

บรรณานุกรม

1. Grim, R.E., Applied Clay Mineralogy, McGraw-Hill Inc., New York, 2nd.ed., 1968.
2. Bristow, C.M., " World Kaolins Genesis, Exploitation and Application, " Industrial Minerals, 238, 45-59, 1987.
3. " Kaolin Paper Underpins Current Demand, " Industrial Minerals, 238, 62-87, 1987.
4. Murray H.H., "Industrial Applications of Kaolin," Clays and Clays Minerals (Ingenson, E.ed.), Vol 10, pp. 291-298, Pergamon Press Ltd, London, 1963.
5. " Pottery & Whiteware 1 : Material and Manufacture, " Industrial Minerals, 11, 19-35, 1976.
6. " Pottery & Whiteware 2 : Raw Material and the UK. Industrial, " Industrial Minerals, 11, 37-49, 1976.
7. Robbins, J., " Ceramic Whiteware - An Overview of Raw Material Supply, " Industrial Minerals, 204, 31-63, 1984.
8. ช่างู จรรยาวิชย์, "การค้นคว้าทดลองตรวจสอบดินขาวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," ข่าวสารการชนนี, 24(1), 11-26, 2522.
9. ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, เซรามิกส์, หน้า 48-50, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2527.
10. กวี เพิ่มพูล, "ดินขาววัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์," ข่าวสารการชนนี, 15(7), 5-8, 2513.
11. จุมพล คีนตัก, "ดินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์," ข่าวสารการชนนี, 23(12), 31-35, 2521.
12. นิमित วรพันธ์ และคณะ, "แหล่งวัตถุดิบและการตรวจสอบคุณภาพ," เอกสารทางวิชาการ สัมมนาเครื่องปั้นดินเผา, กรมวิทยาศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2513.

13. กรมทรัพยากรธรณี, คุณลักษณะของแร่ตามมาตรฐานการใช้งานและมาตรฐานการซื้อขายในตลาดแร่ (กองเศรษฐกิจและเผยแพร่), หน้า 45-48, โรจพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จก., 2526.
14. สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 3 (เชียงใหม่), "มาตรฐานและการตรวจสอบดินเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม, "ข่าวสารการธรณี, 31(11), 31-39, 2529.
15. จุมพล คีนดัก, "คุณสมบัติเฉพาะที่กำหนดของดินอุตสาหกรรม," ข่าวสารการธรณี, 24(2), 8-14, 2522.
16. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ดินขาวสำหรับใช้ผสมทำกระดาษ," 2529.
17. ECC International, " Part 2 Washing and Refining, " China Clay Production, pp. 5, ECC International Ltd., Edwin Snell Printers, Cornwall, n.d.
18. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา," 2528.
19. Hughes, G.A., " The Characterisation of Ceramic Kaolins with Emphasis on Their Use in the Market," ASEAN/CEC Workshop, on Industrial Minerals, Bangkok, 1988.
20. Department of Mineral Resources, Mineral Statistics of Thailand 1984-1988, Bangkok, 1989.
21. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย 2523 - 2558, หน้า 22, กองวางแผนทรัพยากรมนุษย์, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2531.
22. The Customs Department, Foreign Trade Statistics of Thailand, December 1984, Bangkok, 1984.
23. ----, Foreign Trade Statistics of Thailand, December 1985, Bangkok, 1985.
24. ----, Foreign Trade Statistics of Thailand, December 1986, Bangkok, 1986.
25. ----, Foreign Trade Statistics of Thailand, December 1987, Bangkok, 1987.

26. ----, Foreign Trade Statistics of Thailand, December 1988, Bangkok, 1988.
27. เรืองศักดิ์ วัชรพงศ์, " การแต่งดินขาว (Kaolin) ให้สะอาด, " ข่าวสารการชนวน, 9(7), 58-65, 2507.
28. Gawee Permpoon, "Benefication of Kaolin," รายงานการประชุมเหมืองแร่ภาคเหนือเอเชีย ครั้งที่ 6, กรมทรัพยากรชนวน, 2509.
29. ช่างู จรรยาณิชย์, " การแต่งดินขาวที่อิตาย่า ประเทศญี่ปุ่น, " ข่าวสารการชนวน, 24(9), 19-29, 2522.
30. สุพล มณีวรรณ และคณะ, " การเก็บข้อมูลโรงแต่งแร่ดินขาว การแต่งแร่ดินขาว และการวิเคราะห์การกระจายตัวของเม็ดแร่ดินขาวของผลิตภัณฑ์ จากโรงแต่งแร่ดินขาวในเขตจังหวัดแพร่ และจังหวัดอุตรดิตถ์" ฝ่ายการเหมืองแร่ สำนักงานทรัพยากรชนวนเขต 3 (เชียงใหม่), เชียงใหม่, 2531.
31. -----, "การทดลองแต่งดินขาวของนายณรงค์ ช่างสุวรรณ จากแหล่ง ต.โป่งเทวี อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย," ฝ่ายการเหมืองแร่ สำนักงานทรัพยากรชนวนเขต 3 (เชียงใหม่), เชียงใหม่, 2530.
32. -----, " การแต่งแร่ดินขาวโดยใช้ไฮโดรไซโคลน ของบริษัทถ่านหินไทย จำกัด," ฝ่ายการเหมืองแร่ สำนักงานทรัพยากรชนวนเขต 3 (เชียงใหม่), เชียงใหม่, 2530.
33. นิกษ์ หาญจวนิช และคณะ, "การแต่งแร่ดินขาวจากจังหวัดระนองด้วยไฮโดรไซโคลน," ฝ่ายแต่งแร่และใช้แร่ กองการเหมืองแร่, กรมทรัพยากรชนวน, กรุงเทพฯ, 2531.
34. ลดาวัลย์ โชติมงคล และคณะ, "การแต่งแร่ดินขาวให้มีคุณภาพสูง," การวิจัยและพัฒนาในอุตสาหกรรมเซรามิกส์, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพมหานคร, 2532.
35. กลุ่มวิจัยพื้นที่ภาคใต้ โครงการวิจัยการควบคุมคุณภาพการผลิตดินขาว, " การทดลองคัดขนาดดินขาว จ.นราธิวาส ด้วย Mozley Hydrocyclone ขนาด 2 นิ้ว," แร่ดินขาวและเฟลด์สปาร์กับงานอุตสาหกรรมของภาคเหนือ, หน้า ๖59-๖60 กรมทรัพยากรชนวน และสภาการเหมืองแร่, กรุงเทพมหานคร, 2532.
36. " Kaolin Operation of Gebruder Dorfner at Hirschau, " Industrial Minerals, 53, 17-19, 1972.

37. Coope, B.M., " Kaolin A Review of Production and Processing, " Industrial Minerals, 136, 31-49, 1979.
38. Murray , H.H. , " Major Kaolin Processing Developments, " International Journal of Mineral Processing, 7(3), 263-274, 1980.
39. กรมแผนที่ทหาร, แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุดแอล 7017 ราวางที่ 4728 I กิ่งอำเภอพะโต๊ะ, กรุงเทพมหานคร, 2530.
40. P. Aranyakanon, " The Cassiterite Deposit of Haad Som Pan, Ranong Province, Thailand, " Ph.D. Thesis, King's Collage University of Durham, 1962.
41. นิกร นครศรี และคณะ, แผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดระนอง มาตราส่วน 1:250,000 (กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี), กรมแผนที่ทหาร, กรุงเทพมหานคร, 2528.
42. Chakrit Sukaramongkol, " Benefication of Ranong Kaolin by Acid Leaching," Senior Project, Department of Geology, Chulalongkorn University, 1989.
43. อำนาจ ดันดิธรรมโสภณ, " แหล่งแร่ดินขาว จังหวัดระนอง, " การประชุมสัมมนาด้านเหมืองแร่ของภาคใต้ ปี 2531, หน้า 44-47, สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 2 (ภูเก็ต), 2531.
44. วิสุทธิ์ นิสุทธอนนท์, ชัญชัย ลีเผ่าพันธ์ และสุพล ภูวิจิตร, "วิทยาศาสตร์ประกอบของดินขาวระนอง," แร่ดินขาวและเฟลด์สปาร์กับงานอุตสาหกรรมของภาคเหนือ, หน้า 257 - 258, กรมทรัพยากรธรณีและสภาการเหมืองแร่, กรุงเทพฯ, 2532.
45. -----, " วิทยาศาสตร์เปรียบเทียบ ระหว่างดินขาวเคโอลินดิบ จากระนองและปราจีนบุรี," การประชุมวิชาการเหมืองแร่ ครั้งที่ 3 การจัดการทรัพยากรธรณี, หน้า 408 - 427, เพชรรัตนการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, 2532.
46. ชงชัย นิ่งรัตน์, เอกสารประกอบการบรรยายวิชา การกำเนิดแหล่งแร่, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา, 2525.

47. โยชม อรัญชากานนท์, "การเกิดดินขาวในเทือกหินแกรนิตโดยกรรมวิธีของก๊าซต่าง ๆ," ข่าวสารการชนัน, 14(2), 1-10, 2512.
48. Smak Buravas, "Kaolinisation in Thailand," ข่าวสารโลหกิจ, 4(4), 1-19, 2502.
49. คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ, พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา อังกฤษ-ไทย, หน้า 21-22, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2530.
50. จุมพล คีนตัก, ชงชัย นิ่งรัมย์ และนิพนธ์ วสุวานิช, ดิน (Clays) (กองเศรษฐกิจและเผยแพร่), เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยาเล่มที่ 19 กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2528.
51. จุมพล คีนตัก, "ดิน (Clay)," ข่าวสารการชนัน, 22(12), 37-47, 2520.
52. Grim, R.E., Clay Mineralogy, McGraw-Hill Inc., New York, 2nd.ed., 1968.
53. สุนัตรา วุฒิสาดิวานิช, "แร่ของไทย แร่ดิน (Clay)," ข่าวสารการชนัน, 18(8), 82-90, 2516.
54. Patterson, S.H. and Murray, H.H., Industrial Minerals and Rocks (Lefond, S.J.ed.), pp. 547-567, Port City Press AIME, New York, 4th.ed., 1975.
55. Herath, J.W., "Industrial Clays of Sri Lanka," Economic Bull, No. 1, Colombo, n.d.
56. Hutchison, C.S., Laboratory Handbook of Petrographic Techniques, pp. 449-451, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976.
57. Olpher, H.V. and Fripiat, J.J., Data Handbook for Clay Materials and Other Non - Metallic Minerals, William Clowers & Sons, London, 1979.
58. Churchman, G.J., Whitton, J.S., Claridge, G.G.C., and Theng B. K.G., " Intercalation Method Using Formamide for Differentiating Halloysite from Kaolinite," Clay and Clay Minerals, 32(4), 241-248, 1984

59. Theng, B.K.G., Churchman, G.J., Whitton, J.S., and Claridge, G. G.C., " Comparison of Intercalation Method for Differentiating Halloysite from Kaolinite, " Clay and Clay Minerals, 32(4), 249-258, 1984.
60. สุรพล ภู่วิจิตร, " CLAY NORM " ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2533.
61. กรมทรัพยากรธรณี, คู่มือการแต่งแร่ (กองเครื่องจักรกลและเผยแพร่), หจก. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 3, 2527.
62. ชวัลชัย ลีเผ่าพันธุ์, การแต่งแร่ 2, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2528.
63. เรืองศักดิ์ วัชรพงศ์, "ความสำคัญของการคัดขนาดในอุตสาหกรรมแร่," ข่าวสารการธรณี, 9(4), 74-83, 2507.
64. กวี เพิ่มพูล, "การคัดขนาด," ข่าวสารการธรณี, 17(9), 54-63, 2515.
65. -----, " คำบรรยายการแต่งแร่ การคัดขนาด, " ข่าวสารการธรณี, 17(10), 27-38, 2515.
66. Kelly, E.G. and Spottiswood, D.J., Introduction to Mineral Processing, A-Wiley-Interscience Publication John-Wiley & Sons Inc., New York, 1982.
67. Wills, B.A., Mineral Processing Technology, Pergamon Press, Oxford, London, 3rd.ed., 1985.
68. Smith, M.R. and Gochin, R., "Classifiers Part 1: An Introduction to the Theory and Practice, " Mining Magazine, 151(1), 27-44, 1984.
69. Wasp, E.J., Kenny, J.P., and Gandhi, R.L., Solid - Liquid Flow Slurry Pipeline Transportation, Trans Tech Publications, Clausthel, Germany, 1977.
70. Bradley, D., The Hydrocyclones, Pergamon Press, Oxford, London, 1965.
71. Svarovsky, L., Hydrocyclones, Interprint Limited, Melita, 1984.

72. -----, " Hydrocyclones, " Mining Magazine, 159(2), 99-109
1988.
73. Currie, J.M., Unit Operation in Mineral Processing, CSM, British
Columbia, 1978.
74. Australian Mineral Foundation Incorporated, " The Theory and
Applications of the Hydrocyclone." Exploiting the Modern
Approach to Crushing, Grinding, Classification and
Flotation, pp. 85-127, Adelaide, n.p. 1975.
75. Trawinski, H., " Theory , Application and Pratical Operation of
Hydrocyclone, " E/MJ Operating Handbook of Mineral
Processing (Thomas, R.), Vol 1, pp. 146-158, McGraw-Hill
Inc., New York, 1977.
76. Treagus, M.J., " Solid - Liquid Separation Using Hydrocyclone "
-, 106-133, n.d.
77. Plitt, L.R., " A Mathematical Model of the Hydrocyclone
Classifier, " CIM Bulletin, -, 114-123, 1976.
78. กิตติ อินทรานนท์, เอกสารประกอบการบรรยายวิชา วางแผนงานวิจัย, ภาควิชา
วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ,
2532.
79. จรัญ จันทลักษณ์, สถิติ วิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย, บริษัทโรงพิมพ์วัฒนาพานิช
จำกัด, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 5, 2527.
80. สุพล อุดิษฐ์สกุล, สถิติ การวางแผนการทดลอง, แอ็สเสทการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร,
พิมพ์ครั้งที่ 2, 2529.
81. Douglas C.M., Design and Analysis of Experiments, John Wiley &
Sons, Inc., Singapore, 1983.
82. Richard Mozley Limited, Operating Manual C124 Two Inch
Hydrocyclone Cornwall, UK, n.d.
83. ----, Operating Manual C700 Hydrocyclone Test Rig MK II, Cornwall
, UK, n.d.

84. พิชญ์ บุญนวล, "การคัดขนาดตัวอย่างแร่ละเอียด," การประชุมวิชาการด้านเหมืองแร่ ครั้งที่ 1, หน้า 185-196, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2524.
85. Shimadzu Corporation, Shimadzu Centrifugal Particle Size Analyzer SA-CP2 Type (321-3711-10-20), Kyoto, Japan, n.d.
86. Department of Mining Engineering, Mineral Processing Laboratory Instruction, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, n.d.
87. บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ, การวิเคราะห์ความแปรปรวน, โรงพิมพ์และทำปกเจริญผล, กรุงเทพมหานคร, 2531.
88. Jane T.H., S A S Introductory Guide, Counterpoint Graphic Production, Inc., North Carolina, 1978.
89. SAS Institute Inc., SAS User's Guide : Statistic, SAS Institute Inc., North Carolina, 1982.
90. Freund, R.J. and Littell, R.C., SAS FOR LINEAR MODELS : A Guide to the ANOVA and GLM Procedures, S A S Institute Inc., North Carolina, 1981.
91. SAS Institute Inc., SAS Procedures Guide for Personal Computers, Version 6 Edition, SAS Institute Inc., North Carolina, 1985.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีตรวจสอบและวิเคราะห์หาสัดส่วนเชิงกึ่งปริมาณของแร่แอสลอสไซด์และเคโอลิไนต์
โดยการวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ร่วมกับวิธี Formamide Intercalation และการเผา

New Zealand Soil Bureau (58-59) ได้ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน
ร่วมกับวิธี Formamide Intercalation และการเผา เพื่อตรวจสอบกลุ่มแร่เคโอลิไนต์ว่าเป็น
แร่แอสลอสไซด์ หรือเคโอลิไนต์ หรือเป็นแร่ทั้งสองชนิดปนกันด้วยปริมาณเล็กน้อยเพียงใด ตาม
ขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างดินขาวที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน บนกระเบื้อง
เซรามิกที่ยังไม่ได้เคลือบ (Unglazed Ceramic Tile) ด้วยวิธี Oriented Mounted
2. นำตัวอย่างดินขาวที่เตรียมไว้แล้ว ไปวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน โดยมีมุม
ที่ใช้ในการวิเคราะห์ครอบคลุมค่า d-Spacing 10 และ 7 Å
3. สเปรย์ Formamide ลงบนตัวอย่างดินขาว ทั้งให้แห้งประมาณ 20-30 นาที
นำไปวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนอีกครั้งหนึ่ง ถ้าดินขาวที่นำมาวิเคราะห์มีแร่แอสลอสไซด์
ปนอยู่ ความเข้ม (Intensity) ของ Peak ที่วัดได้ที่ d-Spacing 10 Å จะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ
กับความเข้มที่วัดได้ในขั้นตอนที่ 2 เนื่องจาก 7 Å แอสลอสไซด์จะเปลี่ยนไปเป็น 10 Å
แอสลอสไซด์หมด วัดความเข้มของ Peak ที่ปรากฏอยู่ในทำนองเดียวกันที่วัดความเข้มของ
Peak ที่เหลือที่ d-Spacing 7 Å ซึ่งเป็นความเข้มของ Peak ของแร่เคโอลิไนต์
4. ในกรณีที่แร่ไมกาปนอยู่ในตัวอย่างดินขาวที่นำมาวิเคราะห์ เผาตัวอย่างดินขาว
ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที ทั้งไว้ให้เย็นแล้วนำ
ไปวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนอีกครั้งหนึ่ง การเผาจะไม่มีผลทำให้ตำแหน่งของ Peak ที่
d-Spacing 10 Å ของแร่ไมกาเปลี่ยนแปลง แต่สำหรับ 10 Å แอสลอสไซด์จะเปลี่ยนไป
เป็น 7 Å แอสลอสไซด์หมด วัดความเข้มของ Peak ที่ d-Spacing 10 Å ซึ่งเป็นความเข้ม
ของ Peak ของแร่ไมกา นำความเข้มของ Peak ที่ปรากฏอยู่ที่ d-Spacing 10 Å ใน
ขั้นตอนที่ 3 ลบด้วยความเข้มของ Peak ของแร่ไมกาที่วัดได้ ก็จะได้ความเข้มของ Peak
ของแร่แอสลอสไซด์
5. ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนเชิงกึ่งปริมาณ (Semi Quantitative) ของแร่
แอสลอสไซด์และเคโอลิไนต์ ทำได้โดยการเปรียบเทียบความเข้มของ Peak ของแร่แอสลอสไซด์

และเคโอลิไนต์ ที่วัดได้จากชั้นตอนที่ 4 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งความผิดพลาดสำหรับการวิเคราะห์หาสัดส่วนเชิงกึ่งปริมาณโดยวิธีนี้มีค่าประมาณ $\pm 10\%$

6. ตรวจสอบยืนยันว่าดินขาวที่นำมาวิเคราะห์เป็นแร่ดินในกลุ่มแร่เคโอลิไนต์ โดยการเผาดินขาวที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที ทั้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ถ้า Peak ที่ d-Spacing 7 Å หายไปหมด ก็แสดงว่าดินขาวที่นำมาวิเคราะห์ เป็นแร่ดินในกลุ่มแร่เคโอลิไนต์ ในขณะที่ Peak ของแร่ไมกาที่ d-Spacing 10 Å จะยังคงปรากฏให้เห็นอยู่



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยตะแกรงลิ้นแบบเปือก

การวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงลิ้น (66) เป็นการทำงานเชิงกลเพื่อคัดขนาดอนุภาคแร่ โดยอาศัยขนาดของรูตะแกรงเป็นเกณฑ์ อนุภาคแร่ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรงจะค้างอยู่บนตะแกรง เรียกส่วนที่ค้างนี้ว่า ส่วนค้างตะแกรง (Oversize หรือ Plus Material) และอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่ารูตะแกรงจะสามารถรูดผ่านรูตะแกรงได้ เรียกส่วนนี้ว่า ส่วนรูดรูตะแกรง (Undersize หรือ Minus Material) ส่วนอนุภาคที่อยู่ระหว่างชั้นของตะแกรง เรียกว่า ส่วนคละ (Intermediate Material) การวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงลิ้นทำได้โดยการจัดเรียงชุดตะแกรง (Sieve Series) มาตรฐานที่แสดงไว้ในตารางที่ ข.1 เป็นชั้น ๆ จากตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงใหญ่มาเล็กตามลำดับ ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ ข.1 ปิดตะแกรงชั้นล่างสุดด้วยถาดรองรับ (Pan) ป้อนแร่ที่จะทำการวิเคราะห์ขนาดลงบนชั้นบนสุดของตะแกรง แล้วปิดด้วยฝาครอบ นำชุดตะแกรงที่ได้ ไปสั่นด้วยเครื่องสั่นตะแกรง (Sieve Shaker) หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักแร่ที่ค้างบนแต่ละชั้นของตะแกรง และถาดรองรับ เพื่อนำไปคำนวณหาการกระจายขนาดของอนุภาคแร่ในแต่ละช่วงตะแกรง



รูปที่ ข.1 การวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงลิ้น (66)

ตารางที่ ๒.๑ ชุดตะแกรงมาตรฐาน (66)

U.S.A. (1)		TYLER (2)	CANADIAN (3)		BRITISH (4)		FRENCH (5)		GERMAN (6)
*Standard	Alternate	Mesh Designation	Standard	Alternate	Nominal Aperture	Nominal Mesh No.	Opg. M.M.	No.	Opg.
125 mm	5"		125 mm	5"					
106 mm	4.24"		106 mm	4.24"					
100 mm	4"		100 mm	4"					
90 mm	3½"		90 mm	3½"					
75 mm	3"		75 mm	3"					
63 mm	2½"		63 mm	2½"					
53 mm	2.12"		53 mm	2.12"					
50 mm	2"		50 mm	2"					
45 mm	1¾"		45 mm	1¾"					
37.5 mm	1½"		37.5 mm	1½"					
31.5 mm	1¼"		31.5 mm	1¼"					
26.5 mm	1.06"	1.05"	26.5 mm	1.06"					25.0 mm
25.0 mm	1"	.883"	25.0 mm	1"					20.0 mm
22.4 mm	¾"	.742"	22.4 mm	¾"					18.0 mm
19.0 mm	¾"		19.0 mm	¾"					16.0 mm
16.0 mm	¾"	.624"	16.0 mm	¾"					12.5 mm
13.2 mm	.530"	.525"	13.2 mm	.530"					10.0 mm
12.5 mm	½"	.441"	12.5 mm	½"					8.0 mm
11.2 mm	½"		11.2 mm	½"					6.3 mm
9.5 mm	¾"	.371"	9.5 mm	¾"					
8.0 mm	¾"	2½	8.0 mm	¾"					
6.7 mm	.265"	3	6.7 mm	.265"					
6.3 mm	¾"		6.3 mm	¾"					
5.6 mm	No. 3½	3½	5.6 mm	No. 3½			5.000	38	5.0 mm
4.75 mm	4	4	4.75 mm	4			4.000	37	4.0 mm
4.00 mm	5	5	4.00 mm	5	3.35 mm	5	3.150	36	3.15 mm
3.35 mm	6	6	3.35 mm	6	2.80 mm	6	2.500	35	2.5 mm
2.80 mm	7	7	2.80 mm	7	2.40 mm	7	2.000	34	2.0 mm
2.36 mm	8	8	2.36 mm	8	2.00 mm	8	1.600	33	1.6 mm
2.00 mm	10	9	2.00 mm	10	1.68 mm	10			
1.70 mm	12	10	1.70 mm	12	1.40 mm	12			
1.40 mm	14	12	1.40 mm	14	1.20 mm	14	1.250	32	1.25 mm
1.18 mm	16	14	1.18 mm	16	1.00 mm	16	1.000	31	1.0 mm
1.00 mm	18	16	1.00 mm	18	850 μm	18	.800	30	800 μm
850 μm	20	20	850 μm	20	710 μm	22	.630	29	630 μm
710 μm	25	24	710 μm	25	600 μm	25	.500	28	500 μm
600 μm	30	28	600 μm	30	500 μm	30	.400	27	400 μm
500 μm	35	32	500 μm	35	420 μm	36	.315	26	315 μm
425 μm	40	35	425 μm	40	355 μm	44	.250	25	250 μm
355 μm	45	42	355 μm	45	300 μm	52	.200	24	200 μm
300 μm	50	48	300 μm	50	250 μm	60	.160	23	160 μm
250 μm	60	60	250 μm	60	210 μm	72			
212 μm	70	65	212 μm	70	180 μm	85			
180 μm	80	80	180 μm	80	150 μm	100	.125	22	125 μm
150 μm	100	100	150 μm	100	125 μm	120	.100	21	100 μm
125 μm	120	115	125 μm	120	105 μm	150	.080	20	80 μm
106 μm	140	150	106 μm	140	90 μm	170	.063	19	71 μm
90 μm	170	170	90 μm	170	75 μm	200	.050	18	63 μm
75 μm	200	200	75 μm	200	63 μm	240	.040	17	56 μm
63 μm	230	250	63 μm	230	53 μm	300			
53 μm	270	270	53 μm	270	45 μm	350			
45 μm	325	325	45 μm	325	38 μm	400			
38 μm	400	400	38 μm	400					

- (1) U.S.A. Sieve Series - ASTM Specification E-11-70
 (2) Tyler Standard Screen Scale Sieve Series
 (3) Canadian Standard Sieve Series S-GP-1d.
 (4) British Standards Institution, London BS-410-62.
 (5) French Standard Specifications, AFNOR X-11-601.
 (6) German Standard Specification DIN 4188.

*These sieves correspond to those recommended by ISO (International Standards Organization) as an International Standard and this designation should be used when reporting sieve analysis intended for international publication.

สำหรับการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินขาวที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ไม่นิยมวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงสั่นแบบแห้ง (Dry Sieving) เนื่องจากอนุภาคดินขาวที่มีขนาดเล็กมักจะไปเกาะผิวดิน ซึ่งมีขนาดหยาบด้วยแรงทางไฟฟ้าสถิตย์ หรือเกาะกันเองเนื่องจากความชื้น ทำให้ไม่สามารถรูดผ่านรูตะแกรงได้ดี มีปัญหาในการรูดตัน ดังนั้นจึงหันมาใช้ตะแกรงสั่นแบบเปียกแทน การวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยตะแกรงสั่นแบบเปียก (Wet Sieving) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดเรียงชุดตะแกรงแบบอเมริกา (U.S. Sieve Series) ตามมาตรฐาน ASTM E-11-70 ที่กำหนดโดยถือเอารูตะแกรงที่มีขนาด 1 ตารางมิลลิเมตรเป็นเกณฑ์ และสัดส่วนการเพิ่ม หรือลดขนาดรูตะแกรงที่เรียงต่อเนื่องกันจะเท่ากับ $2^{1/4}$ ลำดับการจัดเรียงชุดตะแกรงที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นดังนี้คือ 75, 63, 53, 45 และ 38 ไมครอน ตามด้วยภาตรองรับที่มีท่อสำหรับปล่อยน้ำดินขนาด -38 ไมครอน

2. ชั่งตัวอย่างดินขาวที่ผ่านการอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส และบดละเอียดด้วยครกเซรามิก มาประมาณ 200 กรัม ใส่ลงบนชั้นบนสุดของชุดตะแกรงที่จัดเตรียมไว้แล้ว หลังจากนั้นนำชุดตะแกรงไปวางบนเครื่องสั่นตะแกรงยี่ห้อ FRITSCH ปิดฝาครอบให้เรียบร้อย พร้อมทั้งจะทำการวิเคราะห์ขนาดดินขาวต่อไป

3. ตั้งเวลาที่ใช้ในการสั่นของตะแกรง โดยหมุนปุ่มปรับ TIMER เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

4. ตั้งจังหวะการสั่นของตะแกรงโดยหมุนปุ่มปรับ inter/perm/micro ให้อยู่ที่ตำแหน่ง perm

5. ปรับแอมพลิจูด (Amplitude) ของการสั่นตะแกรงประมาณ 5-6 ที่ปุ่มปรับ AMPLITUDE

6. นำถังน้ำมาเตรียมรองรับน้ำดินขาวขนาด -38 ไมครอน จากสายยางที่ต่อมาจากภาตรองรับ เปิดวาล์วปล่อยน้ำลงบนตะแกรงสั่น และปิดวาล์วหลังจากเครื่องสั่นตะแกรงหยุดทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้

7. นำตะแกรงแต่ละขนาดออกจากเครื่องสั่นตะแกรง มาวางคว่ำบนภาตอลูมิเนียมที่เตรียมไว้แล้ว ฉีดน้ำล้างดินขาวที่ค้างตะแกรงลงบนภาตอลูมิเนียม

8. ปล่อยให้ดินขาวที่อยู่ในภาตอลูมิเนียมและถังน้ำ ตกตัวจนน้ำใส แล้วดูดน้ำใสทิ้งด้วยสายยางที่มีขนาดเล็กโดยวิธีกาลักน้ำ (Syphon)

9. นำดินขาวที่เหลืออยู่บนภาตอลูมิเนียม ไปอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักดินขาวที่ค้างบนแต่ละตะแกรง รวมทั้งน้ำหนักของดินขาวที่รูดรูตะแกรง 38 ไมครอนด้วย เพื่อนำไปคำนวณหาการกระจายขนาดของดินขาว

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด
Shimadzu Centrifugal Particle Size Analyzer SA-CP2

การใช้ตะแกรง (Seive) (84) วิเคราะห์ขนาดเป็นวิธีที่รู้จักกันดีและค่อนข้างจะทำได้ง่าย แต่เมื่อมาพิจารณาถึงขนาดรูตะแกรงมาตรฐานที่ผู้ผลิตส่วนใหญ่ ผลิตขึ้นขนาดเล็กที่สุดเพียง 38 ไมครอน เท่านั้น ยกเว้นตะแกรงของบริษัท Alpine ที่มีขนาดเล็กลงไปถึง 20 ไมครอน ซึ่งเป็นตะแกรงสำหรับวิเคราะห์ขนาดโดยการใช้การดูดจาก Vacuum Cleaner แทนที่จะใช้การสั่นเหมือนตะแกรงทั่ว ๆ ไป ดังนั้นการวิเคราะห์ขนาดดินขาวซึ่งมีขนาดเล็กมากค่อนข้างจะทำได้ยากและผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากมีปัญหาในการอุดตัน และทำให้ประสิทธิภาพการวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงตกต่ำลงด้วย การวิเคราะห์ขนาดดินขาวที่มีขนาดเล็กมาก ๆ จึงต้องใช้วิธีอื่นแทน เท่าที่รู้จักกันดีคือ การใช้หลักของการตกตัวของอนุภาคดินขาวในของไหลที่เรียกว่า Classification แทน สำหรับวิธีการวิเคราะห์ขนาดและช่วงขนาดดินขาวที่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม แสดงไว้ในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 วิธีการวิเคราะห์ขนาดและช่วงขนาดดินขาวที่สามารถวิเคราะห์ได้ (67)

Method	Approximate useful range (microns)
Test sieving	100,000 - 10
Elutriation	40 - 5
Microscopy (Optical)	50 - 0.25
Sedimentation (Gravity)	40 - 1
Sedimentation (Centrifugal)	5 - 0.05
Electron microscopy	1 - 0.005

วิธีการวิเคราะห์ขนาดดินขาวที่มีขนาดเล็กกว่า 40 ไมครอน ที่เรียกว่า Sub-Sieving Techniques (67) นั้น การวิเคราะห์โดยใช้หลักของการตกตัวของอนุภาคดินขาวในของไหล ที่อยู่นิ่ง ที่เรียกว่า Sedimentation Techniques เป็นที่ขอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย หลักการที่นำมาใช้ก็คือ เมื่อปล่อยให้อนุภาคดินขาวตกตัวในของไหลที่เป็นตัวกลาง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำ พร้อม ๆ กัน อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกตัวด้วยความเร็วสูงกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ความเร็วสุดท้ายในการตกตัวของอนุภาคดินขาว หาได้จากกฎของสโตกตั้งสมการที่ (3.11)

$$W_c = \frac{gd^2(\sigma-\rho)}{18\mu}$$

โดยที่

W_c = ความเร็วสุดท้ายในการตกตัวของอนุภาคดินขาว
หน่วย เมตร/วินาที, ($m.s^{-1}$)

g = ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงโลก หน่วย
เมตร/วินาที², ($m.s^{-2}$)

d = Stokes Equivalent Spherical Diameter
หรือ Stokes' Diameter หน่วย เมตร, (m)

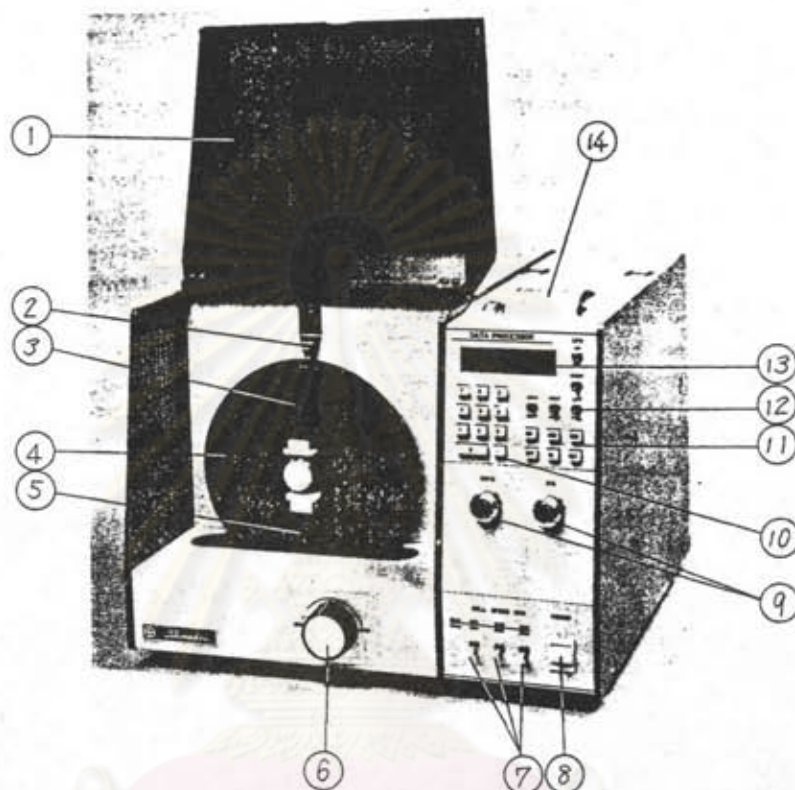
σ และ ρ = ความหนาแน่นของอนุภาคดินขาว และ น้ำ หน่วย
กิโลกรัม/เมตร³, ($Kg.m^{-3}$)

μ = ความหนืดของน้ำ หน่วย นิวตัน.วินาที/เมตร²,
($N.s.m^{-2}$)

ช่วงขนาดของอนุภาคดินขาวที่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วย Sedimentation Technique ขึ้นอยู่กับค่าเรโนลด์นัมเบอร์ (67) พบว่าถ้าค่าเรโนลด์นัมเบอร์ต่ำกว่า 0.2 และความผิดพลาดในการวิเคราะห์โดยใช้กฎของสโตกไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของอนุภาคดินขาวที่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีนี้ ควรมีขนาดเล็กกว่า 40 ไมครอนและตัวกลางที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นน้ำ นั่นคือเหตุผลที่ต้องใช้ตะแกรงคัดขนาดอนุภาคดินขาวที่มีขนาดใหญ่กว่า 40 ไมครอน ออกเสียก่อนที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ด้วย Sedimentation Technique

เครื่องวิเคราะห์ขนาด Shimadzu Centrifugal Particle Size Analyzer SA-CP2 เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ขนาดที่อาศัยหลักการวิเคราะห์แบบ Sedimentation

Technique ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีคือ Gravitational Sedimentation และ Centrifugal Sedimentation รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 แสดงไว้ในรูปที่ ค.1



- | | |
|--|--|
| 1. บานพับเปิด-ปิดห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ | 8. สวิตช์เปิด-ปิดเครื่อง SA-CP2 |
| 2. ตัวชี้ตำแหน่งที่จะวิเคราะห์ | 9. ปุ่มปรับ 0 และ 100 % |
| 3. เซลล์ตุล (Balance Cell) | 10. แป้นตัวเลข (Numerical Key) |
| 4. จานหมุน | 11. แป้นฟังก์ชัน (Function Key) |
| 5. เซลล์วิเคราะห์ (Measuring Cell) | 12. สวิตช์ปรับเลือกวิธีวิเคราะห์ (Measurement Mode Selection Switch) |
| 6. ปุ่มปรับเลือกวิธีวิเคราะห์ (Measurement Mode Selector Knob) | |
| 7. สวิตช์ปรับเลือกความเร็วรอบในการหมุน | 13. จอภาพ |
| | 14. เครื่องพิมพ์ |

รูปที่ ค.1 เครื่องวิเคราะห์ขนาด Shimadzu Centrifugal Particle Size Analyzer SA-CP2 (85)

ค.1 คำอธิบายเกี่ยวกับการใช้สวิตช์และปุ่มปรับของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2

1. สวิตช์ POWER เป็นสวิตช์เปิด-ปิดเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 ทั้งนี้รวมถึงระบบเชิงแสง (Optical System) ของเครื่องด้วย

2. สวิตช์ CELL SPEED มีด้วยกันทั้งหมด 3 สวิตช์คือ 500/600 , 1000/1200 และ 1500/1800 รอบต่อนาที (rpm) เป็นสวิตช์ปรับเลือกความเร็วรอบในการหมุนของเซลล์ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ขนาดแบบ Centrifugal Sedimentation ถ้าสวิตช์ใด ๆ อยู่ในตำแหน่ง ON จะเป็นการเปิดสวิตช์ที่ความเร็วรอบนั้น ทั้งนี้รวมถึงการเปิดสวิตช์ของมอเตอร์ด้วย ข้อควรระวังเกี่ยวกับสวิตช์นี้คือ เปิดสวิตช์นี้ก็ต่อเมื่อต้องการวิเคราะห์ขนาดแบบ Centrifugal Sedimentation เท่านั้น

3. ปุ่มปรับ 0% พร้อมก้านล็อก เป็นปุ่มที่ใช้ในการปรับค่าศูนย์ของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 และจะแสดงค่าให้เห็นทางจอภาพ หลังจากปรับค่า 0% เรียบร้อยแล้วให้กดก้านล็อกลง

4. ปุ่มปรับ 100% พร้อมก้านล็อก เป็นปุ่มที่ใช้ในการปรับเลือกช่วงค่าแอมพอร์แบนซ์ (Absorbance) ของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 และจะแสดงค่าให้เห็นทางจอภาพ หลังจากปรับค่า 100% เรียบร้อยแล้วให้กดก้านล็อกลง

5. ปุ่มปรับเลือกวิธีวิเคราะห์ (Measurement Mode Selector Knob) สามารถปรับเลือกได้ 2 ตำแหน่งคือ LOCK และ RELEASE หมุนปุ่มไปตำแหน่ง LOCK ซึ่งจากหมุนจะถูกล็อกไว้ เมื่อต้องการวิเคราะห์ขนาดแบบ Gravitational Sedimentation ในทางตรงกันข้ามเมื่อต้องการวิเคราะห์ขนาดแบบ Centrifugal Sedimentation หมุนปุ่มไปตำแหน่ง RELEASE จากหมุนจะหมุนได้อย่างอิสระ เป็นการเปิดสวิตช์ของมอเตอร์ และปิดบานพับเปิด-ปิดห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย สามารถสรุปตำแหน่งของปุ่มปรับเลือกวิธีวิเคราะห์กับวิธีการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 ไว้ในตารางที่ ค.2 ดังนี้

6. สวิตช์ CPU ON/OFF เป็นสวิตช์เปิด-ปิดการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์ของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 ถ้าสวิตช์อยู่ในตำแหน่ง ON กระดาษพิมพ์จะถูกป้อนเข้าเครื่องพิมพ์และพร้อมที่จะรับการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์ ในขณะที่จอภาพจะแสดงค่าแอมพอร์แบนซ์ ข้อควรระวัง สวิตช์ CELL SPEED จะต้องอยู่ในตำแหน่ง OFF เมื่อสวิตช์ CPU อยู่ในตำแหน่ง OFF

7. สวิตช์ LIFT/FALL MULT/MONO และ GRAV/CENT เป็นสวิตช์ที่ใช้ปรับเลือกวิธีวิเคราะห์ สามารถสรุปตำแหน่งของสวิตช์ และวิธีการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ ค.3 ดังนี้

ตารางที่ ค.2 ตำแหน่งของปุ่มปรับเลือกวิธีวิเคราะห์กับวิธีการทำงานของเครื่องวิเคราะห์
ขนาด SA-CP2 (85)

Operation Mode	Gravita- tional Sedimen- tation	Centri- fugal Sedimen- tation	Removal and Attachment of Cell
Position of knob	GRAV	CENT	GRAV
State of door	Released	Locked	Released
State of rota- tion disc	Fixed	Released	Fixed
Motor power source	OFF	ON	OFF

ตารางที่ ค.3 ตำแหน่งของสวิตช์ LIFT/FALL MULT/MONO และ GRAV/CENT และวิธีการ
วิเคราะห์ (85)

Analysis mode	Switches		
	LIFT/FALL	MULT/MONO	GRAV/CENT
Centrifugal lifting	LIFT	MONO	CENT
Gravitational sedimentation	FALL	MONO	GRAV
Centrifugal sedimentation	FALL	MONO	CENT
Combination of gravitational & centrifugal sedimentations	FALL	MULT	GRAV

8. สวิตช์ RESET เป็นสวิตช์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ป้อนให้แก่ ซีพียู ของไมโครคอมพิวเตอร์ให้กลับสู่สถานะเริ่มต้นก่อนการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์

9. แป้น BRK เป็นแป้นที่ใช้หยุดการวิเคราะห์ขนาดของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 แล้วจะคำนวณหาการกระจายขนาดของอนุภาคที่วัดได้ และพิมพ์ผลการวิเคราะห์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ทันทีเมื่อกดแป้นนี้

10. แป้น AGN เป็นแป้นที่ใช้สำหรับคงสภาพเงื่อนไขการวิเคราะห์เดิมที่ป้อนให้แก่ ซีพียูของไมโครคอมพิวเตอร์ โดยไม่ต้องป้อนเงื่อนไขการวิเคราะห์ใหม่เมื่อต้องการวิเคราะห์ขนาดครั้งต่อไป

11. แป้นตัวเลข 0 - 9 เป็นแป้นที่ใช้ป้อนค่าตัวเลขของการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์

12. แป้น ENT เป็นแป้นที่ใช้สำหรับสั่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์เก็บค่าตัวเลขของการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ป้อนลงในซีพียู

13. แป้น CL เป็นแป้นที่ใช้ลบค่าตัวเลขของการกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ป้อนผิดก่อนที่จะสั่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์เก็บค่าตัวเลขลงในซีพียู โดยการกดแป้น ENT

14. แป้น RET เป็นแป้นที่ใช้สำหรับสั่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์กลับไปสู่การป้อนเงื่อนไขการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้งหลังจากป้อนค่าตัวเลขที่ผิด และกดแป้น ENT แล้ว

15. แป้น GO เป็นแป้นที่ใช้สำหรับสั่งให้เริ่มทำการวิเคราะห์ขนาดหลังจากกำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์ การปรับเลือกค่าแอมพลิจูดแบบ 0 และ 100% และแสดงค่าขนาดอนุภาคที่ใหญ่ที่สุดที่จะทำการวิเคราะห์แล้ว

ขั้นตอนการวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด Shimadzu Centrifugal Particle Size Analyzer SA-CP2 มีดังต่อไปนี้

ค.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำดินขาวและสารละลายมาตรฐาน

1. นำตัวอย่างดินขาว ที่ผ่านการคัดขนาดด้วยตะแกรงสี่แบบเปียก (Wet Sieve) ซึ่งมีขนาด -38 ไมครอน อบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส บดละเอียดด้วยครกเซรามิก ทำการชั่งตัวอย่างแบบ Cone และ Quartering แล้วนำไปหาความถ่วงจำเพาะด้วยขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer (86) ดังนี้

1.1 นำตัวอย่างดินขาว ที่ต้องการหาความถ่วงจำเพาะ ไปอบให้แห้งอีกครั้งหนึ่งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นลงใน

เดซิเคเตอร์ (Desiccator)

1.2 นำขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer ขนาด 25 มิลลิลิตร ไปอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นลงในเดซิเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าที่ชั่งได้ละเอียดถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SARTORIUS บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้

1.3 นำตัวอย่างดินขาวที่เตรียมไว้ ใส่ลงไปในขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer ประมาณ 5 กรัม แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้

1.4 เติมน้ำกลั่นลงไปในขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer เขย่าขวดเพื่อต้องการให้น้ำกลั่นและดินขาวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ไล่อากาศในขวดออกให้หมด เช็ดขวดให้แห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้

1.5 นำขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer ไปล้างให้สะอาด แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่ง เติมน้ำกลั่นลงไป เช็ดขวดให้แห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้

1.6 คำนวณหาความถ่วงจำเพาะของดินขาวได้จากสมการที่ (ค.1) ดังนี้

$$\sigma = \frac{W_{bo} - W_b}{W_{bw} - W_b - W_{bow} + W_{bo}} \quad \dots (ค.1)$$

โดยที่

σ = ความถ่วงจำเพาะของดินขาว

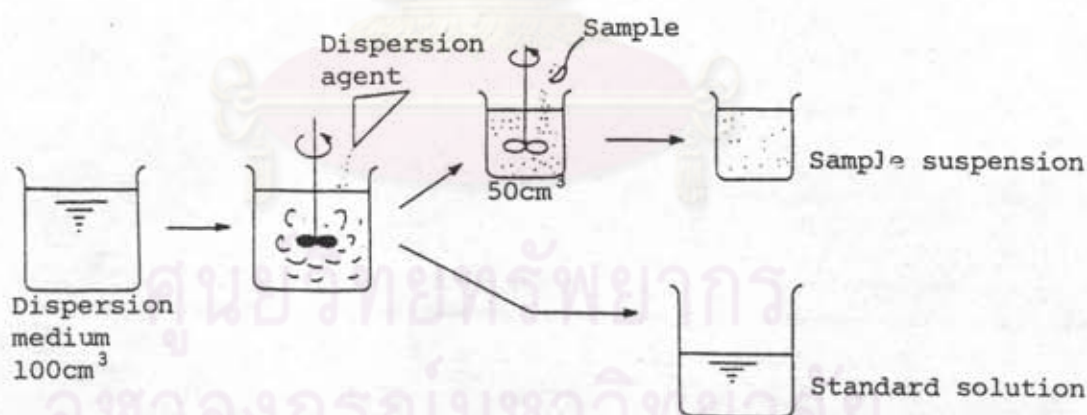
W_b = น้ำหนักของขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer หน่วย กรัม, (gm)

W_{bo} = น้ำหนักรวมของขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer และดินขาว หน่วย กรัม, (gm)

W_{bow} = น้ำหนักรวมของขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer ดินขาวและ น้ำกลั่น หน่วย กรัม, (gm)

W_{bw} = น้ำหนักรวมของขวดหาความถ่วงจำเพาะ Pycnometer และน้ำกลั่น หน่วย กรัม, (gm)

2. ซึ่งตัวอย่างดินขาวที่เตรียมไว้แล้ว ประมาณ 1-2 กรัม แล้วนำไปใส่ลงใน บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. เตรียมตัวกลางทำกระจาย (Dispersion Medium) เพื่อเป็นสารละลายมาตรฐาน (Standard Solution) โดยใช้ตัวทำกระจาย (Dispersing Agent) และตัวทำละลาย (Dispersant) ที่เหมาะสมจากตารางที่ ค.4 สำหรับการเตรียมตัวกลางทำกระจายที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดดินขาว ทำได้โดยการชั่งตัวทำกระจาย ซึ่งได้แก่ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium Hexametaphosphate, Na-H.M.P.) มา 0.2 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของ ตัวกลางทำกระจาย เท่ากับ 0.2 %
4. ตวงตัวกลางทำกระจายที่ได้ด้วยกระบอกตวงมา 50 มิลลิลิตร เพื่อเก็บไว้เป็นสารละลายมาตรฐาน ส่วนที่เหลืออีก 50 มิลลิลิตร นำมากระจายดินขาวในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร ที่เตรียมไว้แล้ว
5. นำน้ำดินขาวที่ได้มาทวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) ยี่ห้อ Mitamura Riken Kogyo เพื่อเตรียมไว้สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ขนาดต่อไป



รูปที่ ค.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำดินขาวและสารละลายมาตรฐาน (85)

ตารางที่ ค.4 ตัวทำกระจาย (Dispersing Agent) และตัวทำลาย (Dispersant)
ที่พิเศษ (85)

Powder	Dispersion Medium ~ Dispersion agents		
	(A) Smith	(B) Meldou	(C) Suito
CU	water, soy bean oil, acetone (1:1)	-	butyl alcohol
bronze	-	cyclohexanol	-
Zu	butyl alcohol	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
Al	-	-	water - 0.2% Na-oleic acid salt
Zr	methyl alcohol - 0.01 N hydrochloric acid	-	-
Sn	butyl alcohol	-	-
P (inorganic material)	water - 0.1% K-silicate	-	-
Mo	water, glycerine, acetone, ethyl alcohol	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
W	acetone: seed, oil ethyl alcohol	-	water - 0.01% Na-H.M.P.
Fe	soy bean oil, acetone (1:1)	-	-
CO	95% ethyl alcohol	-	-
CuO	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
CuO ₂ (ship bottom paint)	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
ZnO	-	water - 0.03M Na-P.P.	water - 0.2% Na-H.M.P.
Al ₂ O ₃ Alumina	water - hydrochloric acid (pH 3), water - 0.1% calgon*	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	Water - 0.1% Na-tartaric acid salt (pH 4), CCl ₄	-	-
	water - 0.01N Na-oxalic hydrochloric acid, water - 0.005M Na-P.P. ethyl alcohol: water (1:1)	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
SiO ₂	-	water - 0.2M Na-P.P.	-
	water - 0.005M Na-P.P.	-	water - 0.01% Na-H.M.P.
TiO ₂	-	-	-
ZrO ₂	-	-	-

	PbO	-	water - 0.2M Na-P.P.	water - 0.2% Na-H.M.P.
Oxide	resurge Pb ₃ O ₄	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	minium Fe ₂ O ₃	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	rouge	-	water - 0.03M Na-P.P.	water - 0.03% Na-P.P.
Salt	MgCO ₃	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	CaCO ₃	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	CaSO ₄	-	glycol: alcohol -Ca(NO ₃) ₂	ethyl alcohol - 0.1 petrobasse IB**
	gypsum CaWO ₄	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	fluorescent material	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	Ca ₃ (ASO ₄) ₂	-	ethyl alcohol: water (1:1)	-
	insect repellent	-	-	water - 0.2% Na-H.M.P.
	CaWO ₄	-	-	-
	(X-ray con- trast medium)	-	-	-
	BaCO ₃	-	methyl alcohol	water - 0.2% Na-H.M.P.
BaCO ₄	-	-	water - 0.003M Na-P.P.	
BaSO ₄ + ZuS	-	-	water - 0.003M Na-P.P.	
lithopone	-	-	-	
HgCl	-	-	cyclohexanol	-
calomel (purgative)	-	-	-	-
In- organic products	diamond	-	-	-
	glass cement	-	water - 0.1% delatin and Na ₂ CO ₃ (pH 9)	-
		-	butyl alcohol	ethylene glycol
		-	ethyl alcohol - 0.05M CaCl ₂	ethylene glycol - CaCl ₂
	-	methyl alcohol - saturated Na-P.P.	kerosene - 0.006M oleic acid kerosene - 0.2% petrobasse IB	
Ore and clay mineral	fluorite	-	water - 0.002N HNO ₃	-
		-	methyl alcohol - 0.001M KCl	-
		-	water - 0.005M Na-P.P.	water - 0.2% Na-H.M.P.
	-	water - 0.2% Na-silicate	-	

Ore and clay mineral	magnesite	ethylene glycol	ethylene glycol	water - 0.2% Na-H.M.P.
	ore of silicic acid salt	water - 0.005M Na-P.P.		
	kaoline	water - 0.005M Na-P.P.		
	asbestos clay	water - 0.1% Na-silicate glycerine: water (1:4) water - 0.01N Na-oxalic hydrochloric acid		
Organics	carbon graphite	water - 0.1% perminal Bx** ethyl alcohol - 0.1M CaCl ₂	water - 0.2% Na linoleic hydrochloric acid	ethyl alcohol: water - 0.2% Na-oleic acid salt
	coat			
	vinyl chloride	isobutyl alcohol: phthalic acid diethyl	isobutyl alcohol palatinol A****	water - 0.3 - 1.0% monogen water - 0.8 - 1.0% Span 88***** or Tween 20*****
	powdered foods (cocoa, sugar, starch, etc.)			

Notes: W: water, P.P.: pyrophosphoric acid, H.M.P.: hexameta phosphoric acid, N: normal, M: moll/litre
 * Name of goods of phosphoric sodium glass called sodium hexametaphosphate manufactured by Calgon Inc.
 ** Name of goods manufactured by Pennsylvania Refining Co. A kind of emulsifying agents for petroleum and light oil based on condensed sulfonated petroleum.
 *** Name of goods
 **** Name of goods of surface activator
 ***** Name of goods manufactured by Span Arias Powder Co. of surface activator and emulsifying agent for general use. Partial ester of fatty acid of unhydrated hextol. In general either insoluble in water or dispersed in water, and soluble in almost all organic solvent.
 ***** Name of goods for polyoxyethylene derivative of fatty acid ester (part) of unhydrated hexytol manufactured by Tween Atlas Powder Co. Common emulsifying agent. Generally used as surface activator and soluble or dispersed in water.

ค.3 วิธีการเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์

1. ประมาณค่าขนาดใหญ่และเล็กที่สุด (D_{pmax} และ D_{pmin}) ของอนุภาคดินขาวที่จะทำการวิเคราะห์ เพื่อนำไปคำนวณหาค่า K_{max} และ K_{min} จากสมการ (ค.2) ดังนี้

$$K = \frac{(\rho_p - \rho_1) D_p^2}{\nu} \quad \dots (ค.2)$$

โดยที่

- ρ_p = ความหนาแน่นของดินขาว
หน่วย กรัม/เซนติเมตร³, (g/cm^3)
- ρ_1 = ความหนาแน่นของตัวกลางทำกระจาย
หน่วย กรัม/เซนติเมตร³, (g/cm^3)
- ν = ความหนืดของตัวกลางทำกระจาย
หน่วย เซนติปัวส์, (cP)
- D_p = ขนาดของอนุภาคดินขาว หน่วย ไมครอน, (μm)

ถ้าหากไม่สามารถประมาณค่า D_{pmax} และ D_{pmin} ของอนุภาคดินขาวที่จะทำการวิเคราะห์ได้ ให้ทำการวิเคราะห์สุ่มโดยเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์คือ MULT 3 1000/1200 หรือ 500/600 แล้วหาค่า D_{pmax} และ D_{pmin} จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคดินขาว และ เปอร์เซนต์น้ำหนักสะสมของขนาดของส่วนหยาบ (wt % Cumulative Oversize Diameter) ที่ 5 และ 95 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

2. เลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ ซึ่งค่า K_{max} และ K_{min} ตกอยู่ในช่วง A, B และ C ของแผนภูมิที่ใช้เลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ ที่แสดงไว้ในรูปที่ ค.3 ตามลำดับ สำหรับเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ตกอยู่ในช่วง A, B และ C ประมาณ 40, 70 และ 180 นาที ตามลำดับ

3. ถ้าค่า K_{max} และ K_{min} ตกอยู่ในช่วง A ซึ่งมีหลายเงื่อนไขการวิเคราะห์ ให้เลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่อยู่ด้านซ้ายมือสุด

4. ถ้าค่า K_{max} มีค่ามากเกินไป และไม่มีเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ให้เปลี่ยนไปใช้ตัวกลางทำกระจายที่มีความหนืดสูงแทน ถ้าไม่ต้องการความแม่นยำ (Accuracy)

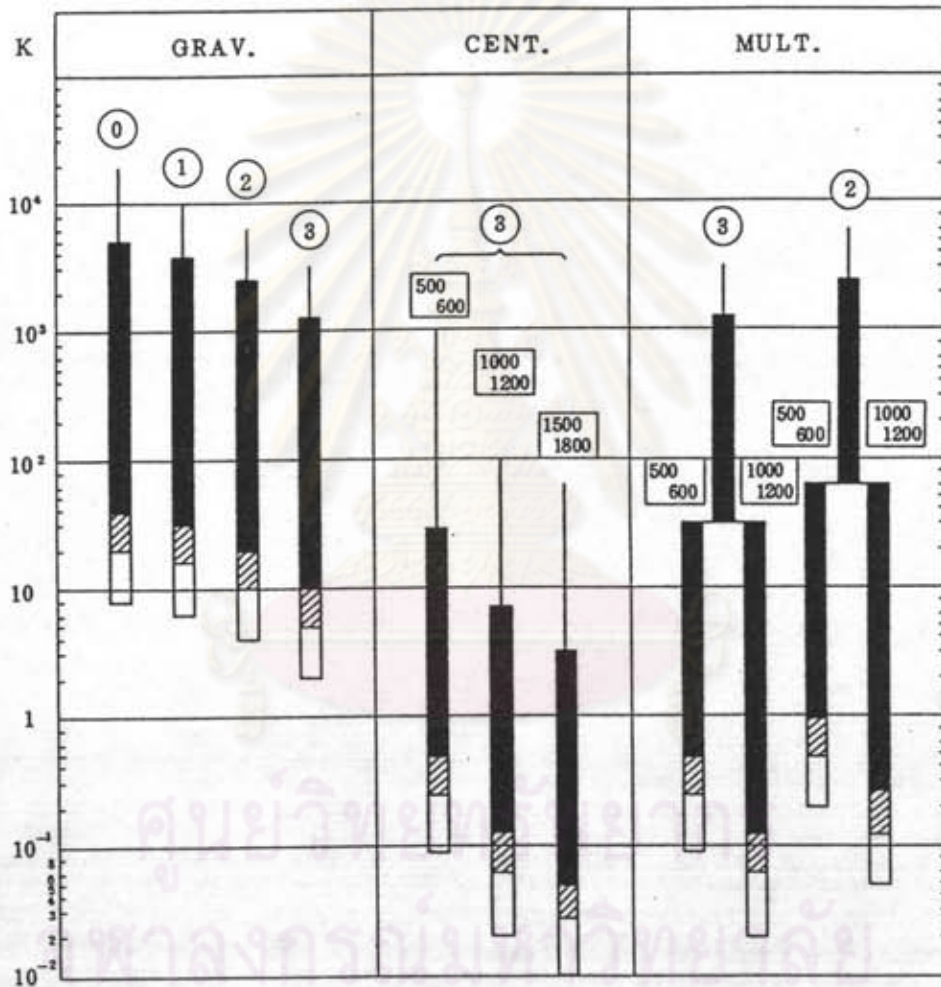
ของการวิเคราะห์สูงนัก สามารถเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ค่า Kmax และ Kmin ตกอยู่ในช่วง D ได้

5. ห้ามใช้เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ไม่ได้อยู่ในตารางเด็ดขาด

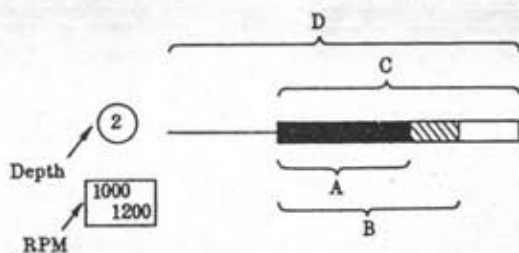
Shimadzu Centrifugal Particle Size Analyzer

SA-CP2

Chart for Selection of Measuring Conditions



$$K = \frac{(\rho_p - \rho_L) D_p^2}{\eta} \dots \text{Equation to calculate K}$$

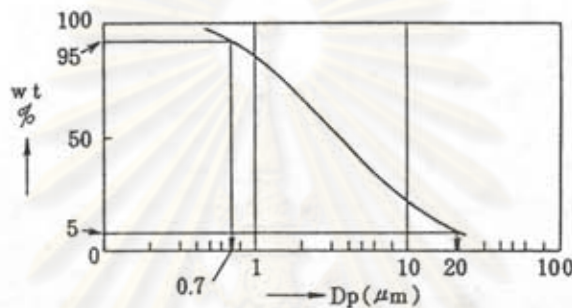


- ρ_p : Particle density (g/cm^3)
- ρ_L : Dispersion medium density (g/cm^3)
- η : Dispersion medium viscosity (C.P.)
- D_p : Particle size (μm)

รูปที่ ค.3 แผนภูมิที่ใช้เลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ (85)

ตัวอย่างแสดงวิธีการเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคที่ไม่สามารถจะประมาณค่า D_{pmax} และ D_{pmin} ได้ โดยที่อนุภาคเริ่ม $\rho_p = 3$ และใช้น้ำเป็นตัวกลาง ทำกระจาย อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส นั่นคือ $\rho_1 = 1$ และ $\nu = 1$ ดังนี้

1. ทำการวิเคราะห์หุ้มโดยเลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ MULT 3 1000/1200 หรือ 500/600
2. นำผลการวิเคราะห์หุ้มที่ได้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมของขนาดของส่วนหยาบ พบว่า $D_{pmax} = 20$ ไมครอน และ $D_{pmin} = 0.7$ ไมครอน



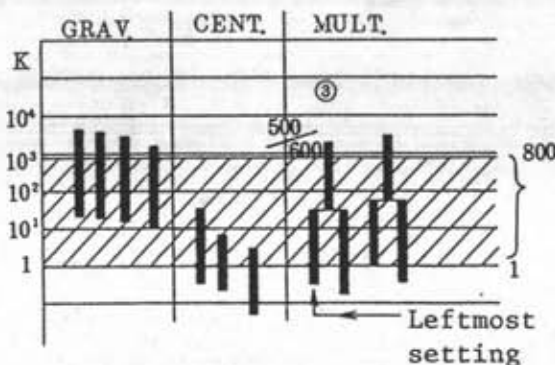
3. คำนวณค่า K_{max} และ K_{min} ได้จากสมการ ดังนี้

$$K_{max} = \frac{(3-1)(20)^2}{1} = 800$$

และ

$$K_{min} = \frac{(3-1)(0.7)^2}{1} = 0.98 \approx 1$$

4. จากแผนภูมิที่ใช้เลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ พบว่าค่า K_{max} และ K_{min} ตกอยู่ในช่วง A ซึ่งมีเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่จะเลือกได้ 4 เงื่อนไขคือ MULT 2 1000/1200, MULT 2 500/600, MULT 3 1000/1200 และ MULT 3 500/600



5. เลือกเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่อยู่ซ้ายมือสุด คือ MULT 3 500/600

ค.4 การปฏิบัติการวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2

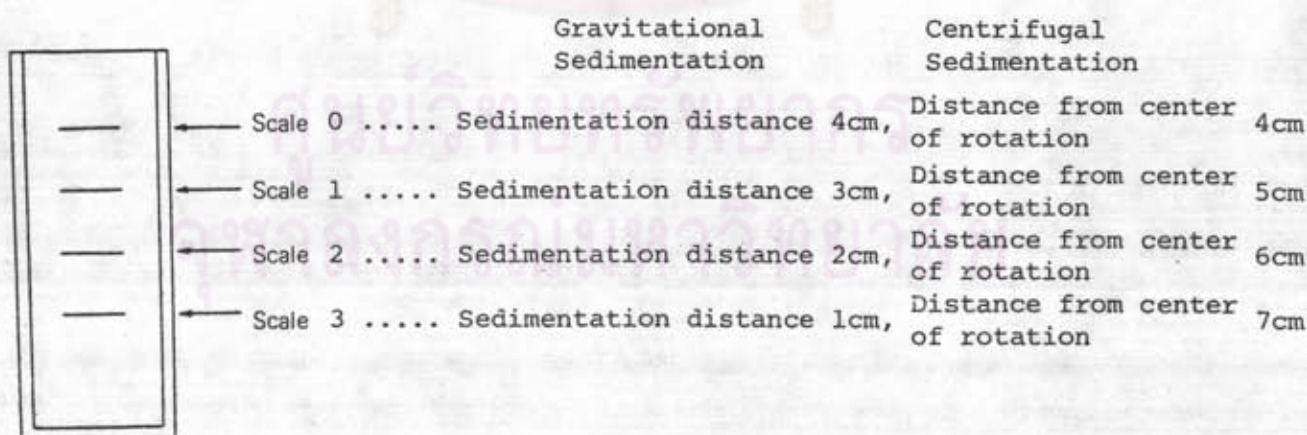
1. เปิดสวิตช์ POWER ให้อยู่ในตำแหน่ง ON อุ่นเครื่องเป็นเวลาประมาณ 5 นาที
2. เปิดสวิตช์ CPU ให้อยู่ในตำแหน่ง ON
3. ปรับเลือกค่าแอมป์เบอร์แบนซ์ 0 และ 100 % ของเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2

โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ

3.1 ตรวจสอบที่ตั้งตำแหน่งของสวิตช์ และปุ่มปรับของเครื่อง โดยกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของการปรับเลือกค่าแอมป์เบอร์แบนซ์ดังนี้คือ

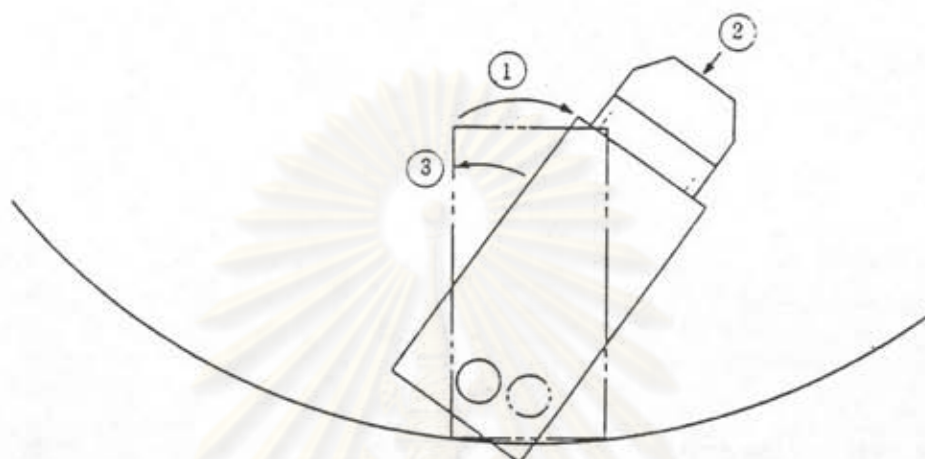
- ก) สวิตช์ POWER อยู่ในตำแหน่ง ON
- ข) สวิตช์ CPU อยู่ในตำแหน่ง ON
- ค) สวิตช์ CELL SPEED ทุกตัวอยู่ในตำแหน่ง OFF
- ง) ปุ่มปรับเลือกวิธีวิเคราะห์ อยู่ในตำแหน่ง LOCK
- จ) ปุ่มปรับ 0 % อยู่ในตำแหน่งช่วงกลางของการหมุน
- ฉ) ปุ่มปรับ 100 % อยู่ในตำแหน่งซ้ายสุดของการหมุน

3.2 นำสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้แล้ว ใส่ลงไปในเซลล์ตุล และเซลล์วิเคราะห์ที่ล้างสะอาดในจำนวนที่เท่ากันตามสเกลหรือระยะทางในการ Sedimentation ของเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ได้เลือกไว้ ความสัมพันธ์ระหว่างสเกล และระยะทางในการ Sedimentation แสดงไว้ในรูปที่ ค.4



รูปที่ ค.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลและระยะทางในการ Sedimentation (85)

- 3.3 ปิดฝาและ เช็ดทำความสะอาดเซลล์ทั้งสองให้เป็นที่เรียบร้อย
- 3.4 เปิดบานพับห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ หมุนปุ่มปรับเลือกวิถีวิเคราะห์ไปยังตำแหน่ง RELEASE เพื่อความสะดวกในการหมุนจานหมุน และนำเซลล์คู่ใส่ในช่องเซลล์ (Cell Holder) ด้านที่ใช้สำหรับคู่ที่ตำแหน่ง 6 นาฬิกาของเครื่อง ดังรูป ค.5



รูปที่ ค.5 ขั้นตอนการนำเซลล์ใส่ในช่องเซลล์ (85)

3.5 เช่นเดียวกับข้อ 3.4 นำเซลล์วิเคราะห์ใส่ในช่องเซลล์ด้านที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ ที่ตำแหน่ง 6 นาฬิกาของเครื่อง ข้อควรระวังสำหรับการวิเคราะห์ขนาดแบบ Centrifugal Sedimentation ก็คือจำนวนของสารละลายมาตรฐานที่ใส่ในเซลล์ทั้งสองต้องเท่ากัน

3.6 หมุนจานหมุนให้ขีดขาวที่อยู่บนจาน ตรงกับร่องซึ่งอยู่ด้านบนของเครื่อง เมื่อถึงตำแหน่งที่จะทำการวิเคราะห์ ไฟแดงจะติด หลังจากนั้นหมุนปุ่มปรับเลือกวิถีวิเคราะห์ไปยังตำแหน่ง LOCK

3.7 ปรับค่าแอมป์บนแผงตัวหมุนปรับ 0% ให้เท่ากับ 0 หลังจากนั้นให้กดก้านล็อกลง ช่วงค่าแอมป์บนแผงที่ยอมรับได้เท่ากับ $0 \pm 1\%$

3.8 นำเซลล์ทั้งสองออกจากช่องเซลล์ แล้วคูดน้ำดินขาวที่เตรียมไว้ด้วยหลอดคูด (Dropper) ใส่ลงในเซลล์วิเคราะห์ 2-3 หยด หลังจากนั้นเติมสารละลายมาตรฐานลงในเซลล์ทั้งสองเพื่อปรับค่าสเกลตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ได้เลือกไว้ให้เท่ากันอีกครั้งหนึ่ง

3.9 นำเซลล์คู่ใส่ในช่องเซลล์ด้านที่ใช้สำหรับคู่ และเขย่าเซลล์วิเคราะห์ ก่อนที่จะรับนำเข้า ไปใส่ในช่องเซลล์ด้านที่ใช้สำหรับวิเคราะห์

3.10 หมุนจานหมุนให้ถึงตำแหน่งที่จะทำการวิเคราะห์ ตามขั้นตอนที่ 3.6

3.11 ปรับค่าแอมพลิจูดแบนด์ให้มีความถี่ 90 - 100 % อย่างรวดเร็วด้วยปุ่มปรับ 100 %

3.12 นำเซลล์วิเคราะห์ห่อออกมาเขย่าอีกครั้งหนึ่ง แล้วรีบนำไปใส่ในช่องเซลล์ด้านที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ทันที ทำการปรับค่าแอมพลิจูดแบนด์อย่างละเอียดให้ได้ค่าประมาณ 100% โดยที่ตำแหน่งของปุ่มปรับ 100% ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-200 ของการหมุน และช่วงค่าแอมพลิจูดแบนด์ที่ยอมรับได้เท่ากับ 95-100 % หลังจากได้ค่าแอมพลิจูดแบนด์ตามที่ต้องการแล้วให้กดปุ่มเลือกกลาง

ถ้าค่าแอมพลิจูดแบนด์มากกว่า 100 % โดยที่ตำแหน่งของปุ่มปรับ 100 % อยู่ที่ 000 ของการหมุน แสดงว่าความเข้มข้นของน้ำดินขาวในเซลล์วิเคราะห์มากเกินไป ต้องแจ้งแจ้งด้วยการเติมสารละลายมาตรฐานลงไปและกลับไปเริ่มทำตามขั้นตอนที่ 3.8 ใหม่

ถ้าไม่สามารถปรับค่าแอมพลิจูดแบนด์ให้อยู่ในช่วง 90-100 % โดยที่ตำแหน่งของปุ่มปรับ 100 % อยู่ในช่วง 50-200 ของการหมุนได้ แสดงว่าความเข้มข้นของน้ำดินขาวน้อยเกินไป หมุนปุ่มปรับตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่งค่าแอมพลิจูดแบนด์อยู่ในช่วงดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามค่าแอมพลิจูดแบนด์ที่ได้จะแกว่ง (Fluctuation) มาก

4. ป้อนเงื่อนไขการวิเคราะห์ หลังจากปรับเลือกค่าแอมพลิจูดแบนด์ 0 และ 100% โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 จัดตำแหน่งสวิทช์ของ LIFT/FALL , MULT/MONO และ GRAV/CENT ตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ที่เลือกไว้ จากตารางที่ ค.3

4.2 กดปุ่ม GO จอภาพจะแสดง C1 (เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ 1) และเครื่องพิมพ์จะพิมพ์ P DNST (G/CC) ซึ่งหมายถึงไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่นของดินขาว ในหน่วย กรัม/เซนติเมตร³

4.3 ป้อนค่าความหนาแน่นของดินขาวที่ได้จากขั้นตอนที่ ค.2.1 ลงไปโดยการกดปุ่มตัวเลขพร้อมจุดทศนิยม สังเกตค่าที่ป้อนได้จากจอภาพ ในกรณีที่ป้อนค่าผิด สามารถแก้ไขได้โดยการกดปุ่ม CL แล้วป้อนค่าตัวเลขที่ถูกต้องลงไป

4.4 กดปุ่ม ENT เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ค่าความหนาแน่นของดินขาวที่ป้อนเข้าไป และพิมพ์ L DNST (G/CC) ซึ่งหมายถึงไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่นของตัวกลางทำกระจาย ในหน่วย กรัม/เซนติเมตร³ และจอภาพจะแสดง C2 (เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ 2)

4.5 ป้อนค่าความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งได้จากการวัดอุณหภูมิของน้ำแล้วนำไปเปิดตารางที่ ค.5 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ กับความถ่วงจำเพาะและความหนืดของน้ำ

ตารางที่ ค.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ กับ ความถ่วงจำเพาะ และความหนืดของน้ำ (85)

Temperature (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.99987	0.99993	0.99997	0.99999	1.00000	0.99999	0.99997	0.99993	0.99987	0.99981
	0.01794	0.01732	0.01674	0.01619	0.01568	0.01519	0.01473	0.01429	0.01837	0.01348
10	0.99973	0.99963	0.99953	0.99941	0.99927	0.99913	0.99897	0.99880	0.99862	0.99843
	0.01310	0.01274	0.01239	0.01206	0.01175	0.01145	0.01116	0.01088	0.01060	0.01034
20	0.99823	0.99802	0.99780	0.99757	0.99733	0.99708	0.99681	0.99654	0.99626	0.99598
	0.01009	0.00984	0.00960	0.00938	0.00916	0.00894	0.00874	0.00855	0.00836	0.00816
30	0.99568	0.99537	0.99508	0.99173	0.99440	0.99406	0.99372	0.99330	0.99300	0.99263
	0.00800	0.00783	0.00767	0.00751	0.00735	0.00720	0.00706	0.00692	0.00679	0.00666

upper: specific gravity

lower: viscosity coefficient in poise

Specific gravity and viscosity coefficient of water

โดยการกดปุ่มตัวเลขพร้อมจุดทศนิยม หลังจากนั้นกดปุ่ม ENT เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ค่าความหนาแน่นของน้ำที่ป้อนเข้าไป และพิมพ์ VISCOSITY (CP) ซึ่งหมายถึงไมโครคอมพิวเตอร်พร้อมที่จะรับการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับความหนืดของน้ำในหน่วย เซนติปาส์ และจอภาพ จะแสดง C3 (เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ 3)

จอภาพจะแสดง E เมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการป้อนค่าความหนาแน่นของดินขาวและน้ำ ให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร် ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้โดยการกดปุ่ม RET เพื่อกลับไปสู่การป้อนเงื่อนไขการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

4.6 เมื่อจอภาพแสดง C3 (เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ 3) ให้ป้อนค่าความหนืดของน้ำที่ได้จากตารางที่ ค.5 โดยการกดปุ่มตัวเลขพร้อมจุดทศนิยม หลังจากนั้นกดปุ่ม ENT เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ค่าความหนืดของน้ำ และพิมพ์ DEPTH (-) ซึ่งหมายถึงไมโครคอมพิวเตอร်พร้อมที่จะรับการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับระยะทางในการ Sedimentation ในรูปของสเกล และจอภาพจะแสดง C4 (เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ 4)

4.7 ป้อนค่าระยะทางในการ Sedimentation ในรูปของสเกล โดยการกดปุ่มตัวเลข หลังจากนั้นกดปุ่ม ENT ในกรณีที่เลือกการวิเคราะห์แบบ Gravitational Sedimentation จอภาพจะแสดงค่าแอนเซอร์แบนซ์ ทำการปรับค่าแอนเซอร์แบนซ์ 100% อีกครั้งหนึ่งในขั้นตอนต่อไป สำหรับการเลือกวิธีวิเคราะห์แบบอื่น จอภาพจะแสดง C5 (เงื่อนไขการวิเคราะห์ที่ 5) และเครื่องพิมพ์จะพิมพ์ ROTATION (rpm) ซึ่งหมายถึงไมโครคอมพิวเตอร်พร้อมที่จะรับการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับ ความเร็วรอบในการหมุนของเซลล์วิเคราะห์ ในหน่วยรอบต่อนาที

4.8 ป้อนค่าความเร็วรอบในการหมุนของเซลล์วิเคราะห์ โดยการกดปุ่มตัวเลข หลังจากนั้นกดปุ่ม ENT เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ค่าความเร็วรอบในการหมุนของเซลล์วิเคราะห์และจอภาพ จะแสดงค่าแอนเซอร์แบนซ์ ทำการปรับค่าแอนเซอร์แบนซ์ 100% อีกครั้งหนึ่งในขั้นตอนต่อไป

5. ปรับค่าแอนเซอร์แบนซ์ 100 % ใหม่อีกครั้งก่อนที่จะเริ่มการวิเคราะห์ขนาดเนื้องจากดินขาวจะตกตัวในขณะที่ทำการป้อนเงื่อนไขการวิเคราะห์ ทำให้ค่าแอนเซอร์แบนซ์ 100% ที่ปรับไว้ก่อนหน้านี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์ ขั้นตอนในการปรับค่าแอนเซอร์แบนซ์ 100% มีดังนี้คือ

5.1 ปรับสวิตซ์ CELL SPEED ทุกตัวให้อยู่ในตำแหน่ง OFF แล้วเปิดฝาบานพับเปิด-ปิดห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.2 นำเซลล์วิเคราะห์ออกจากช่องเซลล์มาเขย่าอีกครั้งหนึ่ง แล้วรับนำไปใส่

ในช่องเซลล์ด้านที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ทันที ปิดบานพับเปิด-ปิดห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทำการปรับค่าแอมป์เบอร์เนชให้ได้อ่าประมาณ 100% ด้วยปุ่มปรับ 100% หลังจากได้อ่าแอมป์เบอร์เนชตามที่ต้องการแล้ว ให้กดปุ่มล็อก

5.3 กดปุ่ม GO จอภาพจะแสดงค่าขนาดใหญ่สุดของดินขาวที่เครื่องจะทำการวิเคราะห์ โดยที่ ช่วงการกระจายขนาดของดินขาว จะมีค่าต่ำกว่าค่าขนาดใหญ่สุดนี้

ค่าขนาดใหญ่สุดของดินขาวที่เครื่องจะทำการวิเคราะห์ ควรมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดใหญ่สุดของตัวอย่างดินขาวที่จะทำการวิเคราะห์จริง ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าขนาดใหญ่สุดที่เครื่องจะทำการวิเคราะห์ ทำได้โดยการกดปุ่ม RET แล้วกลับไปเริ่มทำตามขั้นตอน 4.2 ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

6. การวิเคราะห์ขนาดดินขาว ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Gravitational Sedimentation มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 จัดตำแหน่งสวิทช์ของ LIFT/FALL, MULT/MONO และ GRAV/CENT ให้อยู่ที่ FALL, MONO และ GRAV ตามลำดับ

6.2 หลังจากจอภาพแสดงค่าขนาดใหญ่สุดของดินขาว ที่เครื่องจะทำการวิเคราะห์ กดปุ่ม GO เพื่อเริ่มการวิเคราะห์ขนาด เครื่องจะอ่านค่าแอมป์เบอร์เนชที่วัดได้ และบันทึกเวลาที่ใช้ในการ Sedimentation ทั้งนี้จะแสดงให้เห็นทางจอภาพซึ่งแบ่งตัวเลขออกเป็น 2 ส่วนคือ ค่าแอมป์เบอร์เนชที่วัดได้ แสดงให้เห็นเป็นตัวเลข 4 ตัวทางด้านซ้ายของจอภาพ และตัวเลข 5 ตัวทางด้านขวาของจอภาพ แสดงถึงเวลาที่ใช้ในการ Sedimentation ในหน่วยวินาที และจะเปลี่ยนทุก ๆ 0.5 วินาที

6.3 การวิเคราะห์ขนาดจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อ ค่าแอมป์เบอร์เนชที่วัดได้น้อยกว่า 10% และเวลาที่ใช้ในการ Sedimentation มากกว่า 2 ชั่วโมงครึ่ง ถ้าต้องการหยุดในขณะที่เครื่องกำลังวิเคราะห์ให้กดปุ่ม BRK

6.4 เมื่อการวิเคราะห์ขนาดสิ้นสุดลง เครื่องจะคำนวณหาการกระจายขนาดของดินขาวและพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ ส่วนจอภาพจะแสดง UUU

7. การวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Centrifugal Sedimentation มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

7.1 จัดตำแหน่งสวิทช์ของ LIFT/FALL, MULT/MONO และ GRAV/CENT ให้อยู่ที่ FALL, MONO และ CENT ตามลำดับ และเปิดสวิทช์ CELL SPEED ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ตามค่าความเร็วรอบในการหมุนของเซลล์วิเคราะห์ที่เลือกไว้

7.2 หลังจากจอภาพแสดงค่าขนาดใหญ่สุดของดินขาว ที่เครื่องจะทำการ

วิเคราะห์ กดปุ่ม GO เพื่อเริ่มการวิเคราะห์ขนาด

7.3 การวิเคราะห์ขนาดจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อ ค่าแอมป์เบอร์แบร์ที่วัดได้น้อยกว่า 10% และเวลาที่ใช้ในการ Sedimentation มากกว่า 2 ชั่วโมงครึ่ง

7.4 เมื่อการวิเคราะห์ขนาดสิ้นสุดลง เครื่องจะคำนวณหาการกระจายขนาดของดินขาว และพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ ส่วนจอภาพจะแสดง UUU

8. การวิเคราะห์ขนาดดินขาว ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Gravitational และ Centrifugal Sedimentation มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

8.1 จัดตำแหน่งของ LIFT/FALL, MULT/MONO และ GRAV/CENT ให้อยู่ที่ FALL, MULT และ GRAV

8.2 หลังจากจอภาพแสดงค่าขนาดใหญ่สุดของดินขาว ที่เครื่องจะทำการวิเคราะห์แบบ Gravitational Sedimentation กดปุ่ม GO เพื่อเริ่มการวิเคราะห์ขนาด

8.3 การวิเคราะห์ขนาดดินขาว ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Gravitational Sedimentation จะสิ้นสุด ภายในเวลา 10 นาที ของการ Sedimentation จอภาพจะแสดงค่า ขนาดใหญ่สุดของดินขาวที่เครื่องจะทำการวิเคราะห์แบบ Centrifugal Sedimentation ต่อไป

8.4 นำเซลล์วิเคราะห์ออกมาเขย่าอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะรับน้ำเข้าไปใส่ในช่องเซลล์ด้านที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ เปิดสวิตซ์ CELL SPEED ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ตามค่าความเร็วรอบในการหมุนของเซลล์วิเคราะห์ที่ได้เลือกไว้ ซึ่งมีให้เลือกเพียง 2 ค่าเท่านั้นคือ 500/600 และ 1000/1200 สำหรับวิธีวิเคราะห์แบบนี้ ปิดบานพับห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ หมุนปุ่มปรับเลือกวิธีวิเคราะห์ ให้อยู่ในตำแหน่ง RELEASE

8.5 กดปุ่ม GO เพื่อเริ่มการวิเคราะห์แบบ Centrifugal Sedimentation

8.6 การวิเคราะห์จะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อค่าแอมป์เบอร์แบร์ที่วัดได้น้อยกว่า 10% และเวลาที่ใช้ในการ Sedimentation มากกว่า 2 ชั่วโมงครึ่ง

8.7 เมื่อการวิเคราะห์ขนาดสิ้นสุดลง เครื่องจะคำนวณหาการกระจายขนาดของดินขาว และพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ ส่วนจอภาพจะแสดง UUU

9. เมื่อการวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยวิธีวิเคราะห์แบบต่าง ๆ สิ้นสุดลง ปิดสวิตซ์ CELL SPEED ทุกตัวให้อยู่ในตำแหน่ง OFF

10. ปิดสวิตซ์ CPU ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF

11. ปิดสวิตซ์ POWER ของเครื่อง SA-CP2

12. เปิดบานพับห้องที่ใช้ในการวิเคราะห์ นำเซลล์คูลและเซลล์วิเคราะห์ออกมาล้างทำความสะอาด โดยมีขั้นตอนดังนี้

12.1 แซะเซลล์ทั้งสองและฝาปิดเซลล์ในน้ำอุ่น

12.2 ล้างเซลล์ทั้งสองและฝาปิดเซลล์ด้วยผงซักฟอก เมื่อสะอาดแล้วให้ล้างด้วยน้ำอุ่นอีกครั้งหนึ่ง

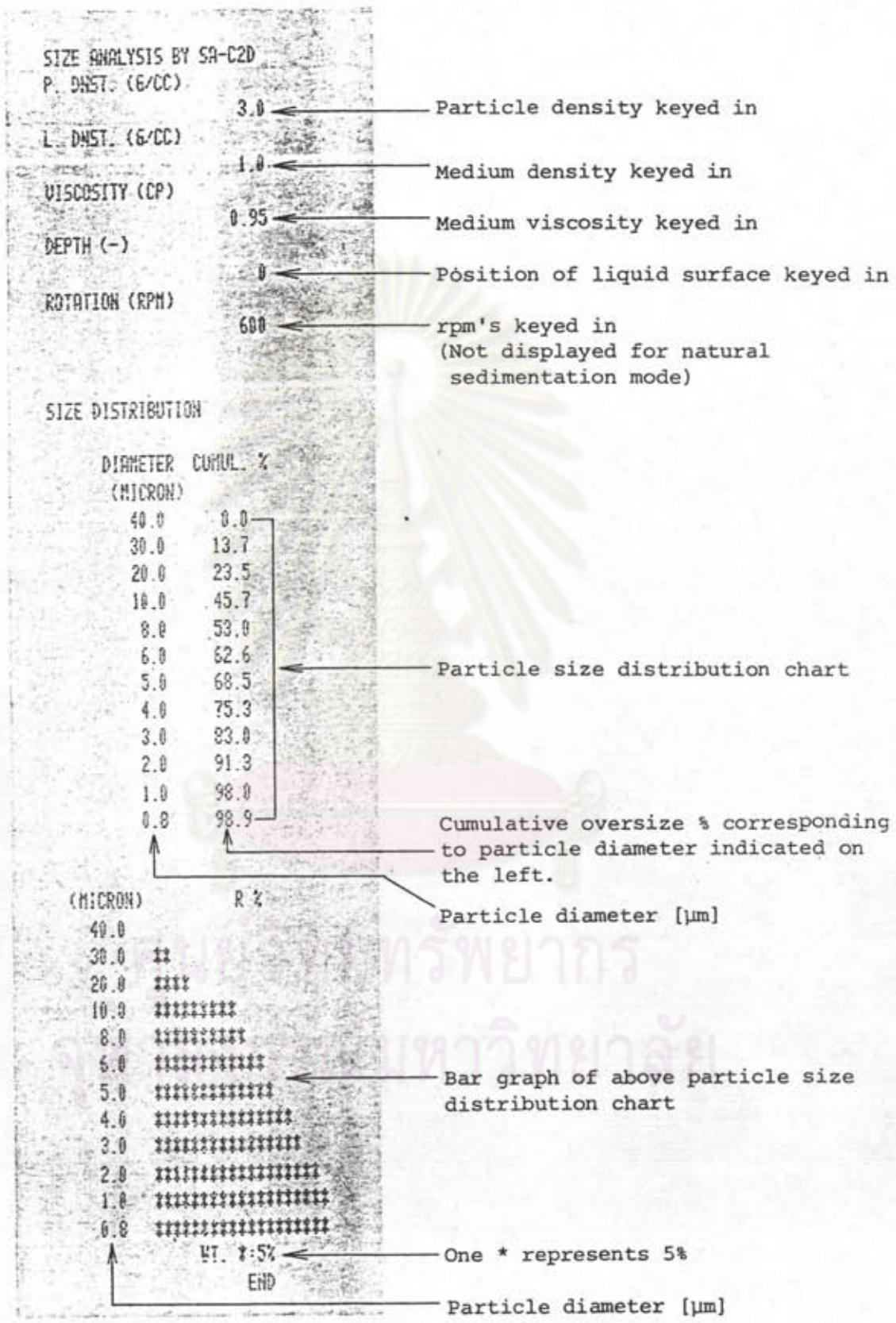
12.3 ตรวจสอบว่ามีคราบสกปรกหลงเหลือติดบนเซลล์หรือไม่ ถ้ามีให้แซะเซลล์ทั้งสองในเมทานอล (Methanol) ประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นให้นำล้างสะอาดอีกครั้งด้วยน้ำอุ่น

12.4 เช็ดเซลล์ทั้งสองให้แห้งด้วยกระดาษหรือผ้าเช็ดเลนซ์ แล้วนำไปเก็บในที่ที่ปราศจากฝุ่น

ค.5 ผลการวิเคราะห์ขนาดด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2

เมื่อการวิเคราะห์ขนาดด้วยวิธีวิเคราะห์แบบต่าง ๆ ล้มเหลว เครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 จะคำนวณหาการกระจายขนาด และพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ดังรูปที่ ค.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



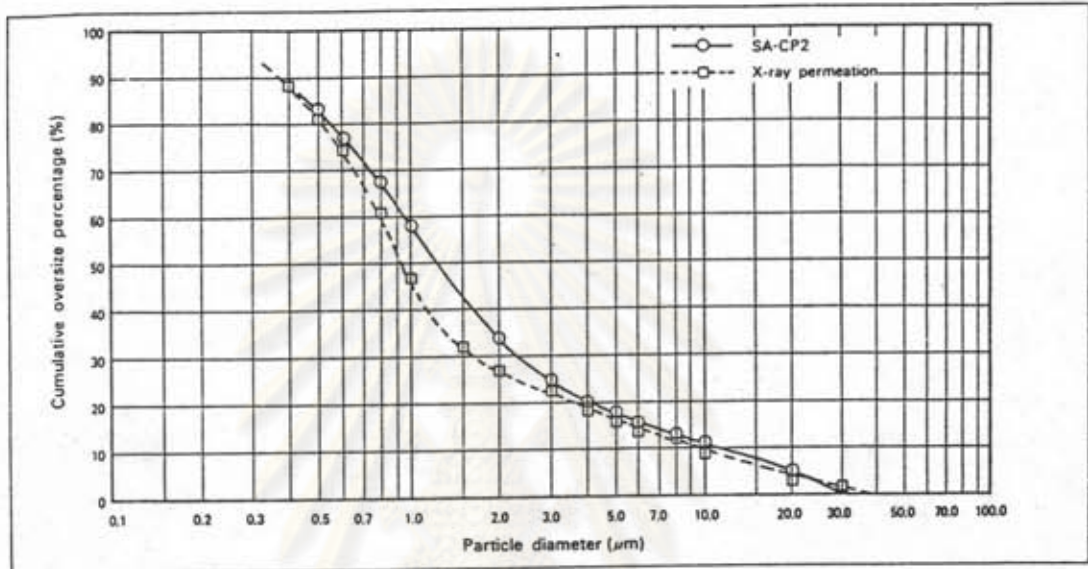
รูปที่ ค.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 (85)

ค.6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ขนาดดินขาวด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2

Sample 1. Kaolin

■ Main uses: Filler and coatings for paper; rubber; refractories; ceramics; cements; fertilizers; chemicals; catalyst carrier; cosmetics; insecticides; paint; source of alumina

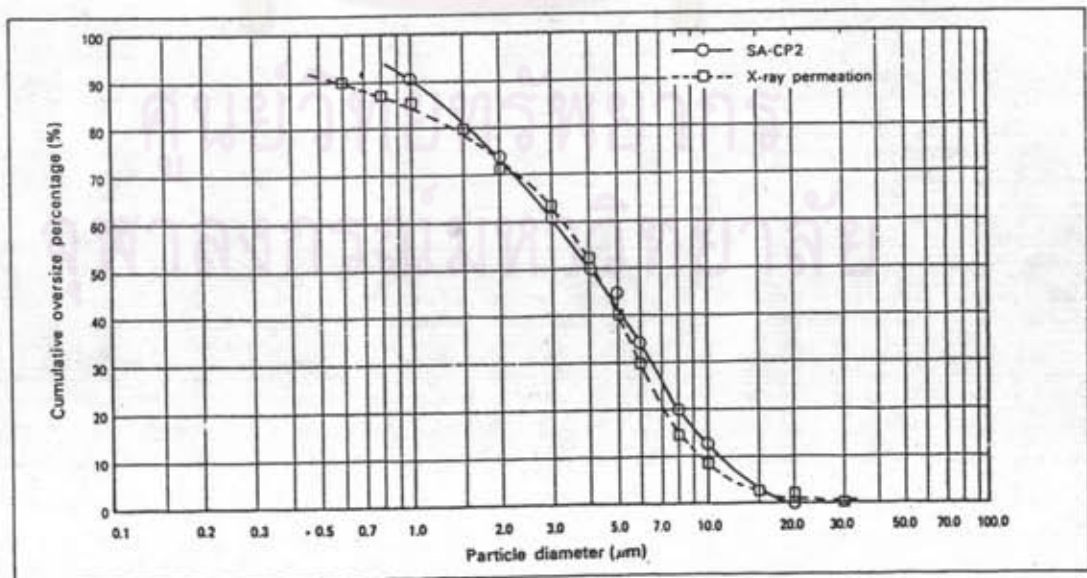
■ Operational conditions
 Particle density: 2.6g/cm³
 Dispersant: Water
 Dispersing agent: Na-H.M.P 0.2%
 Temperature: 26°C
 Mode: MULT
 Sedimentation depth: No. 3
 Revolution: 1200 rpm



Sample 2. Kaolin, PF

■ Main uses: Filler for paper

■ Operational conditions
 Particle density: 2.65g/cm³
 Dispersant: Water
 Dispersing agent: Na-H.M.P 0.2%
 Temperature: 30°C
 Mode: MULT
 Sedimentation depth: No.3
 Revolution: 600 rpm

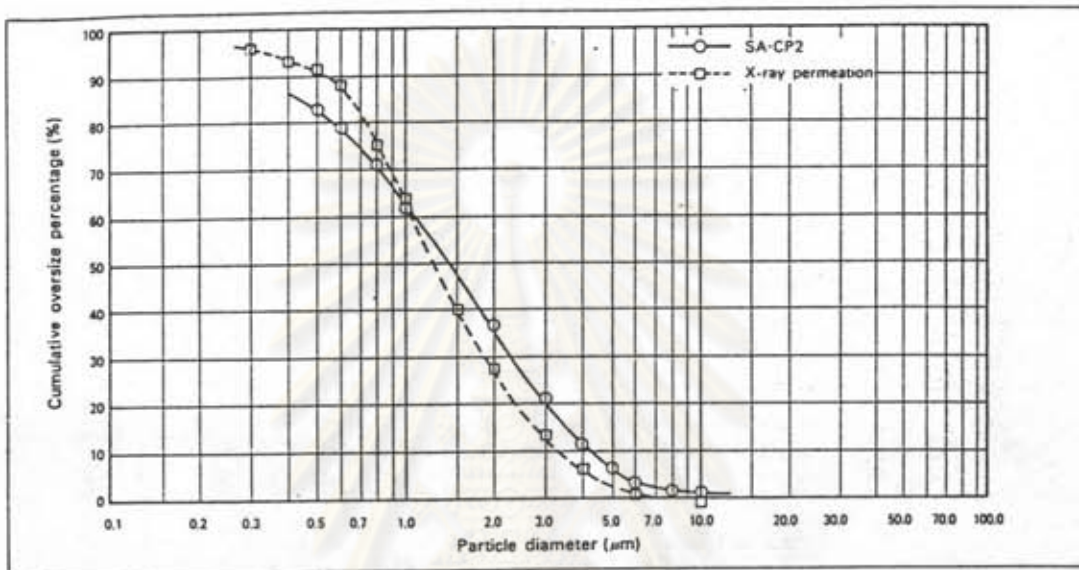


Sample 3. Kaolin, MC

■ Main uses: Coatings for paper

■ Operational conditions

Particle density: 2.65g/cm³
 Dispersant: Water
 Dispersing agent: Na-H.M.P 0.2%
 Temperature: 30°C
 Mode: MULT
 Sedimentation depth: No.3
 Revolution: 600 rpm

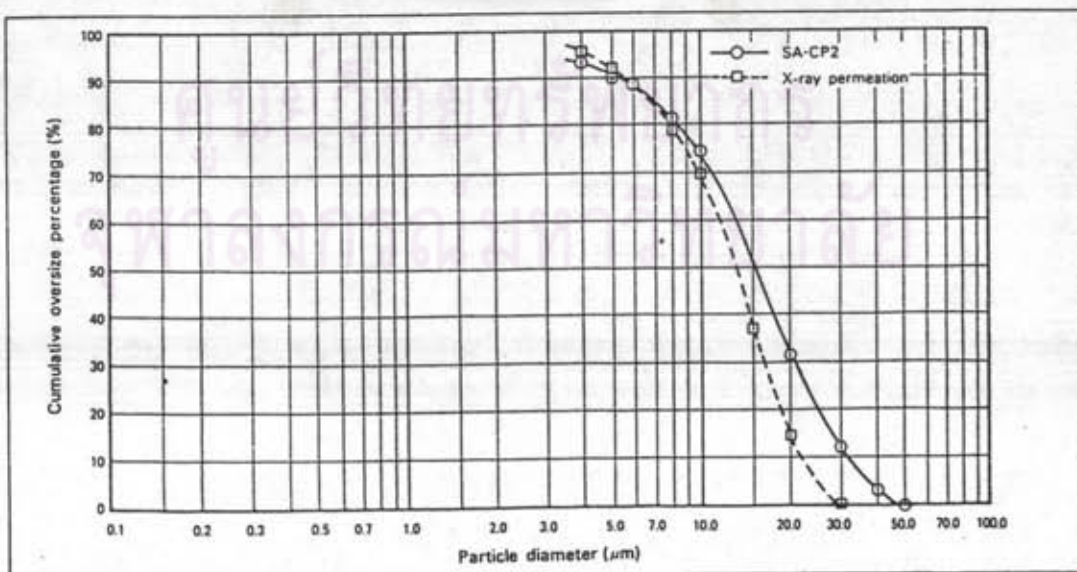


Sample 4. Kaolin, GSM

■ Main uses: Insecticides ; cleansers

■ Operational conditions

Particle density: 2.65g/cm³
 Dispersant: Water
 Dispersing agent: Na-H.M.P 0.2%
 Temperature: 30°C
 Mode: GRAV
 Sedimentation depth: No.2



ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณและสร้างเส้นโค้งประสิทธิภาพ

การหาขนาด d_{50} และความหนืดของการคัดขนาดจากเส้นโค้งประสิทธิภาพ

ง.1 วิธีการคำนวณและสร้างเส้นโค้งประสิทธิภาพ (67)

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ และสร้างเส้นโค้งประสิทธิภาพ ของการทดลองที่ FX08 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

1. หาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นโดยน้ำหนัก (Percent Solid by Weight) ของน้ำดินขาวในแร่ป้อน ส่วนหยาบ และส่วนละเอียด ซึ่งเท่ากับ 6.00, 27.52 และ 2.56 ตามลำดับ

2. หาสัดส่วนการเจือจาง (The Dilution Ratio หรือ Water - Solids Ratio) ของน้ำดินขาวในแร่ป้อน ส่วนหยาบ และส่วนละเอียด ได้ดังนี้คือ

$$\text{สัดส่วนการเจือจางของน้ำดินขาวในแร่ป้อน} = \frac{(100 - 6.00)}{6.00} = 15.67$$

$$\text{สัดส่วนการเจือจางของน้ำดินขาวในส่วนหยาบ} = \frac{(100 - 27.52)}{27.52} = 2.63$$

$$\text{สัดส่วนการเจือจางของน้ำดินขาวในส่วนละเอียด} = \frac{(100 - 2.56)}{2.56} = 38.05$$

3. หาสัดส่วนน้ำหนักของส่วนหยาบและละเอียดเมื่อเทียบกับแร่ป้อน จากมวลสมดุลของน้ำที่เข้าและออกจากไฮโดรไซโคลอน ได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} \text{สัดส่วนน้ำหนักของส่วนหยาบเมื่อเทียบกับแร่ป้อน} &= \frac{(15.67 - 38.05)}{(2.63 - 38.05)} \\ &= 0.6320 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สัดส่วนน้ำหนักของส่วนละเอียดเมื่อเทียบกับแรป้อน} &= \frac{(15.67 - 2.63)}{(38.05 - 2.63)} \\ &= 0.3680 \end{aligned}$$

4. หาเปอร์เซ็นต์ของน้ำป้อนที่เก็บได้ในส่วนหยาบ (Recovery of Feed Liquid to Underflow, R_f) ได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} R_f &= \frac{(15.67 - 38.05)}{(2.63 - 38.05)} \times \frac{2.63}{15.67} \times 100 \\ &= 10.63 \end{aligned}$$

5. สร้างตารางการคำนวณหาเส้นโค้งประสิทธิภาพ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ดังนี้

- 1) แถวที่ 1 แสดงถึงช่วงของการกระจายขนาด ในหน่วย ไมครอน
- 2) แถวที่ 2 แสดงถึงขนาดเฉลี่ยทางเรขาคณิต (Geometric Mean Size หรือ Root Mean Square Size) ของแต่ละช่วงการกระจายขนาด ในหน่วยไมครอน หาได้จากการนำค่าช่วงบน (Upper Limit) คูณค่าช่วงล่าง (Lower Limit) แล้วถอดกรณฑ์ (Root) เช่น ขนาดเฉลี่ยทางเรขาคณิตของช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ $(38 \times 30)^{1/2} = 33.76$ ไมครอน เป็นต้น
- 3) แถวที่ 3 แสดงถึงน้ำหนักของส่วนหยาบที่เก็บได้ในแต่ละช่วงการกระจายขนาด ในหน่วย กรัม เช่นน้ำหนักของส่วนหยาบที่เก็บได้ในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ 11.20 กรัม เป็นต้น
- 4) แถวที่ 4 แสดงถึงน้ำหนักของส่วนละเอียดที่เก็บได้ในแต่ละช่วงการกระจายขนาด ในหน่วย กรัม เช่นน้ำหนักของส่วนละเอียดที่เก็บได้ในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ 1.99 กรัม เป็นต้น
- 5) แถวที่ 5 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนหยาบที่เก็บได้ในแต่ละช่วงการกระจายขนาด เช่น เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนหยาบที่เก็บได้ในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ 5.62 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น
- 6) แถวที่ 6 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนละเอียดที่เก็บได้ในแต่ละช่วงการกระจายขนาด เช่น เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนละเอียดที่เก็บได้ในช่วง 30-38 ไมครอน

เท่ากับ 1.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

7) แฉกที่ 7 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบของ แต่ละช่วงการกระจายขนาด หาได้จากการนำเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนหยาบในแฉกที่ 5 คูณ กับสัดส่วนน้ำหนักของส่วนหยาบเมื่อเทียบกับแร่ป้อน เช่น เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่อยู่ใน ส่วนหยาบในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ $0.6320 \times 5.62 = 3.55$ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

8) แฉกที่ 8 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนละเอียดของ แต่ละช่วงการกระจายขนาด หาได้จากการนำเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของส่วนละเอียดในแฉกที่ 6 คูณกับสัดส่วนน้ำหนักของส่วนละเอียดเมื่อเทียบกับแร่ป้อน เช่น เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่ อยู่ในส่วนละเอียดในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ $0.3680 \times 1 = 0.37$ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

9) แฉกที่ 9 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรวมของแร่ป้อนในแต่ละช่วงการ กระจายขนาด หาได้จากการนำเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบในแฉกที่ 7 บวก กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนละเอียดในแฉกที่ 8 เช่นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรวมของ แร่ป้อนในช่วง 30-38 ไมครอนเท่ากับ $3.55 + 0.37 = 3.92$ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

10) แฉกที่ 10 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักจริงของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบ ของแต่ละช่วงการกระจายขนาด หาได้จากการนำเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบ ในแฉกที่ 7 หารด้วยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรวมของแร่ป้อนในแฉกที่ 9 แล้วคูณด้วย 100 เช่นเปอร์ เซนต์น้ำหนักจริงของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ $(3.55/3.92) \times 100 = 90.66$

11) แฉกที่ 11 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่แก้ไขแล้วของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วน หยาบของแต่ละช่วงการกระจายขนาด หาได้จากสมการที่ (3.29) เช่นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่แก้ไข แล้วของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบในช่วง 30-38 ไมครอน เท่ากับ

$$\frac{90.66 - 10.63}{100 - 10.63} \times 100 = 89.55$$

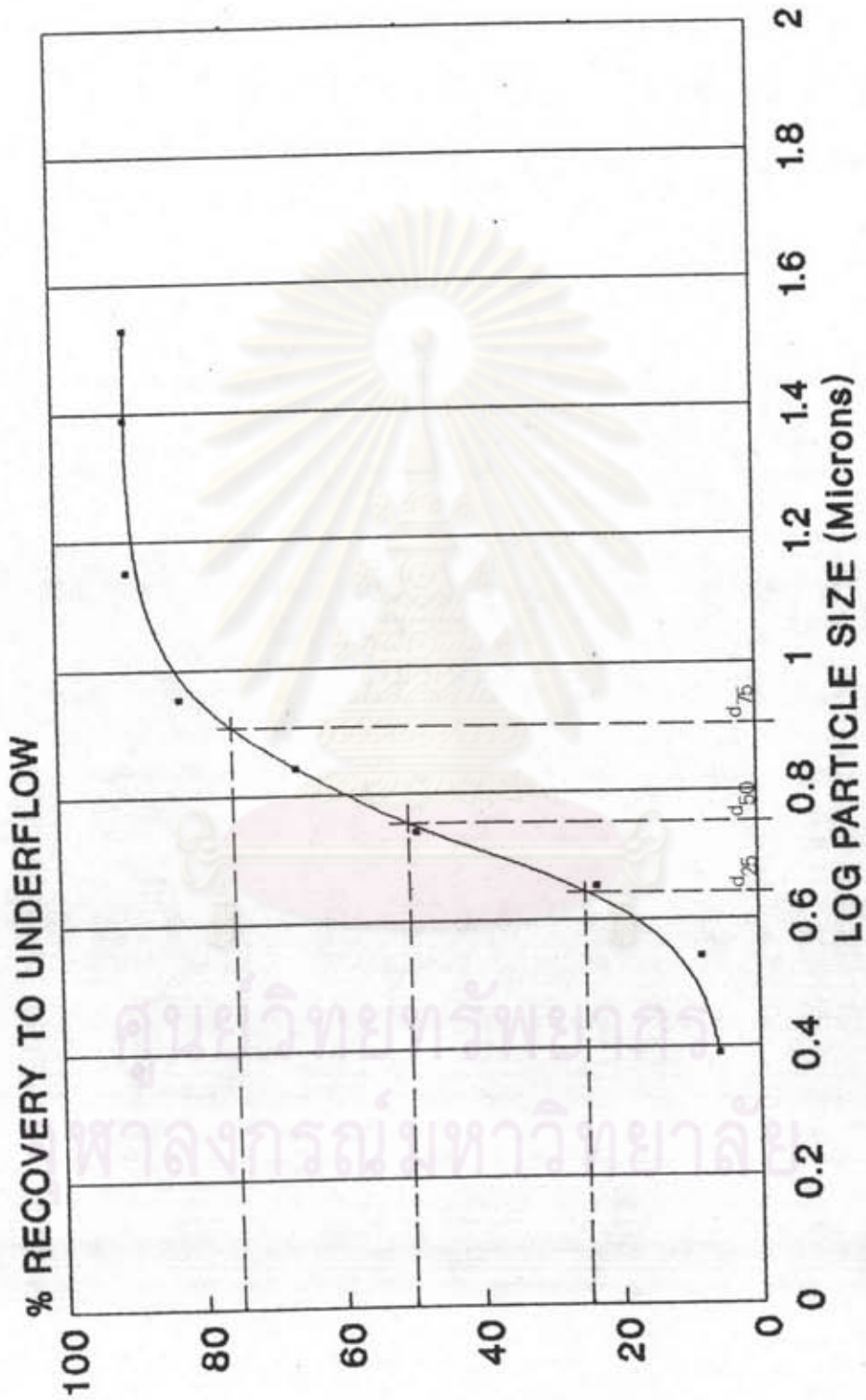
6. นำค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่แก้ไขแล้วของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบ จากแฉกที่ 11 และขนาดเฉลี่ยทางเรขาคณิต จากแฉกที่ 2 ไปเขียนเส้นโค้งประสิทธิภาพ ดังที่ได้แสดงไว้ใน รูปที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 ตารางการคำนวณหาเส้นโค้งประสิทธิภาพ

Size (Microns)	RMS. Size (Microns)	Wt. (gms)		Wt. %		Wt. % of feed		Reconstituted Feed	% of feed to UF	Corrected Performance curve
		UF	OF	UF	OF	UF	OF			
+38	41.35	18.55	0.99	9.31	0.50	5.89	0.18	6.07	96.99	96.63
30-38	33.76	11.20	1.99	5.62	1.00	3.55	0.37	3.92	90.66	89.55
20-30	24.49	20.59	3.59	10.34	1.79	6.53	0.66	7.19	90.84	89.75
10-20	14.14	77.48	13.55	38.90	6.77	24.59	2.49	27.08	90.80	89.71
8-10	8.94	22.40	7.17	11.25	3.58	7.11	1.32	8.43	84.35	82.49
6-8	6.93	21.31	16.14	10.70	8.06	6.76	2.97	9.73	69.51	65.89
5-6	5.48	9.03	13.15	4.53	6.57	2.87	2.42	5.28	54.25	48.81
4-5	4.47	5.42	20.52	2.72	10.25	1.72	3.77	5.49	31.31	23.15
3-4	3.46	3.25	25.50	1.63	12.74	1.03	4.69	5.72	18.04	8.29
2-3	2.45	2.71	24.90	1.36	12.44	0.86	4.58	5.44	15.81	5.80
-2	1.41	7.22	72.71	3.63	36.32	2.29	13.37	15.66	14.64	4.49
Total		199.16	200.20	100.00	100.00	63.20	36.80	100.00		

FX08	
Hydrocyclone	: Mozley 2 inch dia.
Vortex finder (mm)	: 14.30
Spigot (mm)	: 6.50
Pressure drop (psi)	: 36.00
% Solid of feed (w/w)	: 6.00
% Solid of UF (w/w)	: 27.52
% Solid of OF (w/w)	: 2.56
UF flowrate (M ³ /Hr)	: 0.39
OF flowrate (M ³ /Hr)	: 2.87
Dilution ratio of feed	: 15.67
Dilution ratio of UF	: 2.63
Dilution ratio of OF	: 38.05
Rec. of feed liquid to UF	: 10.63
Feed flowrate (M ³ /Hr)	: 3.26

HYDROCYCLONE PERFORMANCE CURVE



รูปที่ ง.1 เส้นโค้งประสิทธิภาพ และการหาขนาด d_{25} , d_{50} และ d_{75} และความเหมาะสมของการตัดขนาด

ง.2 การหาขนาด d_{50} และความหมดจดของการคัดขนาดจากเส้นโค้งประสิทธิภาพ

1. ขนาด d_{50} หาได้โดยการลากเส้นจาก 50 เปอร์เซ็นต์เส้นน้ำหนักรวมที่แก๊วไลต์ของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบบนแกน Y ขนานกับแกน X ตัดเส้นโค้งประสิทธิภาพ จากจุดตัดลากเส้นลงมาตามแนวตั้งตัดแกน X ที่จุดใด ๆ จุดนั้นคือ ขนาด d_{50} ซึ่งเท่ากับ 5.72 ไมครอน สำหรับการทดลองที่ FX08

2. ความหมดจดของการคัดขนาด หาได้จากสมการที่ (3.44) ดังนี้

$$I = \frac{d_{75} - d_{25}}{2d_{50}}$$

เช่นเดียวกัน ขนาด d_{75} และ d_{25} หาได้โดยการลากเส้น 75 และ 25 เปอร์เซ็นต์เส้นน้ำหนักรวมที่แก๊วไลต์ของแร่ป้อนที่อยู่ในส่วนหยาบบนแกน Y ขนานกับแกน X ตัดเส้นโค้งประสิทธิภาพ จากจุดตัดลากเส้นลงมาตามแนวตั้งตัดแกน X ที่จุดใด ๆ จุดนั้นคือ ขนาด d_{75} และ d_{25} ซึ่งเท่ากับ 8.13 และ 4.47 ไมครอน ตามลำดับ

ความหมดจดของการคัดขนาด ของการทดลองที่ FX08 เท่ากับ

$$I = \frac{(8.13 - 4.47)}{2 \times 5.72} = 0.32$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



นายชัยโรจน์ รัตนกวิน เกิดวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2502 ที่อำเภอระแงะ
จังหวัดนราธิวาส สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเหมืองแร่
และโลหะวิทยา ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และโลหะวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2526 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2530
ปัจจุบันรับราชการ ในตำแหน่งวิศวกรเหมืองแร่ ฝ่ายตรวจเหมืองแร่ สำนักงานทรัพยากรธรณี
จังหวัดระนอง อำเภอเมืองระนอง จังหวัดระนอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย