

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. รายงานผลการปฏิบัติงานของคณะกรรมการสืบค้นปัญหาอันเนื่องมาจากสารพิษ และจัดอันดับความสำคัญ ปี 2526-2527. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2527.

กระทรวงอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2531) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดวิธีการเก็บทำลายฤทธิ์ กำจัดฝังทิ้ง เคลื่อนย้ายและการขนส่งสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2531. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.

พวงรัตน์ แก้วล้อม. แนวทางการจัดการน้ำเสียไฮโดรเจน ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

เพชรพร เขาวงกตเจริญ. การทำลายฤทธิ์ของเสียอันตรายเอกสารประกอบการอบรมด้านการสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม รุ่นที่ 7 (8 ต.ค.-9 เม.ย. 2536). ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

วินิจ ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยีภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

สำนักงานวิจัยและพัฒนาวิชาการ. เอกสารการสัมมนาทางวิชาการ เรื่องศักยภาพการนำแก้วลอยลึกในต้มมาให้เป็นประโยชน์วันที่ 27-28 เมษายน 2536. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2536.

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Materials. Standard Method of Testing for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2 - in or 50 - mm Cube Specimens). C 109-86, Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Vol. 04.02, pp 74-79, 1986.

_____. Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan For use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. C618-85, Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Vol 4, pp. 389-392, 1987.

Bishop, P.L. Leaching of Inorganic Hazardous Constituents from Stabilized/Solidified Hazardous Wastes. Hazardous Waste & Hazardous Materials. 5 (1988): 129-143.

- Chang, C.L. Solidification of Heavy Metals Using Cement and Rice Husk Ash. Thesis No. EV-89-15 Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1989.
- Cheng, K.Y. & Bishop, P. Metal Distribution in Solidified/Stabilized Waste Forms after Leaching. Hazardous Waste & Hazardous Materials. 9 (1992) : 163-171.
- Cote, P.L. and Hamilton, D.P. Leachability Comparison of four Hazardous Waste Solidification Processes. Proceedings of the 38th Industrial Waste Conference. pp. 221-230, Purdue University, 1983.
- Engineering-Science Co. LTD., Thai DCI Co., LTD. and Systems Engineering Co., LTD. National Hazardous Waste Management Plan, Office of the National Environment Board, Ministry of Science, Technology and Energy, Kingdom of Thailand, 1989.
- Fuessle, R.W. and Taylor, M.A. Comparison of Fly Ash Versus Silica Fume Stabilization : Short-Term Results. Hazardous Waste & Hazardous Materials. 9 (1992) : 355-368.
- _____ and Taylor, M.A. Comparison of Fly Ash Versus Silica Fume Stabilization : Long-Term Results. Hazardous Waste & Hazardous Materials. 11 (1994) : 289-298..
- Harward, P.J., Treatment and Disposal of Industrial Waste By Solidification, Management of Hazardous and Toxic Wastes in the Process Industries, pp.392-402. Elsevier Applied Science, London and New York, 1987.
- Jaggi, N. Solidification of Hazardous Wastes Using Cementitious Binders. Thesis No. EV-88-18 Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1988.
- Krofchak, D., Solidification of Wastes, Toxic and Hazardous Waste Disposal 2 (1978) : 349-361.
- Lea, F. and Desch, D. The Chemistry of Cement and Concrete. St. Martin'Press, Newyork, 1956.
- Leangon, K. Solidification of Hazardous Waste By Cement-Based Techniques. Thesis No. EV - 93 -10 Asean Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1993.
- Majib, F. An Alternative Mix Design Using Rice Husk Ask. Thesis No. ST-87-38, Asian Institute of technology, Bangkok, Thailand, 1987.
- Neville, A.M. Properties of Concrete, London. Pitman Publishing Ltd., 1981. Office of the Federal Register. Code of Federal Regulations, Vol 40, Parts 260-299 pp. 42-89, 790-869. National Archives and Records Administration, USA., 1992.
- Pojasek, R.B. Solid-Waste Disposal : Solidification. Industrial Waste Water and solid Waste Engineering, pp. 307-311. Mc Graw-Hill Publications Co. New York, 1980.

- Perket, C.L. and Webster, W.C., The Dissolution/Leaching Behavior of Metal Hydroxide/Metal Sulfide Sludges from plating Waste Water. Hazardous Waste and Hazardous Materials, 4,(1981) : 325-355.
- Patty, F.A. Industrial Hygiene and Toxicology. Second Revised Edition, Vol II, pp. 1017-1022, 1052-1058, 1090-1104. Interscience Publishers, New York. London Sydney, 1962.
- Rijal, S.P. Solidification of Laboratory Wastes Using Cementitious Binders, Thesis No. EV-90-20, Asian Institute of Technology, Bangkok Thailand, 1990.
- Shin, H.S. and Sujiwatthana, P. Factors Affecting Solidification of Hazardous Materials. Hazardous Waste Detection, Control, Treatment. (1988): 1549-1560.
- _____. Koo, J.K., Kim, J.O. and Yoon, S.P. Leaching Characteristics of Heavy Metal from Solidified Sludge Under Seawater Conditions. Hazardous Waste and Hazardous Materials, 7 (1990):261-271.
- Shively, W., Bishop, P., Gress, D. and Brown, T. Leaching Tests of Heavy Metals Stabilized with Portland Cement. Journal WPCE, 58 (1986): 234-241.
- Sollars, C.J. and Perry, R., Cement-based Stabilization of Wastes : Practical and Theoretical Considerations. Journal of the Institution of Water and Environment, Management, 3 (1989): 125-131.
- Stegemann, J. A. and Co^te, P. L. Investigation of Test Methods for Solidified Waste Evaluation - A Cooperative Program, Bearegard Printers Limited , Canada, 1991.
- Sujiwatthana, P. Factors Affecting Solidification of Hazardous Waste Materials, Thesis No. EV-87-5, Asean Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1987.
- Tsai, C.E. and HSU, C.P. hazardous Waste Management Technologies. Ou-Ya Inc., Taiwan, ROC, 1985.
- Yang, G. C. C., Lee, C. H. , Hsiue , G. H. Properties of a Mercury - Containing Sludge Solidified by Polymer Latex modified Cementitious Materials. Hazardous Waste & Hazardous Materials 10 (1993) : 453 -460



ภาคผนวก ก.

การเตรียมตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียซีไอดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียมตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียรีโอดี

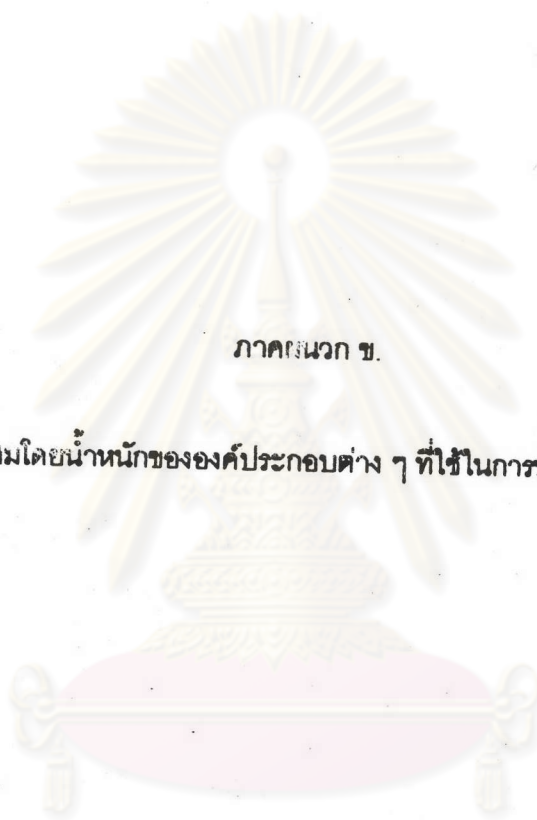
1. เหน้้ำเสียรีโอดีประมาณ 5 ลิตร ลงในถังกวนขนาด 10 ลิตร
2. ค่อย ๆ เติสารละลาย 50 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ ลงในถังกวนพร้อมทั้งเปิดใบกวนให้มีความเร็วรอบประมาณ 100 รอบต่อนาที เนื่องจากการเติมต่างลงในน้ำเสียรีโอดี ซึ่งมีความเป็นกรดสูง จะเกิดปฏิกิริยารุนแรง เกิดความร้อนมาก ควรจะเตรียมใน Hood ที่เอชของน้ำเสียจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะเดียวกันจะเริ่มเกิดตะกอนของโลหะหนัก ตกลงก้นถังกวน จนกระทั่งพีเอชมีค่า 9.5 จึงหยุดเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (น้ำเสีย 5 ลิตร จะใช้สารละลายประมาณ 4 ลิตร)
3. ปล่อยให้ตะกอนตกก้นถัง ตกตะกอนประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงถ่ายตะกอนออกทางก้นถัง
4. นำน้ำตะกอนที่ได้ไปทำให้แห้ง โดยใช้ Water Bath ประมาณ 4-5 ชั่วโมง
5. เมื่อตะกอนแห้งดีแล้ว นำเข้าเตาอบที่ 105° ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปเข้า Desicator เพื่อลดความชื้นออก
6. นำตะกอนที่แห้งสนิทแล้วมาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า จนเป็นผงละเอียด ดังแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ ๘1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๕1 ผลการเตรียมตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียรีโอดี

| ครั้งที่ | ปริมาณน้ำเสีย (ลิตร) | สารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 50 % (ลิตร) | ตะกอนโลหะหนัก (กก.) |
|---|-------------------------|---|------------------------|
| 1 | 5 | 4 | 1.05 |
| 2 | 4.2 | 3.5 | 0.4 |
| 3 | 5 | 4 | 0.95 |
| 4 | 5 | 3.8 | 0.5 |
| 5 | 5 | 3.8 | 0.5 |
| 6 | 5 | 3.7 | 0.6 |
| 7 | 5 | 3.8 | 0.5 |
| 8 | 5 | 3.7 | 0.5 |
| 9 | 5 | 3.8 | 0.5 |
| 10 | 5 | 3.8 | 0.6 |
| 11 | 5 | 3.7 | 0.6 |
| 12 | 5 | 3.7 | 0.55 |
| 13 | 5 | 3.8 | 0.45 |
| 14 | 5 | 3.8 | 0.55 |
| รวม | 69.2 | 52.9 | 8.35 |
| ปริมาณตะกอนโลหะหนักเฉลี่ย 120 กรัมต่อน้ำเสีย 1 ลิตร | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข.

ส่วนผสมโดยน้ำหนักขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำให้เป็นก้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๘2 ส่วนผสมโดยน้ำหนักขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำให้เป็นก้อน

| องค์ประกอบ | ส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กรัม) * | | | |
|----------------|---------------------------------------|-----|------|-----|
| | อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน | | | |
| | 0 | 0.1 | 0.25 | 0.5 |
| % เถ้าลอย = 0 | | | | |
| ปูนซีเมนต์ | 500 | 500 | 400 | 400 |
| ตะกอนโลหะหนัก | - | 50 | 100 | 200 |
| น้ำ | 250 | 250 | 200 | 200 |
| % เถ้าลอย = 25 | | | | |
| ปูนซีเมนต์ | 375 | 375 | 300 | 300 |
| เถ้าลอย | 125 | 125 | 100 | 100 |
| ตะกอนโลหะหนัก | - | 50 | 100 | 200 |
| น้ำ | 250 | 250 | 200 | 200 |
| % เถ้าลอย = 50 | | | | |
| ปูนซีเมนต์ | 250 | 250 | 200 | 200 |
| เถ้าลอย | 250 | 250 | 200 | 200 |
| ตะกอนโลหะหนัก | - | 50 | 100 | 200 |
| น้ำ | 250 | 250 | 200 | 200 |
| % เถ้าลอย = 75 | | | | |
| ปูนซีเมนต์ | 125 | 125 | 100 | 100 |
| เถ้าลอย | 375 | 375 | 300 | 300 |
| ตะกอนโลหะหนัก | - | 50 | 100 | 200 |
| น้ำ | 250 | 250 | 200 | 200 |

* สำหรับการหล่อซีเมนต์ขนาด 5x5x5 ซม.³ จำนวน 2 ก้อน



ภาคผนวก ค.

ข้อมูลผลการทดลอง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การศึกษาความสามารถในการทำลายฤทธิ์ตะกอนโลหะหนักโดยการทำให้เป็นก้อน

ตารางที่ ผ3 ค่ากำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของตัวอย่างที่อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่างๆ
(% ฝ้าลอย = 0-75)

| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน (% ฝ้าลอย = 0) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.) | | |
|--|-----------------------------|-----|-----------|-------------------------|------|-----------|
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 0 | 368 | 268 | 318 | 1.95 | 1.93 | 1.94 |
| 0.1 | 290 | 300 | 290 | 2.05 | 2.09 | 2.07 |
| 0.25 | 168 | 160 | 164 | 2.16 | 2.12 | 2.14 |
| 0.5 | 112 | 120 | 116 | 2.27 | 2.23 | 2.25 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน (% ฝ้าลอย = 25) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.) | | |
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 0 | 174 | 168 | 171 | 1.92 | 1.94 | 1.93 |
| 0.1 | 252 | 276 | 264 | 2.06 | 2.05 | 2.05 |
| 0.25 | 132 | 140 | 136 | 2.13 | 2.15 | 2.14 |
| 0.5 | 102 | 104 | 103 | 2.2 | 2.18 | 2.19 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน (% ฝ้าลอย = 50) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.) | | |
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 0 | 106 | 106 | 106 | 1.84 | 1.82 | 1.83 |
| 0.1 | 222 | 218 | 220 | 1.94 | 1.94 | 1.94 |
| 0.25 | 104 | 106 | 105 | 2.07 | 2.05 | 2.06 |
| 0.5 | 78 | 76 | 77 | 2.14 | 2.14 | 2.14 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน (% ฝ้าลอย = 75) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.) | | |
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 0 | 46 | 62 | 56 | 1.79 | 1.71 | 1.75 |
| 0.1 | 140 | 140 | 140 | 1.92 | 1.9 | 1.91 |
| 0.25 | 94 | 86 | 90 | 1.99 | 1.97 | 1.98 |
| 0.5 | 62 | 60 | 61 | 2.1 | 2.08 | 2.09 |

ตารางที่ ๘๔ คุณสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการระเหยที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน % ถ้ำลอย = 0 | พีเอช | สภาพน้ำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
|--|-------|------------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 0 | 12.41 | 7.65 | 2018 | ND | 0.1 | 0.13 |
| | 12.43 | 7.34 | 2006 | ND | 0.13 | 0.15 |
| 0.1 | 12.66 | 14.86 | 3542 | 0.22 | 0.83 | 0.16 |
| | 12.67 | 14.81 | 3538 | 0.28 | 1.03 | 0.23 |
| 0.25 | 12.69 | 22.2 | 4036 | 0.85 | 3.34 | 0.26 |
| | 12.68 | 23 | 4103 | 0.89 | 3.5 | 0.29 |
| 0.5 | 12.49 | 29.2 | 4393 | 1.54 | 5.87 | 0.59 |
| | 12.68 | 30.7 | 4449 | 1.62 | 5.86 | 0.5 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน % ถ้ำลอย = 25 | พีเอช | สภาพน้ำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
| 0 | 12.41 | 7.19 | 1900 | ND | 0.11 | 0.14 |
| | 12.29 | 7.65 | 1988 | ND | 0.09 | 0.1 |
| 0.1 | 12.72 | 14.08 | 3337 | 0.33 | 0.67 | 0.29 |
| | 12.78 | 15.5 | 3510 | 0.39 | 0.78 | 0.29 |
| 0.25 | 12.8 | 21 | 3758 | 1 | 2.31 | 0.31 |
| | 12.82 | 21.5 | 3748 | 1 | 2.33 | 0.38 |
| 0.5 | 12.85 | 31.3 | 4277 | 2.97 | 4.15 | 0.33 |
| | 12.85 | 29.6 | 4103 | 2.74 | 4.16 | 0.33 |

ตารางที่ ๘5 คุณสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการระเหยที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน % ฝ้าลอย = 50 | พีเอช | สภาพน้ำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
|--|-------|------------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 0 | 12.48 | 6.69 | 1817 | ND | 0.15 | 0.28 |
| | 12.49 | 6.8 | 1750 | ND | 0.15 | 0.29 |
| 0.1 | 12.66 | 10.33 | 2431 | 0.32 | 0.61 | 0.35 |
| | 12.69 | 8.73 | 2431 | 0.4 | 0.48 | 0.35 |
| 0.25 | 12.68 | 18.39 | 2843 | 1.07 | 1.03 | 0.41 |
| | 12.7 | 18.77 | 2888 | 1.3 | 1.17 | 0.44 |
| 0.5 | 12.66 | 28 | 2899 | 2.4 | 3.02 | 0.43 |
| | 12.63 | 27.5 | 2899 | 2.65 | 3.33 | 0.42 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน % ฝ้าลอย = 75 | พีเอช | สภาพน้ำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
| 0 | 12.16 | 5.41 | 1404 | ND | 0.08 | 0.36 |
| | 12.27 | 5.03 | 1296 | ND | 0.07 | 0.38 |
| 0.1 | 12.4 | 9.79 | 1642 | 0.69 | 0.32 | 0.36 |
| | 12.39 | 9.25 | 1674 | 0.71 | 0.3 | 0.34 |
| 0.25 | 12.43 | 16.78 | 1074 | 1.45 | 1.35 | 0.35 |
| | 12.46 | 17.11 | 1750 | 1.53 | 1.85 | 0.35 |
| 0.5 | 12.46 | 22.4 | 1652 | 2.86 | 6.51 | 0.34 |
| | 12.47 | 27.2 | 1566 | 2.56 | 5.81 | 0.36 |

2. การศึกษาผลของอัตราส่วนผสมน้ำต่อกระบวนการทำให้เป็นก้อน

ตารางที่ ๘6 ค่ากำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของตัวอย่างที่อัตราส่วนผสมน้ำต่างๆ

| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน (%เถ้าลอย =0) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.) | | |
|---|-----------------------------|------|-----------|-------------------------|------|-----------|
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 0.35 | 192 | 192 | 192 | 2.43 | 2.41 | 2.42 |
| 0.5 | 125 | 129 | 127 | 2.18 | 2.24 | 2.22 |
| 0.6 | 146 | 134 | 152 | 2 | 2.2 | 2.1 |
| 0.7 | 165 | 169 | 167 | 2.02 | 2 | 2.01 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน (%เถ้าลอย =50) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.) | | |
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 0.35 | 117 | 110 | 113.5 | 2.25 | 2.25 | 2.25 |
| 0.5 | 84.3 | 83.3 | 83.8 | 2.09 | 2.07 | 2.08 |
| 0.6 | 102 | 93.4 | 97.8 | 1.99 | 1.99 | 1.94 |
| 0.7 | 119 | 115 | 117 | 1.9 | 1.84 | 1.87 |

ตารางที่ ๗7 คุณสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการระเหยที่อัตราส่วนผสมน้ำต่างๆ

| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน %แก้าลอย = 0 | พีเอช | สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
|--|-------|-----------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 0.35 | 12.73 | 24.5 | 3980 | 1.4 | 2.51 | 0.12 |
| | 12.76 | 24.1 | 3792 | 1.44 | 2.82 | 0.14 |
| 0.5 | 12.82 | 22.8 | 4237 | 1.03 | 2.67 | 0.12 |
| | 12.84 | 23.1 | 4237 | 1.12 | 2.82 | 0.12 |
| 0.6 | 12.85 | 22.4 | 3880 | 1.65 | 2.65 | 0.11 |
| | 12.87 | 21.8 | 4092 | 1.52 | 2.7 | 0.1 |
| 0.7 | 13.14 | 21 | 4000 | 1.29 | 3.21 | 0.1 |
| | 13.05 | 20 | 3960 | 1.57 | 3.1 | 0.1 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน %แก้าลอย = 50 | พีเอช | สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
| 0.35 | 12.84 | 23.8 | 3234 | 1.48 | 1.79 | 0.11 |
| | 12.91 | 24 | 3200 | 1.52 | 1.87 | 0.09 |
| 0.5 | 12.95 | 20.6 | 2966 | 1.37 | 1.64 | 0.08 |
| | 12.96 | 20.9 | 3066 | 1.47 | 2.21 | 0.1 |
| 0.6 | 12.99 | 19.6 | 3145 | 1.68 | 2.59 | 0.11 |
| | 13.09 | 20.1 | 3345 | 1.61 | 2.8 | 0.12 |
| 0.7 | 13.05 | 19.4 | 3240 | 1.63 | 3.1 | 0.11 |
| | 13.11 | 19.6 | 3240 | 1.68 | 4.6 | 0.11 |

3.การศึกษาผลของพีเอชของน้ำกลั่นที่ใช้ในการทดสอบการระเหย

ตารางที่ ๘8 คุณสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการระเหยที่พีเอชของน้ำระเหย ต่างๆ

| พีเอชของน้ำระเหย %แก้กลอย = 0 | พีเอช | สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
|--|-------|-----------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 2 | 12.83 | 22.5 | 3114 | 0.94 | 3.41 | 0.17 |
| | 12.83 | 21.4 | 2886 | 0.98 | 3.43 | 0.18 |
| 6 | 12.85 | 22.5 | 3100 | 1.26 | 3.55 | 0.17 |
| | 12.86 | 22.2 | 3240 | 1.4 | 3.67 | 0.17 |
| 8 | 12.87 | 22.7 | 3240 | 1.41 | 3.65 | 0.18 |
| | 12.87 | 22.6 | 3294 | 1.39 | 3.67 | 0.18 |
| 10 | 12.9 | 21.8 | 3370 | 1.39 | 3.59 | 0.18 |
| | 12.9 | 22.3 | 3210 | 1.42 | 3.64 | 0.18 |
| ตะกอนโลหะหนัก/วัสดุประสาน %แก้กลอย = 50 | พีเอช | สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
| 2 | 12.72 | 20.5 | 2899 | 1.18 | 2.79 | 0.16 |
| | 12.72 | 20.5 | 2931 | 1.22 | 2.81 | 0.19 |
| 6 | 12.75 | 20.8 | 3114 | 1.48 | 2.86 | 0.17 |
| | 12.78 | 20.7 | 3134 | 1.5 | 2.85 | 0.11 |
| 8 | 12.74 | 21.9 | 2835 | 1.78 | 3.26 | 0.18 |
| | 12.74 | 21.9 | 2761 | 1.78 | 3.28 | 0.18 |
| 10 | 12.78 | 21.9 | 2836 | 1.87 | 3.2 | 0.16 |
| | 12.81 | 22.1 | 2782 | 1.87 | 3.2 | 0.13 |

4. การศึกษาผลของระยะเวลาบ่มตัวต่อกระบวนการทำให้เป็นก้อน

ตารางที่ ๘9 ค่ากำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของตัวอย่างที่ระยะเวลาบ่มตัวต่างๆ

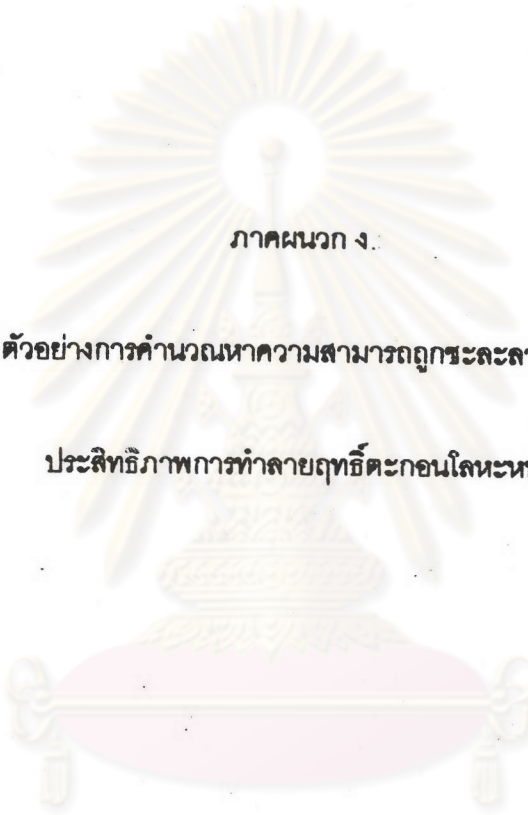
| ระยะเวลาบ่มตัว (วัน) (% ใ้ก้าลอย =0) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (กม./ลบ.ม.) | | |
|--|-----------------------------|-----|-----------|-------------------------|------|-----------|
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 1 | 58 | 62 | 60 | 2.13 | 2.15 | 2.14 |
| 3 | 168 | 180 | 174 | 2.16 | 2.18 | 2.17 |
| 7 | 180 | 176 | 178 | 2.19 | 2.17 | 2.18 |
| 14 | 190 | 202 | 196 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| 28 | 244 | 260 | 252 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| ระยะเวลาบ่มตัว (วัน) (% ใ้ก้าลอย =50) | กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) | | | ความหนาแน่น (กม./ลบ.ม.) | | |
| | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย | #1 | #2 | ค่าเฉลี่ย |
| 1 | 28 | 28 | 28 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 80 | 84 | 82 | 2.03 | 2.01 | 2.02 |
| 7 | 144 | 148 | 146 | 2.04 | 2.12 | 2.08 |
| 14 | 206 | 208 | 207 | 2.03 | 2.05 | 2.04 |
| 28 | 304 | 310 | 307 | 2.06 | 2.02 | 2.04 |

ตารางที่ ๘10 คุณสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการระเหยที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

| ระยะเวลาบ่มตัว (วัน) % ถ้ำลอย = 0 | พีเอช | สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
|--------------------------------------|-------|----------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 12.77 | 25.5 | 3552 | 1.94 | 5.59 | 0.16 |
| | 12.8 | 25.9 | 3638 | 2.08 | 5.61 | 0.15 |
| 3 | 12.69 | 22.6 | 3552 | 1.49 | 5.25 | 0.16 |
| | 12.72 | 22.3 | 3702 | 1.5 | 5.62 | 0.18 |
| 7 | 12.6 | 22.9 | 3691 | 1.04 | 3.02 | 0.14 |
| | 12.6 | 22.8 | 3585 | 1.08 | 3.22 | 0.15 |
| 14 | 12.65 | 21.2 | 3638 | 0.73 | 2.97 | 0.13 |
| | 12.72 | 22 | 3852 | 0.8 | 3.14 | 0.13 |
| 28 | 12.52 | 17.5 | 3187 | 0.74 | 3.02 | 0.16 |
| | 12.65 | 17.8 | 3157 | 0.8 | 2.98 | 0.13 |
| 60 | 12.81 | 22.4 | 3263 | 0.75 | 3.83 | 0.12 |
| | 12.82 | 21 | 3135 | 0.75 | 3.8 | 0.11 |
| 210 | 12.77 | 23.6 | 4109 | 0.72 | 4.06 | 0.08 |
| | 12.89 | 24.2 | 4130 | 0.69 | 4.26 | 0.09 |

ตารางที่ ๗11 คุณสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการระเหยที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

| ระยะเวลาบ่มตัว (วัน) %ถ้ำลอย = 50 | พีเอช | สภาพน้ำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/ซม.) | ความเป็นด่าง (มก./ล.) | ปรอท (มก./ล.) | โครเมียม (มก./ล.) | เหล็ก (มก./ล.) |
|--------------------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 12.85 | 23.6 | 3370 | 3.3 | 5.5 | 0.19 |
| | 12.72 | 23.4 | 3412 | 3.5 | 5.61 | 0.13 |
| 3 | 12.72 | 21.7 | 3370 | 1.86 | 5.55 | 0.16 |
| | 12.74 | 21.4 | 3317 | 1.88 | 5.47 | 0.13 |
| 7 | 12.48 | 20.3 | 2857 | 1.47 | 1.87 | 0.14 |
| | 12.52 | 21.1 | 2975 | 1.51 | 1.76 | 0.15 |
| 14 | 12.55 | 14.13 | 2365 | 0.81 | 0.78 | 0.13 |
| | 12.49 | 15.86 | 2140 | 0.69 | 0.82 | 0.13 |
| 28 | 12.35 | 12.72 | 1498 | 0.7 | 0.67 | 0.13 |
| | 12.42 | 15.2 | 1798 | 0.75 | 0.62 | 0.12 |
| 60 | 12.51 | 15.5 | 1498 | 0.71 | 0.72 | 0.08 |
| | 12.46 | 13.14 | 1391 | 0.71 | 0.74 | 0.08 |
| 210 | 12.48 | 13.49 | 1455 | 0.73 | 0.85 | 0.1 |
| | 12.51 | 12.88 | 1445 | 0.69 | 0.81 | 0.11 |



ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างการคำนวณหาความสามารถถูกระบายและ

ประสิทธิภาพการทำลายฤทธิ์ตะกอนโลหะหนัก

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ความสามารถถูกชะละลาย

คำนวณจากสูตรดังนี้

$$L = \frac{W_i}{W_o}$$

เมื่อ W_i = น้ำหนักของโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกมาจากตัวอย่าง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม

$$W_o = \text{น้ำหนักของโลหะหนักนั้น ที่มีอยู่ในตัวอย่างทั้งหมด มีหน่วยเป็นกรัม}$$

$$L = \text{ความสามารถถูกชะละลาย}$$

1.1 ความสามารถถูกชะละลายของปรอทก่อนการทำลายฤทธิ์

จากข้อมูลตารางที่ 5.3 ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัด = 7.33 มก./ล.

$$\begin{aligned} \therefore W_i &= (7.33 \text{ มก./ล.}) (500/1000 \text{ ล.}) \\ &= 3.665 \text{ มก.} \end{aligned}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัมในการทดสอบการชะละลายและตะกอนโลหะหนัก 1 กรัม จะมีปรอท 4.31 มก.

$$\begin{aligned} \therefore W_o &= (50 \text{ ก.}) (4.31 \text{ มก./ก.}) / 1000 \\ &= 0.215 \text{ ก.} \\ L &= \frac{W_i}{W_o} \\ &= (3.665 \text{ มก.}) / (0.215 \text{ ก.}) \\ &= 17 \text{ มก./ก.} \end{aligned}$$

1.2 ความสามารถดูดซับละลายของปรอทหลังการทำลายฤทธิ์

จากข้อมูลตารางที่ 5.19 ที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัด

$$= 0.77 \text{ มก./ล. (Blank = ND)}$$

$$\therefore W_i = (0.77 \text{ มก./ล.}) (500/1000 \text{ ล.})$$

$$= 0.385 \text{ มก.}$$

ใช้ตัวอย่าง 50 กรัม ที่ประกอบด้วยตะกอนโลหะหนัก 0.25 ส่วนวัสดุประสาน 1 ส่วน และน้ำ 0.5 ส่วน

$$\text{ตะกอนโลหะหนักในตัวอย่าง} = 0.25 \times (50 \text{ ก.})$$

$$(0.25+1+0.5)$$

$$= 7.14 \text{ ก.}$$

$$W_o = (7.14 \text{ ก.}) (4.31 \text{ มก./ก.}) / 1000$$

$$= 0.03 \text{ ก.}$$

$$L = W_i / W_o$$

$$= (0.385 \text{ มก.}) / (0.03 \text{ ก.})$$

$$= 12.51 \text{ มก./ก.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ประสิทธิภาพการทำลายฤทธิ์ตะกอนโลหะหนัก

คำนวณจากสูตรดังนี้

$$E = \frac{(L_o - L_s) \times 100}{L_o}$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพการทำลายฤทธิ์

L_o = ความสามารถถูกชะละลายของโลหะหนักก่อนการทำลายฤทธิ์ มีหน่วยเป็น มก./ก.

L_s = ความสามารถถูกชะละลายของโลหะหนักภายหลังจากการทำลายฤทธิ์ มีหน่วยเป็น มก./ก.

∴ จากตัวอย่างการคำนวณหาความสามารถถูกชะละลายในข้อ 1 สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการทำลายฤทธิ์ ได้ดังนี้

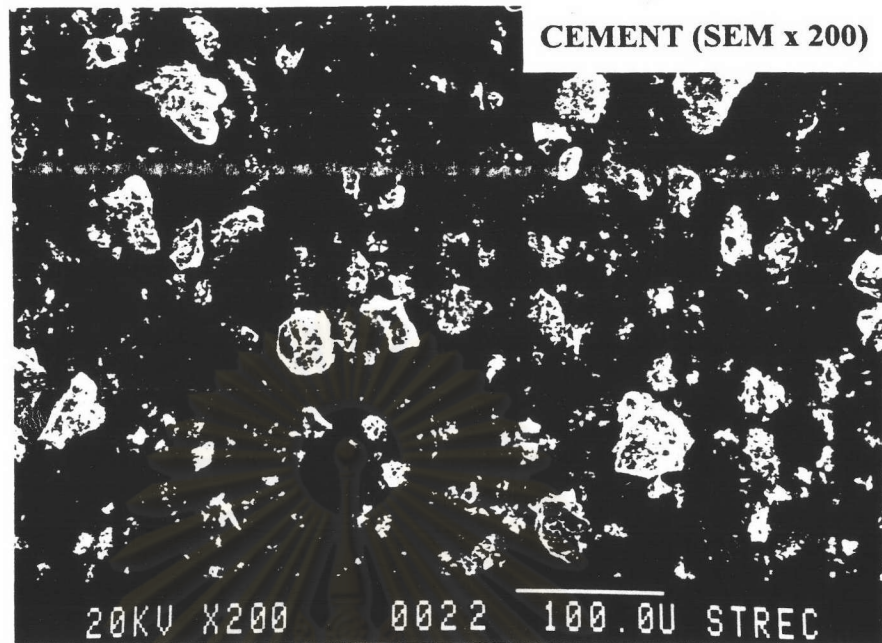
$$\begin{aligned} L_o &= 17 \text{ มก./ก.} \\ L_s &= 12.51 \text{ มก./ก.} \\ \therefore E &= \frac{(17 - 12.51 \text{ มก./ก.}) \times 100}{17 \text{ มก./ก.}} \\ &= 26.4 \% \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

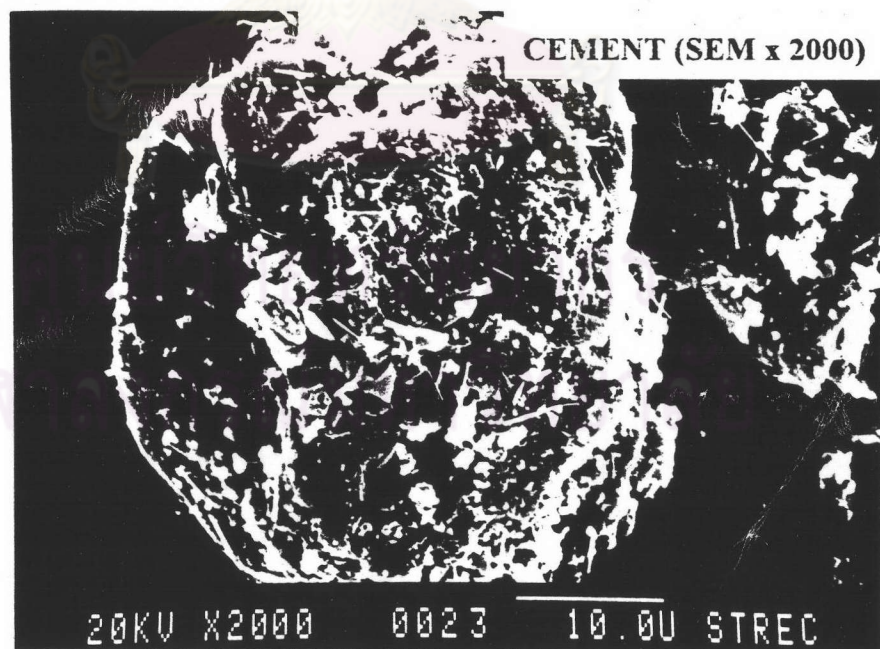


ภาคผนวก จ. ภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของวัสดุประสานและตะกอนโลหะหนัก

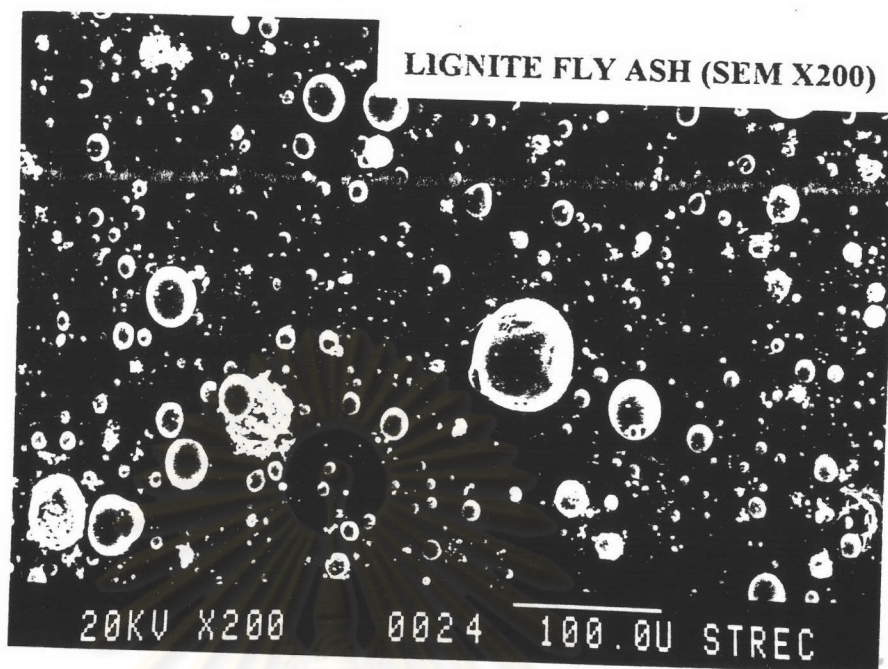
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ ผ1 ลักษณะทางกายภาพของปูนซีเมนต์ (ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า)



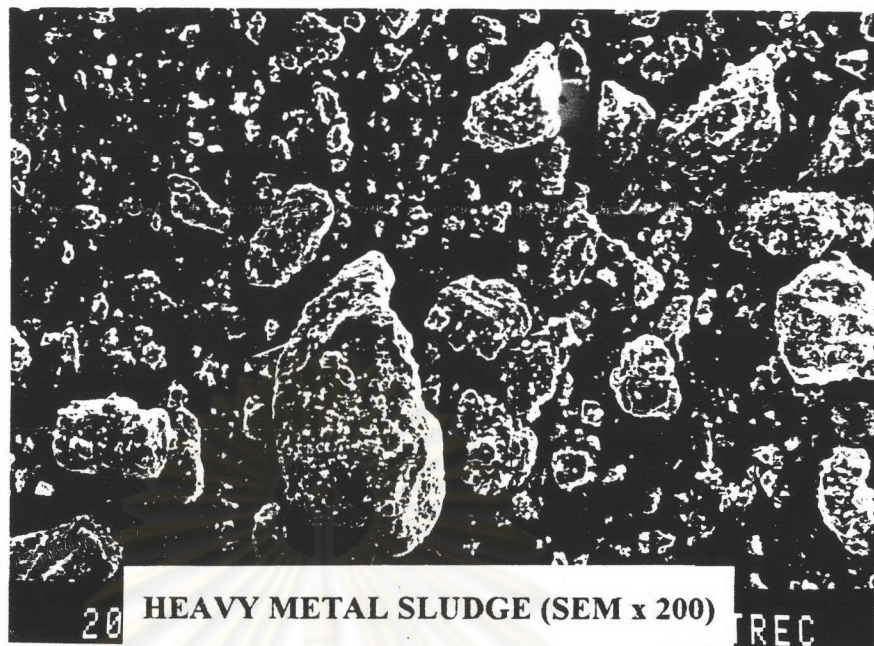
ภาพที่ ผ2 ลักษณะทางกายภาพของปูนซีเมนต์ (ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า)



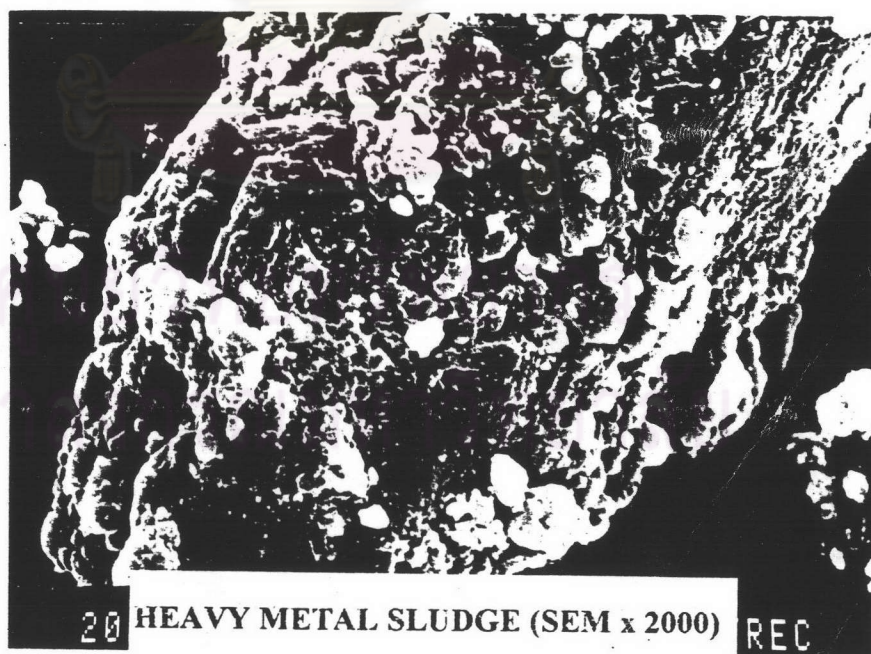
ภาพที่ ๓ ลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์(ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า)



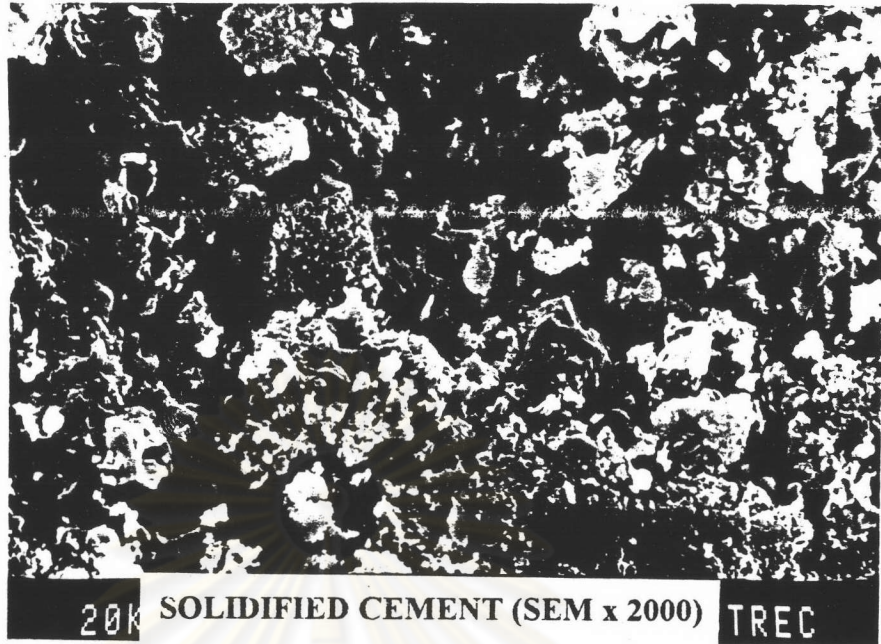
ภาพที่ ๔ ลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์ (ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า)



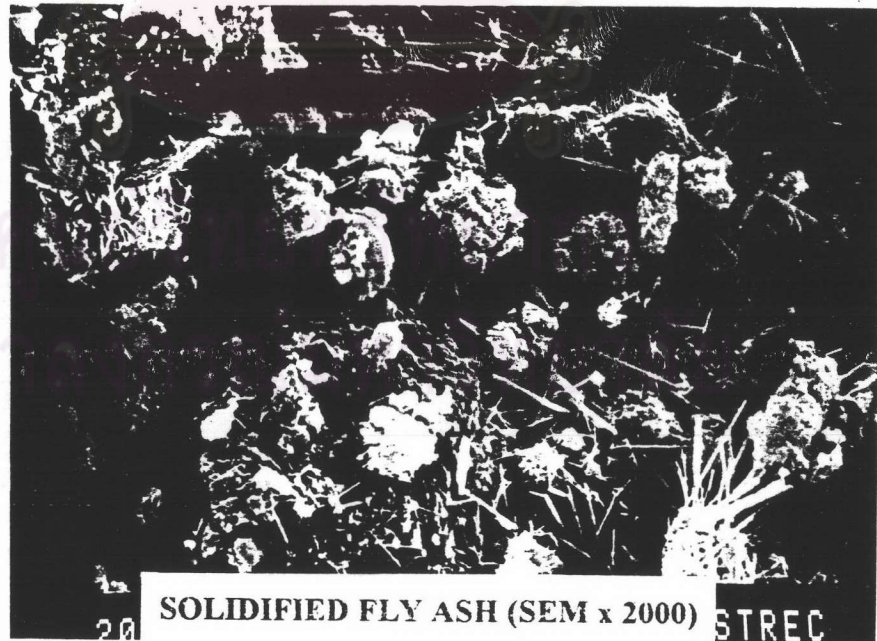
ภาพที่ ๘๕ ลักษณะทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
ซีไอดี (ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า)



ภาพที่ ๘๖ ลักษณะทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
ซีไอดี (ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า)



ภาพที่ ๗ ลักษณะทางกายภาพของปูนซีเมนต์ที่แข็งตัวเมื่อผสมน้ำ
(ขนาดกำลังขยาย 20๐ เท่า)



ภาพที่ ๘ ลักษณะทางกายภาพของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยลิกไนต์ที่แข็งตัวเมื่อผสมน้ำ
(ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า)

ประวัติผู้เขียน

นาย นฤมิตร คินนิมาน เกิดวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2502 ที่อำเภอบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2524 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2536 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ ระดับ 6 สังกัด กองจัดการสิ่งแวดล้อม ฝ่ายสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย