าของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย ในหน่วย ร้อยละ โดยมวล

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	3.45	12.51	16.91	35.53
10	0.67	7.58	14.68	33.17
15	0.00	0.69	10.79	29.09
20	0.00	0.00	7.29	25.49
25	0.00	0.00	2.13	-
30	0.00	0.00	0.00	-

ตารางที่ ข.6 ค่าความเข้มข้นของซัลไฟต์ไอออนในสารละลาย ในหน่วย g-mol/l

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	0.8567	0.8967	0.8134	0.9934
10	1.3240	1.4150	1.3794	1.5358
15	2.0286	2.0304	2.8503	1.7833
20	2.2102	3.4579	4.0813	3.1742
25	-	-	-	-
30	3.2829	6.0030	-	-

ตารางที่ ข.7 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในสารละลาย ในหน่วย g-mol/l

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	0.3141	0.1632	0.5142	0.8585
10	0.3344	0.2363	0.8388	0.9811
15	0.4341	0.3015	0.9426	2.1978
20	0.5635	0.4373	1.2804	4.3393
25	-	-	-	-
30	1.0399	0.9157	-	-

ตารางที่ ข.8 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอไรไดออกไซด์ในสารละลาย ในหน่วย g-mol/l

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	0.4835	0.6432	0.1478	0.3572
10	0.8920	0.7935	0.3310	0.4296
15	1.0355	1.5503	0.4970	0.8596
20	1.0567	2.2429	0.8675	1.0730
25	-	-	1.3953	-
30	1.6911	3.4645	-	-

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ค. หาอัตราการดูดกลืนแก๊ส ในหลอดกลืนในระบบที่มีการเติมออกซิเจน

ตารางที่ ค.1 ค่าของ อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)				หลอดกลืน	pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส				
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	48	37	48	45	52	13.01	1.167
10	54	48	48	56	57	6.83	1.183
15	51	44	49	49	51	5.64	1.194
20	43	39	48	44	46	4.08	1.236
25	37	35	47	37	42	-	-
30	33	33	47	33	36	3.33	1.295

ตารางที่ ค.2 ค่าของ อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)				หลอดกลืน	pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส				
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	46	53	40	43	55	13.26	1.227
10	55	58	45	48	54	13.32	1.258
15	58	60	45	52	58	13.41	1.240
20	60	60	45	52	59	13.51	1.280
25	60	61	45	54	59	-	-
30	55	55	46	50	52	6.59	1.322

ตารางที่ ค.3 ค่าของ อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)					pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส		หอดูดกลืน		
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	50	60	50	42	52	12.76	1.313
10	60	66	50	66	63	12.93	1.264
15	59	66	48	58	65	13.04	1.350
20	53	64	48	58	64	13.32	1.263
25	50	62	48	58	66	-	-
30	53	59	48	62	59	7.22	1.285

ตารางที่ ค.4 ค่าของ อุณหภูมิ pH ความหนาแน่น ในระบบดูดกลืนแก๊สที่ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)					pH	ความหนาแน่น สารละลายตัวอย่าง (g/cm ³)
	ของเหลว		แก๊ส		หอดูดกลืน		
	ทางเข้า	ทางออก	ทางเข้า	ทางออก			
5	32	62	48	49	66	10.80	1.453
10	45	76	48	52	71	11.13	1.481
15	55	84	48	72	84	11.13	1.553
20	62	84	48	75	81	11.43	1.575
25	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค.5 ค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสารละลาย ในหน่วย ร้อยละ โดยมวล

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	2.37	17.28	18.89	37.17
10	0.00	14.78	15.81	36.07
15	0.00	10.08	13.39	32.72
20	0.00	5.72	7.57	30.56
25	0.00	0.00	-	-
30	0.00	0.00	0.94	-

ตารางที่ ค.6 ค่าความเข้มข้นของซัลไฟต์ไอออนในสารละลาย ในหน่วย g-mol/l

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	0.7754	0.6541	0.6259	0.9840
10	1.2378	0.8769	1.1019	1.3975
15	2.2199	1.3613	1.5726	1.5730
20	2.5562	1.8850	3.2981	2.8956
25	-	-	-	-
30	2.6264	2.9618	4.2756	-

ตารางที่ ค.7 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในสารละลาย ในหน่วย g-mol/l

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	0.4969	0.1007	0.4266	0.8349
10	0.6163	0.1224	0.7936	0.6217
15	0.7901	0.1314	0.8247	2.2730
20	0.8769	0.2463	1.5757	4.1625
25	-	-	-	-
30	0.9628	0.4017	1.9443	-

ตารางที่ ค.8 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอไรไดออกไซด์ในสารละลาย ในหน่วย g-mol/l

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น (ร้อยละ โดยมวล)			
	12.68	23.15	32.21	50.04
5	0.4650	0.3024	0.1715	0.1278
10	0.8768	0.6658	0.2284	0.2099
15	1.1476	0.8110	0.7596	0.7321
20	1.1596	1.0758	1.1396	0.9810
25	-	-	-	-
30	2.0573	1.6903	2.0293	-

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการทดลอง

ง. เปรียบเทียบการดูดกลืนในระบบที่ไม่มีการเติมออกซิเจน

ตารางที่ ง. 1 ค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)		
	0	7	14
5	2.37	2.44	3.45
10	0.00	0.07	0.37
15	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ง.2 ค่าความเข้มข้นของซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)		
	0	10	14
5	0.8564	0.7163	0.7754
10	1.3240	1.8891	1.2378
15	2.0286	2.1836	2.2199
20	2.2102	2.5174	2.5562
25	-	-	-
30	2.4501	2.6007	2.6864

ตารางที่ ง.3 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)		
	0	10	14
5	0.3143	0.3781	0.4969
10	0.3344	0.3399	0.6163
15	0.4341	0.4661	0.7901
20	0.5635	0.6885	0.8769
25	-	-	-
30	1.0399	1.0574	0.9628

ตารางที่ ง.4 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอไรไดออกไซด์ในสารละลาย ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 12.68 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)		
	0	10	14
5	0.4835	0.4899	0.4560
10	0.8920	0.7807	0.8768
15	1.0355	1.3710	1.1476
20	1.0567	1.5436	1.1596
25	-	-	-
30	1.6911	1.9247	2.0573

ตารางที่ ง. 5 ค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์
เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	12.51	18.57
10	7.58	10.94
15	0.69	7.39
20	0.00	4.31
25	0.00	0.00
30	0.00	0.00

ตารางที่ ง.6 ค่าความเข้มข้นของซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ
23.15 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.8967	0.6541
10	1.4150	0.8527
15	2.0304	1.3146
20	3.4579	1.6805
25	-	-
30	6.0030	2.9618

ตารางที่ ง.7 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.1632	0.1007
10	0.2363	0.1224
15	0.3015	0.1314
20	0.4379	0.2463
25	-	-
30	0.9157	0.4017

ตารางที่ ง.8 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอไรโดออกไซด์ในสารละลาย ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 23.15 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.6432	0.3024
10	0.7935	0.6685
15	1.5503	0.8110
20	2.2429	1.0750
25	-	-
30	3.4645	1.6903

ตารางที่ ง. 9 ค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์
เริ่มต้นร้อยละ 32.21 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	16.19	18.89
10	14.68	15.81
15	10.79	13.39
20	7.29	7.57
25	2.13	-
30	0.00	0.94

ตารางที่ ง.10 ค่าความเข้มข้นของซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น
ร้อยละ 32.21 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.6545	0.6259
10	1.3794	1.1019
15	2.8503	1.5726
20	4.0813	3.2981
25	-	-
30	-	4.2756

ตารางที่ ง.11 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น ร้อยละ 32.21 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.5142	0.4266
10	0.8388	0.7936
15	0.9426	0.8247
20	1.2804	1.5757
25	-	-
30	-	1.9443

ตารางที่ ง.12 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอไรไดออกไซด์ในสารละลาย ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น ร้อยละ 32.21 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.1478	0.1715
10	0.3310	0.2284
15	0.4970	0.7596
20	0.8675	1.1396
25	1.3953	-
30	-	2.0293

ตารางที่ ง.13 ค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์
เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	35.53	37.17
10	33.17	36.04
15	29.09	32.72
20	25.49	30.56
25	-	-
30	-	-

ตารางที่ ง.14 ค่าความเข้มข้นของซัลไฟต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น
ร้อยละ 50.04 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.9934	0.9840
10	1.5358	1.3975
15	1.7833	1.5730
20	3.1742	2.8956
25	-	-
30	-	-

ตารางที่ ง.15 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟต ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้น ร้อยละ 50.04 โดยมวล

เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.8585	0.8349
10	0.9811	0.6217
15	2.1978	2.2730
20	4.3393	4.1625
25	-	-
30	-	-

ตารางที่ ง.16 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอไรด์ออกไซด์ในสารละลาย ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์เริ่มต้นร้อยละ 50.04 โดยมวล

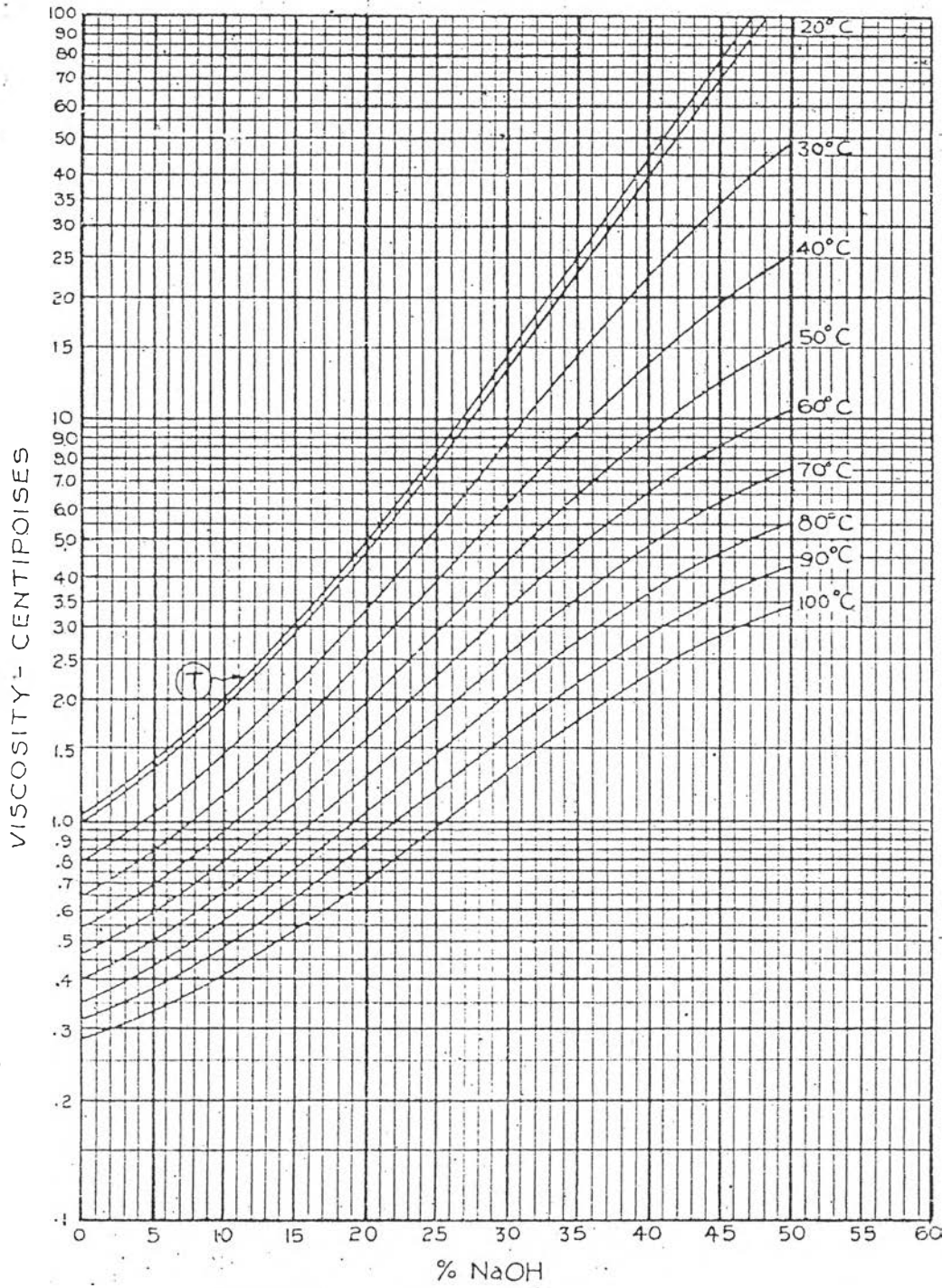
เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/hr)	
	0	14
5	0.3572	0.1278
10	0.4296	0.2099
15	0.8596	0.7321
20	1.0730	0.9810
25	-	-
30	-	-

ภาคผนวก จ

คุณสมบัติทางกายภาพของโซเดียมไฮดรอกไซด์ [16]

ตารางที่ จ.1 ความถ่วงจำเพาะของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

Per Cent NaOH	0° C.	10° C.	15° C.	18° C.	20° C.	30° C.	40° C.	50° C.	60° C.	70° C.	80° C.	90° C.	100° C.
1	1.0124	1.0115	1.01065	1.01003	1.0095	1.0069	1.0033	0.9990	0.9941	0.9884	0.9824	0.9760	0.9693
2	1.0214	1.0230	1.02198	1.02127	1.0207	1.0177	1.0139	1.0095	1.0015	0.9989	0.9929	0.9865	0.9797
3	1.0364	1.0345	1.03322	1.03241	1.0318	1.0285	1.0246	1.0201	1.0150	1.0094	1.0035	0.9970	0.9903
4	1.0482	1.0459	1.04411	1.04319	1.0428	1.0393	1.0352	1.0305	1.0254	1.0198	1.0139	1.0075	1.0009
5	1.0598	1.0571	1.05554	1.05454	1.0538	1.0501	1.0458	1.0412	1.0359	1.0302	1.0243	1.0179	1.0115
6	1.0713	1.0683	1.06666	1.06559	1.0648	1.0609	1.0564	1.0517	1.0463	1.0407	1.0347	1.0284	1.0220
7	1.0828	1.0795	1.07777	1.07664	1.0758	1.0717	1.0672	1.0623	1.0569	1.0513	1.0453	1.0390	1.0326
8	1.0943	1.0908	1.08887	1.08769	1.0869	1.0826	1.0780	1.0730	1.0676	1.0619	1.0560	1.0497	1.0432
9	1.1057	1.1020	1.09997	1.09872	1.0979	1.0934	1.0887	1.0836	1.0782	1.0725	1.0665	1.0602	1.0537
10	1.1171	1.1132	1.11107	1.10977	1.1089	1.1043	1.0995	1.0942	1.0889	1.0831	1.0771	1.0708	1.0643
12	1.1399	1.1355	1.13327	1.13188	1.1309	1.1261	1.1210	1.1157	1.1101	1.1043	1.0983	1.0920	1.0855
14	1.1624	1.1578	1.15545	1.15400	1.1530	1.1480	1.1428	1.1373	1.1316	1.1257	1.1195	1.1132	1.1066
16	1.1849	1.1801	1.17761	1.17610	1.1751	1.1699	1.1645	1.1588	1.1531	1.1471	1.1408	1.1343	1.1277
18	1.2073	1.2023	1.19973	1.19817	1.1972	1.1918	1.1863	1.1805	1.1746	1.1685	1.1621	1.1556	1.1489
20	1.2296	1.2244	1.22183	1.22027	1.2191	1.2136	1.2079	1.2020	1.1960	1.1898	1.1833	1.1768	1.1700
22	1.2519	1.2465	1.24386	1.24220	1.2411	1.2354	1.2296	1.2236	1.2174	1.2111	1.2046	1.1980	1.1912
24	1.2741	1.2686	1.26582	1.26412	1.2629	1.2571	1.2512	1.2451	1.2388	1.2324	1.2259	1.2192	1.2124
26	1.2963	1.2906	1.2877	1.2860	1.2848	1.2789	1.2728	1.2666	1.2603	1.2538	1.2472	1.2405	1.2336
28	1.3182	1.3124	1.3094	1.3076	1.3064	1.3002	1.2942	1.2878	1.2814	1.2750	1.2682	1.2615	1.2546
30	1.3400	1.3340	1.3309	1.3290	1.3279	1.3217	1.3154	1.3090	1.3025	1.2959	1.2892	1.2824	1.2755
32	1.3614	1.3552	1.3520	1.3502	1.3490	1.3427	1.3362	1.3298	1.3232	1.3165	1.3097	1.3029	1.2960
34	1.3823	1.3760	1.3728	1.3708	1.3696	1.3632	1.3566	1.3501	1.3434	1.3367	1.3299	1.3230	1.3161
36	1.4030	1.3965	1.3933	1.3913	1.3900	1.3835	1.3768	1.3702	1.3634	1.3567	1.3498	1.3429	1.3360
38	1.4234	1.4168	1.4135	1.4115	1.4101	1.4035	1.3967	1.3900	1.3832	1.3763	1.3695	1.3626	1.3556
40	1.4435	1.4367	1.4334	1.4314	1.4300	1.4232	1.4164	1.4095	1.4027	1.3958	1.3889	1.3820	1.3750
42	1.4632	1.4561	1.4529	1.4508	1.4494	1.4425	1.4356	1.4287	1.4217	1.4148	1.4079	1.4009	1.3940
44	1.4825	1.4755	1.4720	1.4699	1.4685	1.4615	1.4545	1.4475	1.4405	1.4335	1.4266	1.4196	1.4127
46	1.5018	1.4947	1.4911	1.4890	1.4873	1.4805	1.4734	1.4663	1.4593	1.4523	1.4454	1.4384	1.4315
48	1.5210	1.5138	1.5102	1.5080	1.5065	1.4994	1.4922	1.4851	1.4781	1.4711	1.4641	1.4572	1.4503
50	1.5400	1.5326	1.5290	1.5268	1.5253	1.5181	1.5109	1.5038	1.4967	1.4897	1.4827	1.4759	1.4690



Viscosity of caustic soda solutions.

รูปที่ จ.1 ความหนืดของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ภาคผนวก ก

ค่าการละลายของแก๊สและองค์ประกอบในสารละลายของเหลว

ตารางที่ ก.1 ค่าการละลายและ ค่าการแพร่ของออกซิเจนในสารละลายซัลไฟต์ [7]

Physical properties of O₂-aqueous sulphite solution system

C_{NaHSO_3} (kmol.m ⁻³)	T (°C)	$\mu \cdot 10^3$ (kg. m ⁻¹ sec ⁻¹)	$D_{O_2} \cdot 10^9$ (m ² . sec ⁻¹)	$\alpha \cdot 10^4$ (kmol. m ⁻³)
0	20	1.005	2.27	13.60
0.25	20	1.170	1.95	10.92
0.50	20	1.300	1.75	8.93
0.50	15	1.457	1.52	9.88
0.50	25	1.160	2.00	8.15
0.50	30	1.040	2.27	7.49
0.50	35	0.960	2.50	7.03
0.75	20	—	—	7.42
1.00	20	—	—	6.06

ตารางที่ ๓.2 ค่าการละลายของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำ [18]

g SO ₂ / 100 g H ₂ O	Partial Vapor Pressure of Sulfur Dioxide over Water, mm Hg								
	Temperature, °C								
	0	10	20	30	40	50	60	90	120
0.01	0.02	0.04	0.07	0.12	0.19	0.29	0.43	1.21	2.82
0.05	0.38	0.66	1.07	1.68	2.53	3.69	5.24	12.9	27.0
0.10	1.15	1.91	3.03	4.62	6.80	9.71	13.5	31.7	63.9
0.15	2.10	3.44	5.37	8.07	11.7	16.5	22.7	52.2	104
0.20	3.17	5.13	7.93	11.8	17.0	23.8	32.6	73.7	145
0.25	4.34	6.93	10.6	15.7	22.5	31.4	42.8	95.8	186
0.30	5.57	8.84	13.5	19.8	28.2	39.2	53.3	118	229
0.40	8.17	12.8	19.4	28.3	40.1	55.3	74.7	164	316
0.50	10.9	17.0	25.6	37.1	52.3	72.0	96.8	211	404
1.00	25.8	39.5	58.4	83.7	117	159	212	454	856
2.00	58.6	88.5	129	183	253	342	453	955	
3.00	93.2	139	202	285	393	530	700		
4.00	129	192	277	389	535	720			
5.00	165	245	353	496	679				
6.00	202	299	430	602	824				
8.00	275	407	585	818					
10.00	351	517	741						
15.00	542	796							
20.00	735								

Condensed from Rabe, A. E. and Harris, J. F. *J. Chem. Eng. Data*, 8 (3), 333-336, 1963. Copyright © American Chemical Society and reproduced by permission of the copyright owner.

ตารางที่ ๓.3 ค่าการละลายของออกซิเจนในสารละลายกรดและด่าง [17]

SOLUBILITY OF OXYGEN IN AQUEOUS SOLUTIONS OF ACIDS AND BASES

Results in terms of the Ostwald Coefficient ℓ which shows the ratio of the volume (v) of gas absorbed at any pressure and temperature, to the volume (V) of the absorbing liquid. β is the Bunsen absorption coefficient in which the volume of gas is corrected to S.T.P.

A = Geffcken, 1904 B = Bohr, 1910 C = Christoff, 1906

SOLUBILITY OF OXYGEN IN WATER AT HIGH PRESSURES (Pray, Schweickert and Minnich, 1952; Frolich et al., 1931)

Values read from smoothed curves drawn by the latter authors.

°F	CC. O ₂ (S.T.P.) per gm. H ₂ O				
	100 p.s.i.a.	200 p.s.i.a.	300 p.s.i.a.	400 p.s.i.a.	500 p.s.i.a.
100	0.16	0.33	0.53	0.72	0.89
200	0.10	0.23	0.43	0.59	0.74
300	0.10	0.26	0.44	0.61	0.76
400	0.20	0.45	0.62	0.84	1.01
500	0.41	0.82	1.11	1.40	2.00
600	0.78	1.48	2.27	3.03	3.81

Results for the solubility of O₂ in water at 1000, 1500, and 2000 p.s.i. from 32° to 625° F. are reported by Zoss, Suci and Sibbitt. In agreement with the data above, minimum solubility occurs at about 233°F.

SOLUBILITY OF OXYGEN IN AQUEOUS SOLUTIONS OF ACIDS AND BASES--

A = Geffcken, 1904 B = Bohr, 1910 C = Christoff, 1906

	Concentration per Liter		Solubility of Oxygen				
	Gram Equiv.	Grams					
			15°	20°	21°	25°	
Sulphuric Acid	0	Wt. %	-	0.03756	-	-	} C
"	35.82	"	-	0.01815	-	-	
"	61.62	"	-	0.01407	-	-	
"	95.60	"	-	0.03303	-	-	
Potassium Hydroxide	0.5	28.03	0.0291	-	-	0.0252	} A
"	1.0	56.16	0.0234	-	-	0.0206	
Sodium Hydroxide	0.5	20.03	0.0288	-	-	0.0250	
"	1.0	40.06	0.0231	-	-	0.0204	
"	2.0	80.12	0.0152	-	-	0.0133	

ตารางที่ ๑.4 ค่าการละลายในระบบ โซเดียมซัลเฟต - โซเดียมไฮดรอกไซด์ - น้ำ [17]

THE SYSTEM SODIUM SULFATE - SODIUM HYDROXIDE - WATER--Cont.

Results from 50 - 140°

(Prihodko, 1932)

Solvent wt. % NaOH	Gms. Na ₂ SO ₄ per 100 gms. sat. sol.					
	50°	70°	90°	100°	120°	140°
5	21.0	19.89	18.9	18.7	18.1	17.9
15	8.9	8.4	8.2	7.7	7.4	7.8
25	2.7	2.5	2.37	2.1	1.9	1.9
35	1.2	1.05	0.95	0.82	0.82	0.85
45	0.35	0.32	0.308	0.30	0.29	0.31
55	0.13	0.126	0.123	0.107	0.11	0.111

Results at 70°

(Ravich and Elenevskaya, 1955)

Sat. Sol. Wt. %		Solid Phase	Sat. Sol. Wt. %		Solid Phase
NaOH	Na ₂ SO ₄		NaOH	Na ₂ SO ₄	
22.8	4.1	Na ₂ SO ₄	56.6	0.5	3Na ₂ SO ₄ ·2NaOH
29.4	1.4	"	61.4	0.6	"
39.8	1.2	"	63.1	1.7	"
42.8	1.4	" + 3Na ₂ SO ₄ ·2NaOH	67.5	2.2	" + Na ₂ SO ₄ ·2NaOH
47.2	0.4	3Na ₂ SO ₄ ·2NaOH	71.0	0.3	Na ₂ SO ₄ ·2NaOH
48.6	1.0	"	72.6	0.2	"
56.4	0.4	"			

Results at 100°

(Green and Frattali, 1946)

Sat. Sol. Wt. %		Sat. Sol. Wt. %	
Na ₂ SO ₄	NaOH	Na ₂ SO ₄	NaOH
30.0	0.0	6.8	18.4
22.9	4.0	4.7	22.9
16.2	8.6	2.9	27.4
12.7	12.1	2.1	31.6
9.5	15.4	1.7	35.2

Results at 150°

(Ravich and Elenevskaya, 1955)

Sat. Sol. Wt. %	
NaOH	Na ₂ SO ₄
23.6	6.8
38.6	3.5

Results at 200°

(Ravich and Elenevskaya, 1955)

Sat. Sol. Wt. %		Sat. Sol. Wt. %		Sat. Sol. Wt. %		Sat. Sol. Wt. %	
NaOH	Na ₂ SO ₄	NaOH	Na ₂ SO ₄	NaOH	Na ₂ SO ₄	NaOH	Na ₂ SO ₄
22.9	11.9	45.4	8.1	52.1	6.8	68.6	3.8
27.0	9.4	45.5	8.5	57.4	5.2	76.7	3.6
34.7	8.7	45.7	8.0	58.6	4.9	80.3	3.2
38.9	8.9	48.7	8.3	62.9	3.9		

ตารางที่ ๗.5 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลไฟต์ - โซเดียมไฮดรอกไซด์ - น้ำ [17]

THE SYSTEM Na_2SO_3 - NaOH - H_2O
(Hammick and Currie, 1925)

The mixtures were constantly stirred for 24 to 48 hours. Silver vessels were used for the stronger sodium hydroxide solutions. Both the saturated solutions and the solid phases were analyzed. The temperatures were constant to within 0.1° . The results are probably accurate to ± 0.5 per cent.

Gms. per 100 gms. sat. sol.			Gms. per 100 gms. sat. sol.		
NaOH	Na_2SO_3	Solid Phase	NaOH	Na_2SO_3	Solid Phase
<u>Results at 0.15°</u>			<u>Results at 25°</u>		
29.5	0.0	$\text{NaOH} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	53.3	0.0	$\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$
29.1	0.1	" + Na_2SO_3	43.9	trace	Na_2SO_3
27.9	0.1	Na_2SO_3	42.7	0.1	"
27.1	0.4	"	29.4	0.3	"
26.6	0.7	"	28.7	0.5	"
25.4	1.3	"	25.2	1.0	"
23.3	2.2	" + $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.7	2.5	"
21.9	2.21	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.7	2.9	"
16.9	2.8	"	17.2	5.8	"
9.0	5.2	"	14.2	8.2	"
3.0	9.0	"	12.6	10.1	"
0.0	12.3	"	12.2	10.2	"
<u>Results at 20°</u>			9.6	13.8	" + $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
			9.8	13.2	" "
52.2	0.0	$\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$	9.7	13.0	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
50.1	trace	Na_2SO_3	5.0	17.7	"
36.3	0.1	"	2.5	19.3	"
26.8	1.0	"	0.7	22.5	"
24.9	1.1	"	0.0	23.6	"
20.2	3.5	"	<u>Results at 32°</u>		
16.0	6.7	"	54.4	0.0	$\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$
15.5	7.0	"	51.8	0.001	Na_2SO_3
13.8	8.6	" + $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	36.2	0.1	"
14.0	9.0	" "	27.2	0.6	"
13.4	9.2	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.1	2.9	"
12.7	9.4	"	16.5	5.4	"
12.2	9.6	"	11.1	11.2	"
11.6	9.9	"	7.6	15.7	"
9.9	11.0	"	5.1	19.1	"
8.3	12.0	"	2.3	23.1	"
4.4	15.4	"	0.6	26.4	"
1.6	18.7	"	0.0	26.5	"
0.0	21.3	"			

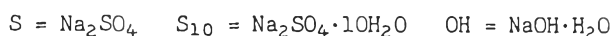
ตารางที่ ๖.6 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลเฟต - โซเดียมไฮดรอกไซด์ - น้ำ [17]

THE SYSTEM SODIUM SULFATE - SODIUM HYDROXIDE - WATER

Results from 0° - 30°

(Windmaisser and Stockl, 1950)

Earlier determinations by D'Ans and Schreiner, 1910, at 25° are not in agreement with the more recent work. Additional data at 30° are given by Pischinger and Szufarski, 1958. Results in electrochemical cells at 25° are reported by Okuno, Sakai and Matsuura, 1942.



Sat. Sol. Wt. %			Sat. Sol. Wt. %			Sat. Sol. Wt. %		
Na ₂ SO ₄	NaOH	Solid Phase	Na ₂ SO ₄	NaOH	Solid Phase	Na ₂ SO ₄	NaOH	Solid Phase
At 0°			At 10°, Cont.			At 25°, Cont.		
4.40	0.0	S ₁₀	2.44	25.37	S	17.86	7.79	S ₁₀
3.30	1.20	S ₁₀	1.14	28.33	S	18.49	8.60	S ₁₀
1.80	5.13	S ₁₀	0.49	31.85	S	18.61	8.92	S ₁₀
1.50	8.52	S ₁₀	0.32	34.40	S	18.69	8.90	S ₁₀ +S
1.60	13.93	S ₁₀	0.24	49.30	S+OH	18.40	9.03	S
1.72	15.72	S ₁₀	0.0	51.50	OH	17.88	9.46	S
3.40	20.90	S ₁₀				15.22	11.42	S
4.22	21.71	S ₁₀		At 18°		11.05	14.36	S
4.68	22.04	S ₁₀				7.90	17.23	S
4.89	22.12	S ₁₀ +S	14.04	0.0	S ₁₀	2.96	23.80	S
4.11	22.51	S	11.91	2.23	S ₁₀	0.70	31.17	S
2.76	24.50	S	10.58	3.56	S ₁₀	0.22	43.50	S
0.67	30.56	S	10.22	4.48	S ₁₀	0.24	51.16	S+OH
0.20	41.14	S	9.50	6.43	S ₁₀	0.0	51.25	OH
0.20	48.30	S+OH	9.24	7.66	S ₁₀			
0.0	49.07	OH	9.00	8.57	S ₁₀			
			9.00	9.17	S ₁₀			
			9.50	11.67	S ₁₀			
			11.60	13.97	S ₁₀ +S	29.41	0.0	S ₁₀
3.38	0.0	S ₁₀	6.79	18.30	S	28.52	1.40	S ₁₀
7.28	1.00	S ₁₀	3.43	21.89	S	28.37	1.57	S ₁₀
6.00	2.44	S ₁₀	1.15	30.52	S	28.17	2.27	S ₁₀
5.37	3.50	S ₁₀	0.22	37.31	S	28.21	2.50	S ₁₀
4.49	6.09	S ₁₀	0.19	42.36	S	28.25	2.92	S ₁₀ +S
4.01	9.10	S ₁₀	0.18	45.45	S	28.21	2.93	S
3.96	11.78	S ₁₀	0.19	51.27	S+OH	27.83	3.09	S
4.34	14.40	S ₁₀	0.0	51.43	OH	26.69	3.70	S
5.32	16.81	S ₁₀				24.42	5.10	S
6.93	18.10	S ₁₀		At 25°		18.75	8.61	S
7.59	18.22	S ₁₀ +S				7.96	17.00	S
6.78	18.88	S	21.48	0.0	S ₁₀	4.62	21.20	S
6.19	19.70	S	20.42	1.00	S ₁₀	0.30	38.82	S
5.87	20.00	S	18.61	3.68	S ₁₀	0.26	45.00	S+OH
3.50	23.00	S	17.86	5.83	S ₁₀	0.0	53.52	OH

Results of Imkuna, 1949, at 50°

Sat. Sol. Wt. %	
Na ₂ SO ₄	NaOH
15.98	8.73
5.95	18.65
0.55	34.34

ตารางที่ ๗.7 ค่าการละลายในระบบโซเดียมซัลไฟต์ - โซเดียมซัลเฟต - น้ำ [17]

THE SYSTEM SODIUM SULFITE - SODIUM SULFATE - WATER
(Rivett and Lewis, 1923)

Constant agitation was employed for assuring saturation. The solutions and solid phases were analyzed and the compositions of the latter identified by the "rest method." At 25° both a stable and a metastable system exists, and each was determined. The solid phases in contact with the solutions corresponding to the two branches of the stable system were respectively a series of mixed crystals of $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. The solid phases for the two branches of the metastable system were mixed crystals of anhydrous sulfite and sulfate.

Results at 25° for the
Stable System

Results at 25° for the
Metastable System

$\frac{d_{25}}{4}$ of sat. sol.	Gms. per 100 gms. sat. sol.		$\frac{d_{25}}{4}$ of sat. sol.	Gms. per 100 gms. sat. sol.	
	Na_2SO_4	Na_2SO_3		Na_2SO_4	Na_2SO_3
1.211	20.40	2.53	1.347	20.51	14.39
1.227	19.66	4.11	1.347	19.12	15.43
1.239	18.11	6.59	1.347	17.82	16.94
1.258	17.31	9.22	1.347	16.32	18.34
1.269	16.43	11.39	-	16.18	18.52
1.292	15.25	14.61	1.346	13.82	20.35
1.311	14.55	16.80	-	12.34	21.88
1.312	14.49	16.81	1.346	10.93	23.40
-	11.05	18.27	1.340	7.47	26.32
1.274	8.97	19.44	1.322	6.75	25.45
1.250	4.14	21.61	1.302	3.99	26.57
-	0.00	23.75	1.285	1.69	27.29

ประวัติผู้วิจัย



นายสถิตย์ จู้ยเตย เกิดวันที่ 9 ธันวาคม 2511 ที่อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ ในปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538 ปัจจุบันทำงานตำแหน่ง รองผู้จัดการฝ่ายผลิตและซ่อมบำรุง บริษัท ท่าไทย จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร