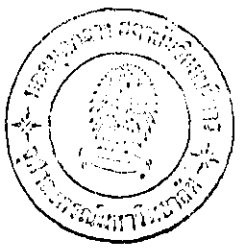


รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ประกอบ บุญยงค์. 2522. โลหะวิทยาประยุกต์. กรุงเทพฯ : ประกอบเมไดร.

วิโรจน์ ปิยวัชรพันธุ์. 2523. อนินทรีย์เคมี I. กรุงเทพ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

สยามซานิทารีฟิตติ้งส์ จำกัด. 2539. คู่มือการปฏิบัติงานการเติมสารเคมี หน่วยงานชุบ. (อัดสำเนา).

อนันต์ ทองมอญ. 2527. ชุบโครเมียม-ชุบทอง. กรุงเทพ : เรือนแก้วการพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ

Base, C.F. ; and Mesmer, R.E. 1976. The Hydrolysis of Cations. New York : Wiley.

Clifford, D. S. ; S. Subramonian ; and T. J. Sorg. 1986. Removing dissolved inorganic contaminants from water. Env. Sci. Tech. 20 (11) : 1072-1080.

Cook, M. M. ; Lander, J. A. ; and Littlehale, D. S. 1980. Case Histories - Reviewing the use of sodium borohydride for control of heavy metal discharge in industrial waste water. Proceeding Industrial Waste Conference 34th Purdue Univ., Lafayette, Indiana, May 8-10, 1979. : 514-519.

David, R.L. 1992. CRC Handbook of chemistry and physics. 72nd ed. U.S. : CRC Press.

Edward, G. F. 1991. Chemical oxidation and reduction. In H. M. Freeman (ed.), Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal, pp. 41-48. U.S. : McGraw-Hill.

Fleming, M. ; and Ulman, J. 1985. Sodium Borohydride Environmental Control Application : Reduction of Nickel (II) Complexes in Spent Electroless Plating Baths. Proceedings of The Electroless Conference IV, Chicago, April 22-24. : 1-19.

Jula, T. 1977. Metal Removal and Recovery with Sodium Borohydride. Technical Paper of IPC Fall Meeting, Chicago, September. : 1-5.

Khurana, J. ; and Gogia, A. 1997. Synthetically Useful Reactions with Nickel Boride. Organic Preparations and Procedures International. 29 (1) : 1-32.

Leckie, J. O. ; and Davis III, J. A. 1980. Aqueous Evironmental Chemistry of Copper. In J.O. Nriagu (ed.) , Copper in The Environmental Part I : Ecological Cycling, pp. 89-105. U.S. : John Wiley & Sons.

Lee, C. L. ; Hatton, J. V. ; Berry, R. M. ; Hu, H. U. ; and Frost, D. C. 1993. An X-Ray photoelectron study of the reaction of metal ions with borohydride under reductive bleaching conditions [CD-ROM]. Tappi Journal 76, 129-133. Abstract from : Materials Science Citation Index (Jan 93 - Oct 93) : TGA No. : KK890.

Lindsay, M. J. ; and Hackman, M. E. 1985. Sodium borohydride reduces hazardous waste. 40th Annual Purdue Industrial Waste Conference, West Lafayette, Indiana. : 477-482.

Lindsay, M. J. ; and Stennick, R. S. 1986. Pollution control using sodium borohydride. Annual Technical Conference - American Electroplaters Society 73rd. ed. : 1-11.

McAnally, S. L. ; L. Benefield ; and R. B. Reed. 1984. Nickel removal from a synthetic nickel plating wastewater using sulfide and carbonate for precipitation and coprecipitation. Sep. Sci. Technol. 192 (3) : 191-217.

Patterson, J. W. 1985. Industrial Wastewater Treatment Technology 2nd. U.S. : Butterworth.

Patterson, J. W. ; H. E. Allen ; and J. J. Scala. 1977. Carbonate precipitation for heavy metals pollutants. J. Water Pollut. Control Fed. 49 (12) : 2397-2410.

Pehlke, R. D. 1982. Unit Processes of Extractive Metallurgy. Holland : Elsevier.

Peter, R. W. ; and Y. Ku. 1985. Batch precipitation studies for heavy metal removal by sulfide precipitation. In AIChE Sympos. Series. Separation of Heavy Metals and Other Contaminants. 81 (243) : 9-27.

Peter, R. W. ; Y. Ku ; D. Bhattacharyya ; and L. F. Chen. 1985. Evaluation of recent treatment techniques for removal of heavy metals from industrial wastewater. In AIChE Sympos. Series. Separation of Heavy Metals and Other Contaminants. 81 (243) : 165-203.

Snoeyink, V.L. ; and Jenkins, D. 1980. Water Chemistry. New York : John Wiley & Sons.

Stocchi, E. 1990. Industrial Chemistry. Vol. 1. England : Ellis Horwood.

William, C. A. , ed. 1994. Innovation Site Remendation Technology Chemical Treatment. U.S. : American Academy of Environmental Engineers.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ส่วนประกอบของน้ำขาชุบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ส่วนประกอบของน้ำยาชุบในขั้นตอนการชุบทองแดง

PROCESS	SOLUTION VOLUME	ITEM	CONCENTRATION
CHROMIUM STRIPPING	40 L	- HYDROCHLORIC ACID	
NICKEL STRIPPING	530 L	- HYDROCHLORIC ACID	5 %
ACID STRIPPING	40 L	- HYDROCHLORIC ACID	
ALKALINE CLEANING	290 L	- SODIUM CARBONATE - DISODIUM HYDROGEN PHOSPHATE - NEOGEN	30 g/l 13 g/l 2 g/l
ACID CLEANING	290 L	- SULFURIC ACID	160 ml/l
COPPER PLATING	600 L	- COPPER SULFATE - SULFURIC ACID - CUPRA ACID 210 A - CUPRA ACID 210 B - CUPRA ACID 210 MU	230 g/l 60 g/l 0.5 ml/l 7 ml/l

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 ส่วนประกอบของน้ำยาชุบในขั้นตอนการชุบนิกเกิล-โครเมียม

PROCESS	SOLUTION VOLUME	ITEM	CONCENTRATION
ULTRASONIC CLEANING	3200 L	- KATUSEI ORTHO	50 g/l
		- ANHYDROUS BOREX	70 g/l
		- NOCCELER - SDC	
CATHODIC CLEANING	2400 L	- SODIUM HYDROXIDE	25 g/l
		- NOCCELER - SDC	
		- CALCIUM HYDROXIDE	
ANODIC CLEANING	800 L	- SODIUM HYDROXIDE	25 g/l
ACID CLEANING	1600 L	- ENTHACID # 82	50 g/l
		- HYDROCHLORIC ACID	50 ml/l
BRIGHT NICKEL PLATING	16000 L	- NICKEL SULFATE	260 g/l
		- NICKEL CHLORIDE	55 g/l
		- BORIC ACID	40 g/l
		- NISOL 80 I	8 ml/l
		- NISOL 80 M	
		- NI ANODE PLATE (TIP)	22 kg/pc
		- ACTIVATED CARBON	5 g/l
		- HYDROCHLORIC ACID	2 %
PH CONTROL		- NICKEL CARBONATE	
DULL NICKEL PLATING	2400 L	- NICKEL SULFATE	270 g/l
		- NICKEL CHLORIDE	60 g/l
		- BORIC ACID	40 g/l
		- NISOL 80 I	80 ml/l
		- NISOL 80 M	
		- CARPLEX # 67	18 g/l
		- DM - 307	0.5 g/l
		- NI ANODE PLATE (TIP)	22 kg/pc

PROCESS	SOLUTION VOLUME	ITEM	CONCENTRATION
		- ACTIVATED CARBON	5 g/l
		- HYDROCHLORIC ACID	2 %
CHROMIUM PLATING	4800 L	- CHROMIC ANHYDRIDE	210 g/l
		- SULFURIC ACID	2 g/l
		- CHROMIC ANODE BAR	
ION EXCHANGE RESIN FILTER		- DIAION PK228	
		- DIAION SA10A	
		ACTIVATED CARBON	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ความเข้มข้นของโลหะหนักเริ่มต้นในน้ำเสียแต่ละประเภท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข. ความเข้มข้นของโลหะหนักเริ่มต้นในน้ำเสียแต่ละประเภท

ครั้งที่ทำการวัด / ประเภทน้ำเสีย	1 (mg/l)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย	SD	ค่าที่แสดง
1. จากการชุบทองแดง													
[Cu]	560	532	578	562	549	565	548	503			549.63	21.77	550
[Zn]	6.64	•	•	•	•	•	•	•			6.64	0	6.64
[Fe]	0.47	•	•	•	•	•	•	•			0.47	0	0.47
[Ni]	0	•	•	•	•	•	•	•			0	0	0
[Cr]	0	•	•	•	•	•	•	•			0	0	0
2. จากการชุบนิกเกิล													
# เก็บครั้งที่ 1 [Ni]	141	132	129	137	130	128	129	124	118	116	128.40	7.28	130
[Cr]	0.37	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0.37	0	0.37
[Cu]	0.02	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0.02	0	0.02
[Fe]	0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0	0	0
[Zn]	0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0	0	0
# เก็บครั้งที่ 2 [Ni]	366	351	354	345	337	332	323				344	13.46	345
[Cr]	0.40	•	•	•	•	•	•				0.40	0	0.40
[Cu]	0.10	•	•	•	•	•	•				0.10	0	0.10
[Fe]	0	•	•	•	•	•	•				0	0	0
[Zn]	0	•	•	•	•	•	•				0	0	0
3. จากการชุบโครเมียม													
[Cr]	1580	1550	1510	1540	1480	1420	1400	1410	1390	1320	1460	80.00	1460
[Ni]	196	189	182	174	165	162	•	•	•	•	178	12.26	180
[Cu]	160	150	153	147	138	132	•	•	•	•	146.67	9.30	145
[Zn]	90	•	•	•	•	•	•	•	•	•	90	0	90
[Fe]	7.57	•	•	•	•	•	•	•	•	•	7.57	0	7.57
4. น้ำเสียรวม													
[Ni]	1770	1750	1690	1700	1640	1630	1640	1580	1540		1660	70.87	1660
[Cu]	796	788	781	777	765	760	750	749	744		767.78	17.54	770
[Cr]	267	261	255	258	247	244	242	236	233		249.22	10.99	250
[Zn]	160	•	•	•	•	•	•	•	•		160	0	160
[Fe]	140	•	•	•	•	•	•	•	•		140	0	140

หมายเหตุ : • ไม่ได้ทำการวัด

ภาคผนวก ค.

ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการไบโรไฮโดรดีรีดักชัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียทองแดงด้วย SBH เพียงอย่างเดียว

pH เริ่มต้น	ปริมาณ SBH (เท่าสดอย)	pH สุดท้าย	ORP (mV)	ความเข้มข้น Cu ที่เหลือ (มก./ล.)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Cu ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
				ละลาย	ทั้งหมด			
2.24	1	2.72	122	457	464	5		ตะกอนละเอียดสีทองแดง เขวนลอย
	2	4.52	85	238	255	10		ตะกอนละเอียดสีทองแดง เขวนลอย
	3	8.50	-116	0.19	9.88	20	78	ตะกอนใหญ่สีดำ เขวนลอย
	4	10.76	-350	0.08	10.05	45		ตะกอนใหญ่สีดำ เขวนลอย
3	1	5.13	117	304	320	10		ตะกอนละเอียดสีทองแดง เขวนลอย
	2	5.95	97	10.21	28	20		ตะกอนใหญ่สีทองแดง เขวนลอย
	3	10.85	-203	0.15	15.7	65	72.4	ตะกอนใหญ่สีดำ เขวนลอย
	4	11.74	-717	0.10	14.6	35		ตะกอนใหญ่สีดำ เขวนลอย
4	1	5.47	132	246	263	5		ตะกอนสีทองแดง
	2	7.51	10	0.41	9.27	20	83.6	ตะกอนสีน้ำตาลดำ
	3	11.12	-778	0.13	15	65		ตะกอนสีดำ
	4	11.92	-832	0.17	16.7	45		ตะกอนสีดำ
4	1	4.24	173	260	278	5		ตะกอนสีน้ำตาล เขวนลอย
Ca(OH)2	2	4.79	122	28	41	10	59.2	ตะกอนเป็นก้อนสีน้ำตาล เขวนลอย
	3	9.90	-118	0.02	10.61	55		ตะกอนสีดำ เขวนลอย
	4	11.04	-791	0.02	9.28	55		ตะกอนสีดำ เขวนลอยมาก
5	1	5.14	121	241	266	5		ตะกอนสีทองแดง เขวนลอย
	2	8.28	-28	0.23	14.8	55	79.6	ตะกอนสีดำเขียว
	3	10.93	-661	0.13	14.2	75		ตะกอนสีดำ
	4	11.55	-935	0.19	14.1	55		ตะกอนสีดำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

pH เริ่มต้น	ปริมาณ SBH (เท่าสตอย)	pH สุดท้าย	ORP (mV)	ความเข้มข้น Cu ที่เหลือ (มก./ล.)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Cu ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
				ละลาย	ทั้งหมด			
6	0.5	9.24	-456	0.17	18.2	90	52	ตะกอนสีเขียวขี้ม้า น้ำพุ่นขาว
	1	10.35	-585	0.16	31.1	65	51.6	ตะกอนสีเทา น้ำพุ่นขาว
	2	10.91	-765	0.18	21.9	55		ตะกอนสีเทาเขียว น้ำพุ่นขาว
	3	11.46	-717	0.20	26.9	55		ตะกอนสีเขียวอ่อน น้ำพุ่นขาว
	4	11.73	-768	0.26	22.5	100		ตะกอนสีเขียวขี้ม้า น้ำพุ่นขาว
7	0.5	10.24	-513	0.13	13	130		ตะกอนสีเทา น้ำพุ่นขาว
	1	10.83	-602	0.14	15.4	220		ตะกอนสีเทา น้ำพุ่นขาว
	2	11.33	-755	0.16	20	145		ตะกอนสีเทาเขียว น้ำพุ่นขาว
	3	11.78	-770	0.17	26	155		ตะกอนสีเขียวอ่อน น้ำพุ่นขาว
	4	11.91	-746	0.13	29	145		ตะกอนสีเขียวขี้ม้า น้ำพุ่นขาว

ตารางที่ ค.2 ผลการบำบัดน้ำเสียทองแดงด้วย SBH และ $NaHSO_3$

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Cu)	หลังใส่ $NaHSO_3$		SBH (เท่าสดอย)	หลังใส่ SBH		[Cu] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Cu ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด			
2.33	5	3.92	172	1	4.44	145	310	322	5		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเขวนลอย
				2	5.65	93	164	182	5		ตะกอนสีน้ำตาล เขวนลอย
				3	6.60	-58	87	90	ไม่ตก		ตะกอนสีดำ เริ่มตกตะกอนที่นาที 45
				4	7.31	-595	1.27	1.83	10	76.8	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
	10	4.58	134	1	5.37	117	198	213	20		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเขวนลอย
				2	6.17	4	131	154	ไม่ตก		ตะกอนสีดำ เริ่มตกตะกอนที่นาที 45
				3	6.57	-515	0.27	2.22	10	80.4	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	6.97	-551	0.26	2.38	10		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
3	5	4.68	196	1	4.98	169	224	230	10		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเขวนลอย
				2	6.32	90	170	248	20		ตะกอนสีน้ำตาลดำ เขวนลอย
				3	7.06	-525	0.28	2.10	10	78.4	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	8.55	-699	0.28	5.07	10		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
	10	5.06	174	1	5.78	107	131	385	ไม่ตก		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเขวนลอย
				2	6.41	-443	0.54	2.30	35	80.4	ตะกอนสีดำ เขวนลอย
				3	6.86	-509	0.75	1.96	35	82	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	7.37	-569	0.71	1.70	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
3	5	4.75	200	1	5.02	175	212	224	20		ตะกอนสีน้ำตาลดำ ตะกอนเขวนลอย
$Ca(OH)_2$				2	6.25	56	96	142	20		ตะกอนสีดำจับเป็นก้อนใหญ่ น้ำใส
				3	7.13	-554	0.51	0.94	20	71.6	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	8.53	-658	0.25	0.27	20	53.6	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Cu)	หลังใส่ $NaHSO_3$		SBH (เท่าสตอย)	หลังใส่ SBH		[Cu] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Cu ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ตะกอน	ทั้งหมด			
	10	5.1	182	1	5.35	92	26	66	35		ตะกอนสีน้ำตาลดำ ตะกอนเขวนลอย
				2	6.26	-393	0.37	0.95	35		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				3	6.75	-529	0.34	0.53	35		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว
				4	7.14	-572	0.22	0.60	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว
4	5	4.83	151	1	5.46	121	183	198	10		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเขวนลอย
				2	6.53	-446	4.77	17.7	35		ตะกอนสีดำ เขวนลอย
				3	7.64	-633	0.23	1.84	20	74	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	8.78	-672	0.21	5.40	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
	10	5.43	120	1	6.15	-27	187	204	ไม่ตก		ตะกอนสีเทาดำ เริ่มตกตะกอนที่นาที 45
				2	6.66	-522	0.62	1.91	35	80	ตะกอนสีดำ น้ำใส
				3	7.10	-572	0.21	1.86	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	7.61	-614	0.40	2.16	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
4	5	4.43	162	1	4.47	152	179	207	35		ตะกอนสีน้ำตาลดำ ตะกอนเขวนลอย
$Ca(OH)_2$				2	6.05	-482	0.21	0.97	20		ตะกอนสีดำจับเป็นก้อนใหญ่ น้ำใส
				3	7.09	-572	0.23	0.67	20	63.6	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว
				4	8.56	-687	0.18	0.97	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว
	10	4.51	146	1	5.12	131	22	50	20		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเขวนลอย
				2	6.14	-471	0.22	0.52	10	67.6	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				3	6.66	-532	0.24	0.58	10		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว
				4	7.22	-593	0.26	0.39	10		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำเป็นฝ้าขาว

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Cu)	หลังใส่ $NaHSO_3$		SBH (เท่าสตอย)	หลังใส่ SBH		[Cu] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Cu ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด			
5	5	4.96	149	1	5.37	121	132	207	10		ตะกอนสีน้ำตาล ตะกอนเหวนลอย
				2	6.55	-66	59	94	ไม่ตก		ตะกอนสีดำ เริ่มตกตะกอนที่นาที 45
				3	7.45	-636	0.46	1.82	20	78	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	8.95	-778	0.24	5.60	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ด บางส่วนเหวนลอย
	10	5.46	116	1	6.17	-56	226	262	ไม่ตก		ตะกอนสีน้ำตาลเทา เริ่มตกตะกอนที่นาที 45
				2	6.64	-552	0.33	3.75	35	80.4	ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ด บางส่วนเหวนลอย
				3	7.08	-573	0.24	1.81	35		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ดๆ น้ำใส
				4	7.67	-640	0.45	2.45	35		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ด บางส่วนเหวนลอย
6	5	6.52	197	1	7.16	128	219	312	10		น้ำ+ตะกอนสีเขียวคล้ำ
				2	8.35	-20	56	116	20		ตะกอนสีเทาดำ น้ำขุ่นสีเทา
				3	10.68	-661	0.39	28	45	51.2	ตะกอนสีดำ น้ำขุ่นดำ
				4	11.14	-720	0.28	16	45		ตะกอนสีดำ เหวนลอย
	10	6.45	170	1	6.69	148	310	420	20		ตะกอนสีน้ำตาล
				2	7.05	87	290	338	ไม่ตก		ตะกอนสีดำ เริ่มตกตะกอนที่นาที 45
				3	7.44	-145	23	35	20		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ด บางส่วนเหวนลอย
				4	8.57	-183	0.84	6.28	35		ตะกอนสีดำ รวมตัวเป็นเม็ด บางส่วนเหวนลอย

ตารางที่ ค.3 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียนิกเกิลด้วย SBH เพียงอย่างเดียว

pH เริ่มต้น	ปริมาณ SBH (เท่าสดอย)	pH สุดท้าย	ORP (mV)	ความเข้มข้น Ni ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาณตะกอน (มล./ล.)	% Ni ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
				ละลาย	ทั้งหมด			
6	0.5	8.42	-294	11.98	20.2	20		ตะกอนสีขาวเขียว เกิดฟองก๊าซ
	1	8.85	-380	0.15	6.41	100	35.6	"
	2	10.59	-230	0.07	3.63	110		"
	3	11.41	-270	0.01	1.85	90		"
	4	11.65	-261	0.07	1.55	90		"
7	0.5	8.32	-296	10.62	20.75	20		ตะกอนสีขาวเขียว เกิดฟองก๊าซ
	1	9.00	-315	0.18	3.76	110	37.4	"
	2	10.83	-236	0.07	2.16	110		"
	3	11.49	-234	0.07	1.81	100		"
	4	11.73	-258	0.08	1.62	100		"
8	0.5	8.63	-299	3.33	12.56	20		ตะกอนสีขาวเขียว เกิดฟองก๊าซ
	1	9.09	-306	0.14	3.21	110	40	"
	2	10.96	-225	0.08	2.66	145		"
	3	11.41	-213	0.08	2.07	155		"
	4	11.64	-238	0.09	2.11	145		"
9	0.5	9.75	-320	0.19	5.77	45		ตะกอนสีขาวเขียว เกิดฟองก๊าซ
	1	10.98	-247	0.09	1.90	130		"
	2	11.45	-263	0.09	2.02	130		"
	3	11.65	-316	0.09	1.54	155		"
	4	11.76	-311	0.09	1.59	155		"

pH เริ่มต้น	ปริมาณ SBH (เท่าสตอย)	pH สุดท้าย	ORP (mV)	ความเข้มข้น Ni ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาณตะกอน (มล./ล.)	% Ni ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
				ละลาย	ทั้งหมด			
10	0.5	11.22	-286	0.17	3.21	20		ตะกอนสีขาวเขียว เกิดฟองก๊าซ
	1	11.30	-227	0.10	2.10	135		"
	2	11.58	-286	0.10	1.62	145		"
	3	11.72	-320	0.11	1.59	155		"
	4	11.82	-350	0.11	1.55	135		"
11	0.5	11.45	-286	0.17	3.95	20		ตะกอนสีขาวเขียว เกิดฟองก๊าซ
	1	11.48	-111	0.10	1.48	110		"
	2	11.65	-158	0.10	1.94	120		"
	3	11.80	-175	0.10	2.09	120		"
	4	11.88	-230	0.12	2.25	175		"

ตารางที่ ค.4 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียนิกเกิลด้วย SBH และ $NaHSO_3$

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Ni)	หลังใส่ NaHSO3		SBH (เท่าสตอย)	หลังใส่ $NaHSO_3$		[Ni] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Ni ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด			
5	0.5	5.57	9	1	8.96	-610	0.96	5.62	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซมาก
				2	10.87	-606	0	5.27	65		ตะกอนสีเทาเขียว
				3	11.58	-514	0	4.4	80		ตะกอนสีเทาเขียว
				4	11.82	-541	0	3.81	80		ตะกอนสีเทา
	1	5.53	54	1	8.92	-612	1.2	5.41	10		ตะกอนสีดำ
				2	10.94	-585	0.04	3.72	65		ตะกอนสีขาวออกเทา เกิดฟองก๊าซ
				3	11.69	-566	0.04	3.67	100		ตะกอนสีขาวเขียว
				4	11.89	-612	0.04	2.67	100		ตะกอนสีขาวเขียว
	5	6.5	72	1	8.78	-715	0.76	1.02	10		ตะกอนสีดำ
				2	10.12	-745	0.04	1.64	10		ตะกอนสีน้ำตาล เกิดฟองก๊าซ
				3	11.53	-739	0.04	2.1	100		ตะกอนสีขาวเขียว
				4	11.82	-766	0.04	1.41	90		ตะกอนสีขาวเขียว
	10	6.48	-20	1	8.55	-687	1.1	2.34	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				2	9.64	-725	0.06	2.03	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				3	11.4	-556	0.05	2.44	90		ตะกอนสีขาวเขียว
				4	11.76	-512	0.06	2.35	90		ตะกอนสีขาวเขียว

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Ni)	หลังใส่ NaHSO3		SBH (เท่าสลอย)	หลังใส่ $NaHSO_3$		[Ni] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Ni ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด			
6	0.5	6.34	5	1	8.95	-643	1.05	5.60	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซมาก
				2	10.90	-650	0.01	5.62	90		ตะกอนสีขาวเขียว
				3	11.63	-518	0.01	5.66	110		ตะกอนสีขาวเขียว
				4	11.82	-515	0.02	5.61	100		ตะกอนสีขาวเขียว
	1	6.13	78	1	8.94	-608	1.24	6.71	10		ตะกอนสีดำ
				2	10.85	-599	0.05	7.87	100		ตะกอนสีขาวเขียว
				3	11.68	-603	0.05	5.99	90		ตะกอนสีขาวเขียว
				4	11.94	-621	0.05	5.06	90		ตะกอนสีขาวเขียว
	5	6.45	133	1	8.80	-644	0.85	3.07	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซมาก
				2	10.38	-593	0.08	8.09	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซมาก
				3	11.52	-421	0.08	5.87	90		ตะกอนสีขาวเขียว
				4	11.80	-582	0.08	4.76	90		ตะกอนสีขาวเขียว
	10	6.53	26	1	8.57	-657	1.02	3.92	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				2	9.72	-616	0.10	2.50	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				3	11.38	-492	0.09	2.02	80		ตะกอนสีเทา
				4	11.74	-491	0.09	1.90	90		ตะกอนสีขาวเขียว

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Ni)	หลังใส่ NaHSO3		SBH (เท่าสตอย)	หลังใส่ $NaHSO_3$		[Ni] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Ni ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด			
7	0.1	6.86	164	2	11.00	-338	0.19	6.34	90		ตะกอนสีขาวเขียว
	0.2	6.81		2	11.01	-348	0.12	7.14	90		ตะกอนสีขาวเขียว
	0.3	6.77		2	11.02	-338	0.17	6.52	90		ตะกอนสีขาวเขียว
	0.4	6.63		2	11.02	-348	0.20	5.43	65		ตะกอนสีขาวเขียว
	0.5	6.78	94	1	9.07	-542	0.73	5.11	10		ตะกอนสีดำ
				2	11.10	-600	0.05	3.52	10		ตะกอนสีน้ำตาล
				3	11.73	-480	0.05	2.74	65		ตะกอนสีเทาเขียว
				4	11.91	-468	0.05	2.61	65		ตะกอนสีเทาเขียว
	1	6.30	90	1	8.89	-619	1.19	4.56	10	58.2	ตะกอนสีดำ
				2	11.04	-580	0.05	5.51	10	50	ตะกอนสีเทา
				3	11.79	-615	0.05	4.48	65	41.2	ตะกอนสีเขียวเทา
				4	12.03	-637	0.05	3.82	75	40.8	ตะกอนสีเขียว
	5	6.38	52	1	8.86	-538	1.19	1.51	10		ตะกอนสีดำ
				2	10.33	-480	0.12	3.90	10		ตะกอนสีดำ
				3	11.51	-355	0.12	3.92	55		ตะกอนสีเขียวเทา
				4	11.79	-303	0.13	3.67	65		ตะกอนสีเขียว
	10	6.38	4	1	8.60	-590	2.19	3.20	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				2	9.76	-542	0.13	2.2	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				3	11.42	-467	0.13	4.07	55		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				4	11.77	-367	0.13	4.09	65		ตะกอนสีเขียว

pH เริ่มต้น	$NaHSO_3$ (เท่า Ni)	หลังใส่ NaHSO3		SBH (เท่าสดอย)	หลังใส่ $NaHSO_3$		[Ni] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน (มล./ล.)	% Ni ใน ตะกอนทั้งหมด	ลักษณะตะกอน
		pH	ORP(mV)		pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด			
8	0.5	7.81	52	1	9.26	-448	0.24	5.31	45		ตะกอนสีเขียว เกิดฟองก๊าซมาก
				2	11.28	-384	0	2.19	80		ตะกอนสีเขียว
				3	11.77	-408	0.02	2.02	80		ตะกอนสีเขียว
				4	11.96	-421	0.02	2.99	80		ตะกอนสีเขียว
	1	7.69	49	1	9.03	-631	0.63	5.76	10	56	ตะกอนสีดำ
				2	11.11	-642	0.05	7.15	65		ตะกอนสีเทา
				3	11.71	-630	0.05	4.60	90		ตะกอนสีเขียวเทา
				4	11.98	-656	0.06	4.49	90		ตะกอนสีเขียว
	5	6.83	77	1	8.99	-703	0.8	1.45	10		ตะกอนสีดำ
				2	10.84	-739	0.13	2.53	10		ตะกอนสีเทา
				3	11.60	-740	0.13	2.25	65		ตะกอนสีเขียว
				4	11.83	-756	0.13	1.92	65		ตะกอนสีเขียว
	10	6.41	-108	1	8.74	-683	0.48	2.32	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				2	10.12	-643	0.14	3.45	10		ตะกอนสีดำ เกิดฟองก๊าซ
				3	11.52	-546	0.14	3.85	65		ตะกอนสีเขียว
				4	11.82	-602	0.14	3.73	75		ตะกอนสีเขียว

ตารางที่ ค.5 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียโครเมียมด้วย SBH และ $NaHSO_3$

NaHSO3	หลังใส่ NaHSO3		SBH	หลังใส่ SBH		[Cr] ที่เหลือ (มก./ล.)		[Ni] ที่เหลือ (มก./ล.)		[Cu] ที่เหลือ (มก./ล.)		อัตราส่วน	ปริมาตรตะกอน	ลักษณะตะกอน
(เท่า Cr)	pH	ORP(mV)	(เท่า Cr)	pH	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด	ละลาย	ทั้งหมด	ละลาย	ทั้งหมด	NaHSO3/SBH	ที่ 1 ชม.(มล./ล.)	
1	2.62	529	0.3	9.32	-715	527	730	0.18	0.83	0.14	0.57	3.33	665	น้ำสีเขียวอ่อน ตะกอนฟุ้ง
	2.59		0.5	11.59	-868	337	360	0.13	1.26	0.10	0.10	2	855	น้ำสีเขียวอ่อน ตะกอนฟุ้งเล็กน้อย
	2.60		1	12.42	-921	195	300	0.23	0.65	0.29	0.89	1	900	น้ำใสสีเขียวอ่อน
	2.60		2	12.82	-968	10.75	320	0.40	1.22	0.43	2.57	0.5	920	น้ำสีเขียวอ่อน ตะกอนฟุ้งเล็กน้อย
2	2.60	528	0.2	4.79	42	272	290	107	113	22	22.7	10	890	น้ำสีฟ้าเทา
	2.59		0.3	6.18	-648	0.18	0.87	11.4	13.6	0.08	0.28	6.67	930	น้ำใส ตกตะกอนร้ามาก
	2.61		0.4	8.87	-687	0.26	1.24	0.08	5.44	0.03	0.13	5	830	น้ำใส ตกตะกอนร้ามาก
	2.61		0.5	9.65	-800	0.72	58.5	0.12	4.77	0.14	4.40	4	675	น้ำขุ่น
	2.60		1	12.01	-904	0.59	21.3	0.10	1.55	0.07	1.42	2	955	หลังจาก 1 ชม. จึงเริ่มตกตะกอน
	2.61		2	12.36	-921	15.9	48.2	0.54	2.51	0.80	2.59	1	755	น้ำสีเขียวขุ่น
3	2.58	200	0.3	5.2	-512	530	550	34	36	0.48	0.55	10	865	น้ำใสสีเขียว
	2.58		0.5	8.21	-733	8.02	15.2	0.69	2.06	0.56	1.62	6	950	น้ำขุ่น ตกตะกอนร้ามาก
	2.60		1	11.60	-871	0.38	4.66	0.10	0.58	0.18	0.47	3	850	น้ำใส
	2.61		2	12.25	-915	2.30	21.83	0.58	0.99	0.55	0.94	1.5	905	น้ำใส ตะกอนฟุ้งเล็กน้อย
4	2.62	185	0.3	4.82	-399	590	1258	27	29	0.49	6.52	13.33	ไม่ตก	
	2.61		0.5	7.24	-720	120	703	18	72	0.71	76	8	ไม่ตก	
	2.59		1	10.80	-854	1.73	18	0.19	6.75	0.19	5.04	4	850	น้ำใส ตะกอนฟุ้งเล็กน้อย
	2.59		2	12.22	-894	3.58	15.74	0.21	0.70	0.23	0.63	2	945	น้ำใส ตกตะกอนร้ามาก
5	2.58	210	0.3	4.85	-343	495	1251	26	35	0.62	9.61	16.67	ไม่ตก	
	2.61		0.5	6.67	-625	12.25	875	18	67	0.53	63	10	965	ตกตะกอนร้ามาก
	2.59		1	9.10	-819	3.28	21.87	0.14	1.36	0.21	1.20	5	750	น้ำขุ่นสีเขียวเทา
	2.61		2	12.20	-859	5.12	7.36	0.36	0.64	0.44	0.35	2.5	925	น้ำใส

ตารางที่ ค.6 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียรวมด้วย SBH และ $NaHSO_3$

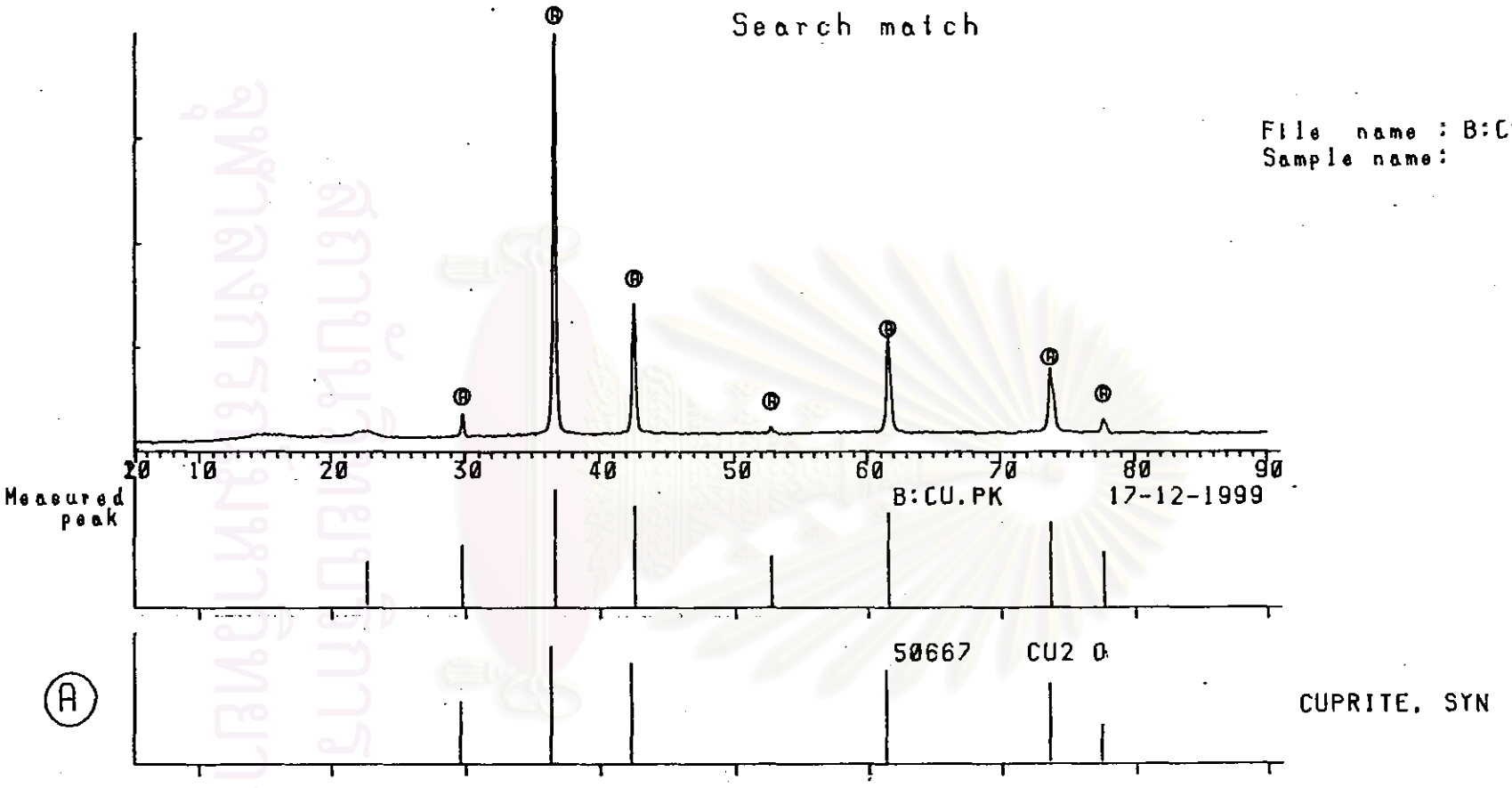
$NaHSO_3$	หลังใส่ $NaHSO_3$		หลังใส่ SBH			[Ni] ที่เหลือ (mg/l)		[Cr] ที่เหลือ (mg/l)		[Cu] ที่เหลือ (mg/l)		[Fe] ที่เหลือ (mg/l)		[Zn] ที่เหลือ (mg/l)		ปริมาตรตะกอน
(เท่าของ Cr)	pH	ORP(mV)	ปริมาณ (ml)	pH(pHจริง)	ORP(mV)	ละลาย	ทั้งหมด	ละลาย	ทั้งหมด	ละลาย	ทั้งหมด	ละลาย	ทั้งหมด	ละลาย	ทั้งหมด	ที่ 1 ชม.(มล./ล.)
0.5	1.84	870	0.13	7.5 (7.55)	-485	1021	1040	0.19	3.03	3.48	5.67	0.33	0.54	*	*	420
			0.20	8.0 (8.05)	-543	536	546	0.17	2.44	1.03	3.26	0.35	0.61	*	*	375
			0.23	8.5 (8.51)	-579	60	63.5	0.17	1.18	0.50	1.99	0.33	0.53	*	*	410
			0.27	9.0 (9.14)	-645	4.30	10	0.16	1.02	0.31	1.99	0.32	0.52	*	*	400
			0.33	9.5 (9.62)	-633	1.21	3.08	0.20	1.07	0.33	1.10	0.32	0.44	*	*	410
			0.35	10.0 (10.22)	-667	0.52	3.65	0.21	0.96	0.78	1.58	0.32	0.48	*	*	355
1	1.59	496	0.16	7.5 (7.51)	-516	420	582	0.16	2.58	1.03	10.26	0.38	0.75	1.10	1.77	375
			0.23	8.0 (7.92)	-570	85	102	0.16	1.26	0.39	3.99	0.38	0.81	0.35	0.64	420
			0.25	8.5 (8.63)	-618	8.26	19	0.16	1.01	0.23	3.21	0.39	0.84	0.13	0.41	420
			0.26	9.0 (9.00)	-640	3.13	8.98	0.16	0.90	0.22	2.79	0.39	0.79	0.07	0.40	500
			0.30	9.5 (9.47)	-676	0.87	6.86	0.19	0.81	0.21	2.54	0.40	0.70	0.05	0.40	510
			0.32	10.0 (9.97)	-681	0.60	6.41	0.20	0.8	0.18	2.48	0.39	0.65	0.04	0.42	600
2	1.45	471	0.12	7.5 (7.55)	-508	451	567	0.17	2.50	0.84	10.52	1.40	1.35	*	*	400
			0.18	8.0 (7.99)	-559	87	106	0.15	0.96	0.20	3.54	0.39	0.76	*	*	400
			0.21	8.5 (8.51)	-570	10	21	0.15	0.73	0.16	2.72	0.41	0.76	*	*	475
			0.27	9.0 (8.98)	-575	1.77	7.46	0.16	0.82	0.12	2.70	0.40	0.78	*	*	520
			0.30	9.5 (9.53)	-594	0.73	7.09	0.21	1.09	0.16	3.34	0.41	0.78	*	*	565
			0.32	10.0 (10.12)	-637	0.41	7.22	0.20	0.97	0.14	3.34	0.41	0.72	*	*	510
3	1.44	477	0.14	7.5 (7.50)	-489	442	520	0.18	1.57	2.42	9.43	0.41	1.05	*	*	445
			0.20	8.0 (8.00)	-445	81	102	0.20	1.33	0.40	4.97	0.42	0.91	*	*	665
			0.24	8.5 (8.53)	-538	8.73	22	0.21	1.45	0.22	4.84	0.41	0.96	*	*	620
			0.28	9.0 (9.12)	-542	1.28	7.14	0.18	0.96	0.15	3.22	0.42	0.81	*	*	710
			0.32	9.5 (9.44)	-555	0.35	5.87	0.20	0.84	0.17	2.79	0.42	0.73	*	*	445
			0.35	10.0 (9.99)	-653	0.66	6.24	0.20	1.02	0.16	3.14	0.42	0.75	*	*	675

หมายเหตุ : * ไม่ได้ทำการวัด

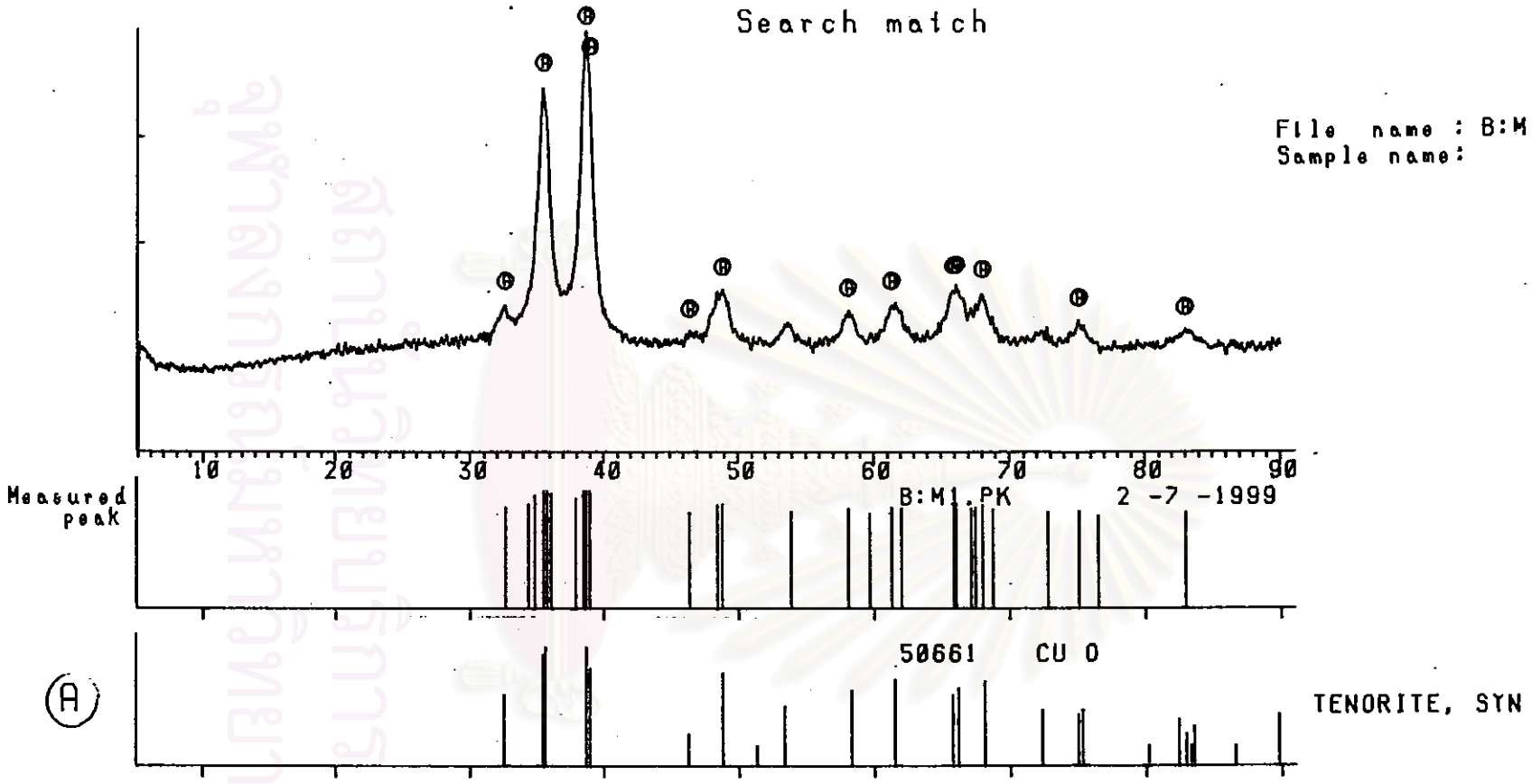
ภาคผนวก ง.

ผลการวิเคราะห์ตะกอนด้วยวิธี X-Ray diffraction

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ง.1 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียทองแดงด้วย SBH เพียงอย่างเดียว
โดยมีสภาวะการบำบัดคือ พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 2.24 และปริมาณ SBH 2 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก พีเอชสุดท้าย 4.52

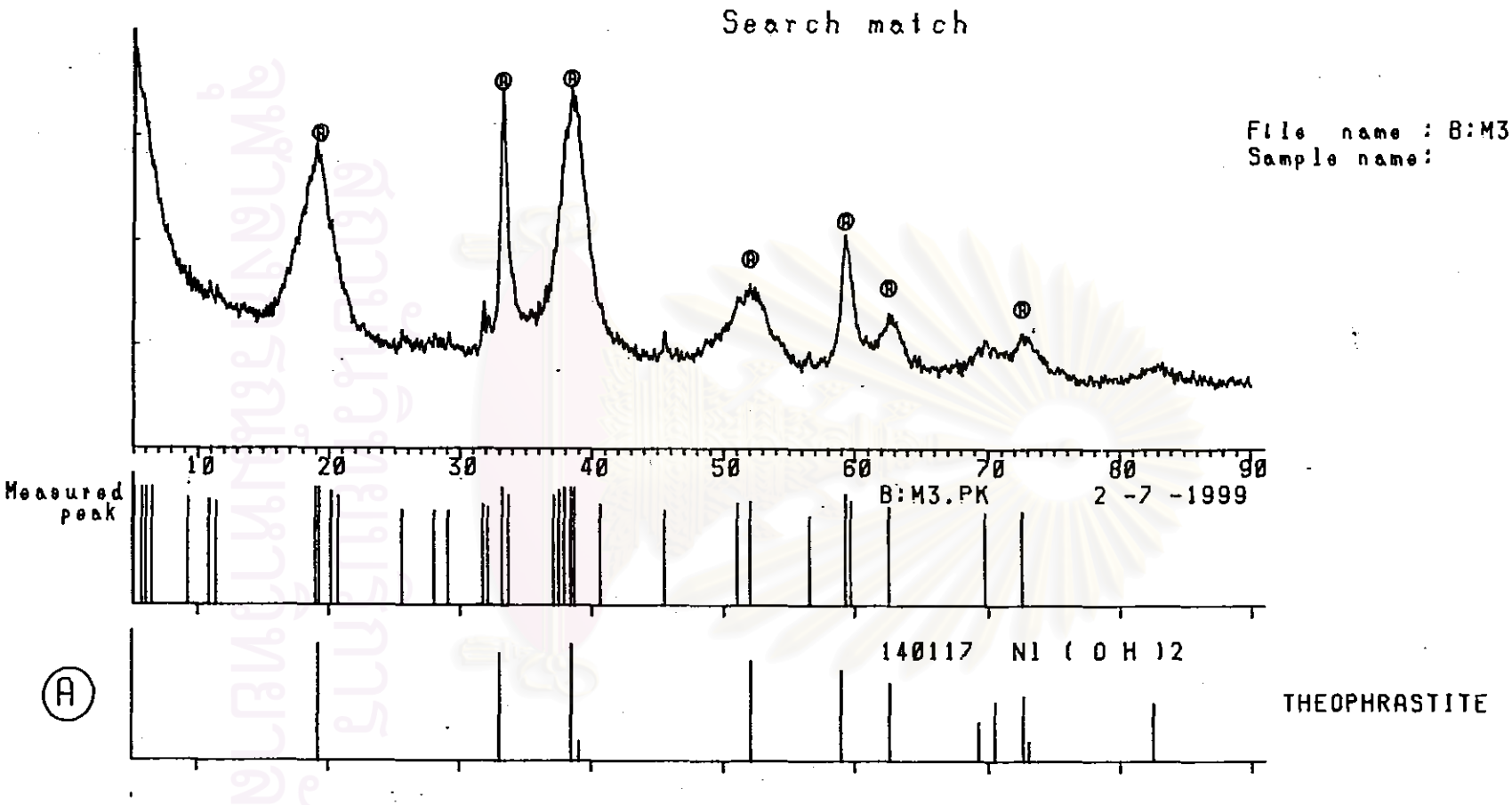


รูป ง.2 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียทองแดงด้วย SBH เพียงอย่างเดียว

โดยมีสภาวะการบำบัดคือ ปรับพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 3 และปริมาณ SBH 3 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก พีเอชสุดท้าย 10.85

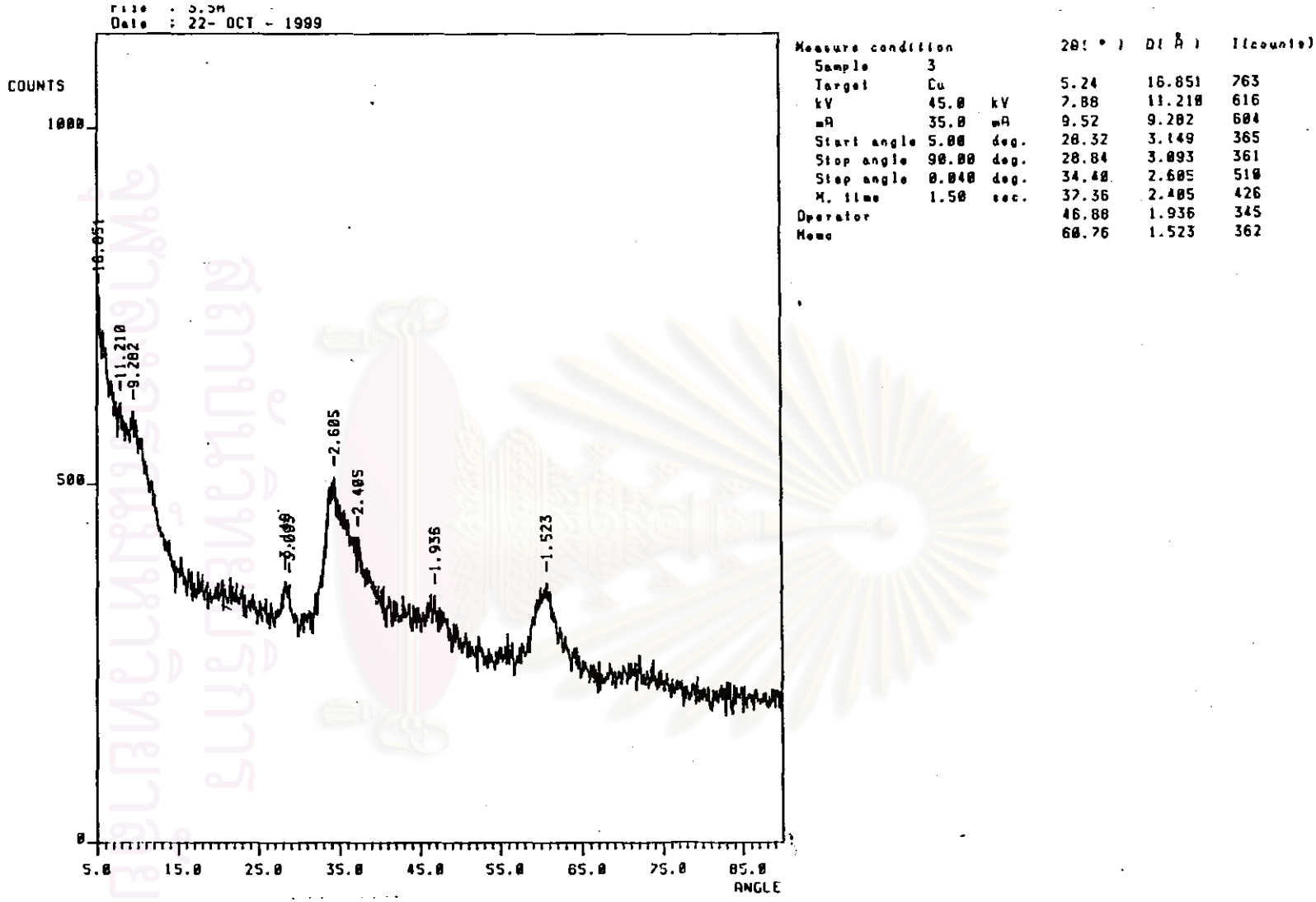
รูป ง.3 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียทองแดงด้วย SBH และ $NaHSO_3$

โดยมีสภาวะการบำบัดคือ ปรับพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 3, $NaHSO_3$ 5 เท่าของCu และปริมาณ SBH 3 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก พีเอชสุดท้าย 7.06



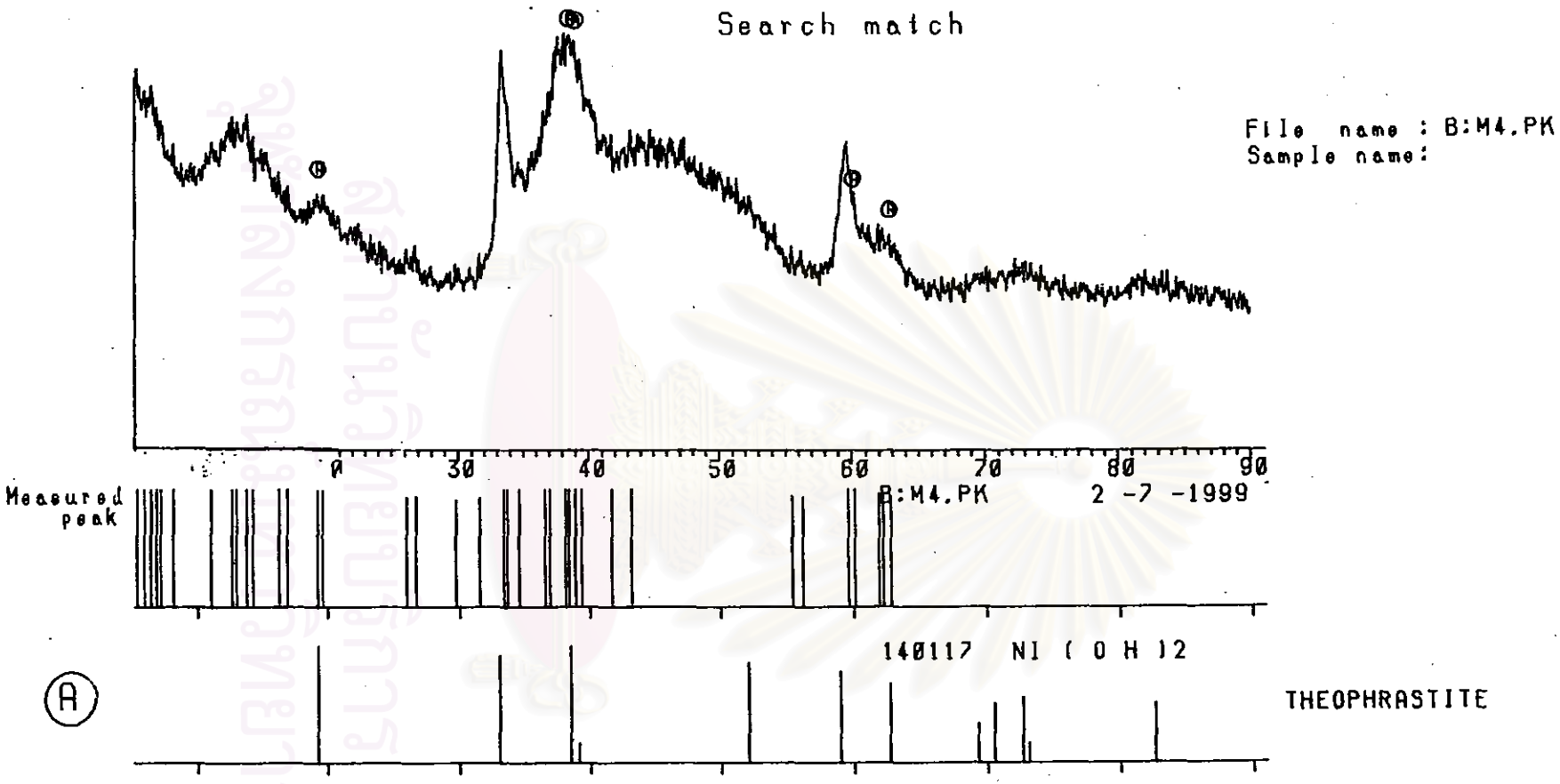
รูป ง.4 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียนิกเกิลด้วย SBH เพียงอย่างเดียว

โดยมีสภาวะการบำบัดคือ ปรับพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 7 และปริมาณ SBH 1 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก พีเอชสุดท้าย 9.00



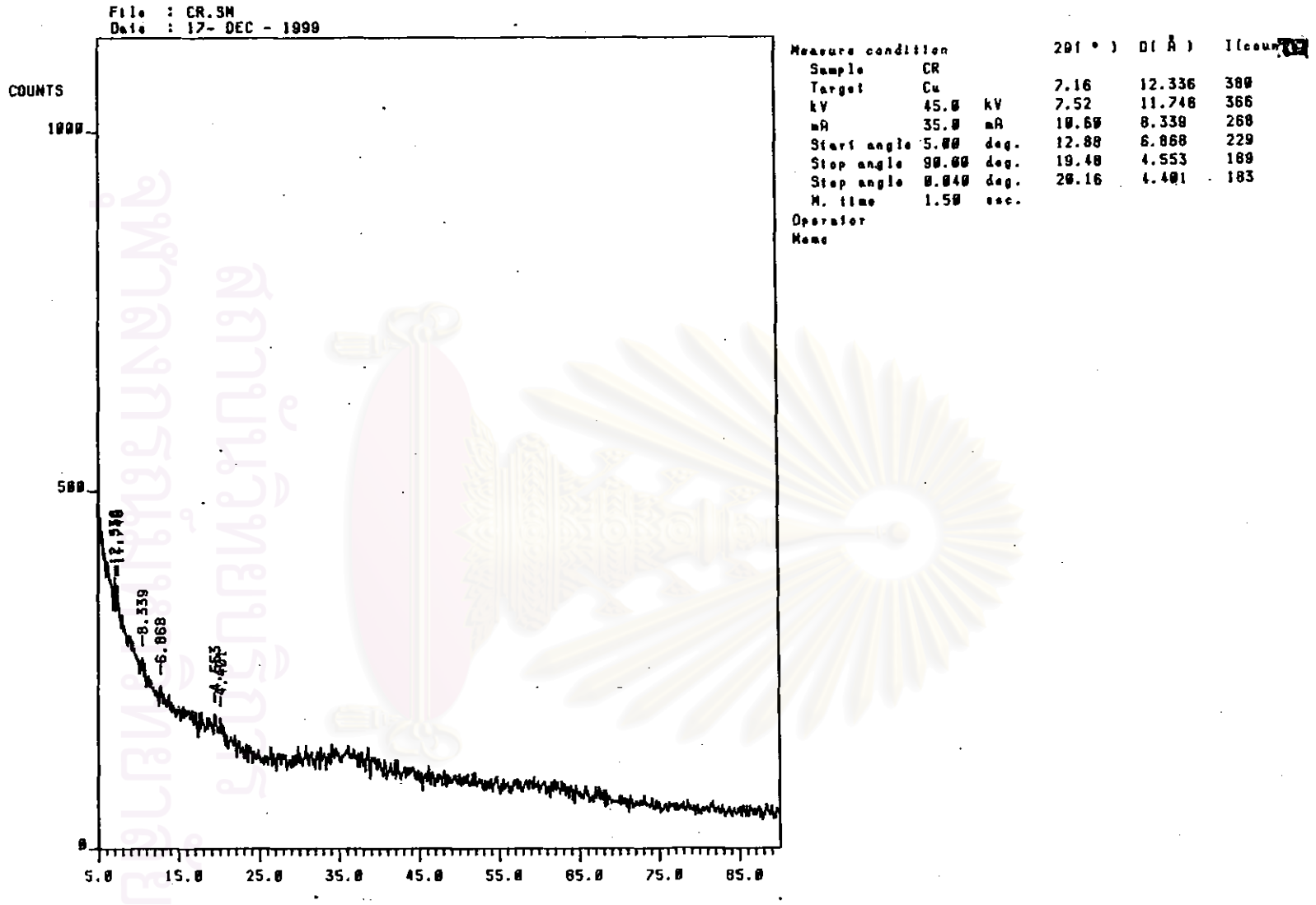
รูป ง.5 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียนิกเกิลด้วย SBH และ $NaHSO_3$

โดยมีสภาวะการบำบัดคือ ปรับพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 7, $NaHSO_3$ 0.5 เท่าของNi และปริมาณ SBH 1 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก พีเอชสุดท้าย 9.07



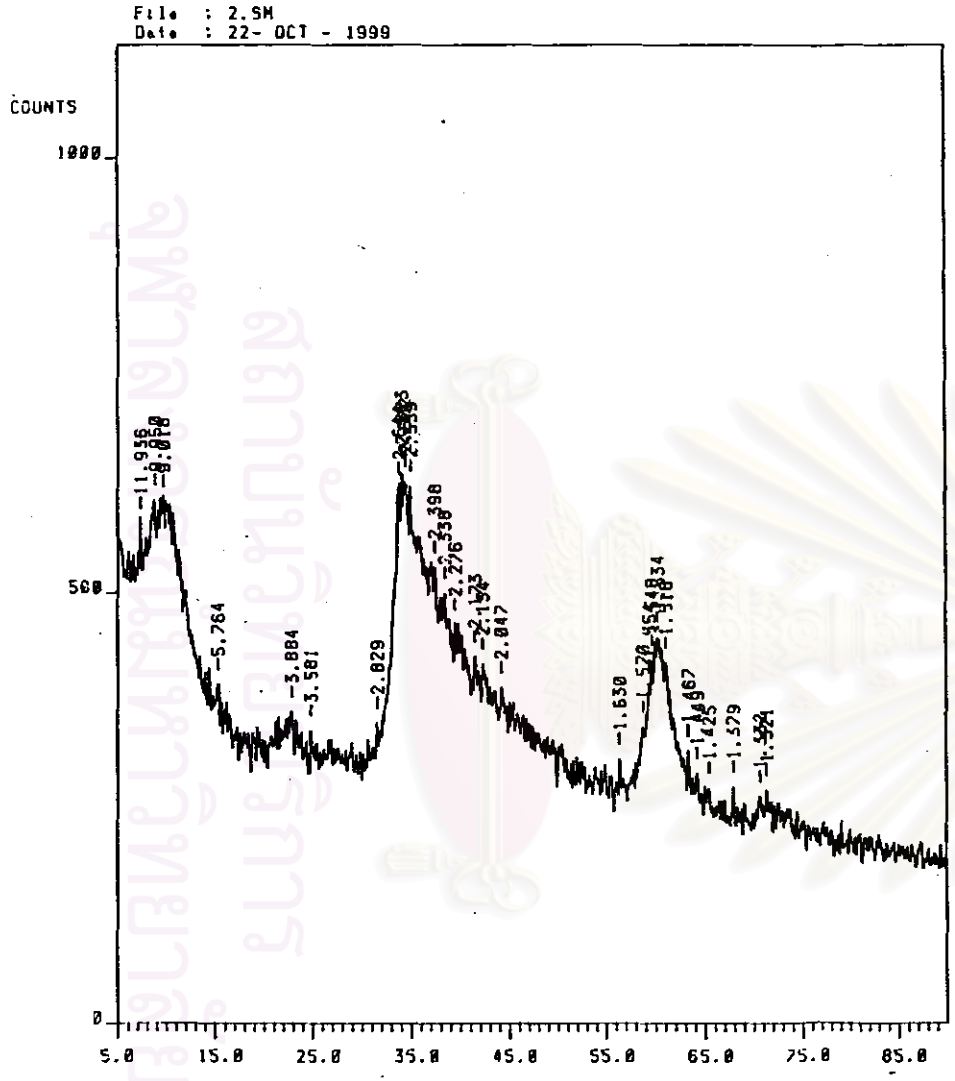
รูป ง.6 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียนิกเกิลด้วย SBH และ $NaHSO_3$

โดยมีสภาวะการบำบัดคือ ปรับพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 7, $NaHSO_3$ 0.5 เท่าของNi และปริมาณ SBH 3 เท่าของจำนวนสคอยซิโอเมตริก พีเอชสุดท้าย 11.73



รูป ง.7 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียโครเมียมด้วย SBH และ $NaHSO_3$

โคเมียสภาวะการบำบัดคือ ปริมาณ $NaHSO_3$ และ SBH เท่ากับ 2 และ 0.4 เท่าของ Cr พีเอชสุดท้าย 8.87



Measure condition		
Sample	2	
Target	Cu	
kV	45.0	kV
mA	35.0	mA
Start angle	5.00	deg.
Stop angle	90.00	deg.
Step angle	0.040	deg.
M. time	1.50	sec.
Operator		
Memo		

2θ(°)	D(Å)	I(counts)
7.40	11.936	588
8.88	9.950	608
9.80	9.018	613
15.36	5.764	395
22.88	3.684	363
24.84	3.581	341
31.60	2.829	350
33.88	2.644	627
34.16	2.623	638
34.44	2.602	628
35.84	2.550	624
37.48	2.398	531
38.48	2.338	501
39.56	2.276	467
41.52	2.173	427
42.32	2.134	419
44.20	2.047	391
56.40	1.630	308
58.76	1.570	345
59.44	1.554	393
59.68	1.548	422
60.28	1.534	449
61.88	1.516	419
63.36	1.467	317
64.24	1.448	281
65.44	1.425	274
67.92	1.379	275
70.68	1.332	265
71.36	1.321	272

รูป ง.8 ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียรวมด้วย SBH และ $NaHSO_3$

โดยมีสภาวะการบำบัดคือ ปริมาณ $NaHSO_3$ 1 เท่าของ Cr และเติม SBH จนได้พีเอช 9.47

ภาคผนวก จ.

รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.1

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโบโรไฮไดรด์รีดักชัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ค่าสารเคมีและค่าบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้น

1) ค่าสารเคมี

ตารางที่ ข.1 ราคาสารเคมี ณ กันยายน 2542 (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)

สารเคมี	ขนาดบรรจุ	ราคา	ที่มา
$NaBH_4$	-	2.70 บาท/กรัม	Morton Thiokol, Inc.
$Na_2S_2O_5$*	25 กิโลกรัม	15 บาท/กิโลกรัม	บ.โปรเวล จำกัด
NaOH	25 กิโลกรัม	16 บาท/กิโลกรัม	หจก.ใต้เซ้งซัน
$Ca(CH)_2$	25 กิโลกรัม	6 บาท/กิโลกรัม	หจก.ใต้เซ้งซัน
H_2SO_4	35 กิโลกรัม	10 บาท/กิโลกรัม	บ.เคมี วิ ทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม จำกัด
โพลีเมอร์ประจุลบ**	15 กิโลกรัม	220 บาท/กิโลกรัม	บ.ไกซูเคมีคอล จำกัด

หมายเหตุ : * โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) ในทางอุตสาหกรรมจะขายในรูปโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$)

** ชนิด KURITA C-3310

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ค่าบำบัดตะกอน

น้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายก๊อกน้ำ อุปกรณ์เครื่องสุขภัณฑ์ ซึ่งทางบริษัทได้ทำสัญญาว่าจ้างบริษัทบริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (GENCO) ให้เป็นผู้จัดการทำลายฤทธิ์กากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดตะกอนต่อน้ำหนัก 1 ตัน

◆ ค่าขนส่งของเสียจากโรงงานไปศูนย์กำจัด (130x2.75)	357.50	บาท/ตัน
◆ ค่าบำบัดที่ศูนย์กำจัด	755.00	บาท/ตัน
◆ ค่าขนส่งกากจากศูนย์กำจัดไปราชบุรี	288.00	บาท/ตัน
◆ ค่าฝังกากที่ราชบุรี	875.00	บาท/ตัน
◆ ค่าขนถ่ายของเสียขึ้น-ลง	300.00	บาท/ตัน
รวมค่าบริการทั้งหมด	2,575.50	บาท/ตัน
หรือ	2.575	บาท/กิโลกรัม

หมายเหตุ : ค่าบริการนี้ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่มตามกฎหมายในอัตราร้อยละ 7

1. น้ำเสียจากการชุบทองแดง

จากหัวข้อ 5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียทองแดงที่สภาวะเหมาะสมต่าง ๆ กัน ได้ดังต่อไปนี้

ก. ไม่มีการพีเอชเริ่มต้น เติม SBH 3.25 เท่า และโพลีเมอร์ประจุลบ 1.2 มก./ล.

ข. ปรับพีเอชเท่ากับ 4 ด้วย $Ca(OH)_2$ เติม SBH 2.11 เท่า และโพลีเมอร์ประจุลบ 1.2 มก./ล.

ค. พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสีย เติม $NaHSO_3$ 5 เท่าของทองแดง และ SBH 3.54 เท่า

ง. ปรับพีเอชเท่ากับ 4 ด้วย NaOH เติม $NaHSO_3$ 5 เท่าของทองแดง และ SBH 2.75 เท่า

จ. ปรับพีเอชเท่ากับ 4 ด้วย $Ca(OH)_2$ เติม $NaHSO_3$ 5 เท่าของทองแดง และ SBH 2.44 เท่า

ฉ. ปรับพีเอชเท่ากับ 6 ด้วย NaOH เติม SBH 0.42 เท่า และโพลีเมอร์ประจุลบ 2.0 มก./ล.

ตารางที่ จ.2 แสดงค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ที่ความเข้มข้นทองแดงเริ่มต้น 550 มก./ล.

ตารางที่ จ.2 ค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสียทองแดงที่สภาวะการกำจัดข้างต้น (บาท/ลบ.ม.)

สภาวะ	$NaOH/Ca(OH)_2$ สำหรับปรับพีเอช	SBH*	$NaHSO_3$	โพลิเมอร์	ค่าบำบัดตะกอน**	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด
ก.	-	3.25x227.15 = 738.24	-	0.26	1.148x2.575 = 2.96	741.46
ข.	2.16	2.11x227.15 = 479.29	-	0.26	4.843x2.575 = 12.47	494.18
ค.	-	3.54x227.15 = 804.11	50.05	-	1.263x2.575 = 3.25	857.41
ง.	5.41	2.75x227.15 = 624.66	50.05	-	1.413x2.575 = 3.64	683.76
จ.	2.16	2.44x227.15 = 554.25	50.05	-	4.217x2.575 = 10.86	617.32
ฉ.	9.83	0.42x227.15 = 95.40	-	0.44	10.734x2.575 = 27.64	133.31

หมายเหตุ : * จำนวนเท่าของ SBH x ราคาต่อหน่วย

** น้ำหนักตะกอนเปียก (มีน้ำเป็นส่วนประกอบร้อยละ 59, กก.) x ค่าบำบัดต่อหน่วย

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายดังกล่าวข้างต้นพบว่า การบำบัดน้ำเสียทองแดงแบบสภาวะ ฉ. คือ ปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 6 ก่อนจะมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด แต่พบว่ามีตะกอนในปริมาณที่มากกว่าสภาวะอื่นถึง 4 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายต่อน้ำเสีย 1 ลบ.ม.</u>

1) NaOH หรือ $Ca(OH)_2$ สำหรับปรับพีเอชของน้ำเสียเริ่มต้น

1.1 พีเอช 4

• *ปรับพีเอชด้วย NaOH* โดยไตเตรตน้ำเสียทองแดง 500 มล.จากพีเอชเริ่มต้น 2.24 เป็น 4 ด้วยสารละลาย NaOH 1.92 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 2.2 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.92 \times 40 \times 2.2)}{500} \times 16 = 5.41$ บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

• *ปรับพีเอชด้วย $Ca(OH)_2$* ใช้ $Ca(OH)_2$ แบบผง 0.18 กรัมต่อน้ำเสียทองแดง 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(0.18 \times 1000)}{500} \times 6$ = 2.16 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

1.2 พีเอช 6

• *ปรับพีเอชด้วย NaOH* โดยไตเตรตน้ำเสียทองแดง 500 มล.จากพีเอชเริ่มต้น 2.24 เป็น 6 ด้วยสารละลาย NaOH 1.92 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 4.0 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.92 \times 40 \times 4)}{500} \times 16$ = 9.83 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2) **SBH** : $NaBH_4$ 1.2 % ใน NaOH 4 %

SBH 1 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก

น้ำหนักของ $NaBH_4$ = 0.15x[Cu]
= 0.15x550
= 82.5 กรัม

น้ำหนักของ NaOH = $4/1.2 \times 82.5 \times 10^{-3}$
= 0.275 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน (82.5x2.70) + (0.275x16) = 227.15 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

3) $NaHSO_3$: $Na_2S_2O_5$ 10 % ใน NaOH 0.5 นอร์มัล (2 %)

$NaHSO_3$ 5 เท่าของทองแดงในน้ำเสีย

น้ำหนักของ $NaHSO_3$ = $5 \times 550 \times 10^{-3}$
= 2.75 กิโลกรัม

น้ำหนักของ NaOH = 2/10x2.75
= 0.55 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน (2.75x15) + (0.55x16) = 50.50 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4) **โพลีเมอร์ประจุลบ**

0.2 มก./ล. คิดเป็นเงิน $(0.2 \times 10^{-3}) \times 220$ = 0.04 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

1.2 มก./ล. คิดเป็นเงิน $(1.2 \times 10^{-3}) \times 220$ = 0.26 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2.0 มก./ล. คิดเป็นเงิน $(2.0 \times 10^{-3}) \times 220$ = 0.44 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2. น้ำเสียจากอาคารชุมนิกเกิล

จากหัวข้อ 5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียนิกเกิลที่สภาวะเหมาะสมต่าง ๆ กัน ได้ดังต่อไปนี้

ก. ไม่มีการพีเอชเริ่มต้น เติม SBH 0.5 เท่า และโพลีเมอร์ประจุลบ 0.6 มก./ล.

ข. ไม่มีการพีเอชเริ่มต้น เติม $NaHSO_3$ 1 เท่าของนิกเกิล SBH 0.63 เท่า และโพลีเมอร์ประจุลบ 0.6 มก./ล.

ค. ปรับพีเอชเท่ากับ 8.5 ด้วย NaOH เติม $NaHSO_3$ 0.5 เท่าของนิกเกิล SBH 0.19 เท่า และโพลีเมอร์ประจุลบ 0.6 มก./ล.

ตารางที่ จ.3 แสดงค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ที่ความเข้มข้นนิกเกิลเริ่มต้น 345 มก./ล.

ตารางที่ จ.3 ค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสียนิกเกิลที่สภาวะการกำจัดต่าง ๆ (บาท/ลบ.ม.)

สภาวะ	NaOH สำหรับปรับพีเอช	SBH*	$NaHSO_3$	โพลีเมอร์	ค่าบำบัดตะกอน**	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด
ก.	-	0.5x1215.87 = 607.93	-	0.13	29.545x2.575 = 76.08	684.14
ข.	-	0.63x1215.87 = 766.00	6.28	0.13	2.410x2.575 = 6.21	778.62
ค.	7.86	0.19x1215.87 = 230.98	3.14	0.13	2.108x2.575 = 5.43	247.54

หมายเหตุ : * จำนวนเท่าของ SBH x ราคาต่อหน่วย

** น้ำหนักตะกอนเปียก (กก.) x ค่าบำบัดต่อหน่วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายต่อน้ำเสีย 1 ลบ.ม.</u>

1) NaOH สำหรับปรับพีเอชของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 8.5

ไดเตรตน้ำเสียนิกเกิล 500 มล.จากพีเอชเริ่มต้น 7.21 เป็น 8.5 ด้วยสารละลาย NaOH 1.92 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 3.2 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.92 \times 40 \times 3.2)}{500} \times 16 = 7.86$ บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2) SBH : $NaBH_4$ 1.2 % ใน NaOH 4 %

SBH 1 เท่าของจำนวนสตอยชิโอเมตริก น้ำหนักของ $NaBH_4$ = 1.28x[Ni]

= 1.28x345

= 441.60 กรัม

น้ำหนักของ NaOH = $4/1.2x441.6x10^{-3}$

= 1.472 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน (441.6x2.70) + (1.472x16) = 1,215.87 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

3) $NaHSO_3$: $Na_2S_2O_5$ 10 % ใน NaOH 0.5 นอร์มัล (2 %)

$NaHSO_3$ 1 เท่าของนิกเกิลในน้ำเสีย น้ำหนักของ $NaHSO_3$ = $1x345x10^{-3}$

= 0.345 กิโลกรัม

นัด = 2/10x0.345

= 0.069 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน (0.345x15) + (0.069x16) = 6.28 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4) โพลีเมอร์ประจุลบ

0.6 มก./ล. คิดเป็นเงิน $(0.6x10^{-3})$ x 220 = 0.13 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

3. น้ำเสียจากการชุบโครเมียม

จากหัวข้อ 5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียโครเมียมที่สภาวะต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก. เติม $NaHSO_3$ 2 เท่าของโครเมียม SBH 0.35 เท่าของโครเมียม และโพลีเมอร์ประจุลบ 0.2 มก./ล.

ข. เติม $NaHSO_3$ 3 เท่าของโครเมียม หลังจากนั้นปรับพีเอชเท่ากับ 8 ด้วย NaOH เติม SBH 0.05 เท่าของโครเมียม และโพลีเมอร์ประจุลบ 0.2 มก./ล.

ตารางที่ จ.4 แสดงค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ที่ความเข้มข้นโครเมียมเริ่มต้น 1460 มก./ล. นิกเกิล 180 มก./ล. ทองแดง 145 มก./ล. และสังกะสี 90 มก./ล.

ตารางที่ ข.4 ค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสียโครเมียม

สถานะ	$NaHSO_3$	H_2SO_4 สำหรับปรับพีเอช = 2.5	NaOHสำหรับปรับพีเอช	SBH*	โพลิเมอร์	ค่าบำบัดตะกอน**	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด
ก.	2x21.90 = 43.80	13.12	-	0.35x4019.92 = 1406.97	0.04	39.389x2.575 = 101.43	1,565.36
ข.	3x21.90 = 65.70	18.25	50.05	0.05x4019.92 = 201	0.04	43.313x2.575 = 111.53	446.57

หมายเหตุ : * จำนวนเท่าของ SBH x ราคาต่อหน่วย

** น้ำหนักตะกอนเปียก (กก.) x ค่าบำบัดต่อหน่วย

<u>รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายต่อน้ำเสีย 1 ลบ.ม.</u>

1) $NaHSO_3$

$Na_2S_2O_5$ 1 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย น้ำหนักของ $Na_2S_2O_5$ = $2x1460x10^{-3}$

= 1.46 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน 1.46x15 = 21.90 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2) NaOH สำหรับปรับพีเอชของน้ำเสียก่อนเติม SBH ให้เท่ากับ 8

ไดเตรตน้ำเสียโครเมียม 500 มล.จากพีเอช 2.5 เป็น 8 ด้วยสารละลาย NaOH 5.88 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 6.65 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(5.88x40x6.65)}{500}$ x 16 = 50.05 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

3) H_2SO_4 สำหรับปรับพีเอชของน้ำเป็น 2.5

โดยไดเตรตน้ำเสียโครเมียม 500 มล.หลังจากเติม $NaHSO_3$ ให้ได้พีเอชเท่ากับ 2.5 ด้วยสารละลาย H_2SO_4 1.94 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 6.9 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.94x49x6.9)}{500}$ x 10 = 13.12 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4) SBH : $NaBH_4$ 1.2 % ใน NaOH 4 %

SBH 1 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย น้ำหนักของ $NaBH_4$ = 1x1790

= 1790 กรัม

น้ำหนักของ NaOH = $4/1.2x1790x10^{-3}$

= 4.87 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน (1790x2.70) + (4.87x16) = 4,019.92 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

5) โพลิเมอร์ประจุลบ

0.2 มก./ล. คิดเป็นเงิน $(0.2x10^{-3})$ x 220 = 0.04 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4. น้ำเสียรวม

จากหัวข้อ 5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียรวมที่สภาวะต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ก. เติม $NaHSO_3$ 1 เท่าของโครเมียม หลังจากนั้นปรับพีเอชเท่ากับ 6 ด้วย NaOH เติม SBH 55.4 ลิตร/น้ำเสีย 1 ลบ.ม. และโพลีเมอร์ประจุลบ 1.0 มก./ล.

ข. เติม $NaHSO_3$ 1 เท่าของโครเมียม หลังจากนั้นปรับพีเอชเท่ากับ 6 ด้วย $Ca(OH)_2$ เติม SBH 51.6 ลิตร/น้ำเสีย 1 ลบ.ม. และโพลีเมอร์ประจุลบ 1.0 มก./ล.

ค. เติม $NaHSO_3$ 1 เท่าของโครเมียม หลังจากนั้นปรับพีเอชเท่ากับ 8 ด้วย $Ca(OH)_2$ เติม SBH 9.4 ลิตร/น้ำเสีย 1 ลบ.ม. และโพลีเมอร์ประจุลบ 1.0 มก./ล.

ตารางที่ จ.5 แสดงค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. ที่ความเข้มข้นโลหะหนักเริ่มต้น นิกเกิล 1660, ทองแดง 770 มก./ล. โครเมียม 250 มก./ล. สังกะสี 160 มก./ล. เหล็ก 140 มก./ล. และตะกั่ว 35 มก./ล.

ตารางที่ จ.5 ค่าใช้จ่ายสำหรับบำบัดน้ำเสียรวม

สภาวะ	$NaHSO_3$	NaOH/$Ca(OH)_2$ สำหรับปรับpH	SBH*	โพลิเมอร์	ค่าบำบัดตะกอน**	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด
ก.	3.75	118.54	55.4x33.04 = 1830.42	0.22	24.634x2.575 = 63.43	2,016.36
ข.	3.75	42.84	51.6x33.04 = 1704.86	0.22	56.330x2.575 = 145.05	1,896.72
ก.	3.75	69.72	9.4x33.04 = 310.58	0.22	61.184x2.575 = 157.55	541.82

หมายเหตุ : * ปริมาณ SBH (ลิตร) x ราคาต่อหน่วย

** น้ำหนักตะกอนเปียก (กก.) x ค่าบำบัดต่อหน่วย

<u>รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่าย</u>

1) $NaHSO_3$: $Na_2S_2O_5$ 1 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย

$Na_2S_2O_5$ 1 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย น้ำหนักของ $Na_2S_2O_5$ = $1x250x10^{-3}$

= 0.25 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน 0.25x15 = 3.75 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2) NaOH หรือ $Ca(OH)_2$ สำหรับปรับพีเอชของน้ำเสียเป็น 6

2.1 พีเอช 6

- *ปรับพีเอชด้วย NaOH* โดยไดเตรตน้ำเสีย 500 มล.จากพีเอช 1.29 เป็น 6 ด้วยสารละลาย NaOH 5.88 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 15.75 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(5.88x40x15.75)}{500}$ x 16 = 118.54 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- *ปรับพีเอชด้วย $Ca(OH)_2$* ใช้ $Ca(OH)_2$ แบบผง 3.57 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(3.57x1000)}{500}$ x 6 = 42.84 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2.2 พีเอช 8

- *ปรับพีเอชด้วย $Ca(OH)_2$* ใช้ $Ca(OH)_2$ แบบผง 5.81 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(5.81x1000)}{500}$ x 6 = 69.72 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

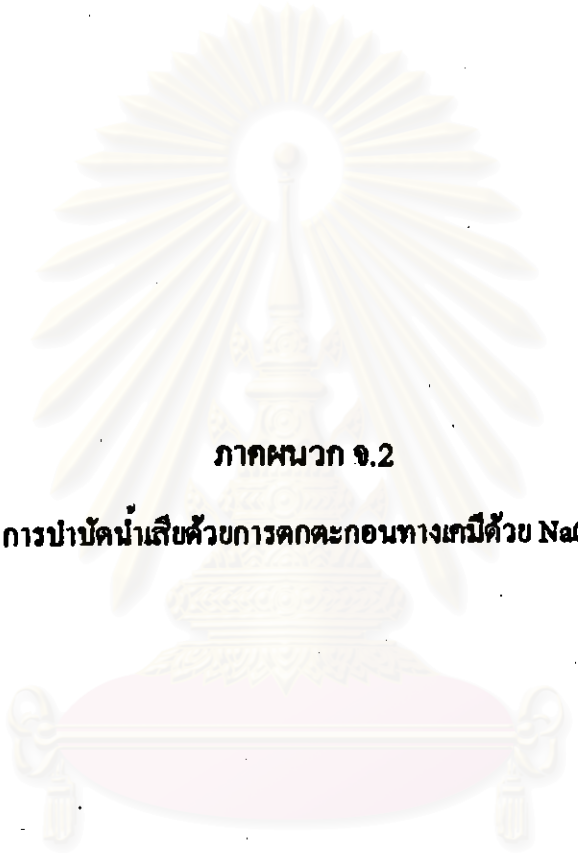
3) SBH : $NaBH_4$ 1.2 % ใน NaOH 4 %

สารละลาย SBH 1 ล. คิดเป็นเงิน $(12x2.70) + \frac{(40x16)}{1000}$ = 33.04 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4) โพลิเมอร์ประจุลบ

1.0 มก./ล. คิดเป็นเงิน $(1.0x10^{-5})$ x 220 = 0.22 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ.2

การบำบัดน้ำเสียด้วยการตกตะกอนทางเคมีด้วย NaOH

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. น้ำเสียจากอาชุบทองแดง

ก. ค่าสารเคมี

ปรับพีเอชของน้ำเสียจาก 2.27 เป็น 8 ด้วยสารละลาย NaOH 1.92 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 6.4 มล. ต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.92 \times 40 \times 6.4)}{500} \times 16$ = 15.73 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 16.897 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 16.897 x 2.575 = 43.51 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2. น้ำเสียจากอาชุบนิกเกิล

ก. ค่าสารเคมี

ปรับพีเอชของน้ำเสียจาก 7.21 เป็น 10 ด้วยสารละลาย NaOH 1.92 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 5.5 มล.ต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.92 \times 40 \times 5.5)}{500} \times 16$ = 13.52 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 12.945 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 12.945 x 2.575 = 33.33 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

3. น้ำเสียจากอาชุบโครเมียม

ก. ค่าสารเคมี

- $Na_2S_2O_5$ 3 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย

คิดเป็นเงิน $(3 \times 1800 \times 10^{-3}) \times 15$ = 81 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- ปรับพีเอชของน้ำเป็น 2.5 ด้วยสารละลาย H_2SO_4 1.94 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 9.6 มล.ต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(1.94 \times 49 \times 9.6)}{500} \times 10$ = 18.25 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- ปรับพีเอชของน้ำจาก 2.5 เป็น 9.5 ด้วยสารละลาย NaOH 5.88 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 8 มล. ต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน (5.88x40x8/500) x 16 = 60.21 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

รวมค่าสารเคมี 81 + 18.25 + 60.21 = 159.46 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 67.0 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 67.0 x 2.575 = 172.52 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4. น้ำเสียรวม

ก. ค่าสารเคมี

- $Na_2S_2O_5$ 2 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย

คิดเป็นเงิน $(2x250x10^{-3}) \times 15$ = 7.50 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- ปรับพีเอชของน้ำจาก 1.29 เป็น 10 ด้วยสารละลาย NaOH 5.88 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 21.2 มล.ต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(5.88x40x21.2)}{500} \times 16$ = 159.56 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

รวมค่าสารเคมี 7.50 + 159.56 = 167.06 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 107.994 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 107.994 x 2.575 = 278.08 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.3

การบำบัดน้ำเสียด้วยการตกตะกอนทางเคมีด้วย $Ca(OH)_2$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. น้ำเสียจากการชุบทองแดง

ก. ค่าสารเคมี

ปรับพีเอชของน้ำเสียจาก 2.27 เป็น 8 ด้วย $Ca(OH)_2$ แบบผง ใช้ 0.711 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(0.711 \times 10^3) \times 6}{500}$ = 8.53 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 27.218 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 27.218 x 2.575 = 70.09 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

2. น้ำเสียจากการชุบนิกเกิล

ก. ค่าสารเคมี

ปรับพีเอชน้ำเสียจาก 7.21 เป็น 10 ด้วย $Ca(OH)_2$ แบบผง ใช้ 0.510 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.

คิดเป็นเงิน $\frac{(0.510 \times 10^3) \times 6}{500}$ = 6.12 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 23.306 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 23.306 x 2.575 = 60.01 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

3. น้ำเสียจากการชุบโครเมียม

ก. ค่าสารเคมี

- $Na_2S_2O_5$ 3 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย

  คิดเป็นเงิน $(3 \times 1460 \times 10^{-3}) \times 15$ = 65.70 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- ปรับพีเอชของน้ำเป็น 2.5 ด้วยสารละลาย H_2SO_4 1.94 นอร์มัล ใช้ปริมาณ 9.6 มล.ต่อน้ำเสีย 500 มล.

  คิดเป็นเงิน $\frac{(1.94 \times 49 \times 9.6)}{500} \times 10$ = 18.25 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- ปรับพีเอชของน้ำจาก 2.5 เป็น 9.5 ด้วย $Ca(OH)_2$ แบบผง ใช้ 2.164 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.

  คิดเป็นเงิน $\frac{(2.164 \times 10^3) \times 6}{500}$ = 25.97 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

รวมค่าสารเคมี 65.70 + 18.25 + 25.97 = 109.92 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 79.782 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 79.782 x 2.575 = 205.44 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

4. น้ำเสียรวม

ก. ค่าสารเคมี

- $Na_2S_2O_5$ 2 เท่าของโครเมียมในน้ำเสีย

  คิดเป็นเงิน $(2x250x10^{-3}) \times 15$ = 7.50 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

- ปรับพีเอชของน้ำจาก 1.29 เป็น 10 ด้วย $Ca(OH)_2$ แบบผง ใช้ 6.957 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.

  คิดเป็นเงิน $\frac{(6.957x10^{3})}{500} \times 6$ = 83.48 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

รวมค่าสารเคมี 7.50 + 83.48 = 90.98 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

ข. ค่าบำบัดตะกอน

น้ำหนักตะกอนเปียกเท่ากับ 133.012 กิโลกรัม/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

คิดเป็นค่าบำบัด 133.012 x 2.575 = 342.51 บาท/น้ำเสีย 1 ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาว มณีรัตน์ องค์วรรณดี เกิดวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย