

## รายการอ้างอิง



### ภาษาไทย

- ชลชัย โพธิพันธ์, นันทนา ศิริพันธ์ และ ประทีน กุลละวณิชย์. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนโลหะหนักและกำจัดไซยาไนด์ในน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะ. งานวิจัยสำหรับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.
- ชุตินพงษ์ วิวัฒน์ภูวพงศ์ และ ปรีชนันท์ เพชรสุวรรณ. การสลายพันธะระหว่างไอออนโลหะกับไซยาไนด์ไอออนในสารประกอบไซยาไนด์เชิงซ้อนด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต. งานวิจัยสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542.
- เพชรจิตต์ ชัยศรีสวัสดิ์สุข. การลดปริมาณไซยาไนด์ในน้ำทิ้งจากกระบวนการชุบโลหะด้วยทองแดงโดยวิธีออกซิเดชันด้วยเกลือไฮโปคลอไรต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2527.
- วิสิทธิ์ สุขป้อม. การบำบัดไซยาไนด์ในน้ำเสียจากกระบวนการชุบโลหะด้วยสังกะสีโดยวิธีการออกซิเดชันด้วยโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาสุขภาพสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2540.
- สุชาดา ไชยสวัสดิ์, โสภิตา บุญอเนกทรัพย์, สรเสกข์ กุลมัย, ชาญชัย จิตติพันธ์พรณี และ จิระพันธ์ เนื่องจากนิล. การศึกษาคุณสมบัติน้ำทิ้งในโรงงานชุบโลหะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2542.
- สาโรช บุญยกิจสมบัติ. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมีในโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าขนาดกลางและเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- วัลย์รัตน์ จันทร์วงศ์. การบำบัดน้ำเสียของโรงงานชุบโลหะ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 9 (เมษายน 2542) : 4-8.

## ภาษาอังกฤษ

- Aguado, J., van Grieken, R., López-Muñoz, M. J.; and Marugán, J. Removal of cyanides in wastewater by supported TiO<sub>2</sub>-based photocatalysts. Catalysis Today 75 (2002) : 95-102.
- APHA, AWWA, and WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> ed. United Book Press, 1998.
- Augugliaro, V., Loddo, V., Marci, G., Palmisano, L., and López-Muñoz, M. J. Photocatalytic oxidation of cyanides in aqueous titanium dioxide suspensions. Journal of Catalysis 166 (1997) : 272–283.
- Augugliaro, V., Blanco-Gálvez, J., Cáceres-Vázquez, J., García-López, E., Loddo, V., López-Muñoz, M.J., Malato-Rodríguez, S., Marci, G., Palmisano, L., Schiavello, M. Photocatalytic oxidation of cyanide in aqueous TiO<sub>2</sub> suspensions irradiated by sunlight in mild and strong oxidant conditions. Catalysis Today 54 (1999) : 245-253.
- Barakat, M.A., Chen, Y.T., and Huang, C.P., Removal of toxic cyanide and Cu(II) ions from water by illuminated TiO<sub>2</sub> catalyst. Applied Catalysis B : Environmental 53 (2004) : 13-20.
- Benefield, L. D., Judkins, J. F., and Weand, B. L. Process chemistry for water and wastewater treatment. NJ : Prentice-Hall, 1982.
- Carrillo-Pedroza, F. R., Nava-Alonso, F., and Uribe-Salas, A. Cyanide oxidation by ozone in cyanidation tailings: Reaction kinetics. Mineral Engineering 13 (2000) : 541-548.
- Chamberlain, N. S., and Synder, H. B., Jr. Technology of treating plating wastes. Proc. Tenth Purdue Industrial Conference 227 (1965)
- Cheng, S. C., Gattrell, M., Guena, T., and MacDougall, B. The electrochemical oxidation of alkaline copper cyanide solutions. Electrochimica Acta 47 (2002) : 3245-3256.
- Chiang, K., Amal, R., and Tran, T. Photocatalytic degradation of cyanide using titanium dioxide modified with copper oxide. Advances in Environmental Research 6 (2002) : 471-485
- Chiang, K., Amal, R., and Tran, T. Photocatalytic oxidation of cyanide: kinetic and mechanistic studies. J. Molecular Catalysis A: Chemical 193 (2003) : 285-297.

- Chitra, S., Paramasivan, K., Sinha, P. K., and Lal, K. B. Ultrasonic treatment of liquid waste containing EDTA. J. Cleaner Production (In press)
- Dabrowski, B., Zaleska, A., Janczarek, M., Hupka, J., and Miller, J. D. Photo-oxidation of dissolved cyanide using TiO<sub>2</sub> catalyst. J. Photochem. Photobiol. A: Chem. 151 (2002) : 201-205.
- Dart, M. C., Gentles, J. D., and Renton, D. G. Electrolytic oxidation of strong cyanide wastes. J. Appl. Chem. 17 (1963) : 55-64.
- Davis P., and Green, D. L. Photocatalytic oxidation of cadmium-EDTA with titanium dioxide. Environ. Sci. Technol. 33 (1999) : 609-617.
- Dhamo, N. Electrochemical oxidation of cyanide in the hydrocyclone cell. Waste Management 16 (1996) : 257-261.
- Doongr, A., and Chang, W.H., Photodegradation of parathion in aqueous titanium dioxide and zero-valent iron solution in the presence if hydrogen peroxide, J. Photochem. Photobiol. A : Chem. 116 (1998) : 221-228
- Eilbeck, W. J., and Mattock, G. Chemical processes in wastewater treatment. Ellis Horwood, 1987.
- El-Ghaoui, E. A., Jansson, R. E. W., and Moreland, C. Application of the trickle tower to problems of pollution control. II. The direct and indirect oxidation of cyanide. J. Appl. Electrochem. 12 (1982) : 669-673.
- Emilio, C.A., Jardim, W.F., Litter, M.I., Mansilla, H.D., EDTA destruction using the solar ferrioxalate advanced oxidation technology (AOT) comparison with solar photo-Fenton treatment. J. Photochem. Photobiol. A : Chem. 151 (2002) : 121-127.
- Futakawa, M., Takahashi, H., Inoue, G., and Fujioka, T. Treatment of concentrated cyanide wastewater. Desalination 98 (1994) : 345-352.
- Gilbert, E., and Hoffmann-Glewe, S. Ozonation of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) in aqueous solution, influence of pH value and metal ions. Water Research 24 (1990) : 39-44.
- Gijzen, H. J., Bernal, E., and Ferrer, H. Cyanide toxicity and cyanide degradation in anaerobic wastewater treatment. Water Research 34 (2000) : 2447-2454.
- Hartinger, L. Handbook of effluent treatment and recycling for the metal finishing industry. 2<sup>nd</sup> ed. Finishing Publications, 1994.

- Hine, F., Yasuda, M., Lida, T., and Ogata, Y. On the oxidation of cyanide solutions with lead oxide coated anode. Electrochimica Acta 31 (1986) : 1389-1395.
- Ho, S. P., Wang, Y. Y., and Wan, C. C. Electrolytic decomposition of cyanide effluent with an electrochemical reactor packed with stainless steel fiber. Water Research 24 (1990) : 1317-1321.
- INCO. Cyanide destruction: The Inco SO<sub>2</sub>/Air process. Inco Exploration and Technical Services, 1993.
- Ismail, A.A., Ibrahim, I.A., and Mohamed, R.M. Sol-gel synthesis of vanadia-silica for photocatalytic degradation of cyanide. Applied Catalysis B: Environmental 45 (2003) : 161-166.
- Kim, H-J., Lu, L., Kim, J-H., Lee, C-H., Hyeon, T., Choi, W., Lee, H-I. UV light induced photocatalytic degradation of cyanides in aqueous solution over modified TiO<sub>2</sub>. Bull. Korean Chem. Soc. 22 (2001) : 1371-1374.
- Korhonen, M.S., Metsarinne, S.E., and Tuhkanen T.A. Removal of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) from pulp mill effluents by ozonation. Ozone-Science & Engineering 22 (2000) : 279-286.
- Kunz, A., Peralta-Zamora, P., and Durán, N. Hydrogen peroxide assisted photochemical degradation of ethylenediaminetetraacetic acid. Advances in Environmental Research 7 (2002) : 197-202.
- Madden, T. H., Datye, A. K., Fulton, M., Prairie, M. R., Majumdar, S. A., and Stange, B. M. Oxidation of metal-EDTA complexes by TiO<sub>2</sub> photocatalysis. Environ. Sci. Technol. 31 (1997) : 3475-3481.
- Motekaitis, R. J., Cox, B., Taylor, P., and Martel, A. E. Thermal degradation of EDTA chelates in aqueous solution. Can. J. Chem. 6 (1982) : 1207.
- Novack, B., Kari, F.G., Hilger, S.U., and Sigg, L. Determination of dissolved and absorbed EDTA species in water and sediments by HPLC. Anal. Chem. 68 (1996) : 561-566
- Ogutveren, Ü. B., Toru, E., and Koparal, S. Removal of cyanide by anodic oxidation for wastewater treatment. Water Research 33 (1999) : 1851-1856.

- Parga, J. R., Shukla, S. S., and Carrillo-Pedroza, F. R. Destruction of cyanide waste solutions using chlorine dioxide, ozone and titania sol. Waste Management 23 (2003) : 183-191.
- Patterson, J. W. Industrial wastewater treatment technology. 2<sup>nd</sup> ed. Butterworths, 1985.
- Rämo, J., and Sillanpää, M. Degradation of EDTA by hydrogen peroxide in alkaline conditions. J. Cleaner Production 9 (2001) : 191-195.
- Rodríguez, J. B., Mutis, A., Yeber, M. C., Freer, J., Baeza, J., and Mansilla, H. D. Chemical degradation of EDTA and DPTA in a totally chlorine free (TCF) effluent. Wat. Sci. Tech. 40 (1999) : 267-272.
- de Carvalho, R.M., Kubota, L.T., Rath, S. Influence of EDTA on the electrochemical behavior of phenols. Journal of Electroanalytical Chemistry 548 (2003) : 19-26
- Sarla, M., Pandit, M., Tyagi, D. K., and Kapoor, J. C. Oxidation of cyanide in aqueous solution by chemical and photochemical process. Journal of Hazardous Materials (In press)
- Selm, R. P. Ozone oxidation of aqueous cyanide waste solution in stirred batch reactors and packed tower. In Ozone Chemistry and Technology. Washington: American Chemical Society, 1959.
- Singer, P. C., and Zilli, W. B. Ozonation of ammonia in waste water. Water Research 9 (1975) : 127-134.
- Solvay Interlox. Cyanide detoxification with hydrogen peroxide[Online]. 2001. Available from: <http://www.solvavinterlox.com/> [2003, Nov 6]
- Szpyrkowicz, L., Zilio-Grandi, F., Kaul, S. N., Rigoni-Stern, S. Electrochemical treatment of copper cyanide wastewaters using stainless steel electrodes. Water Sci. Technol. 38 (1998) : 268.
- Szpyrkowicz, L., Zilio-Grandi, F., Kaul, S. N., and Polcaro, A. M. Copper electrodeposition and oxidation of complex cyanide from wastewater on an electrochemical reactor with Ti/Pt anode. Ind. Eng. Chem. Res. 39 (2000) : 2132-2139.
- Tan, T. C., Teo, W. K., and Chin, D. T. Electrochemical destruction of complex cyanide. Chem. Eng. Commun. 38 (1985) : 125-133.

- Tucker, M. D., Barton, L. L., Thomas, B. M., Wagener, B. M., and Aragon, A. Treatment of waste containing EDTA by chemical oxidation. Waste Management 19 (1999) : 477-482.
- Tyler, R. G., Maske, W., Westin, M. J., and Matthews, W. Ozonation of cyanide wastes. Sewage Ind. Wastes 23 (1951) : 1150-1153.
- U.S. EPA. Capsule report – Managing cyanide in metal finishing. OH : U.S. EPA, 2000. (Mimeographed)
- Vohra, M. S., and Davis, A. P. TiO<sub>2</sub>-assisted photocatalysis of lead-EDTA. Water Research 34 (2000) : 952-964.
- Zeevalkink, J. A., Visser, D. C., Arnoldy, P., and Boelhouwer, C. Mechanism and kinetics of cyanide ozonation in water. Water Research 14 (1980) : 1375-1385.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์



ตารางที่ ๘1 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการ  
ออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.5 แอมแปร์

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์
0	12.50	98.37	3.78	100.00	0.00	0.00
15	13.05	69.76	2.68	70.92	14.10	0.34
30	13.03	66.05	2.54	67.15	25.90	0.62
50	13.05	49.41	1.90	50.23	39.83	0.95
60	13.16	52.21	2.01	53.08	46.93	1.12
75	13.08	47.33	1.82	48.12	57.24	1.36
90	12.99	40.69	1.56	41.37	64.00	1.52
120	13.01	30.71	1.18	31.21	77.74	1.85
150	13.07	25.93	1.00	26.36	87.12	2.07
180	13.08	21.20	0.82	21.56	97.70	2.33
220	13.05	14.82	0.57	15.06	106.67	2.54
240	13.01	12.52	0.48	12.73	111.69	2.66
270	13.05	9.25	0.36	9.40	122.62	2.92
300	13.08	6.13	0.24	6.23	123.03	2.93
330	12.99	5.42	0.21	5.51	123.44	2.94
360	12.87	3.31	0.13	3.36	125.65	2.99
390	13.01	2.06	0.08	2.09	126.82	3.02
420	12.99	1.16	0.04	1.18	132.49	3.15
480	13.02	0.29	0.01	0.30	130.68	3.11
540	12.27	0.00	0.00	0.00	131.18	3.12
570	12.97				130.89	3.12



ตารางที่ ๘2 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการ  
ออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.0 แอมแปร์

เวลา นาที่	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์
0	12.55	99.10	3.81	100.00	0.00	0.00
15	13.00	75.66	2.91	76.34	19.07	0.45
30	14.23	64.89	2.50	65.48	32.72	0.78
60	13.84	50.33	1.94	50.78	55.60	1.32
75	13.85	45.55	1.75	45.97	65.48	1.56
90	14.19	38.18	1.47	38.53	74.06	1.76
105	14.19	28.79	1.11	29.06	83.55	1.99
120	14.42	28.94	1.11	29.21	91.64	2.18
135	14.25	24.23	0.93	24.45	96.22	2.29
150	14.43	25.53	0.98	25.77	100.87	2.40
165	14.23	19.32	0.74	19.50	104.59	2.49
180	14.23	14.74	0.57	14.87	111.13	2.65
195	14.19	15.42	0.59	15.56	113.79	2.71
210	13.56	13.83	0.53	13.96	117.17	2.79
240	14.12	10.24	0.39	10.33	123.26	2.93
270	13.59	6.96	0.27	7.02	128.22	3.05
300	14.14	4.89	0.19	4.94	132.12	3.14
330	13.64	3.40	0.13	3.43	133.39	3.18
360	13.93	1.99	0.08	2.01	133.55	3.18
390	14.10	1.20	0.05	1.21	136.24	3.24
420	13.73	0.55	0.02	0.56	137.32	3.27

ตารางที่ ผ3 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์กับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.77	106.66	4.10	100.00
10	12.78	94.96	3.65	89.03
20	12.80	73.49	2.83	68.90
30	12.82	63.76	2.45	59.78
45	12.81	54.09	2.08	50.71
60	12.78	35.47	1.36	33.25
75	12.81	28.27	1.09	26.50
90	12.77	19.39	0.74	18.18
105	12.75	12.34	0.47	11.57
120	12.75	9.68	0.37	9.07
135	12.76	5.68	0.22	5.32
150	12.77	4.30	0.16	4.03
180	12.77	1.59	0.06	1.49
195	12.75	0.58	0.02	0.55
210	12.73	0.03	0.00	0.03
225	12.74	0.04	0.00	0.04
240	12.70	0.01	0.00	0.01

ตารางที่ ๘4 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 5.0 แอมแปร์

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์
0	12.50	95.26	3.66	100.00	0.00	0.00
15	12.64	64.88	2.50	68.11	28.87	0.69
30	12.62	42.59	1.64	44.71	40.76	0.97
45	12.54	27.65	1.06	29.03	51.76	1.23
60	12.47	16.21	0.62	17.02	60.29	1.44
75	12.47	8.75	0.34	9.19	66.58	1.58
90	12.43	5.22	0.20	5.48	68.62	1.63
105	12.42	2.79	0.11	2.93	73.39	1.75
120	12.39	1.12	0.04	1.18	72.38	1.72
150	12.34				76.93	1.83
180	12.34				79.79	1.90
210	12.34				79.62	1.89
240	12.35				78.28	1.86
270	12.39				78.17	1.86
305	12.35				74.33	1.77
360	12.34				70.16	1.67
420	12.30				66.16	1.58
480	12.30				60.98	1.45
540	12.25				55.26	1.32

ตารางที่ ๘5 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่กระแสไฟฟ้าค่าต่างๆ สำหรับการทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า โดยน้ำเสียมีไซยาไนด์เพียงอย่างเดียว

กระแสไฟฟ้า (A)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)
0.5	2.6	1.3
1.0	3.4	3.4
2.5	4.6	11.5
5.0	7.1	35.5

ตารางที่ ๘6 ข้อมูลการวัดค่าฮีดรอน้ำเสียสังเคราะห์ฮีดรอน้ำที่เอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า  
ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.5 แอมแปร์

เวลา (นาที)	พีเอช	[EDTA]		
		Area	มิลลิกรัมต่อลิตร	กรัมต่อลิตร
0	12.45	3121225	154.50	15.45
20	12.56	2796409	138.42	13.84
35	12.53	2470429	122.29	12.23
45	12.59	3646133	180.48	18.05
60	12.62	2135438	105.70	10.57
80	12.64	3429659	169.77	16.98
90	12.65	2849871	141.07	14.1
120	12.65	2587606	128.09	12.81
160	12.68	2569400	127.19	12.72
180	12.68	2529421	125.21	12.52
215	12.70	2429385	120.26	12.02
240	12.71			
270	12.70	2404281	119.01	11.90
360	12.70	2390443	118.32	11.83

ตารางที่ ๗7 ข้อมูลการวัดค่าอีดีทีเอกับน้ำเสียสังเคราะห์อีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า  
ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1.0 แอมแปร์

เวลา (นาท)	พีเอช	[EDTA]		
		Area	มิลลิกรัมต่อลิตร	กรัมต่อลิตร
0	12.47	3231950	159.98	15.99
15	12.49	3194493	158.13	15.81
30	12.49	3122161	154.55	15.46
45	12.51	3158898	155.87	15.59
60	12.53	3062273	151.58	15.16
90	12.53	3263074	161.52	16.15
120	12.54	3205547	158.68	15.87
150	12.54	3280666	162.39	16.24
180	12.55	2841117	140.64	14.06
240	12.59	2984279	147.12	14.71
300	12.59	3033245	150.15	15.02
360	12.62	2921309	144.61	14.46
420	12.62	2986748	147.84	14.78

ตารางที่ ๘8 ข้อมูลการวัดค่าไอทีทีเอบนน้ำเสียสังเคราะห์ไอทีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 5.0 แอมแปร์

เวลา (นาท)	พีเอช	[EDTA]		
		Area	มิลลิกรัมต่อลิตร	กรัมต่อลิตร
0	12.65	2939133	140.54	14.05
10	12.65	2751009	136.18	13.62
25	12.63	2802686	138.73	13.87
45	12.58	2740412	135.65	13.56
65	12.58	2815406	139.36	13.94
75	12.59	2834592	140.31	14.03
90	12.52	2798089	138.51	13.85
105	12.54	2756979	136.47	13.65
120	12.56	2780665	137.64	13.76
150	12.53	4137994	204.83	20.48
180	12.47	3469866	171.76	17.18
210	12.53	3395855	168.10	16.81
240	12.47	3330291	164.85	16.48
270	12.53	4320130	209.39	20.94
300	12.49	3785376	187.38	18.74
360	12.50	3457711	171.16	17.12
420	12.47	3397037	168.20	16.82

ตารางที่ ๘9 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่กระแสไฟฟ้าค่าต่างๆ สำหรับการทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า โดยน้ำเสียมีไอทีทีเอเพียงอย่างเดียว

กระแสไฟฟ้า (A)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)
0.50	2.1	1.0
1.00	2.5	2.5
5.00	5.0	25.0

ตารางที่ ๘10 ข้อมูลการวัดไซยาไนด์กับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการ  
ออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์ และอัตราส่วน CN<sup>-</sup>  
:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 3.75 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.51	99.78	3.84	100.00
10	12.48	86.75	3.34	86.94
40	12.28	49.37	1.90	49.48
50	12.35	35.46	1.36	35.53
60	12.36	31.58	1.21	31.65
75	12.37	25.09	0.96	25.15
90	12.34	20.52	0.79	20.56
105	12.34	13.74	0.53	13.77
120	12.34	10.71	0.41	10.73
135	12.33	8.86	0.34	8.88
150	12.33	6.66	0.26	6.67
165	12.33	4.49	0.17	4.50
180	12.31	3.08	0.12	3.09
195	12.31	2.69	0.10	2.70
225	12.31	1.61	0.06	1.61
240	12.32	1.39	0.05	1.40



ตารางที่ ๘11 ข้อมูลการวัดไซยาไนด์กับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการ  
ออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์ และอัตราส่วน CN<sup>-</sup>  
:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 7.5 กรัมต่อลิตร

เวลา นาทื	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.51	110.48	4.25	100.00
10	12.48	82.99	3.19	75.12
20	12.48	75.05	2.89	67.93
30	12.47	64.30	2.47	58.20
40	12.46	52.64	2.02	47.64
50	12.46	39.69	1.53	35.92
60	12.47	34.86	1.34	31.56
80	12.45	22.03	0.85	19.94
100	12.41	18.68	0.72	16.91
120	12.39	5.45	0.21	4.93
140	12.38	2.23	0.09	2.02
160	12.36	1.67	0.06	1.51
180	12.34	1.27	0.05	1.15
200	12.30	0.95	0.04	0.86
220	12.28	1.39	0.05	1.26
240	12.26	0.16	0.01	0.14

ตารางที่ ๘12 ข้อมูลการวัดไซยาไนด์กับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการ  
ออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์ และอัตราส่วน CN<sup>-</sup>  
:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 15 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.55	93.67	3.60	100.00
10	12.50	82.16	3.16	87.71
20	12.49	70.84	2.72	75.62
30	12.47	63.91	2.46	68.22
40		49.25	1.89	52.57
50		42.57	1.64	45.45
60	12.46	32.15	1.24	34.32
75	12.46	20.50	0.79	21.88
90	12.40	13.08	0.50	13.96
105	12.39	6.94	0.27	7.41
120	12.37	4.98	0.19	5.31
135	12.37	2.78	0.11	2.97
150	12.35	1.88	0.07	2.00
165	12.39	1.14	0.04	1.22
180	12.36	0.93	0.04	0.99
195	12.35	0.80	0.03	0.86
215	12.32	0.54	0.02	0.58
225	12.29	0.54	0.02	0.57
240	12.32	0.42	0.02	0.45

ตารางที่ ๘13 ข้อมูลการวัดไซยาไนด์กับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า ที่เวลาต่างๆ และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.5 แอมแปร์ และอัตราส่วน CN :EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 22.5 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.56	100.94	3.88	100.00
10	12.53	79.54	3.06	78.79
20	12.55	62.54	2.40	61.95
30	12.54	56.71	2.18	56.18
40	12.53	34.93	1.34	34.59
50	12.53	24.36	0.94	24.13
60	12.53	20.54	0.79	20.35
75	12.52	11.05	0.42	10.94
90	12.52	6.41	0.25	6.35
105	12.50	3.87	0.15	3.84
120	12.46	2.40	0.09	2.38
135	12.43	1.99	0.08	1.98
150	12.42	1.16	0.04	1.14
165	12.43	0.79	0.03	0.78
180		0.70	0.03	0.69
195		0.59	0.02	0.58
210		0.44	0.02	0.44
225		0.35	0.01	0.35
240		0.29	0.01	0.29

ตารางที่ ๘14 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่กระแสไฟฟ้าค่าต่างๆ สำหรับการทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยไฟฟ้า โดยน้ำเสียมีไซยาไนด์ และอีดีทีเอ ที่อัตราส่วนต่างๆ

Molar Ratio (EDTA : CN)	กำลังไฟฟ้า (A)	ความต่างศักย์ (V)	กำลังไฟฟ้า (W)
0	2.5	4.6	11.5
2.62	2.5	4.8	12.0
5.24	2.5	5.1	12.75
10.48	2.5	4.5	11.25
15.72	2.5	4.1	10.25

ตารางที่ ๑๕ ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 1.1 ลิตรต่อนาที

เวลา นาที่	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.65	0.00	0.00	95.35	3.67	100.00
15	12.67	12.27	0.29	81.00	3.12	84.95
30	12.56	29.88	0.71	79.89	3.07	83.79
45	12.59	44.44	1.06	67.90	2.61	71.21
60	12.60	60.07	1.43	67.10	2.58	70.38
90	12.55	84.83	2.02	53.24	2.05	55.84
120	12.57	104.64	2.49	44.42	1.71	46.58
150	12.51	123.47	2.94	31.66	1.22	33.21
210	12.50	151.74	3.61	16.76	0.64	17.58
240	12.47	163.68	3.90	11.69	0.45	12.26
360	12.41	182.90	4.35	1.29	0.05	1.36
420	12.34	179.21	4.27	0.51	0.02	0.54
480	12.18	189.73	4.52	0.17	0.01	0.17
540	12.18	190.50	4.54	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ๘16 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 1.1 ลิตรต่อนาที

เวลา นาทึ	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.66	0.00	0.00	92.33	3.55	100.00
15	12.65	21.29	0.51	82.54	3.17	89.39
30	12.65	29.94	0.71	72.49	2.79	78.51
45	12.64	56.21	1.34	65.70	2.53	71.16
60	12.61	64.13	1.53	67.28	2.59	72.87
90	12.56	82.08	1.95	49.29	1.90	53.38
165	12.53	122.18	2.91	20.73	0.80	22.45
180	12.52	126.57	3.01	15.62	0.60	16.91
240	12.43	154.82	3.69	5.73	0.22	6.20
315	12.42	167.81	3.99	0.79	0.03	0.86
385	12.36	168.01	4.00	0.19	0.01	0.20
480	12.24	168.94	4.02	0.01	0.00	0.01
540	12.21	165.40	3.94	0.01	0.00	0.01
600	12.12	164.10	3.91	0.01	0.00	0.01

ตารางที่ ๑๗ ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททานเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททานเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 1.1 ลิตรต่อนาที

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.55	0.00	0.00	86.42	3.32	100.00
15	12.55	17.59	0.42	75.98	2.92	87.92
30	12.53	30.99	0.74	71.31	2.74	82.52
45	12.48	42.54	1.01	61.18	2.35	70.79
60	12.51	52.95	1.26	61.10	2.35	70.70
90	12.53	82.55	1.96	46.89	1.80	54.26
120	12.48	100.96	2.40	34.05	1.31	39.40
150	12.43	121.04	2.88	22.55	0.87	26.09
180	12.41	128.76	3.06	15.33	0.59	17.74
240	12.41	155.69	3.71	5.20	0.20	6.01
300	12.37	164.12	3.91	1.46	0.06	1.69
360	12.30	169.44	4.03	0.47	0.02	0.48
420	12.22	169.95	4.05	0.07	0.00	0.08
495	12.05	164.06	3.91	0.01	0.00	0.01
540	12.08	161.60	3.85	0.00	0.00	0.00
600	11.89	162.90	3.88	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ๘18 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยานิดกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททานเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททานเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศเท่ากับ 1.1 ลิตรต่อนาที

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.58	0.00	0.00	94.456	3.63	100.00
15	12.57	20.12	0.48	77.14	2.97	81.67
30	12.55	30.50	0.73	81.70	3.14	86.50
45	12.52	44.82	1.07	63.74	2.45	67.48
60	12.51	63.44	1.51	57.70	2.22	61.09
90	12.53	85.82	2.04	49.41	1.90	52.31
120	12.51	110.92	2.64	38.17	1.47	40.41
150	12.49	132.06	3.14	26.11	1.00	27.64
180	12.50	139.50	3.32	19.42	0.75	20.56
240	12.46	151.89	3.62	6.12	0.24	6.48
300	12.47	163.90	3.90	1.97	0.08	2.08
360	12.40	177.21	4.22	0.45	0.02	0.48
420	12.33	178.95	4.26	0.10	0.00	0.11
480	12.28	183.41	4.37	0.01	0.00	0.01
540	12.21	180.69	4.30			
600	12.12	178.80	4.26	0.00	0.00	0.00



ตารางที่ ผ19 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยานิดกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.61	0.00	0.00	116.63	4.48	100.00
30	12.67	20.86	0.50	94.66	3.64	81.16
60	12.63	46.35	1.10	86.83	3.34	74.45
90	12.61	67.23	1.60	73.48	2.83	62.99
120	12.70	89.43	2.13	53.81	2.07	46.14
150	12.53	105.14	2.50	45.22	1.74	38.78
180	12.53	126.05	3.00	30.33	1.17	26.00
240	12.53	145.05	3.45	14.77	0.57	12.66
300	12.49	168.18	4.00	3.47	0.13	2.98
360	12.50	167.32	3.98	0.43	0.02	0.36
420	12.47	174.72	4.16	0.01	0.00	0.01
480	12.47	171.54	4.08	0.00	0.00	0.00
540	12.43	179.49	4.27	0.00	0.00	0.00
600	12.42	176.79	4.21	0.00	0.00	0.00



ตารางที่ ๒๒๐ ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศ 0.55 ลิตรต่อนาที

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.69	0.00	0.00	108.69	4.18	100.00
30	12.64	25.02	0.60	91.47	3.52	84.16
60	12.63	48.42	1.15	73.69	2.83	67.80
90	12.58	78.44	1.87	65.27	2.51	60.05
120	12.55	92.85	2.21	46.62	1.79	42.89
150	12.56	116.45	2.77	37.99	1.46	34.96
180	12.55	128.95	3.07	26.65	1.02	24.52
240	12.51	153.90	3.66	14.98	0.58	13.79
300	12.47	165.38	3.94	6.24	0.24	5.74
360	12.46	168.76	4.02	2.04	0.08	1.88
420	12.45	181.44	4.32	0.42	0.02	0.39
480	12.41	173.09	4.12	0.08	0.00	0.08
540	12.39	181.32	4.32	0.00	0.00	0.00
600	12.36	184.13	4.38	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ๘21 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร อัตราการเติมอากาศ 2.2 ลิตรต่อนาที

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.62	0.00	0.00	96.22	3.70	100.00
30	12.56	26.34	0.63	86.70	3.33	90.10
60	12.53	51.34	1.22	71.19	2.74	73.98
90	12.48	67.93	1.62	65.76	2.53	68.34
120	12.44	83.76	1.99	55.40	2.13	57.57
150	12.39	98.89	2.35	50.15	1.93	52.11
180	12.35	108.42	2.58	42.45	1.63	44.11
240	12.21	130.16	3.10	34.50	1.33	35.86
300	12.04	142.11	3.38	26.64	1.02	27.69
360	11.72	146.69	3.49	23.92	0.92	24.86
480	10.88	164.84	3.92	14.02	0.54	14.56
540	10.53	163.69	3.90	10.18	0.39	10.58

ตารางที่ ๘22 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ อัตราการเติมอากาศ 1.1 ลิตรต่อนาที ไม่มีการเติมไททาเนียมไดออกไซด์ และรังสีอัลตราไวโอเลต

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO <sup>-</sup>	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.42	0.00	0.00	86.67	3.33	100.00
30	12.34	0.00	0.00	89.13	3.43	102.84
60	12.30	0.00	0.00	88.76	3.41	102.42
90	12.34	0.00	0.00	90.39	3.48	104.29
120	12.33	0.00	0.00	90.30	3.47	104.20
150	12.33	0.00	0.00	89.73	3.45	103.53
180	12.34	0.00	0.00	84.03	3.23	96.96
210	12.28	0.00	0.00	82.05	3.16	94.67

ตารางที่ ๘23 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยาเนตกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ ไม่มีการเติมอากาศ และเติมไททาเนียมไดออกไซด์ 0.1 กรัมต่อลิตร และฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ต

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.27	0.00	0.00	96.55	3.71	100.00
20	12.28	15.93	0.38	93.07	3.58	96.39
40	12.28	22.01	0.52	81.63	3.14	84.54
60	12.26	23.01	0.55	85.14	3.27	88.18
90	12.28	26.48	0.63	82.11	3.16	85.04
120	12.27	29.04	0.69	76.20	2.93	78.92
150	12.26	32.31	0.77	73.10	2.81	75.71
180	12.25	32.59	0.78	70.72	2.72	73.25
240	12.24	40.88	0.97	74.08	2.85	76.73
300	12.24	45.15	1.08	71.12	2.74	73.66
360	12.23	50.19	1.19	65.16	2.51	67.49
420	12.23	56.80	1.35	60.83	2.34	63.00
480	12.24	65.15	1.55	55.04	2.12	57.00
600	12.26	68.89	1.64	44.63	1.72	46.22

ตารางที่ ผ24 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์และไซยานิดกับน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่เวลาต่างๆ เติมอากาศด้วยอัตรา 1.1 ลิตรต่อนาที ทำการฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ต แต่ไม่มีเติมไททานเนียมไดออกไซด์

เวลา นาที	พีเอช	[CNO] มก./ลิตร CNO	[CNO] มิลลิโมลาร์	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.38	0.00	0.00	92.89	3.57	100.00
30	12.39	0.00	0.00	87.44	3.36	94.13
60	12.36	0.00	0.00	88.28	3.39	95.04
90	12.34	0.00	0.00	87.29	3.36	93.98
120	12.35	0.00	0.00	87.09	3.35	93.76
150	12.33	0.00	0.00	82.24	3.16	88.53
180	12.32	0.00	0.00	89.43	3.44	96.28
210	12.30	0.00	0.00	89.69	3.45	96.55

ตารางที่ ผ25 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททานเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททานเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร และอัตราการเติมอากาศ 2.2 ลิตรต่อนาที โดยมีอัตราส่วน CN:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 0.15 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.33	88.00	3.38	100.00
15	12.31	77.81	2.99	88.42
30	12.28	73.66	2.83	83.69
45	12.28	66.62	2.56	75.70
60	12.26	63.92	2.46	72.63
90	12.23	50.49	1.94	57.37
120	12.21	44.17	1.70	50.19
150	12.19	37.01	1.42	42.05
180	12.14	32.34	1.24	36.75
255	12.09	20.83	0.80	23.67
300	12.04	17.50	0.67	19.89
360	11.99	8.52	0.33	9.68
420	11.90	6.01	0.23	6.83
480	11.83	3.64	0.14	4.14
540	11.72	2.16	0.08	2.46

ตารางที่ ๘26 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร และอัตราการเติมอากาศ 2.2 ลิตรต่อนาที โดยมีอัตราส่วน CN:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 1.5 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.33	90.99	3.50	100.00
15	12.32	87.33	3.36	95.98
30	12.30	71.37	2.74	78.44
45	12.29	68.21	2.62	74.96
60	12.26	62.61	2.41	68.81
85	12.24	66.12	2.54	72.67
120	12.21	61.07	2.35	67.12
150	12.18	53.51	2.06	58.81
180	12.16	48.79	1.88	53.62
255	12.07	36.78	1.41	40.43
300	12.01	28.42	1.09	31.23
360	11.93	22.36	0.86	24.58
420	11.81	18.45	0.71	20.28
480	11.68	13.39	0.52	14.72
520	11.55	10.49	0.40	11.53

ตารางที่ ๘27 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตร่วมกับไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททาเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร และอัตราการเติมอากาศ 2.2 ลิตรต่อนาที โดยมีอัตราส่วน CN:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 7.5 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.61	96.97	3.73	100.00
15	12.61	88.87	3.42	91.64
30	12.61	83.41	3.21	86.02
45	12.60	80.72	3.10	83.24
60	12.59	77.72	2.99	80.15
90	12.57	76.51	2.94	78.90
120	12.55	72.57	2.79	74.84
150	12.55	66.97	2.58	69.06
180	12.54	54.31	2.09	56.01
240	12.51	56.85	2.19	58.63
300	12.47	46.64	1.79	48.10
360	12.43	37.82	1.45	38.99
420	12.37	35.58	1.37	36.69
540	12.23	28.17	1.08	29.05

ตารางที่ ๘28 ข้อมูลการวัดค่าไซยาไนด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ไซยาไนด์และอีดีทีเอ ทดลองด้วยกระบวนการออกซิเดชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับไททานเนียมไดออกไซด์ ที่เวลาต่างๆ และไททานเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร และอัตราการเติมอากาศ 2.2 ลิตรต่อนาที โดยมีอัตราส่วน CN:EDTA เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร : 15 กรัมต่อลิตร

เวลา นาที	พีเอช	[CN] มก./ลิตร CN <sup>-</sup>	[CN] มิลลิโมลาร์	%[CN] ที่ เหลืออยู่
0	12.71	105.45	4.05	100.00
15	12.74	97.50	3.75	92.46
30	12.73	93.70	3.60	88.85
45	12.72	92.39	3.55	87.62
60	12.73	89.05	3.42	84.45
90	12.69	88.57	3.41	83.99
120	12.67	83.36	3.21	79.05
150	12.66	80.55	3.09	76.38
180	12.64	75.46	2.90	71.56
240	12.63	65.27	2.51	61.89
300	12.59	51.93	1.99	49.24
360	12.56	53.63	2.06	50.85
420	12.54	48.07	1.85	45.58
480	12.53	37.99	1.46	36.03
540	12.49	34.94	1.34	33.14



ภาคผนวก ข.

รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

## D.C. Power Supply



Patent No: 81011



### FEATURES :

- \* 0.01% High Regulation
- \* Constant Voltage and Constant Current Operation
- \* Internal Select for Continuous or Dynamic Load
- \* Low Ripple and Noise
- \* Overload and Reverse Polarity Protection
- \* 3 1/2 Digits 0.5" LED Display

### GPR-H SERIES (DIGITAL TYPE)

#### SPECIFICATIONS

CONSTANT VOLTAGE OPERATION	Regulation	Line regulation $\leq 0.01\% + 3mV$ Load regulation $\leq 0.01\% + 5mV (<10A)$ $\leq 0.02\% + 5mV (\geq 10A)$
	Ripple & Noise Recovery Time Output Range	$\leq 1mVrms$ 5Hz ~ 1MHz $\leq 100$ S ( 50% Load change, Minimum load 0.5A ) 0 to rating voltage continuously adjustable
CONSTANT CURRENT OPERATION	Regulation	Line regulation $\leq 0.2\% + 3mA$ Load regulation $\leq 0.2\% + 3mA$
	Ripple Current Output Range	$\leq 5mA$ ( $\leq 20A$ ), $\leq 10mA$ ( $\leq 30A$ ), $\leq 20mA$ ( $\leq 50A$ ) 0 to rating amperes continuously adjustable
METER	Digital	3 1/2 Digits 0.5" LED display Accuracy $\pm ( 0.5\% \text{ of rdg } + 2 \text{ digits } )$
INSULATION	Chassis and Terminal	100M or above ( DC 1000V )
	Chassis and AC Cord	100M or above ( DC 1000V )
POWER SOURCE		AC 100V/120V/220V/240V $\pm 10\%$ , 50/60Hz
ACCESSORIES		Power cord x 1, Instruction manual x 1 Test lead GTL-105 x 1 ( $\leq 3A$ ) or GTL-104 x 1 ( $\leq 10A$ ) or Not Available $>10A$
DIMENSIONS		225(W) x 145(H) x 420(D) mm

	Model	Output Volts (V)	Output Amps (A)	Weight (kg)
Digital	GPR-0830HD	0 - 8	0 - 30	18.5
	GPR-1820HD	0 - 18	0 - 20	18.5
	GPR-3510HD	0 - 35	0 - 10	18.5
	GPR-6060D	0 - 60	0 - 6	18.5
	GPR-7550D	0 - 75	0 - 5	18.5
	GPR-11H30D	0 - 110	0 - 3	13.5
	GPR-30H10D	0 - 300	0 - 1	13.5



APPROVED : GPR-1820HD, GPR-3510HD, GPR-7550D, GPR-11H30D

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดของหลอดยูวี

**PHILIPS**

CLEO Compact 15W FAM

[| Save PDF](#) | [Open PDF](#)**General****PRODUCT DATA**

Order code	716460 27
Full product code	871150071646027
Full product name	CLEO Compact 15W FAM
Order product name	CLEO Compact 15W FAM/10X2580X
Packing type	Foam
Pieces per pack	1
Packing configuration	10X2580X
Packs per outerbox	250
Bar code on pack - EAN1	8711500716460
Bar code on intermediate packing - EAN2	8711500716477
Bar code on outerbox - EAN3	8711500716484
Logistic code(s) - 12NC	9280 012 00903
ILCOS code	-
Net weight per piece	29.000 (GR)
Successor order code	-
Rated Lamp Wattage[W ]	15W
Cap-Base	G5
Bulb Finish	- [-]
Packing Type	FAM [Foam]
Packing Configuration	10X2580X
Cap-Base Information	Aluminium Cap
Bulb	T16
Main Application	Suntanning
Additional Information	-
Useful Life[hr ]	300
Product Nett Weight[gr ]	29
Technical Lamp Power[W ]	15
Lamp Voltage[V ]	46
Lamp Current[A ]	0.35
Colour Code	09
Colour Designation (text)	-
UV Effective Power <math>\leq 320\text{nm}</math>[mW ]	4.36
UV Effective Power >320nm[mW ]	1.8
UV-B/UV-A (IEC)[% ]	1.0
UV-A Power (IEC)[W ]	2.3

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของไททานเนียมไดออกไซด์ Degussa P-25

**AEROSIL®****degussa.**

## AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 Hydrophilic fumed Titanium Dioxide

AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 is a highly dispersed titanium dioxide manufactured according to the AEROSIL® - process.

### Applications and Properties

#### Applications

- Catalyst carrier
- Active component for photocatalytic reactions
- Heat stabilizer for silicone rubber

#### Properties

- Process related high purity
- Heat stabilizing properties for silicone-elastomers through its effect on redox reactions  
Thereby:
  - Improvement of ageing properties at high temperature ( $\geq 200$  °C)
  - Positive impact on flammability protection

### Physico- chemical Data

Properties	Unit	Typical Value
<u>Specific surface area (BET)</u>	m <sup>2</sup> /g	50 ± 15
<u>Average primary particle size</u>	nm	21
<u>Tapped density (approx. value)* acc. to DIN ISO 787/XI, Aug. 1983</u>	g/l	130
<u>Moisture *</u> <u>2 hours at 105 °C</u>	%	≤ 1.5
<u>Ignition loss</u> <u>2 hours at 1000 °C based on material dried for 2 hours at 105 °C</u>	%	≤ 2.0
<u>pH-value</u> <u>in 4% dispersion</u>		3.5 - 4.5
<u>TiO<sub>2</sub> - content (1)</u> <u>(1) based on ignited material</u>	%	≥ 99.50
<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - content (1)</u>	%	≤ 0.010
<u>HCL - content (1)</u>	%	≤ 0.300
<u>Sieve residue by Mocker, 45µm</u> <u>Acc. to DIN ISO 787/XVIII, Apr. 1984</u>	nm	≤ 0.050

\* ex plant

The data represents typical values and not production parameters



### Safety and Handling

With each (sample-) delivery of our products we will send a Material Safety Data Sheet. At any time you can also ask for a MSDS or any other information regarding product safety. Registered users can download a MSDS using the Solution Finder of the Aerosil-Portal.

#### Packaging and Storage

AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 is supplied in multiple layer 10 kg bags. We recommend to store the product in closed containers under dry conditions and to protect the material from volatile substances. AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 should be used within 2 years after production.



If you like to order a sample of this product [click here](#).

For further information please refer to our [contacts on the world map](#) or:

Commercial Contact

Degussa AG  
Business Line AEROSIL®  
Weissfrauenstrasse 9  
D-60287 Frankfurt am Main  
Germany

Tel. +49 69/218-2532  
Fax +49 69/218-2533  
E-mail: [aerosil@degussa.com](mailto:aerosil@degussa.com)

### Registration

CAS-No.	13463-67-7
EINECS	236-675-5
TSCA (USA), AICS (Australia), CEPA (Canada)	Registered
MITI (Japan)	1-558
ECL (Korea)	Registered
NEPA (China)	Registered

ภาคผนวก จ.

รายละเอียดของวิธีการในการวัดไซยาไนด์ด้วยเครื่อง Ion  
Chromatography

## Direct Determination of Cyanide in Strongly Alkaline Solutions

*Applicable to distillation methods for determination of total cyanide in water*

### PERFORMANCE

The minimum detection limit for a 200- $\mu$ L sample injection is 10 ppb. The recommended working range for this volume injected is 30–1000 ppb.

### APPLICATION AREAS

- Industrial waste water
- Hazardous waste
- Plating and metal finishing baths
- Ground water and drinking water

### CONDITIONS

Column: IonPac® AS7  
 Eluent: 0.5 M Sodium acetate  
 0.1 M Sodium hydroxide  
 0.5 % (v/v) Ethylenediamine  
 Flow Rate: 1 mL/min  
 Detector: ED40, silver working electrode,  
 0.00 V vs. Ag/AgCl reference

### COMMENTS

Determination of total cyanide in water is usually done by refluxing the sample in an acid digest and trapping the liberated HCN gas in a strongly alkaline-absorbing solution. Most methods for analyzing the trapping solution have an upper pH limit of about 12.5 to 13. This direct injection method can determine cyanide in solutions ranging up to pH 14. This allows absorbing solutions (such as the 1.25 M NaOH solution specified in U.S. EPA method 335.2) to be quickly analyzed without dilution or other pretreatment. In addition, the technique is not subject to as many interferences as titrimetric or spectrophotometric methods, and it is well suited to automated analysis.

### RECOMMENDED EQUIPMENT

Dionex DX 500 Ion Chromatograph equipped with an ED40 detector.

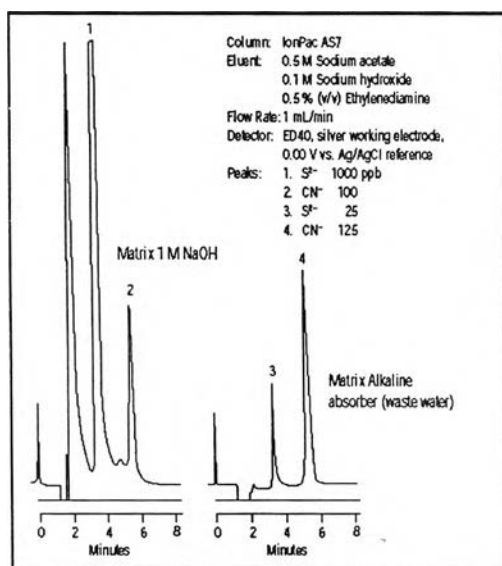


Figure 1 Cyanide in strongly alkaline solutions.



ภาคผนวก จ.

รายละเอียดของวิธีการในการวัดอัตราเร็วด้วยเครื่อง High Performance  
Liquid Chromatography (Novack et al., 1996)

### สารเคมีที่ใช้

1. Mobile phase (0.02M Formate buffer, pH 3.3) : เตรียมได้โดยการละลายเตตระบิวทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (TBA-Br, 0.001M), โซเดียมฟอร์มेट (0.015M), กรดฟอร์มิก (0.015M) และอะซิโตนทราย 8% ในน้ำ Nanopure
2. ฟอร์มेटบัฟเฟอร์ : เตรียมโดยการละลายโซเดียมฟอร์มेट (0.005M) และกรดฟอร์มิก (0.015M) ในน้ำ
3. สารละลาย TBA-Br (0.05M) : เตรียมโดยการละลาย TBA-Br ลงในฟอร์มेटบัฟเฟอร์
4. สารละลาย Fe(III) (0.001M) : ละลายเฟอร์ริกไนเตรต และ  $\text{HNO}_3$  0.01M ลงในน้ำ

### ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1. กรองตัวอย่างผ่านเมมเบรนที่มีรูกรองขนาด 0.2 ไมโครเมตร
2. นำตัวอย่างที่กรองแล้วไประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
3. หลังจากตัวอย่างระเหยจนแห้งแล้วให้เติมฟอร์มेटบัฟเฟอร์ 1 มิลลิลิตร และสารละลาย Fe (III) 20 ไมโครลิตร
4. นำตัวอย่างทิ้งไว้ในอ่างน้ำร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส
5. ทำตัวอย่างให้เย็นลง หลังจากนั้นเติมสารละลาย TBA-Br 40 ไมโครลิตร

### Chromatography

ตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์ภายใต้สภาวะต่างๆ ดังนี้ : อัตราการไหลของ Mobile phase 1 มิลลิลิตรต่อนาที, ปริมาตรตัวอย่างที่ฉีด 200 ไมโครลิตร, อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับอุณหภูมิห้อง, ความยาวคลื่น 258 นาโนเมตร และคอลัมน์ที่ใช้ได้แก่ C18

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์



นายบัณฑิต ชูเชิดวัฒนศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 27 เดือนกันยายน พ.ศ. 2524 ที่ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จาก ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2545