เอกสารอ้างอิง

1. Kamran Majidzadeh and Frederick N. Brovold, " Effect of Water on Bitumen-Aggregate Mixtures, " Highway Research Board, Special Report, No. 98, Washington, D.C., 1968.

2. T. Young, " An Essay on the Cohesion of Fluids, " Philosophical Transactions of the Royal Society, Vol. 95, p. 65, 1805.

3. W.A. Zeisman, " Constitution Effects on Adhesion and Cohesion, " Adhesion and Cohesion, Elsevier Publishing Co., New York, p. 176, 1962.

4. Edmund Thelen, " Surface Energy and Adhesion Properties in Asphalt-Aggregate Systems, " Highway Research Board, Bulletin 192, pp. 63-74, Washington, D.C., 1958.

5. R.N. Wenzel, " Resistance of Solid Surfaces to Wetting by Water, " Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 28, No. 8, p. 988, 1936.

6. E.A. Thomson, " Chemical Aspects of Asphalt Pavement Rejuvenation, " Preceeding of Canadian Technical Asphalt Association, pp. 84-96, 1981.

7. F.C. Gzemski, " Factors Affecting Adhesion of Asphalt to Stone, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 17, p. 74, 1948.

8. J.M. Rice, " Relationship of Aggregate Characteristics to the Effect of Water on Bituminous Paving Mixtures, " American Society for Testing and Materials, STP. 240, p. 17, 1958.

9. J.W. McBain And D.G. Hopkins, " Adhesive and Adhesive Action, " Appendix IV, 2nd Report of the Adhesive Research Committee, Department of Scientific and Industrial Research, London, p. 34, 1926.

10. ScanRoad, " Anti-Stripping Agents for Bituminous Surfacings," Technical Bulletin, No. 1, pp. 1-10, Singapore, 1982.

11. Ralph C.G. Haas, Elaine Thompson, Frank Meyer and G. Robert Tessier, " The Role of additives in Asphalt Paving Technology, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 52, pp. 324-345, AAPT, Michigan, 1983.

12. Joseph A. Divito and Gene R. Morris, " Silane Pretreatment of Mineral Aggregate to Prevent Stripping in Flexible Pavements," Transportation Research Record, No. 845, pp. 104-111, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1982.

13. Andrejs Zvejnieks, " Progress with Adhesion-Improving Bitumen Additive, " Highway Research Board, Bulletin 192, pp. 26-32, Washington, D.C., 1958.

14. A.R. Lee, " Adhesion in Relation to Bituminous Road Materials, " Journal of the Society of Chemical Industry, Vol. 55, pp. 23-9T, 1936.

15. F. Fowkes and W. Harkins, " The State of Monolayers Absorbed at the Interface, Solid-Aqueous Solution, " Journal of the American Chemical Society, Vol. 62, Part II, pp. 3377-86, 1940.

16. A.O. Beckman, R.M. Badger, E.E. Gullekson and D.P. Stevenson, Bituminous Coatings, " Industrial and Engineering Chemistry, (Industrial Edition), Vol. 33, pp. 984-990, 1941.

17. R.N.J. Saal, " Adhesion of Bitumen and Tar to Solid Road Building Materials, " Bitumen, Vol. 3, p. 101, 1933.

18. C.Mack, " Physical Chemistry, " Bituminous Materials: Asphalt, Tars and Pitches, Interscience Publishers, New York, pp. 25-119, 1964.

19. F.J. Nallensteyn and N.M. Roodenburg, "Surface Tension-Temperature Curves of Asphalt Bitumen and Similar Products," Kolloid-Chemisch Berhefte, Vol. 31, pp. 434-446, 1930.

20. C. Mack, " Physicochemical Aspects of Asphalt Pavements:Energy Relations at Interface Between Asphalt and Mineral Aggregate and their Measurements, " Industrial and Engineering Chemistry, Vol.27, pp. 1500-5, 1935.

21. F.E. Bartell and F.L. Miller, " Degree of Wetting of Silica by Crude Petroleum Oils, " Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 20, pp. 738-742, 1928.

22. R.N. Traxler and C.U. Pittman, "Interfacial Tension Between Asphaltic Materials and Various Aqueous Solution, " Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 24, p. 1003, 1932.

23. R.I. Hughes, D.R. Lamb and O. Pordes, " Adhesion in Bitumen Macadam, "Journal of Applied Chemistry, Vol. 10, p. 433, England, 1960.

24. F.C. Brown and R.A. Kuntze, " A Study of Stripping in Asphalt Pavement, " Department of Transportation and Communication, RR. 177, Ontario, 1972.

25. P.J.F. Wright, " A Method of Measuring the Surface Texture of Aggregate, " Magazine of Concrete Research, Vol. 7,No. 21, p. 151, England, Nov. 1955.

26. J.C. Petersen, H. Plancher, E.K. Ensley, R.L. Venable and G. Miyake, " Chemistry of Asphalt-Aggregate Interaction: Relationship with Pavement Moisture-Damage Prediction Test, " Transportation Research Record, No. 843, pp. 95-104, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1982.

27. พงษ์ศักดิ์ อโณทัยไพบูลย์, "การเปรียบเทียบการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์ที่เคลือบบนผิวของกรวดดินเผากับหินปูน, " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

28. Thomas W. Kennedy, " Characterization of Asphalt Pavement Materials using the Indirect Tensile Test, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 46, pp. 132-150, AAPT, Michigan, 1977.

29. Miller C. Ford, Jr., Phillip G. Manke, and Charles E. O'Bannon, " Quantitative Evaluation of Stripping by the surface Reaction Test, " Transportation Research Record, No.515, pp. 40-54, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1974.

30. ASTM, 1986 Annual Book of ASTM Standards (American Society for testing and Materials), Section 4 Volume 04.03 (Road and Paving Materials; Traveled Surface Characteristics), 890, ASTM, 1916 Race Street/Philandelphia, PA 19103, I, 1986.

31. David G. Tunnicliff and Richard E. Root, " Use of Antistripping Additives in Asphaltic Concrete Mixture, " National Cooporative Highway Research Program Report 274, Transportation Research Board, National Research Council Washington, D.C., December 1984.

32. H.Y. Fang and W.F. Chen, " New Method for Determination of Tensile Strength of Soils, " Highway Research Record 345, pp. 62-68, Highway Research Board, Washington, D.C., 1971.

33. R.A. Jimenez, " Testing for Debonding of Asphalt from Aggregates, " Transportation Research Record, No. 515, pp. 1-17, Transportation Research Board, Washington D.C., 1974.

34. Robert P. Lottman, " The Moisture Mechanism that Causes Asphalt Stripping in Asphaltic Pavement Mixtures, " Final Report, Research Project R-47, Department of Civil Engineering, University of Idaho Moscow, February 1971.

35. J.J. Breen and J.E. Stephens, " Split Cylinder Test Applied to Bituminous Mixtures, " Journal of Materials, American Society for Testing and Materials, Vol. 1, No. 1, 1966.

36. D.W. Gilmore, R.P. Lottman and J.A. Scherocman, " Use of Indirect Tension Measurements to Examine the Effect of Additives on Asphalt Concrete Durability, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol 53, pp. 495-524, AAPT, Michigan, 1984.

37. Robert P. Lottman, " Predicting Moisture-Induced Damage to Asphaltic Concrete, " National Cooperative Highway Research Report 192, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1978.

38. R.J. Schmidt, " A Practical Method of Measuring The Resilient Modulus of Asphalt Treated Mixes, " Highway Research Record No. 404, pp. 22-32, Highway Research Board, Washington D.C., 1972.

39. R.J. Schmidt and P.E. Graf, " The Effect of Water on the Resilient Modulus of Asphalt Treated Mixes, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 41, pp. 118-162, AAPT, Michigan, 1972.

40. B.P. Porter and T.W. Kennedy, " Comparison of Fatigue Test for Asphalt Materials, " Center for Highway Research, University of Taxas at Austin, Research Report 183-3, 1975.

41. H.W. Busching, S.N. Amirkhanian, J.L. Burati, J.M. Alewine and M.O. Fletcher, " Effects of Selected Asphalts and Antistrip Additives on Tensile Strength of Laboratory-Compacted Marshall Specimens-A Moisture Susceptibility Study, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 55, pp. 120-148, AAPT, 1986.

42. Simon Nesichi and Ilan Ishai, " A Modified Method for Predicting Reduced Asphaltic Pavement Life from Moisture Damage," Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 55, pp. 149-174, AAPT, Michigan, 1986.

43. Robert P. Lottman, " Predicting Moisture-Induced Damage to Asphaltic Concrete Field Evaluation, " National Cooperative Highway Research Report 246, Transportation Research Board, Washingtion, D.C., 1982.

44. H. Takeshita, " Consideration on the Structural Number, " Proceeding of the 2nd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, pp. 407 -412, 1967.

45. G.L. Monismith, " Rutting Prediction in Asphalt Concrete Pavements, " Transportation Research Board, Transportation Research Record No. 616, pp. 2-8, TRB, Wachington, D.C., 1976.

46. H.J. Fromm, " The Mechanisms of Asphalt Stripping from Aggregate Surfaces, " Proceeding of The Association of Ashpalt Paving Technologist, Vol 43, pp. 191-223, AAPT, Michigan, 1974.

47. K.H. Altgelt and O.L. Harle, " The Effect of Asphaltenes on Asphalt Viscosity, " Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 14, p. 240, 1975.

48. J.N. Dybalski, " Chemically Treated Asphalt-What it can do for You, " Highway Chemical Newsletter, ARMAC, Highway Chemicals Department, Chicago, 1979.

49. J.G. Chehovits and D.A. Anderson, " Upgrading of Marginal Aggregate for Improved Water Resistance of Asphalt Concrete, " Transportation Research Record, No. 762, Transportation Reserach Board, Washington, D.C., 1981.

50. David A. Anderson, Ervin L. Dukatz and J. Claine Petersen, " The Effect of Antistrip Additives on the Properties of Asphalt Cement, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 51, pp. 298-316, AAPT, Michigan, 1982.

51. Donald W. Christensen and David A. Anderson, " Effect of Amine Additives on the Properties of Asphalt Cement, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 54, pp. 593-618, AAPT, Michigan, 1985.

52. B.B.H. Welch and Max. L. Wiley, " Effect of Hydrated Lime on Asphalt and Aggregate Mixtures, " Transporation Research Record, No.659, pp. 44-45, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1977.

53. J.A. Scherocman, K.A. Mosch and J.J. Proctor, " Effect of Multiple Freeze-Thaw Cycle Conditioning on the Moisture Damage in Asphalt Concrete Mixtures, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 55, pp. 213-236, AAPT, Michigan, 1986.

54. R.S. Dalter and D.W. Gilmore, " Comparison of Effects of Water on Bonding Strengths of Compacted Mixtures of Treated Versus Untreated Asphalt, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 51, pp. 317-326, AAPT, Michigan, 1982.

55. F.C. Sanderson, " Methychlorosilanes as Antistrippping Agent, " Proceeding 31st Meeting, Highway Research Board, Vol. 31 pp. 288-300, 1952.

56. B.M. Gallaway and George R. Vavra, " The Effect of Silicone on the Ravelling Characteristics of Hot Mix Asphalt Paving Mixtures," Proceeding of the Association of Asphatt Paving Technologist, Vol. 37, p. 422, AAPT, Michigan, 1968.

57. H.R. Guirguis, O.E.K. Daoud and S.K. Hamdani, " Asphalt Concrete Mixtures made with Cement-Coated Aggregates, " Transportation Research Record, No. 843, pp. 80-85, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1982.

58. กองวิเคราะห์และวิจัย, " วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้างเล่มที่ 1, " กองวิเคราะห์และวิจัย, กรมทางหลวง, 2529.

59. ——, " วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้างเล่มที่ 2, " กองวิเคราะห์และวิจัย, กรมทางหลวง, 2519.

60. ——, " วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้างเล่มที่ 3, " กองวิเคราะห์และวิจัย, กรมทางหลวง, 2524.

61. ASTM, 1986 Annual Book of ASTM Standards (American Society for Testing and Materials), Section 4 Volume 04.04 (Roofing, Waterproofing and Bituminous materials), 514, ASTM, 1916 Race Street/Philadelphia, PA 19103, I, 1986.

62. AASHTO, Standard Specifications for Transportation Materials and Method of Sampling and Testing (American Association of State Highway and Transporation Officials), Part II Method of Sampling and Testing, AASHTO, 444 North Capital St., N.W., Suite 225, Washington, D.C. 20001, IV, 1982.

63. ศักดา ปุณยานันท์, " Chip Seal, " วารสารทางหลวง ปีที่ 21 (9), 2527.

64. The Asphalt Institute, " Mix Design Method for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix types, " Manual Series No. 2 (MS-2), 3rd, College Park, Maryland, 1969.

65. J.N. Dybalski," Cationic Surfactants in Ashpalt Adhesion, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol 51, pp. 293-297, AAPT, Michigan, 1982.

66. พิภัณฑ์ คูหิรัญ, " Anti Stripping Agents or Adhesion Promoting Agents, " วารสารทางหลวง ปีที่ 21 (11), 2527.

67. กรมทางหลวงแผ่นดิน, " รายละเอียดควบคุมการก่อสร้างทางหลวง, " กรมทางหลวง, 2513.

68. กองบำรุง กรมทางหลวง, " การใช้แอสฟัลต์ในการบำรุงทางผิวแอสฟัลต์และผิวคอนกรีต, " เอกสารวิชาการหมายเลข 003 กองบำรุง, กรมทางหลวง, 2514.

69. ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์, " การวิเคราะห์พฤติกรรมการเกาะยึดระหว่างยางแอสฟัลต์กับหิน โดยอาศัยทฤษฎี Colloid Chemistry และ Surface Chemistry, " วารสารทางหลวง ปีที่ 20 (6-9), 2526.

70. F.C. Gzemski, D.W. McGlashan and W.M.L. Dolch of Committee MC-A6, " Thermodynamic Aspects of the Stripping Problem, " Highway Research Circular No. 78, HRB, Washington, D.C., March, 1968.

71. Gordon L. Nelson, Charles E. Hoyle and Robson F. Storey, " The Chemistry of Zircoaluminate Coupling Agents and their Application in High Solids Coatings, " Proceedings of the Thirteenth Water-Borne and Higher-Solids Coatings Symposium (Lawrence B. Cohen), pp. 1-21, Cavedon Chemical Co., Inc., Woonsocket, Rhode Island 02895, February 5-7, 1986.

72. G.W. Maupin, JR., " The Use of Antistripping Additives in Virginia, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol 51, pp. 342-362, AAPT, Michigan, 1982.

73. Ilan. Ishai and Joseph Cravs, " Effect of the Filler on Aggregate-Bitumen Adhesion Properties in Bituminous Mixtures," Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol 46, pp. 228-258, AAPT, Michigan,1977.

74. J.A.N. Scott, " Adhesion and Disbonding Mechanisms of Asphalt used in Highway Construction and Maintenance, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol 47, pp. 19-48, AAPT, Michigan, 1978.

75. J.H. Denning and J. Carwell, " Improvements in Rolled Asphalt Surfacings by the Addition of Organic Polymers," TRRL Laboratory Report, No. 989, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berleshire, 1981.

76. Joseph Hope Keyser and Byron E. Ruth, " Comparison of the Sensitivity of Asphalt Concrete Mixture Strength Tests of Changes in Asphalt Binder Properties, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol 53, pp. 583-617, AAPT, Michigan, 1984.

77. Joe W. Button, Jon A. Epps, Dallas N. Little and Bob M. Gallaway, " Asphalt Temperature Susceptibility and its Effect on Pavements, " Transportation Research No. 843, pp. 118-126, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1982.

78. Rudolf A. Jimenez and Bob M. Gallaway, " An Investigation of the Effects of a Pine Tar Extract on the Physical and Chemical Properties of Paving Grade Asphalt, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 27, pp. 290-315, AAPT, Michigan, 1958.

79.Robert P. Lottman, " Laboratory test Method for Predicting Moisture Induced Damage to Asphalt Concrete, " Transportation Research Record, No. 843, pp. 88-95, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1982.

80. Robert P. Lottman, R.P. Chen, K.S. Kumar and L.W. Wolf, " A Laboratory Test System for Prediction of Asphalt Concrete Moisture Damage, " Transportation Research Record, No. 515, pp. 18-26, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1974.

81. R.W. Smith and W.H. Gotalski, " A Study of Physical Factors Affecting the Durability of Asphaltic Pavements, " Special Report No. 3, Department of Civil Engineering, Pensylvania State University, 1969.

82. T.W. Kennedy, F.L. Roberts and K.W. Lee, " Evaluating Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures using the Texas Boiling Test, " Transportation Research Record, No. 968, pp. 45-54, Transportation Research Board, Wachington, D.C., 1984.

83. Willis G. Craig, " Variables of the Static Asphalt Stripping Test, " Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 27, p. 519, AAPT, Michigan, 1958.

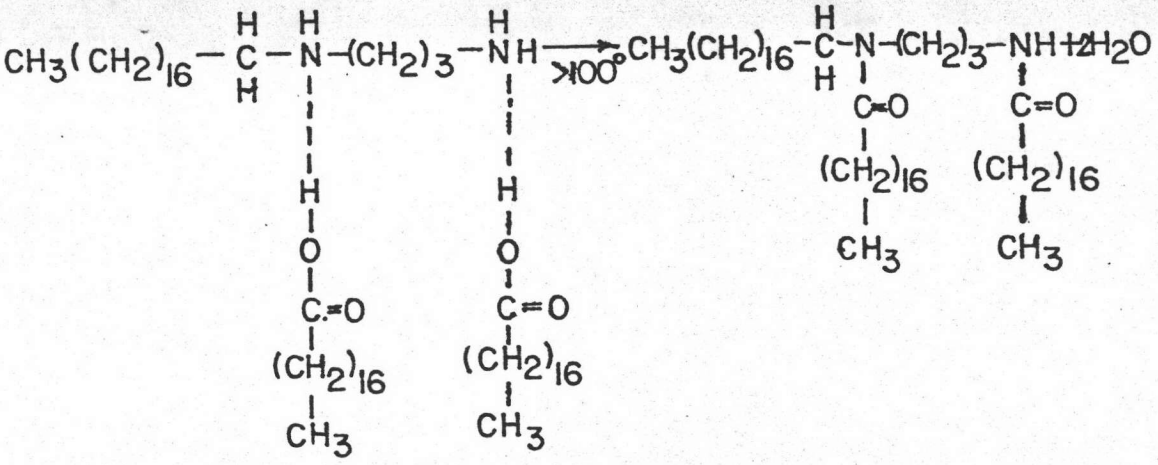
ภาคผนวก

ส่วนประกอบ และหน้าที่ สารผสมด้านการหลุดลอกบางชนิด

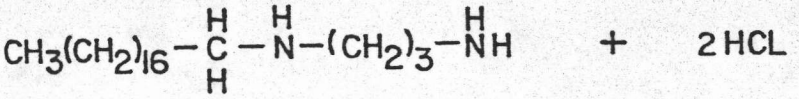
ภาคผนวก ก

Cationic Surfactants

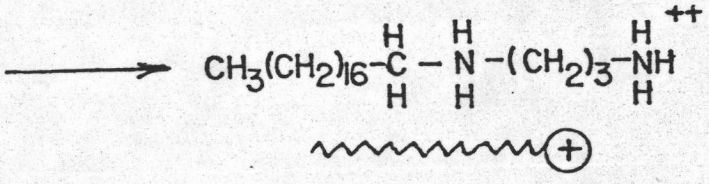
Dybalski (48) สรุปไว้ว่ามีการใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่มากกว่า 60 ปี ให้ดูดซึม โดยผิวแร่ในกระบวนการแยกแร่ให้ลอยตัวและอุตสาหกรรมการทำน้ำสะอาด โดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้าให้ดูดซึม Cationic โดยวัสดุแขวนลอยในกระบวนการกรองน้ำเพื่อทำน้ำให้บริสุทธิ์ เกณฑ์ในการเลือกชนิดของ Surfactants ดูจากความสัมพันธ์ของประจุลบที่ผิวมวลรวมและพื้นที่ผิว และหาประจุบวกที่จะเพิ่มของ Cationic Surfactants ปฏิกิริยาหลักของ Surfactants ที่รวมตัวกับมวลรวม คือการดูดซึมชั้วประจุที่ผิว และ Cationic Surfactants จะแทนที่ความชื้นบนผิวมวลรวม ทำให้ผิวมวลรวมดูดซึมน้ำได้ยากและดูดซึมน้ำมันได้ง่าย ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับการรวมตัวของสารเคมีที่ใช้ ประสิทธิภาพการรวมตัวและความแข็งแรงของการดูดซึม ลักษณะโครงสร้างทางเคมี ในรูปที่ ก.1 เป็นตัวอย่างสารผสม Cationic Surfactants ที่มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิ เมื่อปฏิกิริยา Amino Hydrogen ยังมี เกลือของ Fatty Diamine และ Amino Diamine จะอ่อนไหวต่ออุณหภูมิที่มากกว่า 100 °C อยู่ในรูปของ Fatty Amide ปฏิกิริยาของ Amino Hydrogens ถูกแทนที่ด้วยสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับ Alkyle Radicals ทำให้เพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนแก่สารผสม การปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างผิวแอสฟัลต์และมวลรวมอาจใช้สารผสมในสารละลายหรือน้ำ เคลือบบนผิวมวลรวมทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงก่อนเข้าเตาเผาในกระบวนการผสม ตัวอย่างสารผสมช่วยการเกาะยึดดูในรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.1 ความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิ ของ Fatty Diamine



Fatty Diamine



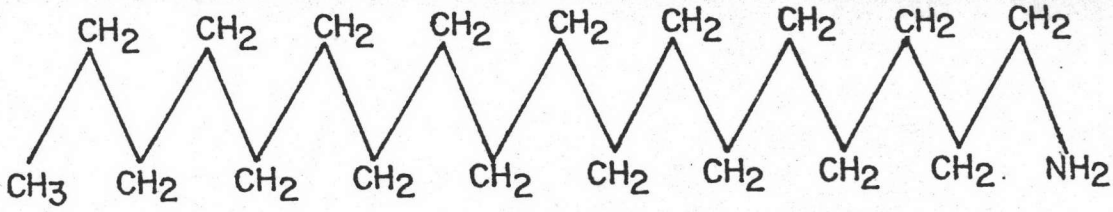
รูปที่ ก.2 Fatty Diamine Dihydrochloride Salt (ละลายน้ำได้)

ภาคผนวก ข

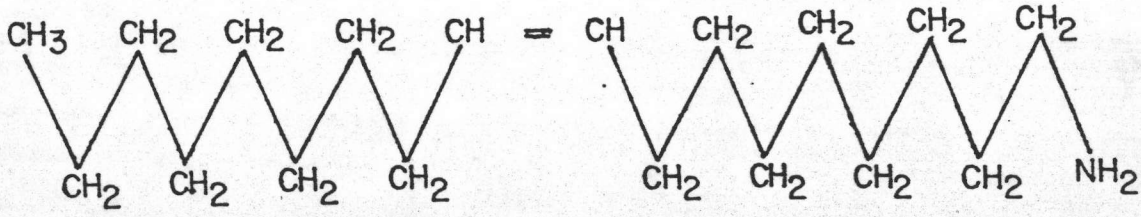
Fatty Amines [10]

Amines มีลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนยาว ซึ่งเหมาะที่สุดที่จะเป็นสารผสมต้านการหลุดลอกสำหรับแอสฟัลต์ เรียกว่า Fatty Amines ผลิตจากกรดไขมัน (Fatty Acid) กลุ่มอะมีน (Amine Group) คือ NH_2 ที่มีลูกโซ่ไขมันไฮโดรคาร์บอนที่ยาว ดูรูปที่ ข.1 ปกติเขียนเป็นสูตร $R - NH_2$ เมื่อ R แสดงลูกโซ่ของไฮโดรคาร์บอนเป็นไขมันธรรมชาติจะประกอบด้วยกรดไขมันมีคาร์บอน 8-22 อะตอมที่ใช้หาความยาวลูกโซ่ของ Fatty Amines อะมีนจะแตกตัวในน้ำหรือกรดได้ Amine Ion $R-NH_3^+$ ซึ่งเป็นประจุบวก อิออนประจุบวก เรียกว่า Cations ดังนั้น Fatty Amines จึงเป็น Cation Active (Cationic) คุณสมบัติทางกายภาพของ Fatty Amines ขึ้นอยู่กับความยาวและธรรมชาติของลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอน ลูกโซ่ที่สั้นกว่าจะให้ค่าจุดหลอมละลายต่ำกว่า ลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวจะให้ค่าจุดหลอมละลายต่ำกว่าไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เช่น Oleylamine เป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 25 °C ดูรูปที่ ข.2 ขณะที่ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวมีจุดหลอมละลายที่ 50 °C คุณสมบัติทางเคมีของ Fatty Amines สามารถแปรเปลี่ยนโดยเปลี่ยนจำนวนของกลุ่มอะมีนและตำแหน่งโมเลกุล ได้แก่ Stearyl Diamine จะประกอบด้วยกลุ่ม Primary และ Secondary Amines ดูรูปที่ ข.3 ความสมดุลย์ระหว่างความยาวลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนและจำนวนกลุ่ม Amine มีผลมากเกี่ยวกับกำลังการเกาะยึด ลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนสั้นสามารถละลายในแอสฟัลต์ได้น้อยกว่าลูกโซ่ที่ยาวกว่า และแรงยึดเกาะกับแอสฟัลต์อ่อนกว่า พฤติกรรมสูงสุด ได้แก่ อะมีน ที่มีลูกโซ่คาร์บอน 14-18 อะตอม กลุ่มอะมีน 1 หรือ 2 กลุ่ม ซึ่งจะมีกลุ่มหนึ่งที่เป็น Primary Amine Group

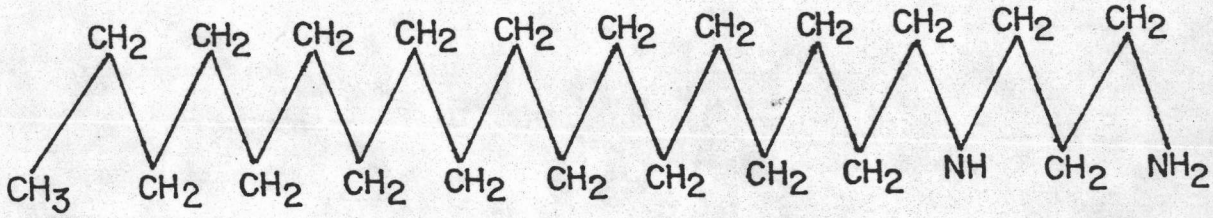
ข.1 <u>การผลิต Fatty Amines และ Diamines</u> Fatty Amines มาจากกรดไขมันซึ่งสกัดจากไขวัว หรือ พืช กรดดังกล่าวจะใช้กรดแอมโมเนียกัดที่ 300 °C ช่วยให้การผลิตในครั้งแรกได้อะไมด์ (Amide) ต่อมาได้ Nitrile ตามรูปที่ ข.4 Nitrile จะเปลี่ยนเป็นอะมีนโดยใช้ไฮโดรเจนช่วยในเครื่องอัดความดันสูง ดูรูปที่ ข.5 Diamines ผลิตโดยปฏิกิริยาครั้งแรกของ Primary Amines และ Acrylonitrile แล้วใช้ไฮโดรเจนช่วยก่อเป็นรูป Aminonitrile ดูรูปที่ ข.6



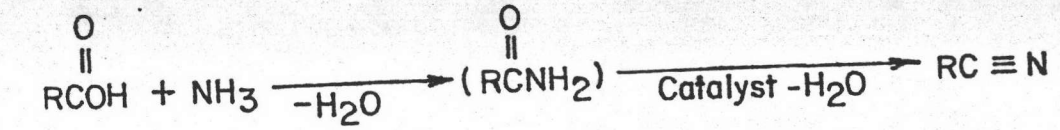
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างอะมีนอิ่มตัว Octadecylamine



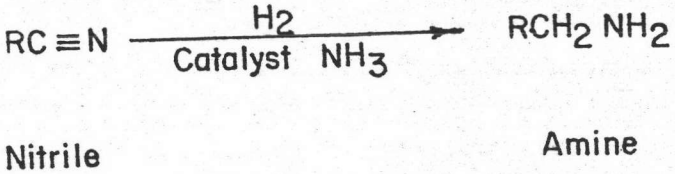
รูปที่ ข.2 ตัวอย่าง อะมีนไม่อิ่มตัว Oleylamine



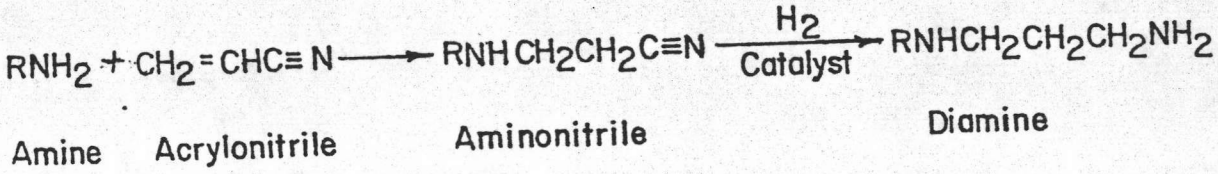
รูปที่ ข.3 Stearyl Diamine with Primary and Secondary Amine Group



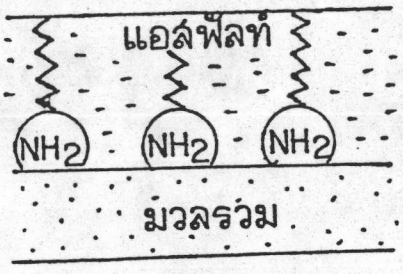
รูปที่ ข.4 ปฏิกิริยาเคมีได้ Nitrile



รูปที่ ข.5 ปฏิกิริยาเคมีได้ Amine



รูปที่ ข.6 ปฏิกิริยาเคมีได้ Diamine



รูปที่ ข.7 หน้าที่ของ Fatty Amine

ข.2 <u>หน้าที่ของ Amines เป็นสารผสมต้านการหลุดลอก</u> ปริมาณเพียงเล็กน้อยของ Fatty Amines ที่ผสมในแอสฟัลต์ จะทำให้แอสฟัลต์เคลือบจับมวลรวม Hydrophilic ชื้นได้ โดยสารผสมไปเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวมวลรวม ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญสำหรับการปรับปรุงการเกาะยึด Fatty Amines ให้ความแข็งแรงในการยึดเกาะทางเคมีถาวรกับซิลิก้า แรงยึดเกาะนี้ยังสามารถต้านทานการกระทำของน้ำ ซึ่งให้การปรับปรุงที่สำคัญ ในการเกาะยึดระหว่างแอสฟัลต์กับมวลรวมด้าน Passive และ Active Adhesion อะมีนประกอบด้วยลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนและ Amine Group ที่ยาว Amine Group ทำปฏิกิริยากับผิวมวลรวมและส่วนของไฮโดรคาร์บอนของแอสฟัลต์ ซึ่งเป็น Hydrophobic ผลทำให้ลูกโซ่ที่ยาวของไฮโดรคาร์บอนเป็นสะพานระหว่างมวลรวม Hydrophilic และแอสฟัลต์ที่เป็น Hydrophobic เกิดแรงยึดเกาะที่แข็งแรงขึ้น ดูรูปที่ ข.7

ข.3 <u>ความแตกต่างทางพฤติกรรมของ Monoamine และ Diamine</u> Monoamine ให้ผลการเกาะยึดเท่ากับการใช้ Diamine พฤติกรรมของทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกันน้อยมาก เมื่อใช้กับส่วนผสมเย็นด้วยดัทแบคแอสฟัลต์ มวลรวมเปียก สีของส่วนผสมจะดำเมื่อใช้ Monoamine แต่เมื่อใช้ Diamine สีจะเป็นน้ำตาลเข้ม ซึ่งเกี่ยวกับ Emulsification ของแอสฟัลต์ แต่ไม่มีผลต่อการใช้งาน เมื่อใช้ Diamine ส่วนละเอียดของมวลรวมจะเคลือบด้วยแอลฟัลต์ได้ดีกว่ามวลรวมหยาบ เนื่องจากกำลังปฏิกิริยากับผิวของ Diamine แข็งแรงทำให้ส่วนผสมละเอียดมีความสามารถ ปรับปรุงการเกาะยึดกับมวลรวมหยาบได้

ข.4 <u>สารผสมต้านการหลุดลอกแบบแข็งและเหลว</u> Amines ที่มาจากกรดไขมันที่มีความยาวลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอนเท่ากันจะเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวที่อุณหภูมิหนึ่ง ความแตกต่างทางกายภาพนี้ไม่มีผลต่อกำลังการเกาะยึดจึงสามารถใช้ทดแทนกันได้ที่ปริมาณเท่า ๆ กัน ในการใช้งานสารผสมต้านการหลุดลอกแบบเหลวมักใช้เมื่อแอสฟัลต์ใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมละลายของสารเกาะยึดแบบแข็งประมาณ 50 °C และใช้เมื่อระบบดูดอัตโนมัตินำมาใช้ ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้แรงงานในการผสม สารผสมแบบแข็งจะสะดวกและปลอดภัยในการขนย้ายใช้งาน

ช.5 สารผสมต้านการหลุดลอก ที่มีเสถียรภาพทางความร้อน แอสฟัลต์ประกอบด้วยส่วนประกอบของกรดแตกต่างกัน ซึ่งทำปฏิกิริยากับ Fatty Amines อย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C แต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนถึงขั้นที่ไม่มีการปรับปรุงการเกาะยึด ปฏิกิริยาเริ่มแรกระหว่าง Fatty Amines และแอสฟัลต์ในรูปของเกลือ ซึ่งยังคงมีสภาพเป็นสารผสมต้านการหลุดลอก ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ การเก็บไว้ในระยะยาวจะเกิดปฏิกิริยาเป็นส่วนประกอบเฉื่อย ไม่แสดงคุณสมบัติการเกาะยึด ที่ 120 °C 50 % ของ Amines ที่เพิ่มไม่มีปฏิกิริยาใน 24 ชั่วโมง และที่ 180 °C Amines ทั้งหมดจะเก็บไว้ได้ไม่ถึงชั่วโมงก่อนจะสูญเสียคุณสมบัติ ขีดจำกัดกระบวนการใช้ Fatty Amines ข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญ ตัว Amines สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิปกติโดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพ ระหว่างการผลิตส่วนผสมในโรงงานผสม อุณหภูมิของแอสฟัลต์แปรเปลี่ยนระหว่าง 140 - 180 °C ขึ้นอยู่กับชนิดของแอสฟัลต์ สารผสมต้านการหลุดลอกปกติจะผสมลงในถังแอสฟัลต์และเก็บไว้ได้หลายวัน แต่ถ้าอุณหภูมิของแอสฟัลต์สูงขึ้นการเก็บสารต้านการหลุดลอกรวมกันจะไม่เหมาะสม มีการพัฒนาสารผสมต้านการหลุดลอกชนิด Fatty Amines เพื่อให้รักษาคุณสมบัติการเกาะยึดแม้ว่าจะเก็บไว้ในแอสฟัลต์ร้อนนาน

ช.6 ปริมาณใช้ (Dosage) ทั้งแอสฟัลต์และมวลรวม ล้วนมีผลต่อปริมาณสารผสมต้านการหลุดลอก ปกติการทดลองในห้องปฏิบัติการจะหาปริมาณที่เหมาะสม Monoamine และ Diamine แตกต่างกันในประสิทธิภาพ ตารางที่ ช.1 แสดงช่วงปริมาณของ Fatty Amines ที่จะเกิด Active หรือ Passive Adhesion คัทแบคอาจต้องใช้ปริมาณที่สูงกว่า ซึ่งเกี่ยวกับความหนืดที่ต่ำกว่ามาก สารผสมต้านการหลุดลอกที่มีเสถียรภาพทางความร้อนระบุให้ใช้กับส่วนผสมร้อน

ช.7 พฤติกรรมระยะยาวของสารผสมต้านการหลุดลอกในงานผิวทาง เหตุผลสำหรับการใช้สารผสมต้านการหลุดลอกในงานผิวทาง เพื่อให้เกิดแรงยึดเกาะที่ดีทันทีระหว่างแอสฟัลต์กับมวลรวม แม้ว่าหินจะเปียกในระหว่างก่อสร้าง ประโยชน์ของสารผสมไม่ได้ถูกจำกัดเฉพาะช่วงก่อสร้างเท่านั้น แต่จะมีคุณสมบัติต่อเนื่องในการป้องกันการหลุดลอกในระยะยาวตลอดอายุของผิวทาง โดยเฉพาะเมื่อใช้ Fatty Amines ซึ่งมีผลดีในระยะยาวในการเกาะยึดสูงระหว่าง Amine Group กับมวลรวมและไม่ละลายในน้ำ หรือถูกชะล้าง แม้จะเกิดน้ำท่วมถนนบ่อยครั้ง

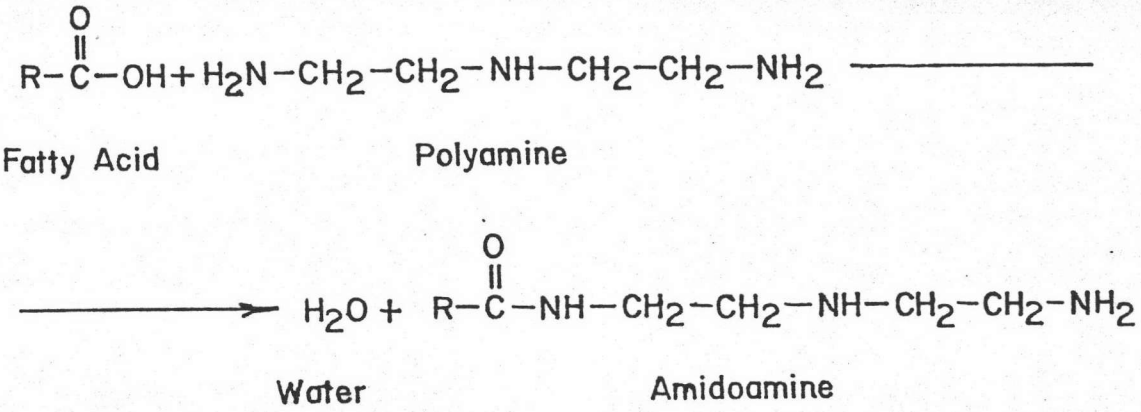
ตารางที่ ช.1 ปริมาณการใช้อะมีนเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแอสฟัลต์

	Monoamine	Diamine
Active Adhesion	1.0 - 1.5	0.6 - 1.0
Passive Adhesion	0.4 - 1.0	0.2 - 0.6

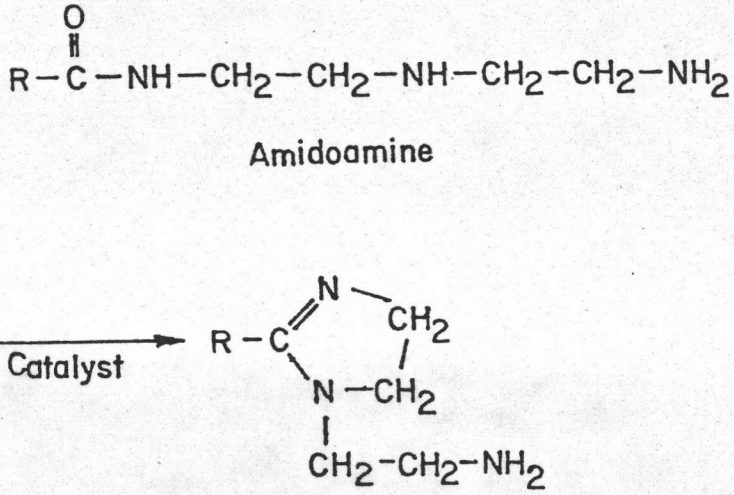
ภาคผนวก ค

Amidoamines and Imidazolines [10]

วัสดุสำหรับผลิต Amidoamines และ Imidazolines เป็น Fatty Amines มีลูกโซ่ Polyamine สั้น กระบวนการผลิตง่ายที่ประกอบด้วยการผสมและให้ความร้อนที่ 100 °C ได้ปฏิกิริยาดังรูปที่ ค.1 เป็นการยากที่จะได้ 100 % Amidoamines และผลผลิตสุดท้ายจะประกอบด้วยวัตถุดิบที่ไม่ทำปฏิกิริยา การให้ความร้อนเป็นเครื่องช่วยให้เกิด Imidazolines ดูรูปที่ ค.2 กรดไขมันจากทะเลที่ไม่อิ่มตัวใช้เป็นวัตถุดิบได้ดีเพราะทำให้ผลผลิตเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่า แต่กรดเหล่านี้ไวต่อการทำปฏิกิริยากับ O_2 ซึ่งจะทำให้ผลผลิตกลายเป็นของแข็งขณะเก็บรักษาไว้ Amidoamines มีเสถียรภาพทางความร้อนมากกว่า Fatty Amines แต่ Fatty Amines สามารถปรับปรุงให้มีเสถียรภาพทางความร้อนที่ให้ผลในการเกาะยึดเท่ากัน สำหรับ Amidoamines และ Imidazolines สูงกว่า Fatty Amines 50 % เพื่อที่จะเกิด Active Adhesion ปริมาณ Amidoamines และ Imidazolines จะสูงมากแต่ผลไม่แน่นอนนัก ข้อเสียเปรียบเมื่อใช้ปริมาณสูงต้องเสี่ยงกับการเกิด Emulsification และการอ่อนตัวของแอสฟัลต์ Amidoamines และ Imidazolines บางส่วนจะแตกตัวในน้ำ Imidazolines จะเปลี่ยนรูปเป็น Amidoamines และ Amidoamines จะแตกตัวในน้ำเป็น Polyamine และกรดไขมัน สำหรับ Polyamine ไม่มีประสิทธิภาพเป็นสารผสมต้านการหลุดลอก ผลในระยะยาวของ Amidoamines และ Imidazolines อาจมีขีดจำกัดที่ละลายน้ำมากกว่า Fatty Amines ให้การเสี่ยงต่อการถูกชะล้างโดยน้ำ



รูปที่ ค.1 ปฏิกิริยาเคมีในการผลิต Amidoamine
R เป็นลูกโซ่ไฮโดรคาร์บอน มีคาร์บอน
15–21 อะตอม



รูปที่ ค.2 ปฏิกิริยาเคมีในการผลิต Imidazoline

ภาคผนวก ง

Emulsifying Agents [66]

มี 2 ประเภท คือ Anionic และ Cationic Emulsifying Agents

ง.1 Cationic Emulsifying Agents โดยทั่วไปเป็นพวก Fatty Nitrogen Compounds แบ่งเป็นหลายชนิด ได้แก่ Fatty Amine, Diamine, Fatty Quarternary Ammonium Salts , Ethoxylated Amines

Emulsifier Solution เตรียมได้โดยการละลาย Amines, Diamine หรือ Alkoxylated Amines ใน Hydrochloric Acid หรือ Acetic Acid ประกอบกับการควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยระมัดระวัง จะได้ Amine Salts ตามตัวอย่างดังนี้

$$R - NH_2 + HCL \longrightarrow RNH_3^+ + CL^-$$

(Amine) — Amine Hydrochloride

ง.2 Anionic Emulsifying Agents ทำได้โดยนำ Fatty Acids มารวมตัวกับ Sodium Hydroxide เป็น Soap Emulsifier ซึ่งจะมี Sodium Hydroxide เกินพอจะไปทำให้กรดธรรมชาติที่มีในแอสฟัลต์ (เช่น Napthenic Acid) เป็นกลาง ตัวอย่างเช่น

$$RCOOH + NaOH \longrightarrow RCOO^- + Na^+ + H_2O$$

(Fatty Acid) — Fatty Acid Soap

ซึ่ง $R\text{-}COO^-$ เป็นส่วนที่เป็น Surface Active

ภาคผนวก จ

การใช้สารผสมต้านการหลุดลอก [10]

จ.1 <u>ส่วนผสมร้อน</u> การหลุดลอกในผิวทางผสมร้อนเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากค่าใช้จ่ายสูงเมื่อผิวทางเกิดการชำรุด การใช้สารผสมต้านการหลุดลอก เพื่อยืดอายุของผิวทาง และเพิ่มค่าใช้จ่ายอีกเล็กน้อยในระยะแรก ในโรงงานผสม มวลรวมจะแห้งและถูกให้ความร้อนก่อนผสมกับแอสฟัลต์ ที่ 140 - 180 °C ขึ้นอยู่กับชนิดของแอสฟัลต์ Fatty Amines ละลายได้ง่ายในการผสมแอสฟัลต์ที่ 100 -180 °C มี 2 วิธีที่จะผสมสารผสม วิธีแรกผสมตามปริมาณที่คำนวณลงในถังแอสฟัลต์ และกวน 15 - 30 นาที ให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน กรณีนี้ควรใช้สารผสมที่มีเสถียรภาพทางความร้อน จะเก็บไว้ในแอสฟัลต์ที่ร้อนได้นาน โดยไม่เสียประสิทธิภาพ วิธีที่สอง สารผสมต้านการหลุดลอกจะถูกสูบเข้าไปในท่อแอสฟัลต์ตามปริมาณที่ต้องการ ก่อนที่จะลาดบนมวลรวมในเครื่องผสม ระบบนี้ไม่ต้องใช้เวลาในการผสมกับแอสฟัลต์ก่อน

ปริมาณของสารต้านการหลุดลอกที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิด ความหนืดของแอสฟัลต์ ชนิดและขนาดคละของมวลรวม เมื่อแอสฟัลต์มีความหนืดสูงถูกใช้กับมวลรวมที่มีขนาดคละแน่น ปริมาณของสารผสมสามารถลดลงได้ ในขบวนการผสมโดย Drum มวลรวมและแอสฟัลต์ผสมในเตาเผา บางครั้งความชื้นในมวลรวมจะยังคงเหลืออยู่หลังจากผสม อาจต้องใช้สารผสมช่วยให้การเกาะยึดดียิ่งขึ้นมีการใช้ส่วนผสมร้อนที่ใช้แล้วหมุนเวียนใหม่มากในสหรัฐ พบว่ามีการหลุดลอก จึงมีความต้องการในการใช้ สารผสมต้านการหลุดลอก

เพื่อป้องกันผิวที่เรียบเกินไป และปรับปรุงความฝืดของผิวทาง จึงมีการใช้ส่วนผสมร้อนแบบ Open Graded เป็นผิวทาง และยังช่วยลดเสียงของการจราจร ในส่วนผสมที่มีช่องว่างสูงนี้ น้ำอาจจะผ่านเข้าออกช่องว่างได้ จึงจำเป็นต้องใช้สารผสมต้านการหลุดลอกช่วยการใช้ Chip Seal บนผิวแอสฟัลต์คอนกรีตช่วยเพิ่มความฝืด และการสึกหรอของผิว จำเป็นต้องใช้สารผสมต้านการหลุดลอกเคลือบมวลรวมก่อน

จ.2 <u>วัสดุผสมเย็น</u> Fatty Amines ช่วยให้คัทแบคลาดไปบนหินเปียกได้ โดยไม่ต้องทำให้มวลรวมแห้งก่อน ในวัสดุผสมเย็นที่ผสมด้วย Cationic Emulsions ตัวสารผสมต้านการหลุดลอก จะเป็น Emulsifiers ที่มาจาก Fatty Amines วัสดุผสมเย็นสามารถผลิตในโรงผสมด้วยการออกแบบอย่างง่าย ๆ ในพื้นที่ทุรกันดารโดยใช้มวลรวมท้องถิ่น ส่วนผสมเย็นด้วยคัทแบค หรือ อีมิลชั่น ถูกใช้มานานเป็นงานซ่อมผิว ไหล่ทาง และที่จอดรถ แต่ปัจจุบันเริ่มใช้ในช่องทางจราจร Fatty Amines ช่วยให้ส่วนผสมเย็นยึดกับชั้นล่าง ข้อได้เปรียบที่สำคัญมากประการหนึ่งของส่วนผสมเย็น คือ ลดการสิ้นเปลืองพลังงานในการผสม เพราะใช้อุณหภูมิต่ำ และใช้กับวัสดุไม่แห้งก็ได้ ประเทศในแถบสแกนดินาเวีย ส่วนผสมเย็นใช้เป็นผิวทาง โดยกรวดเคลือบน้ำมัน 3.5 % ถูกใช้มาหลายปี และใช้ Fatty Amines 0.8 - 1.2 % เพิ่มในน้ำมัน

จ.3 <u>Tack and Prime Coat</u> การยึดเกาะที่ดีระหว่างผิวใหม่และเก่า หรือพื้นทางและผิวทางแอสฟัลต์เพื่อให้ผิวใหม่แข็งแรงโดยการลาด Tack Coat (Primer) สามารถใช้อีมิลชั่นหรือคัทแบค เมื่อใช้คัทแบคควรใช้สารเติมลงไปเพื่อให้เกิด Active Adhesion โดยเฉพาะ Tack Coat ที่ลาดด้วยอุณหภูมิต่ำ จึงควรใช้สารต้านการหลุดลอก การใช้ได้ผลดีแม้ผิวเดิมจะเปียก และช่วยเคลือบ ป้องกันการชะล้างโดยฝนปรอย ๆ

จ.4 <u>การเก็บรักษา Fatty Amines</u> ซึ่งจะมีเสถียรภาพที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลานานในถังเก็บที่ปิดมิดชิด ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C ออกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับ Amines แตกตัวได้ และ Amines อาจจะดูดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ แต่จะปล่อยออกเมื่อให้ความร้อนสูงกว่า 100 °C ถังเก็บ Amines ควรจะระวังในการเติมและซีลผา หรือคลุมด้วยแผ่นไนโตรเจน Amines สามารถเก็บไว้ในที่อากาศเย็นได้ แต่จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นผลึก ซึ่งต้องละลายอีกครั้งโดยให้ความร้อนก่อนการผสม Amines แบบแข็งควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมละลาย 40 - 45 °C ถังเหล็กหรืออลูมิเนียมควรใช้เป็นที่เก็บ Amines แต่ถ้าสังกะสีทองแดงและอัลลอยด์ที่เป็นPolyethylene, PVC, Rubber ไม่ควรใช้กับ Amines และใช้ท่อหรือประเก็นเป็นเทฟล่อน หรือ Polyamide

จ.5 <u>ข้อควรระวังในการขนย้ายและความปลอดภัย</u> Fatty Amines เป็นสารอินทรีย์ด่างซึ่งจะทำความระคายเคืองกับผิวหน้าและตา Secondary และ Tertiary Amines จะมีปฏิกิริยาน้อยกว่า Primary Amines และ Amines แบบเหลว หรือลูกโซ่ที่สั้นมีปฏิกิริยามากกว่าลูกโซ่ยาว และเป็นสภาพของแข็ง Amines เป็นอันตรายหากกลืนกินหรือสูดดม และถูกผิวหน้านาน ๆ จะทำให้เกิดผิวไหม้ได้ Amines ประเภทแข็งอันตรายน้อยกว่า จึงเหมาะในการใช้ เพราะสะดวกในการขนย้ายด้วยคน เมื่อขนย้าย Amines ควรใช้ถุงมือ ใส่แว่นตา โดยเฉพาะการขนย้าย Amines เหลว เสื้อผ้าและเครื่องป้องกันที่เปื้อน Amines ควรล้างด้วย Acetic Acid 3 % Amines ควรเก็บให้ห่างจากคนโดยเฉพาะเด็ก เมื่อ Amines ระเหย สถานที่ควรจะระบายอากาศได้ดี ควรผสม 3 % Acetic Acid ไว้ และละลายน้ำยาล้างตาที่มี Acetic Acid 0.5 % เตรียมไว้

กรณี Amines สัมผัสกับผิวหน้าควรล้างด้วย Acetic Acid 3 % แล้วล้างสบู่และน้ำปริมาณมาก ๆ ถ้ายังมีอาการไม่ดีควรไปปรึกษาแพทย์ กรณีสัมผัสกับตา ล้างตาด้วย Acetic Acid 0.5 % และล้างด้วยน้ำอย่างน้อย 15 นาที แล้วไปพบแพทย์ กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ดับไฟด้วยผง Carbonic Acid หรือผงเคมี ถ้าเกิดการหกให้ลาดด้วยดิน ทราย ชี้เลื่อย และตักไปทิ้ง แต่ถ้าเป็นของแข็ง อาจจะกวาดใส่ถุงกระดาษได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย ชวลิต สหธรรมปกรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2494 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา บริหารธุรกิจบัณฑิต (การจัดการงานก่อสร้าง) บธบ. เกียรตินิยมอันดับสอง จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชเมื่อปี พ.ศ. 2525 และวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศบ. โยธา จากวิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2528 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง วิศวกรโยธา 5 กองวิเคราะห์ และ วิจัยกรมทางหลวง.