

เอกสารอ้างอิง

1. Betteridge, M.A. "Bonding of Orthodontic Attachments, Its Use and Technique." Br. J. Orthod. 6(1979): 162-164.
2. Buonocore, M.G. "The Use of Adhesive in Dentistry." Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, U.S.A., 1975.
3. Newman, G.V. "Adhesion and Orthodontic Plastic Attachments." Am. J. Orthod. 56(1969): 573-588.
4. Reynolds, I.R. "A Review of Direct Orthodontic Bonding." Br. J. Orthod. 2(1975): 171-178.
5. Moin, K., and Dogon, I.L. "An Evaluation of Shear Strength Measurements of Unfilled and Filled Resin Combinations." Am. J. Orthod. 74(1978): 531-536.
6. Årthun, J. and Zachrisson, B.U. "Improving the Handling Properties of a Composite Resin for Direct Bonding." Am. J. Orthod. 81(1982): 269-276.
7. Johnson, Jr., W.T., Hembree, Jr., J.H., and Weber, F.N. "Shear Strength of Orthodontic Direct-Bonding Adhesive." Am. J. Orthod. 70(1976): 559-565.
8. White, H.E. "Modern College Physics," D. Van Nostrand Company, New York, 1956.
9. Sear, F.W. and Zemansky, M.W. "University Physics," Addison-Wesley Publishing, Massachusetts, 1955.
10. สมรตรี วิถีพร. "ไดเร็กต์บอนด์" เอกสารรวบรวมวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง ภาควิชาทันตกรรม จัดพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, 2525.

11. Gorelick, L. et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod.  
12(1978): 695-714.
12. Lee, H., and Orlowski, J.A. "Adhesive Dental Composite Restorative."  
California, Lee Phamaceuticals, 1974.
13. Lee, H.L. Jr., and Orlowski, J.A. "Handbook of Dental Composite" El.  
Monte California, 1973.
14. Buonocore, M.G. "Sealants Questions and Answers." J. Am. Soc.  
Prev. Dent. (1973): 44-50.
15. Buonocore, M.G., Matsui, A., and Gwinnett, A.J. "Penetration of  
Resin Dental Materials into Enamel Surfaces with Reference  
to Bonding." Arch. Oral. Biol. 13(1968): 61-70.
16. Silverstone, L.M. "The Acid Etch Technique. In Vitro Studies  
with Special Reference to the Enamel Surface and the Enamel-  
Resin Interface." Proc. Int. Symp. Acid Etch Tech., North  
Central Publishing Co., St. Paul, Minn, U.S.A., 1975.
17. Sheykloleslam, Z., Buonocore, M.G., and Gwinnett, A.J. "The Effect  
of Fluorides on the Bonding of Resins to Phosphoric Acid-  
Etched Bovine Enamel." Arch. Oral. Biol. 17(1972): 1037-  
1045.
18. Combe, E.C. "Notes on Dental Materials." Churchill Livingstone,  
New York, 1981.
19. Zisman, W.A. "Relationship of Equilibrium Contact Angle to Liquid  
and Solid Constitution." In Advances in Chemistry Series,  
No. 34 American Chemical Society, Washington D.C., 1964.
20. Baier, R.E., Shafrin, E.G., and Zisman, W.A. "Adhesion Mechanisms  
that Assist or Impede It." Science. 162(1968): 1360-1368.

21. Newman, G.V., and Sharpe, L.H. "On the Wettability of Tooth Surfaces," J. New Jersey D. Soc. 37(1966): 289-293.
22. Austin, R.H., Wilsdorf, H.G.F., and Phillip, R.W. "U.S. Public Health Service" (Publication No. 1494), Bethesda, Md., 1966. cited in Lee, H.L. Jr. and Orłowski, J.A. "Adhesive Dental Composite Restorative." Lee pharmaceutical, 1974.
23. Newman, G.V. "Epoxy Adhesives for Orthodontic Attachments: Progress Report." Am. J. Orthod. 51(1965): 901-912.
24. เชน รัตน์ไพศาล. "ทันตวัสดุศาสตร์." บริษัท ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 2522.
25. Miura, F., Nakagawa, K., and Masuhara, E. "New Direct Bonding System for Plastic Brackets." Am. J. Orthod. 59(1971): 350-361.
26. Bowen, R.L. "Dental Filling Material Comprising Vinyl Silane Treated Fused Silica and Binder Resin Consisting of a Reaction Product of Bisphenol and Glycidyl Acrylate." cited in Moin, K., and Dogon, I.L. "Indirect Bonding of Orthodontic Attachments." Am. J. Orthod. 72(1977): 261-275.
27. Gorelick, L., et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod. 12(1978): 761-778.
28. Brauer, G.M., and Termini, D.J. "Bonding of Bovine Enamel to Restorative Resin/Effect of Pretreatment of Enamel." J. Dent. Res. 51(1972): 151-160.
29. Gwinnett, A.J. "The Bonding of Sealants of Enamel." J. Am. Soc. Prev. Dent. (1973): 21-39.

30. Retief, D.H. "The Use of 50% Phosphoric Acid as an Etching Agent in Orthodontics/A Rational Approach." Am. J. Orthod. 68 (1975): 165-178.
31. Chow, L.C., and Brown, W.E. "Phosphoric Acid Conditioning of Teeth for Pit and Fissure Sealants." J. Dent. Res. 52(1973) : 1158.
32. Davidson, W.M., Shenis, E.M., and Shepherd, S.R. "Tissue Reaction to Orthodontic Adhesive." Am. J. Orthod. 82(1982): 502-507.
33. Stanley, H.R., Going, R.E., and Chauncey, H.H. "Human Pulp Response to Acid Pretreatment of Dentine and to Composite Restoration." J.A.D.A. 91(1975): 817-825.
34. Hauzer, J. et. al. "Possible Penetration of Orthophosphoric Acid through Dentine, followed by Means of <sup>32</sup>P" Cesk. Stomatol. 63(1963): 392-396.
35. Smith, R.S., Spinelli, J.A., and Tartakow, D.J. "Phosphoric Acid Penetration During Direct Bonding." Am. J. Orthod. 70 (1974): 543-550.
36. Ibsen, R.L., and Neville, K. "Adhesive Restorative Dentistry." W.B. Sanders Company, Philadelphia, 1974.
37. Zachrisson, B.U. "A Posttreatment Evaluation of Direct Bonding in Orthodontics." Am. J. Orthod. 71(1977): 173-189.
38. Reynolds, I.R., and Von Frounhofer, J.A. "Direct Bonding of Orthodontic Attachment to the Teeth/The Relation of Adhesive Bond Strength to Gauge mesh size." Br. J. Orthod. 3(1976): 91-95.

39. Sheykholeslam, Z., and Brandt, S. "Some factors affecting the Bonding of Orthodontic Attachments to Tooth Surface." J. Clin. Orthod. 11(1977): 734-743.
40. Miura, F., cited in Gorelick, L., et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod. 12(1978): 695-714.
41. Ishizahni, cited in Gorelick, L., et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod. 12(1978): 695-714.
42. Moshiri, F. "An Isolation Aid for Direct Bonding." Am. J. Orthod. 79(1981): 148-151.
43. Zachrisson, B.U., cited in Gorelick, L. et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod. 12(1978): 761-778.
44. Simonsen, cited in Gorelick, L., et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod. 12(1978): 695-714.
45. Cohl, M. E., Green, L.J., and Elick, J.D. "Bonding of Clear Orthodontic Brackets Using an Ultraviolet Sensitive Adhesive." Am. J. Orthod. 62(1972): 400-411.
46. Gorelick, L., et. al. "Bonding/The State of Arts." J. Clin. Orthod. 12(1978): 825-842.
47. Hannah, C. Mc. D., and Smith, G.A. "The Surface Finish of Composite Restorative Materials." Br. Dent. J. 135(1973): 483-489.
48. Fitzpatrick, D.A., and Way, D.C. "The Effect of Wear, Acid Etching, and Bond Removal on Human Enamel." Am. J. Orthod. 72 (1977): 671-681.
49. Zachrisson, B.U., and Årthun, J. "Enamel Surface appearance After Various Debonding Techniques." Am. J. Orthod. 75(1979): 121-137.

50. Gwinnett, A.J., and Gorelick, L. "Microscopic Evaluation of Enamel After Debonding. Clinical Application." Am. J. Orthod. 71(1977): 651-665.
51. Brown, L., and Way, D.C. "Enamel Loss During Orthodontic Bonding and Subsequent Loss During Removal of Filled and Unfilled Adhesive." Am. J. Orthod. 74(1978): 663-671.
52. Gorelick, L. "Bonding Metal Brackets with a Self-Polymerizing Sealant-Composite : A 12-Month Assessment." Am. J. Orthod. 71(1977): 542-553.
53. 3M Company. "Technical Information Sheet No. 5." 23<sup>rd</sup> March, 1979.
54. Johnson and Johnson Company. "Physical Properties. Trademark of Johnson and Johnson." 21<sup>st</sup> January, 1980.
55. Retief, D.H., Sarvas, P.G., Bradley, E.L., Tayler R.E., and Walker, A.R. "In Vitro Fluoride Uptake, Distribution and Retention by Human Enamel After 1-and 24-Hour Application of Various Topical Fluoride Agents." J. Dent. Res. 59(1980): 573-582.
56. Hocever, R.A. "Direct Bonding Metal Brackets with Concise-Enamel Bond System." J. Clin. Orthod. 11(1977): 473-482.
57. Reynolds, I.R., and Fraunhofer, J.A. "Direct Bonding of Orthodontic Brackets/A Comparative Study of Adhesives." Br. J. Orthod. 3(1976): 143-146.
58. Silverman, E., and Cohen, M. "The Twenty-minute Full Strapup." J. Clin. Orthod. 10(1976): 764-768.
59. Zachrisson, B.U., and Brobakken, B.O. "Clinical Comparison of Direct versus Indirect Bonding with Different Brackets Types and Adhesives." Am.J.Orthod. 74(1978): 62-78.

60. Zachrisson, B.U. "Improvements in Bonding and Debonding." Bull. Pacific Coast Soc. Orthod. 52(1980): 40-44 cited in Arthun, J., and Zachrisson, B.U. "Improving the Handling Properties of a Composite Resin for Direct Bonding." Am. J. Orthod. 81(1982): 269-275.
61. Skimer, E.W., and Phillip, R.W. "The Science of Dental Materials." W.B. Saunders Company, Philadelphia and London, 1960.
62. Jones, M. "Enamel Loss on Bond Removal." Br. J. Orthod. 7(1980): 39.
63. Lee, H.L. Jr., Cupples, A.L., Swartz, M.L. and Schubert, R.J. "Annual Reports to NIDR on Development of Adhesive Restorative Materials." Government Clearinghouse Numbers PB 175, 781; PB 179, 420, PB 185, 829 and PB 192, 928, 1969 cited in Ibsen, R.L., and Neville, K. "Adhesive Restorative Dentistry." W.B. Sanders Company, Philadelphia, 1974.
64. Shearer, T.R., and Johnson, J.R., and DeSart, D.J. "Cadmium Gradient in Human and Bovine Enamel." J. Dent. Res. 59(1980): 1072.
65. Feagin, F.F. and Gonzaleze, M. "Fluoroapatite Crystal Growth During Remineralization of Enamel Surfaces." Ala. J. Med. Sci. 10 (1973): 46-51.
66. Lopez, J.I. "Retentive Shear Strengths of Various Bonding Attachment Bases." Am. J. Orthod. 77(1980): 669-678.
67. Rose, E.E., Lal, J., Green, R., and Cornell, J. "Direct Resin Filling Materials: Coefficient of Thermal Expansion and Water Sorption of Polymethyl Methacrylate." J. Dent. Res. 34 (1955): 589-596.

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างที่	diluted Concise	diluted Silar	diluted Adaptic
1.	7.0	11.8	13.7
2.	11.5	9.0	10.2
3.	8.8	7.5	6.8
4.	7.6	7.3	6.6
5.	6.6	7.0	9.1
6.	11.5	9.7	8.1
7.	8.4	6.2	11.5
8.	6.9	7.0	8.2
9.	9.0	6.7	8.4
10.	6.2	5.9	9.4
11.	8.8	7.3	13.2
12.	7.2	6.7	8.1
13.	11.0	10.7	10.4
14.	11.0	10.8	10.5
15.	5.6	11.1	11.2
16.	8.4	10.6	5.9
17.	7.4	11.7	7.3
18.	5.2	7.2	10.3
19.	8.1	10.8	5.6
20.	6.2	8.5	6.7



ชนิดของเรซิน	mean (Kgs.)	S.D. (Kgs.)	C.V.	S.E.
diluted Concise	8.120	1.923	23.682	0.430
diluted Silar	8.675	2.018	23.262	0.451
diluted Adaptic	9.060	2.304	25.430	0.515

ตารางที่ 24 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของแรงเหวี่ยงเรซินที่ใช้ในการวิจัยเป็นกิโลกรัม (พินคน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างที่	24 ชั่วโมง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
1.	12.0	6.7	6.2	3.9
2.	9.1	6.6	7.2	4.7
3.	9.5	7.5	8.7	8.3
4.	7.7	6.6	7.8	5.4
5.	8.6	5.2	5.4	7.5
6.	8.7	6.6	7.0	9.4
7.	8.9	10.2	4.1	6.8
8.	9.6	8.3	8.3	3.1
9.	5.6	10.6	6.3	6.0
10.	8.2	8.0	9.2	5.2
11.	7.0	7.4	6.1	5.2
12.	6.0	8.3	7.1	12.7
13.	8.5	11.2	7.6	7.0
14.	6.5	8.2	5.3	4.0
15.	8.0	7.1	8.0	8.8
16.	8.1	5.1	6.3	7.5
17.	5.4	7.4	6.9	5.9
18.	5.4	7.4	9.1	8.4
19.	5.6	6.3	11.9	6.0
20.	9.4	10.4	9.5	7.5
21.	12.6	6.9	6.1	4.8
22.	10.3	6.0	7.0	11.5
23.	7.5	10.8	8.4	2.0
24.	10.3	6.6	5.2	7.4
25.	7.6	7.3	4.6	7.0
26.	3.6	4.6	7.9	3.4
27.	7.0	5.1	4.9	9.9
28.	8.7	9.7	8.9	5.6
29.	5.6	4.0	9.6	4.6
30.	5.4	7.3	10.2	8.6

ตารางที่ 25 แสดงแรงเสื่อนเป็นกิโลกรัมของ diluted Concise  
ใน 24 ชั่วโมง, 1 เดือน, 2 เดือน และ 3 เดือน (พืชมั่ว)

ตัวอย่างที่	24 ชั่วโมง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
1.	6.5	10.3	4.6	7.8
2.	9.3	6.6	6.6	4.2
3.	5.5	4.8	8.6	6.8
4.	7.2	9.4	5.9	3.8
5.	10.7	5.2	7.3	4.3
6.	8.6	4.8	4.2	8.3
7.	5.1	7.2	6.8	7.2
8.	10.3	5.5	7.0	4.8
9.	9.5	6.0	3.4	5.1
10.	9.4	4.2	5.2	4.2
11.	8.6	6.7	5.2	7.2
12.	8.7	8.4	6.0	7.2
13.	6.7	7.2	7.0	5.7
14.	6.5	8.1	8.8	4.0
15.	4.9	9.5	5.8	2.3
16.	10.6	6.4	4.4	5.6
17.	8.1	6.6	7.4	3.4
18.	6.0	7.5	4.6	4.7
19.	10.5	4.0	5.2	8.7
20.	8.5	7.8	7.2	3.7
21.	9.5	4.8	11.1	5.0
22.	6.8	6.2	4.9	1.8
23.	4.9	6.0	8.4	7.2
24.	7.0	4.0	8.1	2.0
25.	8.0	2.9	6.0	6.4
26.	6.8	6.1	6.1	4.4
27.	7.2	7.9	5.5	4.2
28.	7.8	5.8	7.0	6.8
29.	6.5	5.9	5.2	5.6
30.	5.6	7.3	8.8	6.8

ตารางที่ 26 แสดงแรงเสียดทานเป็นกิโลกรัมของ diluted Silar  
ใน 24 ชั่วโมง, 1 เดือน, 2 เดือน และ 3 เดือน (พิมพ์)

ตัวอย่างที่	24 ชั่วโมง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
1.	5.5	9.2	11.6	5.8
2.	8.7	6.5	3.8	7.3
3.	6.7	6.8	2.0	3.7
4.	7.5	6.3	9.5	9.9
5.	11.1	9.5	6.8	6.4
6.	8.3	10.5	8.0	5.7
7.	9.0	5.2	7.0	5.5
8.	10.4	6.5	9.1	12.1
9.	5.8	7.6	5.6	3.5
10.	10.0	11.6	6.5	5.4
11.	10.5	5.8	5.4	11.5
12.	4.9	6.3	8.4	8.7
13.	9.3	11.2	7.0	8.2
14.	7.5	8.0	8.2	8.1
15.	5.9	5.2	3.4	3.3
16.	5.6	9.2	2.0	6.2
17.	11.2	7.2	12.3	5.0
18.	8.7	8.2	4.8	3.0
19.	12.4	7.3	3.0	8.0
20.	4.9	8.7	5.6	8.7
21.	12.5	7.8	8.8	6.8
22.	10.5	4.7	8.8	8.8
23.	6.1	7.8	9.5	5.9
24.	6.8	6.8	5.2	10.5
25.	4.7	6.2	12.3	6.5
26.	9.7	6.9	8.8	12.1
27.	6.4	12.0	6.1	11.9
28.	7.8	7.8	9.4	9.4
29.	7.7	4.4	8.3	7.3
30.	5.9	4.2	6.1	6.0

ตารางที่ 27

แสดงแรงเฉือนเป็นกิโลกรัม diluted Adaptic

ใน 24 ชั่วโมง, 1 เดือน, 2 เดือน และ 3 เดือน (พันตัว)

เวลา	mean (Kgs.)	S.D. (Kgs.)	C.V.	S.E.
24 ชั่วโมง	7.880	2.063	26.180	0.377
1 เดือน	7.473	1.833	24.528	0.335
2 เดือน	7.360	1.821	24.742	0.332
3 เดือน	6.603	2.453	37.150	0.448

ตารางที่ 28 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของแรงเหวี่ยงของ diluted Concise ในแต่ละช่วงเวลา (พินวี)

เวลา	mean (Kgs.)	S.D. (Kgs.)	C.V.	S.E.
24 ชั่วโมง	7.710	1.761	22.840	0.322
1 เดือน	6.437	1.741	27.047	0.318
2 เดือน	6.410	1.694	26.427	0.309
3 เดือน	5.307	1.834	34.558	0.335

ตารางที่ 29 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของแรงเหวี่ยงของ diluted Silar ในแต่ละช่วงเวลา (พินวี)

เวลา	mean (Kgs.)	S.D. (Kgs.)	C.V.	S.E.
24 ชั่วโมง	8.067	2.304	28.561	0.421
1 เดือน	7.513	2.050	27.286	0.374
2 เดือน	7.110	2.761	38.833	0.504
3 เดือน	7.400	2.613	35.311	0.477

ตารางที่ 30 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของแรงเหวี่ยงของ diluted Adaptic ในแต่ละช่วงเวลา (พันตัว)



ศูนย์สัตวแพทย์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

การคำนวณหาพื้นที่แบรคเก็ทพินแกรมน้อยและพินดัดกลางหน้าบน โดยใช้ scanning electron microscope

1. พื้นที่แบรคเก็ทพินแกรมน้อยคำนวณได้เท่ากับ 0.079 ตารางเซนติเมตร

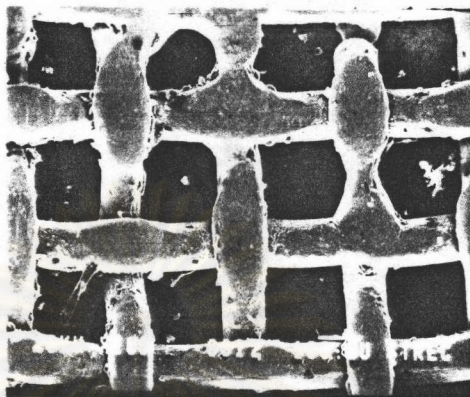
วิธีคำนวณ จากรูปที่ 36 และ 37 เป็นภาพ scanning electron microscope ของตารางของแบรคเก็ทพินแกรมน้อยที่ใช้กำลังขยาย 100 เท่า และ 26 เท่าตามลำดับ

จากรูปที่ 36 วัดพื้นที่ของตารางแต่ละตารางได้ 16 x 16 มิลลิเมตร

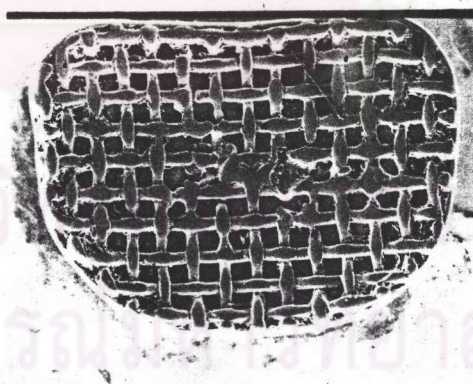
จากสี่เหลี่ยม ความยาว 6 มิลลิเมตร	= 100	ไมครอน
ความยาว 16 มิลลิเมตร	= $\frac{100 \times 16}{6}$	ไมครอน
∴ พื้นที่ของตารางแต่ละอัน	= $\frac{100 \times 16}{6} \times \frac{100 \times 16}{6}$	ตารางไมครอน
1 ไมครอน มีความยาว	= $10^{-4}$	เซนติเมตร
1 ตารางไมครอน	= $10^{-4} \times 10^{-4}$	ตารางเซนติเมตร
	= $10^{-8}$	ตารางเซนติเมตร
ดังนั้น $\frac{100 \times 16}{6} \times \frac{100 \times 16}{6}$ ตารางไมครอน	= $\frac{100 \times 16}{6} \times \frac{100 \times 16}{6} \times 10^{-8}$	ตารางเซนติเมตร
∴ พื้นที่แต่ละตาราง	= $71111.11 \times 10^{-8}$	ตารางเซนติเมตร

จากรูปที่ 37 นับจำนวนตารางได้เท่ากับ 111 ตาราง ดังนั้นจึงเป็นพื้นที่ของแบรคเก็ท

พินแกรมน้อย	= $71111.11 \times 10^{-8} \times 111$	ตารางเซนติเมตร
	= 0.0789333321	ตารางเซนติเมตร
	= 0.079	ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 36 ภาพ Scanning electron microscope ขยาย 100 เท่าของ  
ตารางของแบรคเก็ตฟิล์มกรามน้อย



รูปที่ 37 ภาพ Scanning electron microscope ขยาย 26 เท่าของ  
ตารางของแบรคเก็ตฟิล์มกรามน้อย



2. พื้นที่แบริคเก็ทพื้นที่ดกกลางบน คำนวณได้เท่ากับ 0.107 ตารางเซนติเมตร

วิธีคำนวณ จากรูปที่ 38 และ 39 เป็นภาพ scanning electron microscope ของตารางของแบริคเก็ทพื้นที่ดกกลางบนที่ใช้กำลังขยาย 100 เท่า และ 26 เท่า ตามลำดับ

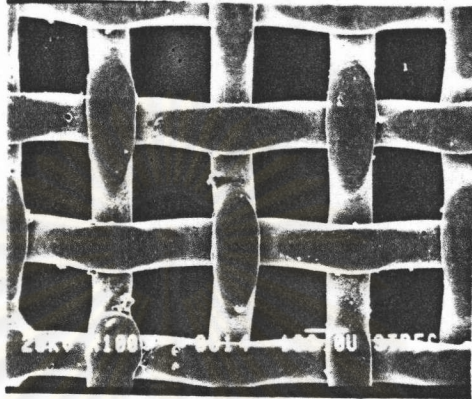
จากรูปที่ 38 วัดพื้นที่ของตารางแต่ละตารางได้ 16 x 16 มิลลิเมตร

จากกล้อง ความยาว 6 มิลลิเมตร	= 100	ไมครอน
ความยาว 16 มิลลิเมตร	= $\frac{100 \times 16}{6}$	ไมครอน
∴ พื้นที่ของตาราง แต่ละอัน	= $\frac{100 \times 16}{6} \times \frac{100 \times 16}{6}$	ตารางไมครอน
1 ไมครอน มีความยาว	= $10^{-4}$	เซนติเมตร
1 ตารางไมครอน	= $10^{-4} \times 10^{-4}$	ตารางเซนติเมตร
	= $10^{-8}$	ตารางเซนติเมตร
ดังนั้น $\frac{100 \times 16}{6} \times \frac{100 \times 16}{6}$ ตารางไมครอน	= $\frac{100 \times 16}{6} \times \frac{100 \times 16}{6} \times 10^{-8}$	ตารางเซนติเมตร
∴ พื้นที่แต่ละตาราง	= $71111.11 \times 10^{-8}$	ตารางเซนติเมตร

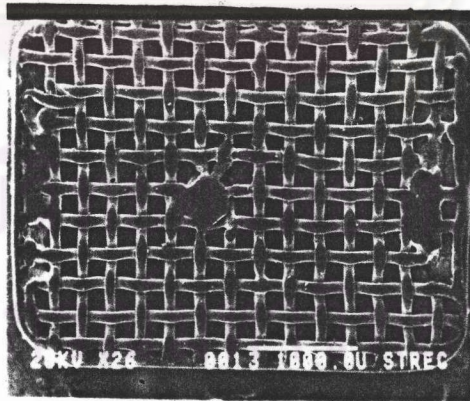
จากรูปที่ 39 นับจำนวนตารางได้เท่ากับ 150 ตาราง ดังนั้นจึงเป็นพื้นที่ของ

แบริคเก็ทพื้นที่ดกกลางบน	= $71111.11 \times 10^{-8} \times 150$	ตารางเซนติเมตร
	= 0.106666665	ตารางเซนติเมตร
	= 0.107	ตารางเซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 38 ภาพ Scanning electron microscope ขยาย 100 เท่าของ  
ตารางของแบริดเคีทพื้นตัดกลางบน



รูปที่ 39 ภาพ Scanning electron microscope ขยาย 26 เท่าของ  
ตารางของแบริดเคีทพื้นตัดกลางบน

ภาคผนวก ค.

ANALYSIS OF VARIANCE

1. ทดสอบความแตกต่างกันของ diluted Concise paste A <sup>(6)</sup> และ Silar paste A 15 กรัม + resin A 13 หยด และ Adaptic paste A 14 กรัม + resin A 17 หยด

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F.RATIO	F.PROB.
BETWEEN GROUPS	2	0.1830	0.0915	0.678	0.5117 **
WITHIN GROUPS	57	7.6935	0.1350		
TOTAL	59	7.8765			

\*\* P = .01

2. ทดสอบความแตกต่างกันของ diluted Concise paste B <sup>(6)</sup> และ Silar paste B 15 กรัม + resin B 15 หยด และ Adaptic paste B 14 กรัม + resin B 21 หยด

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F.RATIO	F.PROB.
BETWEEN GROUPS	2	0.2710	0.1355	0.652	0.5246 **
WITHIN GROUPS	57	11.8375	0.2077		
TOTAL	59	12.1085			

\*\* P = .01

3. ทดสอบความแตกต่างของกำลังแรงเหวี่ยงระหว่างสัดส่วนของเรซินทั้ง 3 ชนิด  
ในพื้นกรรมน้อยบนและล่างในเวลา 24 ชั่วโมง

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	2	1432.7703	716.3852	1.026	0.3651**
WITHIN GROUPS	57	39816.7590	698.5396		
TOTAL	59	41249.5293			

\*\*

$$P = .01$$

4. ทดสอบความแตกต่างของกำลังแรงเหวี่ยงระหว่างสัดส่วนของเรซินทั้ง 3 ชนิด  
ในพื้นหน้าล่างของวีว

4.1 ใน 24 ชั่วโมง

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	2	166.1287	83.0643	0.225	0.7989**
WITHIN GROUPS	87	32100.4203	368.9703		
TOTAL	89	32266.5490			

\*\*

$$P = .01$$

4.2 ใน 1 เดือน

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	2	1906.7707	953.3853	3.043	0.0528 **
WITHIN GROUPS	87	27253.1383	313.2545		
TOTAL	89	29159.9090			

\*\*

$$P = .01$$

## 4.3 ใน 2 เดือน

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	2	1270.2682	635.1341	1.580	0.2119 **
WITHIN GROUPS	87	34976.7150	402.0312		
TOTAL	89	36246.9832			

\*\* P = .01

## 4.4 ใน 3 เดือน

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	2	5706.9447	2853.4723	6.019	0.0036 **
WITHIN GROUPS	87	41245.7763	474.0894		
TOTAL	89	46952.7210			

\*\* P = .01

5. ทดสอบความแตกต่างของกำลังแรงเฉือนของสัดส่วนเรซินแต่ละชนิดระหว่าง  
ช่วงเวลา ในพื้นหน้าล่างของวัว

## 5.1 diluted Concise

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	3	2211.5956	737.1985	1.972	0.1220 **
WITHIN GROUPS	116	43358.2303	373.7778		
TOTAL	119	45569.8259			

\*\* P = .01

## 5.2 diluted Silar

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	3	7582.3909	2527.4636	9.348	0.000 **
WITHIN GROUPS	116	31363.9590	270.3790		
TOTAL	119	38946.3499			

\*\* P = .01

## 5.3 diluted Adaptic

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	3	1279.9430	426.6477	0.813	0.4890 **
WITHIN GROUPS	116	60853.8607	524.6022		
TOTAL	119	62133.8037			

\*\* P = .01

ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง .

ผู้ทดลอง นายสมชัย นครชัย

ผู้ควบคุมการทดลอง คำลัตราจารย์ แลวง โพธิ์เงิน

การทดลองหาความหนืดรวม

เนื่องจากยังไม่มีผู้ศึกษาถึงค่าความหนืดรวมของลสาร 2 ชนิด ที่มีความหนืดต่างกันเมื่อผล้มกันแล้วจะได้ค่าความหนืดรวมเป็นเท่าไร ซึ่งตามหลักทั่วไปแล้วลสารมีความหนืดมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับจำนวนตัวทำละลายกับจำนวนเนื้อลสาร ดังนั้น ความหนืดรวมเมื่อผล้มลสารชนิดเดียวกันที่มีความหนืดต่างกัน ควรจะเป็นค่าเฉลี่ยของความหนืดของลสารทั้งสอง เนื่องจากจำนวนตัวทำละลายและจำนวนเนื้อลสารจะเป็นค่าเฉลี่ยของลสารทั้งสอง

วิธีหาค่า  $\eta$  (coeffient of viscosity) ของของเหลว

กฎของสโตค (Stoke's law) เมื่อวัตถุทรงกลมวิ่งผ่านของเหลวจะมีแรงต้าน แรงต้านจะมากหรือน้อยขึ้นกับรัศมีของวัตถุทรงกลม, ความเร็ว, ความหนืดของของเหลว

$$F \propto \eta$$

$$F \propto v$$

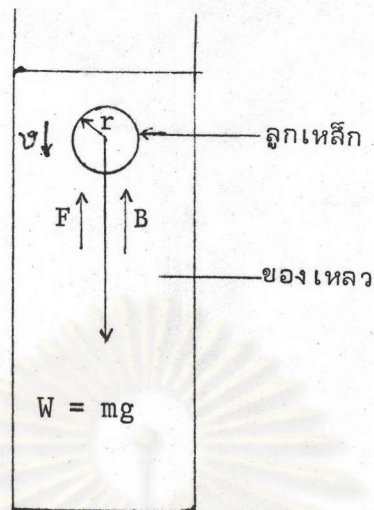
$$F \propto r$$

$$\therefore F \propto \eta r v$$

$$F = k \eta r v$$

ซึ่งจากการทดลอง  $k = 6\pi$

$$F = 6\pi \eta r v$$



รูปที่ 40 ภาพแสดงแรงกระทำต่อลูกเหล็กตามกฎของสโตค

นอกจากแรงต้านแล้วจะมีแรงพยุง

$$\begin{aligned}
 B &= \text{แรงพยุง} = \text{น้ำหนักของช่องเหลวที่ถูกแทนที่} \\
 &= \rho_m V g \\
 &= \rho_m \frac{4}{3} \pi r^3 g
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อวัตถุทรงกลมวิ่งลงมาด้วยความเร็วคงที่จะทำให้

$$\begin{aligned}
 F + B &= W \quad (\text{น้ำหนักวัตถุทรงกลม}) \\
 6\pi \eta r v + \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_m g &= mg \\
 6\pi \eta r v + \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_m g &= \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g \\
 6\pi \eta r v &= \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho_m) \\
 \eta &= \frac{2}{9} \times \frac{r^2 g}{v} (\rho - \rho_m)
 \end{aligned}$$

- โดย  $\eta$  คือ สัมประสิทธิ์ความหนืด  
 $r$  คือ รัศมีวัตถุทรงกลม  
 $v$  คือ ความเร็ว  
 $\rho$  คือ ความหนาแน่นวัตถุทรงกลม  
 $\rho_m$  คือ ความหนาแน่นของช่องเหลว



วิธีทดลอง

การทดลองทำในน้ำมันเครื่องเบอร์ 30 และ เบอร์ 50 ของบริษัทเดียวกัน โดยทิ้งลูกเหล็กซึ่งมีรัศมีเฉลี่ย  $1.59 \times 10^{-3}$  เมตร ลงในน้ำมันเบอร์ 30, เบอร์ 50 และ เบอร์ 30 ผสมกับเบอร์ 50 ในปริมาณที่เท่า ๆ กัน โดยจับเวลาที่ลูกเหล็กตก การทดลองจะกระทำในน้ำมันแต่ละเบอร์ 10 ครั้ง ระยะทางในการทดลอง 0.384 เมตร และทำการหาความหนาแน่นของน้ำมันแต่ละเบอร์ นำผลที่ได้แทนค่าในสูตรเพื่อหา  $\eta$

ผลการทดลอง

	เบอร์ 30 (วินาที)	เบอร์ 50 (วินาที)	เบอร์ 30+50 (วินาที)
1.	2.38	4.40	3.45
2.	2.29	4.26	3.30
3.	2.40	4.36	3.29
4.	2.43	4.43	3.34
5.	2.54	4.48	3.22
6.	2.49	4.48	3.23
7.	2.37	4.54	3.15
8.	2.37	4.45	3.44
9.	2.41	4.59	3.13
10.	2.32	4.44	3.13
$\bar{X}$	2.40	4.44	3.27

ตารางที่ 31 แสดง เวลาในการตกของลูกเหล็กในน้ำมันแต่ละเบอร์

จากการคำนวณ

$$\rho_{30} = 832 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{50} = 826 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{30+50} = 820 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{ลูกเหล็ก}} = 7800 \text{ Kg/m}^3$$

ดังนั้น

$$\eta_{30} = \frac{2 \times (1.59 \times 10^{-3})^2 \times 2.4 \times 9.8 \times (7800 - 832)}{9 \times 0.384}$$

$$= 0.24 \frac{\text{n.sec.}}{\text{m}^2}$$

$$\eta_{50} = \frac{2 \times (1.59 \times 10^{-3})^2 \times 4.44 \times 9.8 \times (7800 - 826)}{9 \times 0.384}$$

$$= 0.44 \frac{\text{n.sec.}}{\text{m}^2}$$

$$\eta_{30+50} = \frac{2 \times (1.59 \times 10^{-3})^2 \times 3.27 \times 9.8 \times (7800 - 820)}{9 \times 0.384}$$

$$= 0.33 \frac{\text{n.sec.}}{\text{m}^2}$$

จากการทดลอง

$$\eta_{30+50} = 0.33 \frac{\text{n.sec.}}{\text{m}^2}$$

จากแนวทฤษฎี

$$\eta_{30+50} = \frac{\eta_{30} + \eta_{50}}{2}$$

$$= \frac{0.24 + 0.44}{2}$$

$$= 0.34 \frac{\text{n.sec.}}{\text{m}^2}$$

เมื่อดูจากค่าตัวเลขแล้วจะเห็นได้ว่า ค่าความหนืดที่ได้จากการทดลองกับค่าความหนืดตามแนวทฤษฎี

ใกล้เคียงกันมาก โดยมีความผิดพลาดจากการทดลอง 2.94%

สรุปว่า ความหนืดรวมของสารชนิดเดียวกันที่มีความหนืดต่างกัน เมื่อผสมในปริมาณที่เท่า ๆ กัน

จะได้ความหนืดรวมเป็นค่าเฉลี่ยของความหนืดของสารที่ผสมกัน

ภาค อังคม แฉิก ฟอสสาร  
 ภาควิชาฟิสิกส์  
 (แสงอาทิตย์) 11 ม.ย. 28.

ภาคผนวก จ.

การหาเวลาทำงานของ diluted resin

American Council on Dental Materials and Devices กำหนดการหาเวลาทำงานของเรซิน คือผสมเรซินในปริมาณ  $0.8 \pm 0.01$  กรัม บนแผ่นแก้วหนา ไข่แผ่นสไลด์ 2 แผ่นเป็น spacers ความหนาของสไลด์  $1 \pm 0.1$  มิลลิเมตร วางแผ่นสไลด์อยู่ด้านซ้ายและขวาของเรซิน นำแผ่นแก้วขนาด  $50 \times 50 \times 2$  มิลลิเมตร กดลงบนเรซินที่ผสมแล้วจนสัมผัสกับแผ่นสไลด์ทั้งสอง ความหนาของเรซินจะเท่ากับ  $1 \pm 0.1$  มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางของเรซินจะไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ขยับแผ่นแก้วอันบนเป็นเส้นตรงไปมาไม่เกิน 1 มิลลิเมตร จับเวลาเริ่มตั้งแต่ผสมจนกระทั่งไม่สามารถขยับแผ่นแก้วบนได้ ถือว่าเป็นเวลาทำงานค่าเวลาทำงานจะใช้ค่าเฉลี่ยจากการกระทำ 3 ครั้ง

ทำการทดสอบตามข้อกำหนดของ American Council on Dental Materials and Devices ที่อุณหภูมิ  $35^{\circ}\text{C}$  ได้ผลดังนี้

ครั้งที่	diluted Concise (วินาที)	diluted Silar (วินาที)	diluted Adaptic (วินาที)
1	49.1	60.2	90.0
2	51.5	55.5	88.2
3	45.8	58.3	86.0
$\bar{x}$	48.8	58.0	88.06

ตารางที่ 32 แสดงเวลาทำงานของ diluted Concise , diluted Silar และ diluted Adaptic

## ประวัติผู้เขียน

นายสมัย นครชัย เกิดวันที่ 28 มีนาคม 2501 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบ  
การศึกษาปริญญาโทแพทยศาสตรบัณฑิต จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2524  
เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาทันตกรรมวัสดุทันของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2526 .



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย