

กำลังแรงยึดแบบเนียนระหว่างเซโรเมอร์กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต
ภายหลังการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีต่าง ๆ และเพิ่มการบ่มตัวด้วยความร้อน



นาย ธีรชัย ลิมป์ลาวัฒน์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

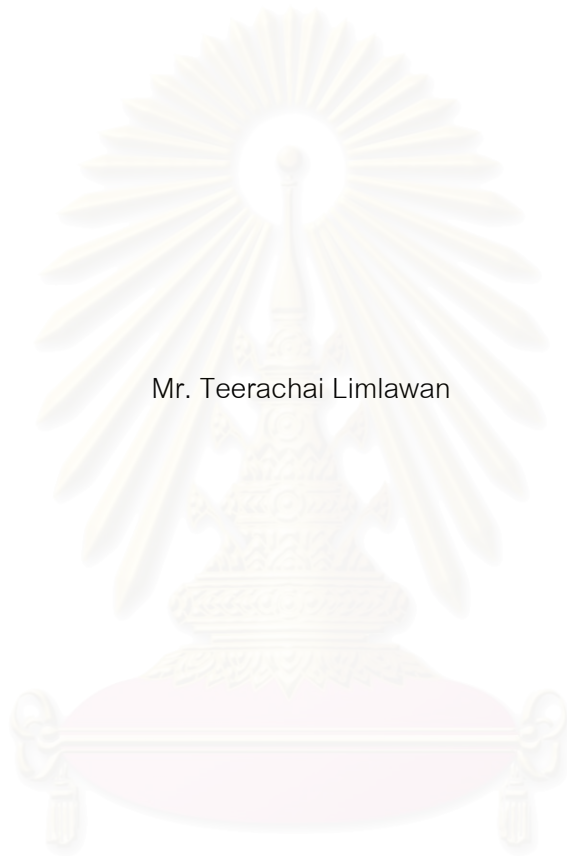
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1409-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN CEROMER AND RESIN COMPOSITE AFTER VARIOUS
SURFACE TREATMENTS AND ADDITIONAL HEAT TREATMENT



Mr. Teerachai Limlawan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1409-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างเซโรเมอร์กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน
 คอมโพสิต ภายหลังจากการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีต่าง ๆ และเพิ่มการ
 บ่มตัวด้วยความร้อน

โดย นาย ธีรชัย ลิ้มปัสลาวัฒน์

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ปิยะมล อัครบุษธานี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบุรณ์ บุรณเวช

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับ
 นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
 (รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ปราวรภักดิ์ ชาติลี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
 (อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ปิยะมล อัครบุษธานี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบุรณ์ บุรณเวช)

..... กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. มโน คุรุรัตน์)

..... กรรมการ
 (อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุจิต พูลทอง)

ธีรชัย ลิ้มป้าวัฒน์ : กำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างเซโรเมอร์กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน
คอมโพสิต ภายหลังการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีต่าง ๆ และเพิ่มการบ่มตัวด้วยความร้อน.

(SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN CEROMER AND RESIN COMPOSITE AFTER VARIOUS
SURFACE TREATMENTS AND ADDITIONAL HEAT TREATMENT)

อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ปิยะมล อัครบุษธานี , อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบุรณีย์ บุรณเวช, 93 หน้า. ISBN 974-17-1409-2.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างเซโรเมอร์ กับเรซิน คอมโพสิตภายหลัง
จากการปรับปรุงพื้นผิวในรูปแบบต่างๆ 3 ประเภท คือ การเป่าทราย การใช้กรดกัดพื้นผิวและการเคลือบพื้นผิว และ
ทดสอบการให้ความร้อนภายหลังการยึดด้วยเรซิน คอมโพสิต โดยเตรียม Targis รูบดิสก์ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9
มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร) จำนวน 110 ชิ้น ในตอนที่ 1 ศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวในรูปแบบต่างๆ โดยแบ่ง 8 กลุ่ม
กลุ่มละ 10 ชิ้น ทำการปรับปรุงพื้นผิว 4 แบบ คือ แบบที่ 1) เป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียม ออกไซด์ ขนาดอนุภาค 50
ไมครอน แบบที่ 2) เป่าทรายและกรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก แบบที่ 3) เป่าทรายและสารซีเลน และแบบที่
4) เป่าทราย กรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 โดยน้ำหนักและสารซีเลน จากนั้นทำการยึดด้วยเรซิน คอมโพสิต โดยที่กลุ่มที่ 1-
4 ทำการยึดด้วย Z 250 ในขณะที่กลุ่มที่ 5-8 ทำการยึดด้วย Tetric Ceram จากนั้นทดสอบกำลังแรงยึดแบบเชื่อมด้วย
เครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์ ความเร็วของหัวทดสอบ 0.75 มิลลิเมตรต่อนาที นำข้อมูลมาทดสอบทางสถิติด้วยการ
วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว แล้วทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกีย์ โดยได้ผลการทดลองดังนี้คือ กลุ่มที่
3 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมมากที่สุด คือ 6.7 + 1.3 เมกะปาสคาล โดยที่กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4
มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตอนที่ 2 ศึกษาผลของกำลังแรงยึดแบบเชื่อม
เมื่อบ่มด้วยความร้อน โดยสุ่มตัวอย่าง 30 ชิ้น และแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (กลุ่มที่ 9-11) ทุกกลุ่มทำการปรับปรุงพื้นผิวและ
ยึดด้วยเรซิน คอมโพสิตเหมือนกับกลุ่มที่ 3 จากนั้นบ่มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่างกันเป็นเวลา 2 นาที คือ 41
46 และ 60 องศาเซลเซียสตามลำดับ ทำการทดสอบและวิเคราะห์ทางสถิติเหมือนตอนที่ 1 โดยได้ผลการทดลอง
ดังนี้คือ กลุ่มที่ 11 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมมากที่สุด คือ 11.26 + 1.8 เมกะปาสคาล กลุ่มที่ 9 กลุ่มที่ 10
และกลุ่มที่ 11 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมแตกต่างกันกับกลุ่มที่ 3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะ
ในการยึด Targis ว่าการปรับสภาพผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลน เป็นวิธีการที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพ
ดีที่สุด และเมื่อเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 41 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที ภายหลังจากการยึดจะทำให้
ให้ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมเพิ่มขึ้น

ภาควิชา.....ทันตกรรมประดิษฐ์..... ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา..... ทันตกรรมประดิษฐ์..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา..... 2545..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4376105232 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORD: SURFACE TREATMENT/ ADDITIONAL HEAT-CURED/ CEROMER/
COMPOSITE REPAIR

TEERACHAI LIMLAWAN : SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN CEROMER AND RESIN
COMPOSITE AFTER VARIOUS SURFACE TREATMENTS AND ADDITIONAL HEAT
TREATMENT

THESIS ADVISOR : DOCTOR PIYAMOL ALBUSTANY

THESIS COADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR SUPABOON PURNAVEJA ,

93 pp.ISBN 974-17-1409-2.

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength (SBS) between Ceromer and resin composite after surface treatments. Generally , these included sandblasting , acid etching and surface coating. Additional heat-cure was applied after bonding. 110 Targis discs (9 mm. in diameter and 2 mm. in thickness) were fabricated. In part I , 8 groups (10 discs/group) were subjected for 4 types of surface treatment : type 1) sandblasting with aluminium oxide particle 50 microns , type 2) sandblasting and 37% phosphoric acid etching , type 3) sandblasting and silane coupling agent application and type 4) sandblasting , 37% phosphoric acid etching and silane coupling agent application. Then , discs were bonded with light-cured resin composite. Group 1 to 4 were bonded with Z 250 while group 5 to 8 were bonded with Tetric Ceram. SBS was evaluated using Lloyd testing instrument (crosshead speed of 0.75 mm./min.) ANOVA and Tukey's statistical analyses were performed. Group 3 had a maximum value in SBS (6.7 + 1.3 Mpa). Group 1,3 and 4 showed no significant difference (p<0.05) in SBS. In part II , 30 Targis discs were divided into 3 groups (Gr 9-11). They were surface treated and bonded as in group 3. Additionally, these were treated by heat-cure for 2 minutes. The tested temperature were 41 , 46 and 60 degree Celsius, respectively. Statistical analysis was performed as in part I. Group 11 had shown maximum value in SBS(11.26 + 1.8 Mpa). The values of group 9 , 10 and 11 are significantly different from group 3 (p<0.05). These results indicated that sandblasting together with silane coupling agent application was suitable and effective for Targis bond surface treatment , whereas additional heat-cured treatment at 41 degree Celsius for 2 minutes could increase SBS after bonding.

Department/Program...Prosthodontics.....Student 's signature.....

Field of study..... Prosthodontics.....Advisor 's signature.....

Academic year.....2002.....Co-advisor 's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เลย ถ้าปราศจากความช่วยเหลืออย่างดียี่งี่ยมและความดูแลเอาใจใส่ของ อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ปิยะมล อัครบุสทานี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบุรณ์ บุรณเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ทำให้การดำเนินการในขั้นตอนต่างๆมีความสะดวกราบรื่น และมีประสิทธิภาพตลอดการทำงานในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์(พิเศษ) ท่านผู้หญิง เพ็ชรา เตชะกัมพุช และคุณ ธนัชพร คุณารัตนอังกูร ที่ได้กรุณาให้ใช้อุปกรณ์ต่างๆภายในแล็บ พี ซี ในการขึ้นรูปชิ้นงาน Targis ขอขอบคุณบริษัทเด็นทัล วิชั่น จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อ วัสดุ Targis Dentin บริษัท ยูนิตี้เด็นทัล จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อ วัสดุเรซิน ซีเมนต์ Variolink II ทั้งชุด และบริษัท 3 เอ็ม/เอสเป้ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อ วัสดุ Z 250 รวมถึง อาจารย์ ไพพวรรณ วิทยานนท์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

ธีรชัย ลิ้มปิลาวังษ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	8
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	8
สมมุติฐานของงานวิจัย.....	9
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
การออกแบบการวิจัย.....	9
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
อะคริลิก เรซิน.....	10
วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต.....	11
วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ.....	15
การเพิ่มการบ่มตัว.....	16
อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน.....	18
การปรับปรุงพื้นผิว.....	20
สารซีเลน.....	23
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง.....	30
ขั้นตอนการปรับปรุงพื้นผิวในรูปแบบต่างๆ.....	35

ขั้นตอนการซ่อมแซมด้วยวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต.....	36
ขั้นตอนการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน.....	40
ขั้นตอนการบ่มด้วยความร้อน.....	43
ขั้นตอนการทดสอบทางสถิติ.....	47
4. ผลการทดลอง.....	48
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	59
วิจารณ์วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	59
วิจารณ์ผลการทดลอง ตอนที่ 1.....	61
วิจารณ์ผลการทดลอง ตอนที่ 2.....	65
สรุปผลการวิจัย.....	67
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก.....	74
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	93

สารบัญตาราง

ณ

หน้า

ตารางที่ 1	แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเคื่อนระหว่างเซโรเมอร์กับ เรซิน คอมโพสิต แยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว.....	48
ตารางที่ 2	สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกี๋ ตอนที่ 1.....	51
ตารางที่ 3	สรุปผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ตอนที่ 1.....	51
ตารางที่ 4	แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเคื่อนระหว่างเซโรเมอร์กับ เรซิน คอมโพสิต Z 250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน.....	54
ตารางที่ 5	สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกี๋ ตอนที่ 2.....	55
ตารางที่ 6	สรุปผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ตอนที่ 2.....	56



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1	แสดงโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ของปีส-จีเอ็มเอ.....	14
รูปที่ 2	สารซีเอนถูกไฮโดรไลต์ และเกิดหมู่ไซลานอล ในรูปนี้ แสดง สารซีเอนชนิด Methacryloxypropyltrimethoxy(MPS) ถูกไฮโดรไลต์และให้เมทานอล.....	25
รูปที่ 3	สารซีเอนชนิด Methacryloxypropyltrimethoxy(MPS) สร้างพันธะไฮโดรเจน โดยให้หมู่ไซลานอล.....	25
รูปที่ 4	พันธะไฮโดรเจนจะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน เกิดเป็นพันธะไซลออกเซน โควาเลนต์.....	26
รูปที่ 5	แสดงดิสก์โลหะทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร.....	31
รูปที่ 6	ก. และ ข. แสดงแบบหล่อที่ทำจากยางซิลิโคน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร.....	31
รูปที่ 7	แสดงTargis Dentin 410 05/S4	32
รูปที่ 8	แสดง Targis Quick.....	32
รูปที่ 9	แสดงTargis Power Unit.....	32
รูปที่ 10	แสดงแบบขึ้นงานตัวอย่างรูปดิสก์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร	32
รูปที่ 11	แสดงเครื่องสั่นอัลตราโซนิค.....	33
รูปที่ 12	แสดงตุ้มอุดหนุมิ.....	33
รูปที่ 13	แสดงเทปกาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร.....	33
รูปที่ 14	แสดงพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 25 มิลลิเมตร..	34
รูปที่ 15	แสดงอะคริลิก เรซินชนิดที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี Tokuso.....	34
รูปที่ 16	แสดงขึ้นงาน Targis Dentin ที่ยึดอยู่กึ่งกลางบนท่อ พีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร และมีผิวหน้าเรียบเสมอขอบท่อพีวีซีและอะคริลิก เรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี.....	34
รูปที่ 17	แสดงผงอะลูมินัม ออกไซด์ขนาดอนุภาค50ไมครอน.....	37
รูปที่ 18	แสดงเครื่องเป่าทรายเพ้นบลาสเตอร์.....	37
รูปที่ 19	แสดงกรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก Total Etch	37
รูปที่ 20	แสดงสารซีเอน Monobond-S.....	37
รูปที่ 21	แสดงสารยึัด Heliobond.....	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 22	แสดง Z 250.....	38
รูปที่ 23	แสดง Tetric Ceram.....	38
รูปที่ 24	แสดง แบบทรงกระบอกซิลิโคนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 5 มิลลิเมตร และสูง 4 มิลลิเมตร.....	38
รูปที่ 25	แสดง เครื่องฉายแสง Translux EC.....	38
รูปที่ 26	แสดง Targis ที่ ยึดเสร็จแล้ว.....	39
รูปที่ 27 ก.	แสดง เครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์.....	41
รูปที่ 27 ข.	แสดง ชิ้นงานขณะถูกทดสอบโดยเครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์.....	41
รูปที่ 28	แสดง กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ.....	42
รูปที่ 29 ก. และ ข.	แสดงการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนจากหลอดไฟอินฟราเรด 375 วัตต์.....	43
รูปที่ 30	แสดงกราฟค่ามาตรฐานของพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนรูปมาเป็นพลังงาน ความร้อนจากหลอดไฟอินฟราเรด 375 วัตต์.....	44
รูปที่ 31	แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 41 ° C.....	45
รูปที่ 32	แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 46 ° C.....	45
รูปที่ 33	แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 60 ° C.....	45
รูปที่ 34	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเค้นระหว่างเซโรเมอริกกับ เรซิน คอมโพสิต แยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว.....	49
รูปที่ 35	กราฟแสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักระหว่างเซโรเมอริกกับ เรซิน คอมโพสิต แยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว.....	52
รูปที่ 36	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเค้นระหว่างเซโรเมอริกกับ เรซิน คอมโพสิต Z 250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน.....	54
รูปที่ 37	กราฟแสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักระหว่างเซโรเมอริกกับ เรซิน คอมโพสิต Z 250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน.....	56
รูปที่ 38 ก. ข. และ ค.	แสดงรูปแบบการแตกแบบแตกภายในวัสดุ Targis.....	57
รูปที่ 39 ก. และ ข.	แสดงรูปแบบการแตกแบบผสม.....	58
รูปที่ 40	แสดงรูปแบบการแตกระหว่างรอยต่อของสารยึดกับวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต หรือสารยึดกับ Targis.....	58

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและความสำคัญของการติดต่อสื่อสาร ทำให้เกิดความสนใจเกี่ยวกับการรับรู้ในเรื่องความสวยงามทั้งผู้ป่วยและทันตแพทย์ ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับความสวยงามนั้นรวมไปถึงสุขภาพและความสมดุลย์ของร่างกาย ความสวยงามและความกลมกลืน โดยจุดประสงค์หลักของทันตกรรมที่เกี่ยวกับความสวยงาม (Esthetic Dentistry) คือการสร้างวัสดุบูรณะฟันที่มีความสวยงาม แลดูเป็นธรรมชาติ สามารถคงหน้าที่และบูรณะรูปร่างของฟันได้ดั้งเดิมโดยไม่ต้องอาศัยโลหะเช่น ทอง หรือ อมัลกัม ผู้ป่วยส่วนใหญ่ขอการรักษาแบบอนุรักษ์ที่ให้ความสวยงาม โดยที่ทั้งสองส่วนดังกล่าวจะต้องมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) ความคงทน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและปลอดภัย (Neumann และคณะ, 1989)

ถึงแม้ว่าในช่วงเวลานี้ยังไม่มีวัสดุชนิดใดชนิดหนึ่งที่สามารถใช้งานได้ในทุกสถานการณ์ทางคลินิก สำหรับวัสดุบูรณะฟันในอุดมคติเป็นที่ตกลงกันโดยทั่วไปว่าควรจะมีคุณสมบัติดังนี้ ทำให้มีการเตรียมโพรงฟัน (cavity) อย่างอนุรักษ์นิยมที่สุด สามารถบูรณะรูปร่างให้กลับคืนสภาพดั้งเดิมได้อย่างเหมาะสมและมีความต้านทานทางกลที่สามารถรับแรงจากการใช้งานได้ มีความแนบทั้งด้านนอกและด้านในของวัสดุบูรณะเพื่อเป็นการป้องกันการรั่วและความเปราะ อันตรายต่อเนื้อเยื่อประสาทฟันภายหลังจากการบูรณะฟันไปเรียบร้อยแล้ว มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อที่ถูกรบูรณะและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน (Blank, 2000)

จากเหตุผลข้างต้นนี้ จึงทำให้มีการพัฒนาและปรับปรุงวัสดุทางด้านทันตวัสดุศาสตร์ในด้านของวัสดุบูรณะทางทันตกรรมให้มีสี ความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ และเทคนิคสำหรับการยึดติดกับโครงสร้างฟัน ทำให้ทันตแพทย์สามารถเลือกทางในการรักษาที่เป็นการอนุรักษ์และให้ความสวยงามได้ควบคู่กันไป โดยในส่วนของวัสดุบูรณะทางทันตกรรมที่มีสีเหมือนฟันธรรมชาติถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นในการแทนที่ส่วนโครงสร้างของฟันที่สูญเสียไป ช่วยในการตกแต่งรูปร่างและเพิ่มความสวยงามให้แก่ฟันธรรมชาติ (Craig, 2002) โดยวัสดุในกลุ่มนี้ที่มีการใช้กันมาอย่างสม่ำเสมอและแพร่หลายอยู่ในปัจจุบันคือ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต (resin composite) และพอร์ซเลน (dental porcelain)

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต เป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีหลายสีให้เลือก ทำให้สามารถบูรณะฟันให้ได้ความสวยงามใกล้เคียงฟันธรรมชาติ มีองค์ประกอบส่วนของ เมทริกยูดีเอ็มเอ (UDMA) หรือ เมทริกบีส – จีเอ็มเอ (bis-GMA) และวัสดุอัดแทรก ซึ่งภายหลังจากกระตุ้นปฏิกิริยาโดยแสง ความร้อน หรือสารเคมี ทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (polymerization reaction) เป็นผลให้วัสดุแข็งตัว เป็นรูปร่างตามที่ต้องการ ข้อดีก็คือ สามารถบูรณะโครงสร้างของฟันธรรมชาติได้โดยตรงภายในช่องปาก และสะดวกรวดเร็วเนื่องจากสามารถขัดแต่งได้ทันทีหลังจากวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตแข็งตัว นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการนำความร้อนและไฟฟ้าต่ำ จึงไม่ทำให้เกิดอาการเสียวฟันหรือมีผลกับเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก แต่วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตก็มีข้อด้อยเช่นกันคือ การเกิดพันธะกับโครงสร้างฟันเป็นแบบการยึดติดทางจุลภาค (micromechanical retention) ที่ต้องอาศัยการปรับสภาพผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยกรด (etching) ร่วมกับการใช้สารยึดเนื้อฟัน (dentin bonding agent) โดยไม่มีการเกิดพันธะเคมี นอกจากนี้คุณภาพของการเกิดพันธะยังเป็นสิ่งที่ทำนายผลไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคและความชำนาญของทันตแพทย์แต่ละคน โดยปกติแล้วเมื่อฉายแสงลงบนวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่แข็งตัวก่อน ประกอบกับที่บริเวณของผิวเคลือบฟันที่ผ่านการปรับสภาพจะมีประสิทธิภาพของการยึดติดที่สูงกว่าชั้นของเนื้อฟัน เป็นผลให้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตมีการหดตัวและแยกตัวจากพื้นส่วนล่างของโพรงฟัน (cavity floor) เสมือนว่า วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตหดตัวเข้าหาแสง แต่ถ้าการยึดติดเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ทั้งบริเวณผิวเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต จะไม่ยกตัวขึ้นจากพื้นส่วนล่างของโพรงฟัน ดังนั้นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตไม่ได้หดตัวเข้าหาแสง แต่จะหดตัวเข้าหาส่วนที่มีการยึดติดที่ดี เพราะฉะนั้นสิ่งที่สำคัญในการบูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตก็คือการส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันอย่างสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับการบูรณะด้วยการอุดโดยตรง ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาการแข็งตัวมักจะต่ำกว่าร้อยละ 75 ปฏิกิริยาการแข็งตัวที่สมบูรณ์ทำให้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตมีคุณสมบัติที่ดีทั้งทางด้านกายภาพ เช่น การละลายน้ำ ดูดซับน้ำ ทางด้านความแข็งแรงทางกลและทางชีวภาพ คือ การลดความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ (ตันซีไพโรจน์ , 2001)

แต่ถึงแม้ว่าวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตจะถูกปรับปรุงให้มีคุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้นจนสามารถต้านทานการสึกกร่อนได้ในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะบูรณะฟันที่สูญเสียโครงสร้างฟันไปมากหรือบริเวณที่เป็นจุดรับแรงได้ จึงยังมีข้อจำกัดของการใช้งานอยู่เพียงแค่ฟันหน้าที่ยังมีโครงสร้างของฟันเหลืออยู่มากพอสมควรและฟันหลังที่เป็นโพรงฟันแบบที่หนึ่งและแบบที่สองขนาดเล็ก (small cavity class I and II) ที่ไม่โดนจุดสบ (Blank , 2000) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องวัสดุชนิดอื่นที่สามารถทดแทนข้อด้อยของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่มีความ

สวยงามและมีสีใกล้เคียงฟันธรรมชาติเช่นเดียวกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต แต่มีความแข็งแรงมากกว่า สามารถรองรับแรงจากการบดเคี้ยวได้ดีกว่า และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับที่กล่าวมาข้างต้นก็คือ พอร์ซเลน

พอร์ซเลน เป็นวัสดุบูรณะฟันที่ใช้เพื่อความสวยงามที่รู้จักกันดีว่ามีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อภายในช่องปาก มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี เช่น มีความแข็งแรงและความต้านทานต่อการสึกกร่อน (wear resistance) มีเสถียรภาพของสี (color stability) และมีความสวยงามสามารถทำสีและความโปร่งแสงได้หลายระดับเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดและข้อด้อยบางประการคือ เป็นวัสดุที่มีความเปราะ และง่ายต่อการเกิดการเติบโตของรอยแตกเล็กๆ ที่เกิดจากร่องหรือรอยตำหนิบริเวณพื้นผิว (crack propagation) และทำให้ฟันคู่สบที่เป็นฟันธรรมชาติเกิดการสึกกร่อน เมื่อใช้ร่วมกับโลหะวัสดุทั้งสองชนิดควรมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (coefficients of thermal expansion) ใกล้เคียงกัน และจุดหลอมเหลวของโลหะควรมีค่าสูงกว่าพอร์ซเลน (Barzilay และคณะ, 1988) และปัญหาที่สำคัญคือ พอร์ซเลนเป็นวัสดุที่ไม่สามารถทำการซ่อมแซมภายในช่องปากได้อย่างมีประสิทธิภาพ การขัดให้เรียบโดยตรงภายในช่องปากทำได้ยาก และมีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต (Blank, 2000) เพื่อเป็นการที่จะเอาชนะข้อด้อยต่างๆของพอร์ซเลน จึงได้มีการพัฒนาเรซินตัวใหม่ ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมี ปริมาณและชนิดของวัสดุอัดแทรก และวิธีการบ่มตัวที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นวัสดุฉาบผิว (veneering material) ที่ทำจากห้องปฏิบัติการ (Berge, 1989) ซึ่งวัสดุประเภทนี้จัดเป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีคุณสมบัติเหนือกว่าวัสดุเดิมที่ใช้งานโดยตรงในช่องปาก

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ทำจากห้องปฏิบัติการ (Second generation laboratory resin composite) เริ่มใช้เมื่อ 20 ปีที่ผ่านมา เป็นผลจากการปรับปรุงและพัฒนาวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต เพื่อนำมาใช้ในทางคลินิกโดยพัฒนาในส่วนของโพลีเมอไรเซชันเทคนิคและเทคโนโลยีของวัสดุอัดแทรก ทำให้มีความต้านทานต่อการสึกกร่อนเพิ่มขึ้น เพิ่มความแข็งแรงในการเกิดพันธะระหว่างเรซินกับโลหะ และมีความสวยงามใกล้เคียงกับพอร์ซเลน ซึ่งสามารถนำมาใช้งาน อินเลย์ (inlay) การฉาบฟัน (veneer) การทำฟันปลอมบางส่วนชนิดติดแน่นที่ปราศจากโลหะ หรือใช้เป็นส่วนฉาบของฟันปลอมบางส่วนชนิดติดแน่น

ข้อดีของวัสดุประเภทนี้คือ ทำให้เกิดการสึกของฟันคู่สบในอัตราที่ต่ำ สามารถตกแต่งรูปร่างและสีจากห้องปฏิบัติการ ทำให้ได้รูปร่างของวัสดุบูรณะที่ถูกต้องตามกายวิภาคของฟันทั้งด้านบดเคี้ยวและด้านประชิดของฟัน ลดระยะเวลาที่ใช้ในคลินิก ลดผลกระทบจากการเกิดการ

หดตัวของวัสดุเนื่องมาจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (polymerization shrinkage) และสามารถซ่อมแซมได้โดยตรงภายในช่องปากโดยการใช่วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ชนิดลูกผสม (hybrid resin composite) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ชนิดลูกผสมที่ใช่วัสดุ โดยตรงภายในช่องปากแล้ว พบว่า วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการมีคุณสมบัติทางกลสูงกว่า เนื่องจากมีปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันค่อนข้างสมบูรณ์ ทำให้มีระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ (degree of conversion) ภายในวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ค่อนข้างใกล้เคียงร้อยละ 100 (Peutzfeldt, 2001) ซึ่งเกิดจากการบ่มตัวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ในสภาวะของบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน ภายใต้ความดัน หรือการใช้ความร้อนในการช่วยเพิ่มการบ่มตัว

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ทำจากห้องปฏิบัติการที่ใช้ในปัจจุบันเป็น วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการรุ่นที่สอง หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เซโรเมอร์ เป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อลดการหดตัวจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ทำให้เพิ่มกำลังแรงดึง และการดัดงอ (tensile and flexural strength) มีความต้านทานต่อการสึกขุดและการแตกหัก และมีเสถียรภาพของสีในตัววัสดุ (Oik, 2000) แต่การบูรณะฟันโดยการใช่วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่า รอยต่อของพื้นผิว (interface) ระหว่างเรซิน ซีเมนต์หรือ เรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก (unfilled resin) กับพื้นผิวที่สามารถเกิดการยึดติดได้ (bondable surface) ของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ อาจจะเป็นจุดอ่อนในการเชื่อมติดกันขณะที่ทำการยึดขึ้นงาน ซึ่งวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการจะมีพื้นผิวที่มีโพลีเมอไรเซชันในระดับที่สูง (high degree of monomer conversion) ร่วมกับการที่ไม่พบชั้นของคอมโพสิต เรซิน ที่ถูกยับยั้งการเกิดโพลีเมอไรเซชันโดยอากาศ (air-inhibited layer) และไม่พบเรดิคัลส่วนปลายที่ไม่ได้ถูกทำปฏิกิริยา (free end radicals) ที่ใช้สำหรับยึดติดกับเรซิน ซีเมนต์ (Bouschlicher และคณะ, 1999 ; Park และ Lee, 1996 ; Peutzfeldt และ Asmussen, 2000 ; Ferracane และ Condon, 1992 ; Bagis และ Rueggeberg, 1997) การศึกษาของ Boyer และคณะ กล่าวว่า กลุ่มเมทาคริเลตที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะมีจำนวนลดลงเมื่อเกิดโพลีเมอไรเซชันของเรซินที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการยึดติดแบบปฐมภูมิจะลดลง และเมื่อพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ถูกกรอตัดจะทำให้วัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ถูกเผยแผ่ (exposed) และจะไม่เกิดการยึดติดแบบปฐมภูมิกับวัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ลักษณะพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการ จึงคล้ายกับการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอายุการใช้งานมานาน (Boyer และคณะ, 1984)

วัสดุที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นวัสดุบูรณะที่ให้ความสวยงามที่ดีเยี่ยม แต่ในการใช้งานก็ต้องมีความระมัดระวังเมื่อมีแรงเค้น (stress) กระทำลงบนวัสดุเหล่านี้ ซึ่งแรงเค้นที่เกิดจากการกระแทกจากอุบัติเหตุ แรงเค้นจากการบดเคี้ยว และแรงเค้นจากการที่วัสดุเหล่านี้เป็นสิ่งที่ขัดขวางแนวนานในฟันตัด (incisal interference) (Denehy และ คณะ ,1998) โดยวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต เมื่อได้รับแรงเค้นที่มากกว่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ (cohesive strength) ของมันเองเป็นผลให้เกิดการแตกหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้โดยเฉพาะวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตจำพวกไมโครฟิล ส่วนพอร์ซเลนถึงแม้ว่าจะสามารถทนต่อแรงเค้นได้มากกว่าวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต แต่ก็สามารถเกิดความเสียหายได้ เช่นในกรณีที่ได้รับแรงเค้นที่เกิดจากการกระแทกจากอุบัติเหตุ การเปลี่ยนวัสดุบูรณะฟันใหม่ทั้งชิ้นจะเป็นผลให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างของฟันเพิ่มขึ้น และอาจทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อประสาทฟันได้ ดังนั้นการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าจะพิจารณาก่อนที่จะทำการเปลี่ยนวัสดุบูรณะฟันใหม่ทั้งชิ้น

เดิมการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันมักจะทำให้วัสดุที่ถูกซ่อมแซมมีความสวยงามลดลง มีอายุการใช้งานต่ำ และมีการติดคราบสีที่ขอบของการซ่อมแซม เป็นผลให้ต้องเปลี่ยนวัสดุบูรณะฟันใหม่ทั้งชิ้นในที่สุด แต่ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางทันตวัสดุศาสตร์ และ วิธีการซ่อมแซมที่ถูกพัฒนาให้ทันสมัย เป็นผลให้การซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันสามารถให้ความสวยงามได้ดีเยี่ยม และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น โดยวิธีที่ใช้ในการซ่อมแซมมีด้วยกัน 3 วิธีด้วยกัน คือ การใช้กรดปรับสภาพพื้นผิว ไมโครเอชชิง (microetching) หรือการเป่าทราย และการเคลือบพื้นผิว เช่น การใช้สารซีเลน (Denehy และ คณะ ,1998) โดยวิธีการที่เป็นที่นิยมในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต คือการเป่าทรายตามด้วยการทาสารซีเลน และสารยึด ท้ายที่สุดจึงบูรณะด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้บูรณะภายในช่องปาก ผลสำเร็จของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตจะต้องทำให้เกิดพันธะในการยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่ทั้งสองชนิดที่มากเพียงพอ โดยผลจากการศึกษาพบว่าค่าของการยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่มีค่าอยู่ในช่วง 2-85 เมกะปาสคาล โดยไม่คำนึงถึงชนิดของการปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุที่จะทำการซ่อมแซม และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ พบว่าค่าของการยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่อยู่ในช่วงร้อยละ 25-75 ของกำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ (Azarbal และคณะ , 1986 ; Boyer และคณะ , 1984 ; Chiba และคณะ , 1989 ; Pounder และคณะ , 1987 ; Puckett และคณะ , 1991)

เนื่องจากค่าของการยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่มีค่าอยู่ในช่วง 2-85 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ภายในช่วงกว้างมาก ทำให้ต้องมีการคิดค้นถึงวิธีในการปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการเพื่อให้เกิดการยึดติดที่มีประสิทธิภาพและมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาประยุกต์ในช่องปากได้ รวมถึงการเพิ่มการบ่มตัวด้วยความร้อนซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ เป็นผลให้เรซิน ซีเมนต์หรือ เรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกยึดติดกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้น ซึ่งน่าจะแก้ปัญหาจากการที่พบว่าชิ้นงานที่ทำจากวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการหรือการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอายุการใช้งานมานานมีกำลังแรงยึดต่ำเมื่อเทียบกับค่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตเรซินที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการเอง

ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการศึกษาค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนของการปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการในรูปแบบต่างๆ 3 ประเภท คือ การเป่าทราย การปรับสภาพพื้นผิวโดยการใช้กรด และการเคลือบพื้นผิว นอกจากนี้ยังสามารถเลือกใช้ชนิดของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้ในการซ่อมแซมได้อย่างเหมาะสม รวมไปถึงการทดสอบว่าการให้ความร้อนภายหลังการทำกรซ่อมแซมจะมีผลในการเพิ่มกำลังแรงยึดหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการประเมินผลของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันคอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการ
2. ศึกษาผลของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการด้วย Tetric Ceram เปรียบเทียบกับ Z 250
3. ศึกษาผลของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการภายหลังจากการบ่มด้วยความร้อน เปรียบเทียบกับผลของกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มที่ไม่ได้บ่มด้วยความร้อน
4. ศึกษาผลของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ภายหลังจากการบ่มด้วยความร้อนในอุณหภูมิที่ใช้บ่มต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ที่ใช้ผลอ้างอิงถึงการทดลองในสิ่งมีชีวิต
2. วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ที่ใช้ในการวิจัย มีเพียง 1 ชนิด คือ Targis ที่ทำการสร้างชิ้นงานโดยบุคคลคนเดียวทุกขั้นตอน
3. เก็บชิ้นงานที่ผ่านขบวนการต่างๆไว้ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
4. ตลอดกระบวนการทดลอง ดำเนินการโดยผู้ทำการทดลอง 1 คน และใช้อุปกรณ์เดียวกันตลอดการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อจำกัดการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงไม่สามารถควบคุมบางปัจจัยให้เหมือนกับในช่องปากได้จริง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น

การศึกษานี้เป็นเพียงการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนของการเชื่อมระหว่างพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้ในการอุดฟันโดยตรงในช่องปาก

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ในการทดลองนี้มีคำที่มักกล่าวถึง ได้แก่

“ สารยึด ” คือ “ bonding agent ”

“ กำลังแรงยึด ” คือ “ bond strength ”

“ กำลังแรงยึดแบบเฉือน ” คือ “ shear bond strength ”

“ กำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ ” คือ “ cohesive strength ”

“ ระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ ” คือ “ degree of conversion ”

“ การเพิ่มการบ่มตัว ” คือ “ additional cure หรือ secondary cure ”

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมุติฐานของงานวิจัย

1. การปรับปรุงพื้นผิวในรูปแบบต่างๆ ให้ผลของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันคอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกัน
2. กำลังแรงยึดแบบเฉือนของการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการด้วย Tetric Ceram เปรียบเทียบกับ Z 250 ไม่แตกต่างกัน
3. กำลังแรงยึดแบบเฉือนของการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการภายหลังจากการบ่มด้วยความร้อน เปรียบเทียบกับผลของกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มที่ไม่ได้บ่มด้วยความร้อนไม่แตกต่างกัน
4. กำลังแรงยึดแบบเฉือนของการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ภายหลังจากการบ่มด้วยความร้อนด้วยอุณหภูมิที่ใช้บ่มต่างกัน ไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกใช้การปรับปรุงพื้นผิวในรูปแบบต่างๆ ได้ถูกต้องก่อนที่จะทำการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันคอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการ
2. สามารถเลือกใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้ในการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันด้วยคอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการได้เหมาะสม
3. กำลังแรงยึดแบบเฉือนของการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลของการเชื่อมแซมวัสดุบูรณะฟันด้วยคอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการเป็นสิ่งที่น่าจะทำนายถึงผลสำเร็จได้ รวมไปถึงการเชื่อมแซมชิ้นงานของพอร์ซเลนด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตด้วย
4. ทราบถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มตัวด้วยความร้อน เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาเครื่องบ่มตัวด้วยความร้อนข้างแก้อีทำฟันต่อไป

การออกแบบการวิจัย

วิจัยเชิงทดลอง (Experimental research)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อะคริลิก เรซิน

อะคริลิก เรซิน (เมทิล เมทาคริเลต) ได้ถูกแนะนำเข้าสู่วิชาชีพทันตแพทย์ในช่วงกลางทศวรรษที่ 1950 โดย บริษัท Heraeus Kulzer GmbH ประเทศเยอรมันนี้ ได้พัฒนาเรซินที่สามารถขึ้นรูปได้ (moldable-resins) แนวคิดนั้นประกอบด้วยการสร้างอนุภาคละเอียดของโพลีเมอร์ที่สามารถถูกทำให้อ่อนตัวด้วยโมโนเมอร์ที่มีส่วนประกอบเดียวกัน โดยขบวนการนี้ทำให้สามารถนำมาใช้ในทางทันตกรรมได้ด้วยการนำมาขึ้นรูปให้ได้รูปร่างที่ต้องการได้ ทำให้วัสดุชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในงานทันตกรรมบูรณะโดยถูกพัฒนาเป็นวัสดุที่ใช้ในการบูรณะฟัน เนื่องจากอะคริลิก เรซินเป็นวัสดุที่มีความสวยงาม ไม่มีการละลายตัวภายในช่องปาก มีราคาไม่แพง และสามารถใช้งานได้ง่าย อย่างไรก็ตามหลังจากที่มีการแนะนำให้ใช้ พบว่าวัสดุดังกล่าวมีความสวยงามเพียงพอที่จะใช้บูรณะในฟันหน้า แต่ก็มีคุณสมบัติที่เราไม่ต้องการเช่นกัน คือ มีการหดตัวสูงภายหลังจากการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูง ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวทั้งสองมีผลต่อความล้มเหลวในการให้การรักษาดังนั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหา ดังกล่าวจึงได้มีการเติมวัสดุอัดแทรกเพื่อเป็นการลดปริมาตรของอะคริลิก เรซินลง ซึ่งต่อมาพบว่าไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากวัสดุอัดแทรกไม่ได้เกิดการยึดติดกับเรซิน เมทริกโดยพันธะเคมี ทำให้เกิดจุดบกพร่องทางจุลภาคระหว่างวัสดุอัดแทรกกับเรซิน เมทริกซึ่งบริเวณนี้เองที่ทำให้เกิดการ ติดสีเนื่องจากเกิดการรั่วซึม และการที่วัสดุอัดแทรกไม่ได้เกิดการยึดติดกับเรซิน เมทริกโดยพันธะเคมี ทำให้มีการสูญเสียวัสดุอัดแทรกไปโดยง่ายและเป็นผลให้วัสดุมีความต้านทานต่อการสึกต้ำ

ในปี 1955 Michael Buonocore ได้เสนอการใช้กรดปรับสภาพผิวเคลือบฟัน โดยตั้งสมมติฐานจากการใช้งานทางอุตสาหกรรมของการใช้กรดฟอสฟอริกในการเพิ่มการยึดติดของการเคลือบอะคริลิก เรซินบนผิวโลหะ และพบว่าอะคริลิก เรซินสามารถยึดติดกับผิวเคลือบฟันของมนุษย์ จึงได้ทำการทดลองโดยใช้กรดฟอสฟอริก ร้อยละ 85 โดยนำหน้าปรับสภาพผิวเคลือบฟันรอบๆโพรงฟัน เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อให้เกิดการยึดติดทางจุลภาคแก่โพลีเมอร์ (Buonocore , 1955) จนกระทั่ง ในปี 1960 จึงได้เริ่มมีการใช้วัสดุบูรณะฟันที่มีส่วนประกอบพื้นฐานเป็นเรซิน (Resin-based restorative materials) (Buonocore , 1981)

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต

การปรับปรุงของวัสดุบูรณะฟันที่มีส่วนประกอบพื้นฐานเป็นเรซินเริ่มต้นในปี 1960 เมื่อ Rafael Bowen ได้ใช้ อีพอกซี (epoxy) มวลโมเลกุลสูงและอนุพันธ์ของเมทาคริเลตนำมารวมกับ วัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ ซึ่งก่อนหน้านั้นในปี 1956 Bowen ได้ใช้ อีพอกซี คอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน เป็นวัสดุในการทำวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้ผลสำเร็จในการรักษาที่ดีแต่การขึ้นรูปขึ้นงานต้องอาศัยระยะเวลาอันยาวนานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ทำให้ต้องเริ่มมองหาโมโนเมอร์ชนิดใหม่มาใช้แทน การใช้ อีพอกซีมวลโมเลกุลสูงและอนุพันธ์ของเมทาคริเลตนำมารวมกับวัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันโดย ปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) เหมือนกันกับที่เกิดในการบ่มตัวของอะคริลิก เรซินชนิดที่บ่มตัวด้วยตนเอง

การใช้โมโนเมอร์ที่มีหมู่ทำปฏิกิริยา 2 หมู่ คือ บิสฟินอล ไกลซิดีล เมทาคริเลต หรือ บิส-จีเอ็มเอ หรือ โบเวน เรซิน (Bowen resin) ร่วมกับวัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ กลายเป็นวัสดุใหม่ที่มีชื่อทางการค้าว่า “ คอมโพสิต ” โดยการใช้งานในสมัยแรกๆเป็นแบบ เพสต์ (paste) กับของเหลว ซึ่งถูกพัฒนาโดย Robert Chang ในปี 1969 และ Henry Lee ในปี 1970 (Rueggeberg , 2002) สูตรของ Lee ได้ถูกใช้ในทางการค้าและรู้จักกันในชื่อของ Adaptic (Johnson and Johnson , New Brunswick , N.J.) เป็นสูตรเพสต์กับเพสต์ ส่วนของโมโนเมอร์นั้นไม่ได้ประกอบด้วย บิส-จีเอ็มเอ เพียงอย่างเดียว เพราะว่า บิส-จีเอ็มเอ มีความหนืดมากเนื่องจากมี 2 หมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งสามารถที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากเป็นผลให้วัสดุมีความหนืดเพื่อเป็นการแก้ปัญหาจึงได้มีการเติมโมโนเมอร์ที่มีความหนืดที่น้อยกว่า ซึ่งก็คือ ไตรเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทาคริเลต (TEGDMA) ทำให้เกิดเรซินของเหลว (fluid resin) และยังสามารถเติมวัสดุอุดแทรกลงไปได้มากอีกด้วย นอกจากนี้ยังได้มีการเติมโมเลกุลของยูรีเทน ในโมเลกุลของไดเมทาคริเลต เป็นผลให้เกิดการต้านพลังงานแตกหัก (toughness) และมีความสามารถในการคืนตัว (flexibility)

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ชนิดบ่มตัวด้วยแสงที่นำออกขายรุ่นแรก เป็นเมทาคริเลตที่มีโมเลกุลของยูรีเทนร่วม

คำว่า “ คอมโพสิต ” เป็นคำเรียกทั่วไป ซึ่งใช้เรียกวัสดุบูรณะฟันที่คุณสมบัติที่เฉพาะตัวซึ่งสามารถแบ่งตามขนาดของวัสดุอุดแทรกได้ดังนี้ (Belvedere , 2001)

1) วัสดุอุดแทรกที่มีขนาดใหญ่ เช่น แก้ว หรือ ควอทซ์ (quartz) ซึ่งรู้จักในชื่อ อนุภาคแมคโครฟิล (macrofill) ตัวอย่างของอนุภาคแก้ว เช่น แก้วตะกั่ว แก้วอลูมินา และ แก้วแบเรียม

แต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางกายภาพและความที่รังสีที่แตกต่างกัน อนุภาคแมคโครฟิลมีขนาดอนุภาค 5 ถึง 60 ไมครอน หรือ 0.005 ถึง 0.06 มิลลิเมตร

วัสดุในกลุ่มนี้มีข้อด้อยคือ มีอัตราการสึกัด (abrasive wear) สูง เนื่องจากการสูญเสียอนุภาคของวัสดุอัดแทรกที่มีขนาดใหญ่จากพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ผลที่เกิดขึ้นตามมาก็คือวัสดุจะมีผิวหน้าขรุขระ และขัดให้เรียบยาก

ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้คือ Alert , Solitaire

2) ไมโครฟิล (microfill) ในปี 1976 Ivoclar/Vivadent (Schaan , Liechtenstein) ได้แนะนำวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่สามารถขัดแต่งให้สวยงามได้ง่ายโดยใช้ฟลูม ซิลิกา (fumed silica) ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุด (ฟลูม ซิลิกา คือการนำซิลิกาไปเผาในเปลวไฟ ความร้อนจะทำให้เกิดรูปร่างทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.004 ไมครอน หรือ 1 ใน 10 ของความยาวคลื่นของแสงขาว (Ferracane , 2001)) ผลจากการใช้วัสดุอัดแทรกที่มีความละเอียดมาก (ultrafine particles) ทำให้โครงสร้างพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตไม่มีส่วนของวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากพื้นผิว

แต่ก็ยังพบปัญหาจากการแต่งวัสดุ (handling properties) ของไมโครฟิล ซึ่งมีลักษณะคล้ายคาราเมลแข็งทำให้แต่งรูปร่างยาก และไม่คงรูปก่อนบ่มตัวด้วยแสง ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการใช้งาน ซึ่งต่อมาได้มีการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคพิเศษในการเพิ่มปริมาณของวัสดุอัดแทรกและในขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มคุณสมบัติของกำลังความแข็งแรง (strength) และความแข็งตึง (stiffness) โดยการใช้วัสดุอัดแทรกพรีโพลีเมอร์เรซิน (prepolymerized resin filler) เติมลงในเรซิน เมทริก (วัสดุอัดแทรกพรีโพลีเมอร์เรซิน คือการเติมวัสดุอัดแทรกไมโครฟิลจำนวนมากลงใน เรซิน เมทริกที่เจือจางและทำให้แข็งโดยใช้ความร้อนภายในเตาอบ) ซึ่งการเพิ่มความเข้มข้นของวัสดุอัดแทรกและกำลังความแข็งแรงของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต เป็นผลให้สามารถแต่งรูปร่างได้ง่าย และสามารถคงรูปได้ก่อนบ่มตัวด้วยแสง ส่วนการเติม ยูรีเทน เมทาคริเลตก็เพื่อ ลดการแตกหักง่ายของไมโครฟิล และทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น (Ferracane , 2001)

ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้คือ Durafill VS , Filtek A110 , Renamel Microfill

3) ลูกผสม (Hybrid) เป็นวัสดุที่รวมทั้งความสวยงามและความแข็งแรงทนทาน มีส่วนประกอบของวัสดุอัดแทรกโดยน้ำหนักของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตร้อยละ 70-80 ซึ่งวัสดุอัด-แทรกที่ใช้เป็นแก้ว (เช่น แก้วโบโรซิลิเกต ลิเทียมหรือแบเรียม อะลูมิเนียม ซิลิเกต และแก้วสังกะสีหรือแก้วสตรอนเทียม) หรือควอตซ์ที่มีขนาดอนุภาคเท่าๆกันร่วมกับอนุภาคของไมโครฟิล การที่มีวัสดุอัดแทรกในปริมาณที่สูงเป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนมี

ค่าที่ต่ำลง ทำให้วัสดุมีแรงเค้นน้อยที่สุดที่ขอบของวัสดุ และเกิดรอยร้าวจุลภาคน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับไมโครฟิล วัสดุในกลุ่มนี้ยังสามารถแบ่งได้อีกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- มินิฟิล (minifill) มีขนาดของวัสดุอัดแทรกที่ใหญ่ที่สุด 1-2 ไมครอน

ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้คือ TPH , Prisma

- มิดิฟิล (midifill) ได้แก่ ลูกผสมที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ โดยมีขนาดของวัสดุอัดแทรกเฉลี่ย 3-8 ไมครอน

ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้คือ Herculite HRV , Charisma , Tetric Ceram , Z 250

นอกจากนี้ Albers และคณะ (2001) ได้แบ่ง วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต เพิ่มอีก 1 กลุ่ม คือ ซับไมครอน ไฮบริด (submicron hybrid) โดยมีขนาดของวัสดุอัดแทรกเฉลี่ยน้อยกว่า 1 ไมครอน

ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้คือ Point 4 , Vitalescence , Esthet X , Miris

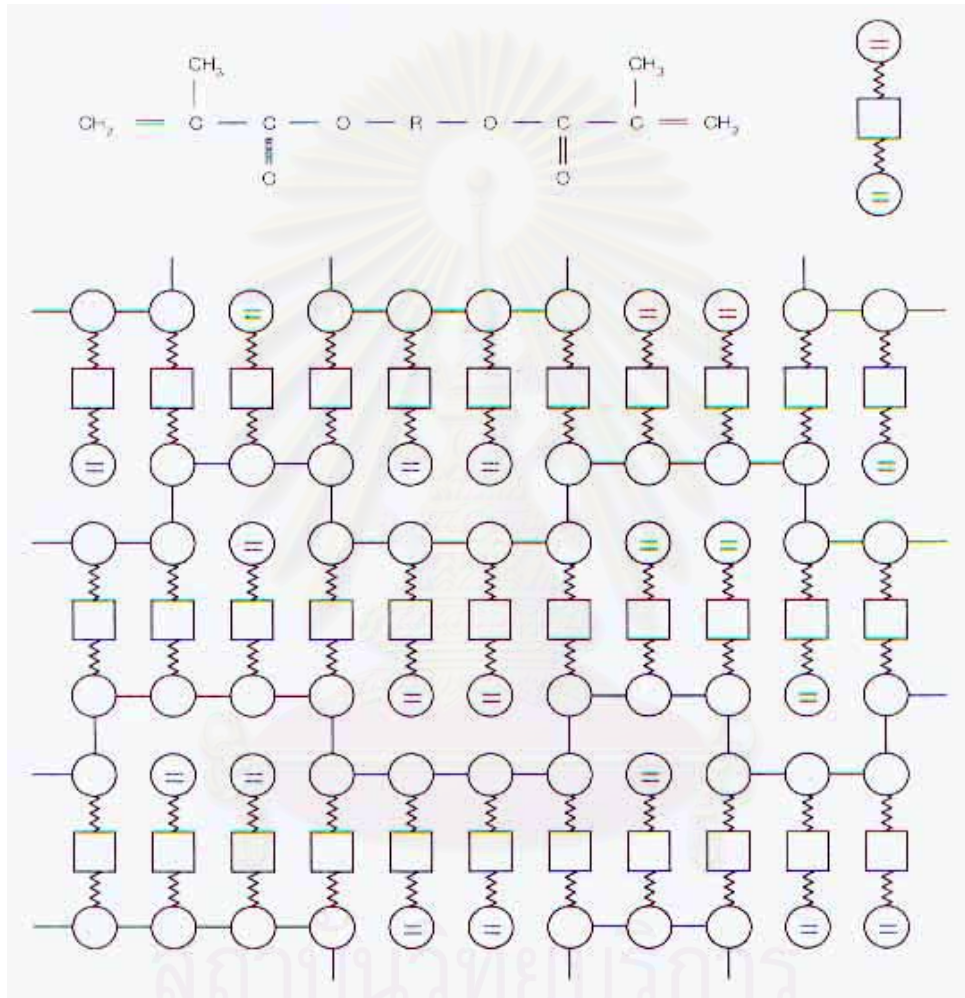
วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันเป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ชนิดที่บ่มตัวด้วยแสง ชนิด 1 หลอด ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

- ส่วนของเรซินซึ่งเป็น ไดเมทาคริเลต โมโนเมอร์ ที่ไม่ชอบน้ำ (เช่น bis-GMA, UDMA และ TEGDMA) และตัวเริ่มปฏิกิริยา (initiator system)
- วัสดุอัดแทรกอนินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วย แก้ว คิวบิก และ ซิลิกาที่หลอมตัว (fused silica)

- สารซีเลน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีระหว่างวัสดุอัดแทรกกับเรซิน เมทริก ในส่วนของตัวเริ่มปฏิกิริยาของ เรซิน คอมโพสิต ประกอบด้วย ไดคีโตน (diketone) และเอมีน (amine) โดย แคมโฟโรควิโนน (camphoroquinone) ที่นิยมใช้คือ ไดคีโตน เมื่อฉายแสงสีฟ้าจะทำให้แคมโฟโรควิโนนดูดซับแสงและสลายตัวให้อนุมูลอิสระทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันซึ่งจะทำให้เกิดการสร้างโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ (cross-linked three dimensional network) ดังรูปที่ 1 เมื่อปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันดำเนินต่อไป อัตราการแพร่ (diffusion rate) ของอนุมูลอิสระและโมเลกุลของไดเมทาคริเลตที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ไม่เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันในส่วนของพันธะคู่ของเมทาคริเลตอย่างสมบูรณ์ พบว่ามีกลุ่มของเมทาคริเลตที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาประมาณร้อยละ 25-50 ภายในโพลีเมอร์หลังจากเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (Ruyter และ Svendsen , 1978 ; Van Kerckhoven และคณะ , 1982)

ต่อมาในต้นทศวรรษที่ 1980 Mormann และ Touati และคณะ เป็นกลุ่มแรกที่นำวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตมาใช้ทำอินเลย์และออนเลย์ที่ทำจากห้องปฏิบัติการ (indirect inlays and onlays) และภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันได้เริ่มมีการใช้ สารยึดเนื้อฟัน สก็อตบอนด์

(Scotchbond 3M dental products) ในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นการเริ่มการบูรณะฟันหลังด้วยวัสดุที่ทำจากห้องปฏิบัติการเพื่อให้เกิดความสวยงาม ต่อมากลางทศวรรษที่ 1980 Touati และ Pissis ได้พัฒนาแนวคิดของการใช้โลหะร่วมกับคอมโพสิตในการทำ อินเลย์ และสะพานฟัน โดยการใช้เทคนิคซิลิโคตติ้ง (silicoating technique) เพื่อเพิ่มกำลังแรงยึดระหว่างโพลีเมอร์และโลหะ (Blank , 2000)



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ของปีส-จีเอ็มเอ

(จาก Adhesion The Silent Revolution in Dentistry Quintessence Publishing Co, Inc , 2000)

ภายในช่วงเวลาเดียวกันการทำ ฉาบฟันเซรามิก ก็เป็นที่นิยมเช่นกันและมีการนำเซรามิก มาใช้ทำอินเลย์และออนเลย์ ทำให้ทันตแพทย์เริ่มหันมา สนใจเซรามิกเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการ บำรุงฟัน เนื่องจากมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ มีความสวยงาม สามารถใช้กรัดกัดได้ มีความ- ต้านทานต่อการสึกและสามารถทำให้เกิดการยึดติดกับโครงสร้างของฟันได้

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ

ปัจจุบันวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ได้ถูกนำมาใช้บูรณะฟันหลังเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าการใช้งานมีข้อดีน้อยกว่าการใช้วัสดุบูรณะฟันคอมโพสิต เรซินที่ทำขึ้นจาก ห้องปฏิบัติการ (Scheibenbogen-Fuchsbrunnerและคณะ ,1999 ; Xu ,1999) ลักษณะที่ ดีกว่าของการใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นจากห้องปฏิบัติการคือ ได้รูปร่างที่ถูกต้อง ตามกายวิภาคของฟันที่นั้นมากกว่า ได้บริเวณสัมผัสกับฟันข้างเคียงที่เหมาะสม และมีขอบของ วัสดุกับฟันที่แนบสนิทดีกว่า

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ สามารถแบ่งได้ 2 รุ่น คือ

1. วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตรุ่นแรก (First generation resin composite) เป็น ไมโครฟิลคอมโพสิต เรซิน พบว่ามีอัตราการเกิดความล้มเหลวค่อนข้างสูงเพราะว่า มีค่ากำลัง การดึงดัดต่ำ (60-80 เมกะปาสคาล) มอดุลัสยืดหยุ่นต่ำ (2000-3500 เมกะปาสคาล) มีความ ต้านทานต่อสึกขัดถูต่ำ มีวัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ในสัดส่วนที่ต่ำและมีเรซินในสัดส่วนที่สูง ทำให้ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตยุคแรกเปราะและแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ไม่มีเสถียรภาพของสี และมีการ สึกบนด้านบดเคี้ยว (Ameye และLambrechts ,1981)

2. วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ รุ่นที่สอง ออกสู่ท้องตลาด เพื่อที่จะเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งนอกจากการใช้พอร์ซเลน วัสดุชนิดนี้มีค่ากำลังการดึงดัด อยู่ ในช่วง 120-160 เมกะปาสคาล มีวัสดุอุดแทรกอนินทรีย์เป็นร้อยละต่อปริมาตรค่อนข้างสูง (วัสดุ อุดแทรกอนินทรีย์ร้อยละ 66 และ เรซิน เมทริก ร้อยละ 33) พบว่ามีการหลุดจากปฏิกิริยาโพลี เมอไรเซชันน้อยกว่า สามารถยึดติดกับโครงโลหะของครอบฟันและสะพานฟันได้ดี และมีความ ต้านทานต่อการสึกได้ใกล้เคียงกับผิวเคลือบฟัน (Trushkowsky,1997)

รายชื่อทางการค้าของคอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการ รุ่นที่สองที่พบในท้องตลาด เช่น Conquest (JenericPentron,Wallingford,Connecticut), Artglass (Heraeus Kulzer Gmbh, Hamburg ,Germany), Colombus (Cendres and Metaux,Paris,France), Targis (Ivoclar-Vivadent,Amherst,New York) และ Belleglass HP (Belle de Saint Claire Kerr,Orange,California)

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ รุ่นที่สอง สามารถทำได้ทั้ง อินเลย์ ออนเลย์ ฉาบฟัน ครอบฟันหน้า (jacket crown) วัสดุบูรณะฟันสำหรับรากเทียมในกรณีที่ต้องรับแรงมากๆ และสามารถซ่อมแซมภายในช่องปากได้โดยตรง สามารถปรับแต่งบริเวณพื้นผิวด้านเนื้อเยื่อของฟันเขวนได้ในกรณีที่ทำเป็นฟันเขวนรูปไข่หลังจากถอนฟันไป ลดแรงเค้นจากการบดเคี้ยว (occlusal stress) ในรายที่นอนกัดฟัน เพราะว่าวัสดุสามารถดูดซับแรงเครียดได้ (Bartsch, 2000)

วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ รุ่นที่สอง เป็นคอมโพสิต เรซินชนิดไมโครไฮบริด (เซโรเมอร์) ที่มีวัสดุอัดแทรกเป็นเซรามิกในปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตรุ่นแรกที่เป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดไมโครฟิล วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตรุ่นแรกจะมีปริมาณเรซินที่มากกว่าคือ เรซิน เมทริกซ์ร้อยละ 66 และวัสดุอัดแทรกอนินทรีย์ร้อยละ 33 ในส่วนของวัสดุอัดแทรกอนินทรีย์วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตรุ่นแรกก็มีความแตกต่างจากวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการรุ่นที่สอง ในด้านของรูปร่างของวัสดุอัดแทรกอนินทรีย์ (คือเป็นรูปร่างยาว ในขณะที่วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตรุ่นแรกมีรูปร่างกลม) ขนาด (วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการรุ่นที่สองมีขนาดใหญ่กว่าคือ 1-5 ไมครอน) และส่วนประกอบวัสดุอัดแทรก (วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำจากห้องปฏิบัติการ รุ่นที่สอง ส่วนใหญ่เป็นแก้วซิลิกา แบบเรียม และเซรามิก)

การเพิ่มการบ่มตัว

จากปัญหาทางคลินิกของการใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตทำให้มีการพัฒนาอินเลย์ และออนเลย์ที่ทำจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งทำขึ้นจากแบบหล่อแทนที่จะทำโดยตรงภายในช่องปาก แต่อย่างไรก็ตามขบวนการที่ทำจากห้องปฏิบัติการก็ยังไม่สามารถที่จะทำให้ค่าความต้านทานต่อการสึกเพิ่มขึ้นได้ จากการศึกษาของ Wendt (1987) แสดงให้เห็นว่าการบ่มวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตด้วยความร้อนหลังจากการบ่มด้วยแสงจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การบ่มตัวด้วยความร้อนเวลา 5 นาที หลังจากการบ่มด้วยแสงที่อุณหภูมิ 123 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความแข็งและความต้านทานต่อการสึกได้มากถึง ร้อยละ 60-70

ผลของการเพิ่มการบ่มตัว Peutzfeldt (2001) ได้ ศึกษาถึงผลของการเพิ่มการบ่มตัวหรือการบ่มตัวครั้งที่ 2 (additional or secondary cure) ต่อคุณสมบัติของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต โดยแสดงถึงร้อยละของระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 6-44 แตกต่างกันตามการศึกษาที่ต่างกัน โดยระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ที่เพิ่มขึ้นมีความหมายถึง

โมเลกุลของไดเมทาคริเลตแพร่และทำปฏิกิริยาภายในโพลีเมอร์ที่เป็นของแข็งได้ และ มีความสามารถในการคืนตัว (flexibility) ของสายโซ่โมเลกุลสูงภายในโครงตาข่ายโพลีเมอร์ เกิดจากการที่เพิ่มอุณหภูมิ เพิ่มการเคลื่อนไหวและทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาของกลุ่มของเมทาคริเลตที่หลงเหลืออยู่

ในกรณีที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ของไดเมทาคริเลตสูง หลังจากการบ่มตัวด้วยแสงในครั้งแรก ทำให้โอกาสที่พันธะคู่ที่เหลืออยู่จะพบกันและทำปฏิกิริยากันมีน้อยในระหว่างทำการเพิ่มการบ่มตัว (Peutzfeldt , 2001) และจากการศึกษาของ Bagis และ Rueggeberg (1997) เน้นถึงความสำคัญของอุณหภูมิที่ใช้ในการเพิ่มการบ่มตัวว่ามีอิทธิพลต่อระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มการบ่มตัว และจากการศึกษาของ Peutzfeldt และ Asmussen (2000) พบว่า ความสำคัญของอุณหภูมิที่ใช้ในการเพิ่มการบ่มตัว นอกจากจะมีอิทธิพลต่อ ระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่แล้ว ยังมีผลในการเพิ่มกำลังแรงดึงผ่าศูนย์กลาง (diametral tensile strength) และความแข็งในระดับจุลภาคของวัสดุบูรณะฟันคอมโพสิต เรซินที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bausch และคณะโดยการใช้ความร้อนที่ได้จากหลอดไฟอินฟราเรดที่ให้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (Bausch และคณะ , 1981) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นคุณสมบัติทางกายภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเพิ่มเสถียรภาพสีของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตด้วย เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกลุ่มของ เปอร์ออกไซด์จะทำให้เกิดการสร้างสายโซ่โพลีเมอร์ที่เป็นโครงสร้างตาข่ายแทนที่จะสร้างเป็นสายโซ่โพลีเมอร์ที่เป็นสายยาวเพียงอย่างเดียว ทำให้ตั้งสมมติฐานว่าที่อุณหภูมิที่มากกว่า 37 องศาเซลเซียสขณะบ่มตัว จะส่งเสริมให้มีการสร้างสายโซ่โพลีเมอร์ที่เป็นโครงสร้างตาข่ายร่วมกับมีการใช้กลุ่มของเมทาคริเลตที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยา และการเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่โดยการใช้ความร้อนต่อวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต จะช่วยลดการหดตัวในส่วนของเรซิน ทำให้ได้วัสดุบูรณะฟันที่ดีและยอมรับได้เพราะว่าเป็นการลดการบิดเบี้ยว (distortion) และแรงดึงจากการหดตัว (contraction) เนื่องจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (Venz และ Antonuci , 1985)

รังสีอินฟราเรด เป็นสเปกตรัมหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงของสเปกตรัมถัดจากช่วงของแสงขาวโดยมีช่วงของสเปกตรัมซ้อนทับไมโครเวฟหรือเรดาร์ มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 10^{-3} เมตร ลงไปจนถึง 9.8×10^{-7} เมตร ช่วงความถี่ตั้งแต่ 3×10^{11} เฮิรตซ์ไปจนถึง 4×10^{14} เฮิรตซ์ โดยโมเลกุลหรือวัตถุที่ร้อนจะเป็นต้นกำเนิดของรังสีอินฟราเรด

แต่ก็มีบางงานวิจัยที่ชี้ว่าการเพิ่มการบ่มตัวอาจจะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุเพิ่มขึ้นเพียงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (de Gee และคณะ , 1990 ; Ferracaneและคณะ , 1995) จากข้อมูลการศึกษาทำให้ Peutzfeldt (2001) สรุปได้ว่าการเพิ่มการบ่มตัวให้กับวัสดุบูรณะฟัน

คอมโพสิต เรซินที่ผ่านการบ่มตัวด้วยแสง จะเป็นการเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ของ โมโนเมอร์ แต่ไม่จำเป็นต้องเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน

ในส่วนของอุณหภูมิที่จะเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันนั้นได้มีการศึกษาวิจัย มากมาย Baldissara และคณะพบว่า การเกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันนั้นจะขึ้นกับ ปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายทอดไปสู่เนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ โดยการ ถ่ายทอดปริมาณความร้อนจะถูกกำหนดโดยปัจจัยหลายๆปัจจัย เช่น ความสามารถในการนำ ความร้อนของชิ้นงาน ระยะเวลาของการได้รับความร้อน ลักษณะของฟันผิวที่สัมผัส ความสามารถในการให้ความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อน (Baldissara และคณะ , 1997) Zach และ Cohen พบว่า อุณหภูมิของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันที่เพิ่มขึ้น 5.5 องศาเซลเซียส และ 11.1 องศาเซลเซียส ในลิง Macaca Rhesus เป็นสาเหตุให้เกิดเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันอักเสบที่ ผันกลับ ไม่ได้ ร้อยละ 15 และ 60 ตามลำดับ และพบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ไม่เป็นอันตรายต่อ เนื้อเยื่อ-โพรงประสาทฟันคือ 6.1 องศาเซลเซียส วัดจากบริเวณเหนือรอยต่อระหว่างโพรงประสาท ฟันและชั้นเนื้อฟัน ซึ่งบริเวณนั้นจะมีอุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส (Zach และ Cohen , 1965) โดยที่ Zach และ Cohen และ Pohto และ Scheinin พบว่า เมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อ โพรง-ประสาทฟันสูงเกินกว่า 42.5 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อโพรงประสาท ฟัน (Zach และ Cohen , 1965 ; Pohto และ Scheinin , 1958)

Tjan และคณะ พบว่า การเตรียมฟันแบบครอบฟันทั้งซี่ด้วยหัวกรอความเร็วสูงและมีการ ระบายความร้อนจะทำให้เกิดความร้อนที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 8.8 องศาเซลเซียส ในขณะที่การทำ ครอบฟันชั่วคราวโดยตรงภายในช่องปากด้วย เรซิน เมทิลเมทาคริเลตจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 8.2-19.1 องศาเซลเซียส (Tjan และคณะ , 1989)

Adrain และคณะ Stern และคณะ Taylor และRoeber พบว่าโดยรวมแล้วถ้าอุณหภูมิ ของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 องศาฟาเรนไฮต์ (6 องศาเซลเซียส) จะเป็น สาเหตุให้เกิดเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันอักเสบที่ผันกลับไม่ได้ และที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 20 องศาฟา- เรนไฮต์ (11 องศาเซลเซียส) จะเป็นสาเหตุให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน ซึ่งอุณหภูมิ ที่เพิ่มขึ้นถึงระดับนี้เกิดได้จากการเตรียมฟันที่ไม่มีการระบายความร้อนที่พอเพียง หรือความร้อนที่ เกิดจากการขัดแต่งชิ้นงานที่ยึดกับฟันแล้ว (Adrain และคณะ , 1971 ; Stern และคณะ , 1969 ; Taylor และRoeber , 1965)

ดังนั้นวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต ที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการ จึงได้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อใช้เป็นทางเลือกหนึ่งแทนการบุรณะพื้นโดยวัสดุบุรณะเรซิน คอมโพสิต ซึ่ง Condon และ Ferracane (1997) ได้แนะนำว่าวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการ มีข้อดีก็คือ ลดผลกระทบต่อการหดตัวของวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตและมีความต้านทานต่อการสึก ร่วมกับมีระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ในระดับที่สูงเป็นผลให้วัสดุมีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่า วัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต

จากการศึกษาของ Wendt (1987) พบว่าการที่วัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการ มีข้อดีว่าเนื่องจากใช้การบ่มวัสดุโดยร่วมกับแสง ความร้อน สภาวะสุญญากาศ หรือในบรรยากาศที่มีแต่ไนโตรเจน ทำให้มีการเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ และเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ การบุรณะพื้นโดยการใช่วัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต ที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่า รอยต่อของพื้นผิวระหว่างเรซิน ซีเมนต์และพื้นผิวที่สามารถเกิดการยึดติดได้ อาจจะเป็นจุดอ่อนในการเชื่อมติดกันขณะที่ทำการยึดขึ้นงาน ซึ่งจากการศึกษาของ Ferracane และ Condon (1992) Park และ Lee (1996) Bagis และ Rueggeberg (1997) Bouschlicher และคณะ (1999) และ Peutzfeldt และ Asmussen (2000) พบว่าวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการจะมีคุณสมบัติที่ต่างจากวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่ใช้บุรณะพื้นคือ บริเวณพื้นผิวจะไม่พบเรติเคิลส์ส่วนปลายที่หลงเหลือจากการทำปฏิกิริยาซึ่งเป็นผลจากบริเวณพื้นผิวมีโพลีเมอร์เรซินในระดับที่สูง ร่วมกับการที่ไม่พบชั้นของคอมโพสิต เรซินที่ถูกยับยั้งการเกิดโพลีเมอร์เรซินโดยอากาศหลงเหลือ โดยเรติเคิลส์ส่วนปลายนี้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับยึดติดกับเรซิน ซีเมนต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boyer และคณะ (1984) กล่าวว่า กลุ่มเมทาคริเลตที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะมีจำนวนลดลงเมื่อเกิดโพลีเมอร์เรซินของเรซิน ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการยึดติดแบบปฐมภูมิจะลดลง และเมื่อพื้นผิวของวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต ถูกกรอตัดจะทำให้วัสดุอัดแทรกอนินทรีย์ถูกเผยแผ่และจะไม่เกิดการยึดติดแบบปฐมภูมิกับวัสดุอัดแทรกอนินทรีย์ดังกล่าว

ข้อด้อยของการเพิ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ของวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต หลังจากการผ่านการบ่มตัวเพิ่ม คือการลดจำนวนของพันธะคู่ ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดโคโพลีเมอร์เรซินกับโมโนเมอร์ของเรซิน ซีเมนต์ ทำให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการยึดติด เช่น ลดค่าของกำลังแรงยึด และค่าพลังงานของการยึดติด (bond energy) ของอินเลย์ที่ทำจากวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตหลังจากการผ่านการบ่มตัวเพิ่มและไม่ได้ผ่านการเป่าทราย ทำให้สรุปได้ว่า ควรจะมีการเสริมการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีทางกลร่วมกับวิธีทางเคมีด้วย (Peutzfeldt , 2001) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวทำให้เกิดการยึดติดระดับจุลภาคและร่วมกับการยึดโดยพันธะเคมี

จากรายงานการศึกษาของ Boyer และคณะ , Dhuru และ Lloyd , Chiba และคณะ และ Swift และคณะ พบว่า วัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ถูกปนเปื้อน ถูกขัดแต่ง มีอายุการใช้งานนานหรือจากการผ่านขั้นตอนจากห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่ากำลังแรงยึด ของวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่เพิ่มเติมเข้าไปใหม่กับพื้นผิวต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นจะมีค่ากำลังแรงยึดลดลงค่อนข้างมาก ด้วยเหตุนี้ลักษณะพื้นผิวของวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการซึ่งคล้ายกับการซ่อมแซมวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่มีอายุการใช้งานนาน คือมีการลดจำนวนของพันธะคู่ ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดโคโพลิเมอร์เชนกับโมโนเมอร์ของเรซินซีเมนต์ หรือกับเรซิน เมทริกในสารยึดที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกซึ่งในการซ่อมแซมวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอายุการใช้งานนานเราต้องการพันธะที่ยึดกันได้อย่างแข็งแรงที่สุดระหว่างซีเมนต์ที่เป็นเรซิน คอมโพสิตหรือเรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกในสารยึดและวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอายุการใช้งานนาน (Boyer และคณะ , 1984 ; Dhuru และ Lloyd , 1986 ; Chiba และคณะ , 1989 ; Swift และคณะ , 1994)

จากรายงานการศึกษาของ Boyer และคณะ (1978) พบว่า ค่ากำลังแรงยึดของวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่เติมเข้าไปใหม่กับวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่เพิ่งบุรณะเสร็จและไม่มีกรปนเปื้อนจะมีค่ากำลังแรงยึดใกล้เคียงกับค่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ แต่ถ้าเป็นวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ถูกปนเปื้อน ถูกขัดแต่ง มีอายุการใช้งานนานหรือจากการผ่านขั้นตอนจากห้องปฏิบัติการแล้ว พบว่าค่ากำลังแรงยึดกับวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่เติมเข้าไปใหม่จะลดร้อยละ 25-75 เมื่อเทียบกับค่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ (Boyer และคณะ , 1984 ; Dhuru และ Lloyd , 1986 ; Chiba และคณะ , 1989 ; Kao และคณะ , 1988 ; Crumpler และคณะ , 1989 ; Gregory และคณะ , 1992 ; Turner , 1993)

การปรับปรุงพื้นผิว

Bouschlicherและคณะ (1999) จึงได้เสนอการแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการปรับปรุงพื้นผิวที่ใช้ในการยึดติดระหว่าง เรซิน ซีเมนต์และวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการซึ่งมีหลายวิธี เช่น การทำให้เกิดความขรุขระโดยวิธีทางกล (mechanical roughening) ด้วยการใช้หัวกรอจากเพชร การใช้ไมโครเอชชิง (microetching) ด้วยผงอะลูมิเนียม อ็อกไซด์ ขนาดอนุภาค 50 ไมครอน (Boyer และคณะ, 1978) การใช้ผงอะลูมิเนียม อ็อกไซด์ที่เคลือบสารซีเลนขนาดอนุภาค 30 ไมครอน (CoJet sand) การใช้กรดกัดผิวชิ้นงาน (Swift และคณะ , 1992a) และการใช้สารซีเลน ในการศึกษากำลังแรงยึดแบบเฉือน (shear bond strength) (Bouschlicher และคณะ , 1997)

Denehy และ คณะ (1998) ได้แบ่งการเตรียมพื้นผิวออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. การใช้กรดปรับสภาพพื้นผิว เป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย โดยการใช้กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 30 ถึง 40 ในการปรับสภาพพื้นผิวของผิวเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน (Swift และคณะ , 1995) การปรับสภาพพื้นผิวในกลุ่มนี้มักจะได้ผลดีกับ พอร์ซเลน และ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดลูกผสม และใช้ได้ผลน้อยกับ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ชนิดไมโครฟิล (Swift และคณะ , 1994)
2. ไมโครเอชชิง (microetching) เป็นวิธีที่ให้ผลดีเยี่ยมที่สุดเมื่อนำมาใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวของผิวเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟัน แต่ให้ผลดีเยี่ยมในการปรับสภาพพื้นผิวของพอร์ซเลน วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดลูกผสม และ ไมโครฟิล (Imamura และคณะ , 1996 ; Kupiec และ Barkmeier , 1996 ; Swift และคณะ , 1992b ; Turner และ Meiers , 1993)
3. การเคลือบพื้นผิว เช่นการใช้สารซีเลน เป็นอีกวิธีที่ให้ค่าแรงยึดที่สูงเมื่อใช้กับ พอร์ซเลน ซึ่งโดยปกติวิธีนี้มักใช้ร่วมกับอีก 2 วิธีดังที่กล่าวมาข้างต้น (Sulimanและคณะ ,1993)

นอกจากการปรับปรุงพื้นผิวที่ใช้ในการยึดติดระหว่าง เรซิน ซีเมนต์ และวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการมีหลายวิธีดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีรายงานถึงการใส่กรดไฮโดรฟลูออริกในการกัดผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่มีอนุภาคแก้ว (glass filled composites) เพื่อทำให้เกิดการยึดติดทางกลบนพื้นผิว เป็นการเพิ่มค่ากำลังแรงยึดของการซ่อมแซม (repair strength) ของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต โดยปกติแล้วกรดไฮโดรฟลูออริก จะใช้ในการกัดผิวพอร์ซเลนแต่ในปัจจุบันได้นำมาประยุกต์ใช้ในการกัดผิววัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่มีอนุภาคแก้วชนิดไฮบริด โดย Kula และคณะ (1986) ได้แนะนำเวลาในการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด 30 วินาทีหรือน้อยกว่าในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต แต่ งานวิจัยที่อ้างถึงประสิทธิภาพของกรดไฮโดรฟลูออริกในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต มีจำนวนค่อนข้างน้อย ซึ่ง Crumpler และคณะ (1989) ได้รายงานว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ไม่ได้ช่วยเพิ่มกำลังแรงยึดแบบเฉือนในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Swift และคณะ (1992a) คือไม่ควรใช้กรดไฮโดรฟลูออริกในการกัดผิววัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอนุภาคแก้วชนิดไฮบริดเพราะจะทำให้พื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตเกิดรูพรุนและอ่อนตัว

การใช้ไมโครเอซซิงเทคนิค เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดความขรุขระบนพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอายุการใช้งานมานานก่อนที่จะใช้สารยึด เพราะว่าเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว มีประสิทธิภาพและไม่ต้องใช้กรดแก่ภายในช่องปาก ทำให้วิธีนี้เป็นการเตรียมพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตเป็นวิธีที่นิยม และการใช้ไมโครเอซซิงเทคนิคด้วยผงอะลูมินัม อ็อกไซด์ ขนาดอนุภาค 50 ไมครอนสามารถให้ค่ากำลังแรงยึดในการซ่อมแซมของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตได้ถึงร้อยละ 60 ของค่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ (Swift และคณะ, 1992b ; Turner และคณะ, 1993 ; Swift และคณะ, 1994 ; Stokesและคณะ, 1993 ; Latta และ Barkmeier, 1994 ; Shortall และคณะ, 1996)

Brosh และคณะ (1997) รายงานว่า ไมโครเอซซิงเทคนิคหรือ การเป่าทราย เป็นการปรับปรุงพื้นผิวที่ทำให้เกิดลักษณะการยึดติดในระดับจุลภาค ในขณะที่การใช้หัวกรอกกากเพชร จะทำให้เกิดการยึดติดทั้งในระดับมหภาคและจุลภาค และยังพบว่าเมื่อใช้สารยึดร่วมกับการปรับปรุงพื้นผิวแบบที่ทำให้เกิดลักษณะการยึดติดในระดับจุลภาค จะทำให้มีความเปียกบนพื้นผิว (surface wetting) ที่ดีกว่า โดยทำให้เกิดการแทรกซึมของ เรซิน เข้าไปในพื้นผิวระดับจุลภาค ทำให้การปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย มีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนมากกว่าการใช้หัวกรอกกากเพชร Turner และคณะ (1993) ยังได้รายงานถึงประสิทธิภาพของการเป่าทรายว่า มีมากกว่าการใช้กระดาษทรายที่มีความหยาบระดับ 500 (500 grit) ส่วน Swift และคณะ (1992a) ได้รายงานถึงประสิทธิภาพของการเป่าทรายว่ามีมากกว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกในการกัดผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bona (1995) แนะนำว่าการเกิดการยึดติดทางกล เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อค่าแรงยึดติดเมื่อทำการซ่อมแซมด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตร่วมกับสารยึดที่ไม่มีอนุภาควัสดุอุดแทรกเพียงอย่างเดียว และสารซีเลนไม่มีความจำเป็นในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต และ Bouschlicher และคณะ (1999) ได้แนะนำว่าการทำการปรับปรุงพื้นผิวจะมีประสิทธิภาพได้ดีในวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่มีอนุภาคแก้วชนิดลูกผสม เช่น วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการชนิด belleGlass HP และ Targis

ในส่วนของการปรับปรุงพื้นผิวที่ใช้ในการยึดติดระหว่าง เรซิน ซีเมนต์ และวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการโดยการใช้สารเคมีนั้น ทางผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้เพื่อเพิ่มการยึดติดระหว่าง วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตและสารซีเมนต์ ได้แก่ สารซีเลน โดยเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า หลังจากทีพอร์ซเลนถูกกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกแล้วต้องตามด้วยการทาสารซีเลนเพื่อส่งเสริมให้เกิดการยึดติดทางเคมีของ เรซิน ซีเมนต์ กับ พื้นผิวของพอร์ซเลนที่ถูกกัดด้วยกรด ซึ่ง Stangel และคณะ (1987) และ Lacy และคณะ (1988) ได้รายงานถึงการใส่สารซีเลนว่าสามารถทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีของเรซิน ซีเมนต์กับพอร์ซเลนโดยมีกำลังแรงยึด

เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 25 เมื่อเทียบการที่ไม่ใช้สารซีเลน Swift และคณะ (1994) รายงานถึงการใช้สารซีเลนในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตเพื่อเพิ่มกำลังแรงยึดของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่เติมเข้าไปโดยตรงกับอนุภาคของแก้วที่ฝังโดยการใส่ไมโครเอสซิ่งเทคนิค และการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก

สารซีเลน

สารซีเลน เป็นตัวส่งเสริมการยึดติด (adhesion promotor) ระหว่าง โพลีเมอร์และสารอินทรีย์ โดยสารซีเลนทำหน้าที่ได้หลายประเภทดังนี้ (Plueddemann, 1991)

1. สารปรับพื้นผิว (surface modifier) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดชั้นบางๆเพียงชั้นเดียวบนพื้นผิวเพื่อให้เกิดการยึดติดทางกล
2. ไพรเมอร์ (primer) โดยทั่วไปจะมีความหนา 0.1 ถึง 10 ไมครอน และทำให้มีคุณสมบัติของการยึดติดทางกลที่เพียงพอ เช่น ความแข็งตึง (rigidity) กำลังแรงดึง (tensile strength) และพลังงานแตกหัก (toughness) สารในประเภทนี้มักอยู่ในตัวทำละลายเพื่อให้สารซีเลนเคลือบเท่ากันทั่วพื้นผิว
3. โพลีเมอร์ที่เติมเต็มช่องว่าง (gap-filling polymer) ใช้ในการยึดสารที่มีความแข็ง เช่น โลหะ เซรามิก หรือไม้

สารซีเลน เป็นโมเลกุลที่มี หมู่ที่ทำปฏิกิริยา 2 กลุ่ม (bifunctional molecules) ทำหน้าที่เป็น สารยึดควบคู่ (coupling agent) ระหว่างอนุภาควัสดุอุดแทรกบนพื้นผิวของเรซินที่ทำมาสำเร็จจากห้องปฏิบัติการ (indirect resin surface) กับ เรซิน เมทริก ในสารยึดที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกหรือ เรซิน ซีเมนต์ สารซีเลนสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพ และ ยังช่วยให้เกิดมีเสถียรภาพของการย่อยสลายโดยน้ำ (hydrolytic stability) โดยสารซีเลนมี สูตรโครงสร้างทั่วไป คือ $R'-Si(OR)_3$ โดยที่ R เป็น หมู่อัลคิล (alkyl group) ซึ่งจะถูก ไฮโดรไลต์ เป็น หมู่ไฮดรอกซิล (silanol group) และจะยึดติดกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่บนอนุภาควัสดุอุดแทรกบนพื้นผิวของเรซินที่ทำมาสำเร็จจากห้องปฏิบัติการ โดยการสร้างพันธะ ไฮดรอกซิลโคเวเลนต์ (siloxane covalent bond, Si-O-Si) ในส่วนของ R' เป็น หมู่ออร์แกนอฟังก์ชันนัล (organofunctional group) ซึ่งเป็น หมู่เมทาคริเลต (methacrylate group) จะสร้างพันธะโคเวเลนต์กับสารยึดเมื่อมันเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน เกิดเป็นปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 2-4

โดยทั่วไป สารยึดควบคู่ มีหลายชนิด เช่น Titanate, Zirconate และ ออร์กาโนซีเลน (เช่น gamma-methacryloxypropyltrimethoxy silane) ซึ่งสารชนิดสุดท้ายเป็นสารที่นิยมใช้

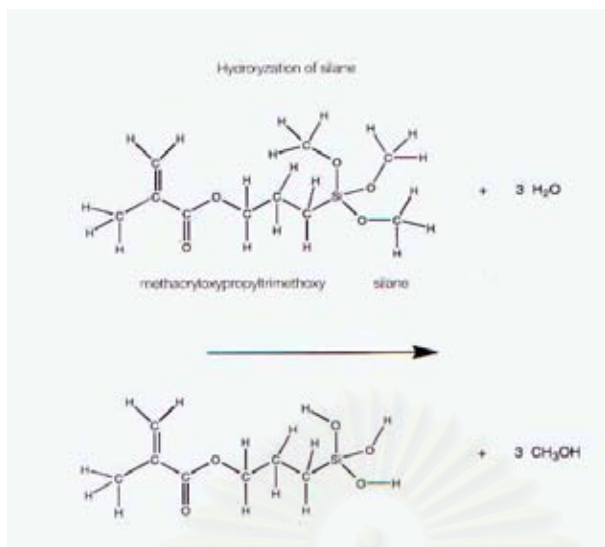
Culler และคณะ ได้รายงานถึงสารซีเลนว่า ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารละลาย 2 ชนิดคือ สารควบคู่ซีเลน (silane coupler) และ ส่วนของกรด ซึ่งส่วนของกรดจะช่วยเพิ่มการสร้างพันธะไฮดรอกเซน และยังช่วยให้เกิดการยึดติดของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตและพอร์ซเลน (Culler และคณะ , 1986)

ในส่วนของการใช้ เรซิน บีส-จีเอ็มเอที่ไม่มีอนุภาควัสดุอัดแทรกเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารซีเลนนั้น Wendt และ Boyer และคณะ รายงานว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซิน ซีเมนต์ หรือวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวโดยไมโครเอชซึ่งเทคนิคแล้ว (Wendt , 1987 ; Boyer และคณะ , 1984)

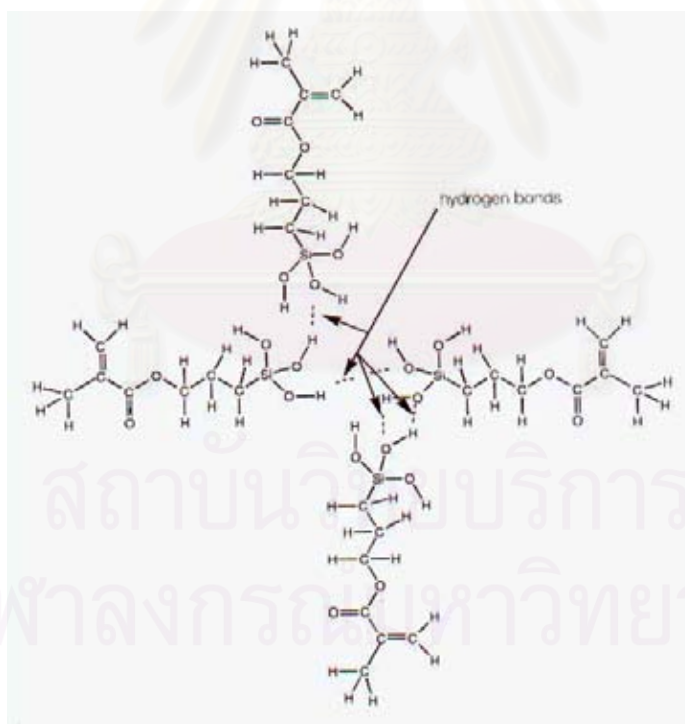
โดยเกิดกลไก 3 ขั้นตอน คือ เกิดการสร้างพันธะเคมีกับ เรซิน เมทริกของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เกิดพันธะ ไฮดรอกซิลกับอนุภาควัสดุอัดแทรกที่เผยผิ๊ง และทำที่สุดคือเกิดการยึดติดทางกลในระดับจุลภาคซึ่งเกิดจากการที่โมโนเมอร์แทรกซึมเข้าไปในรอยแตกระดับจุลภาคหลังจากที่ส่วนของ เรซิน เมทริกถูกไมโครเอชซึ่ง

ทางผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้สารซีเลน เพื่อเพิ่มการยึดติดระหว่าง วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตและเรซิน ซีเมนต์ แต่ก็ยังมีความเห็นไม่ตรงกันเกี่ยวกับการใช้หรือไม่ใช้สารซีเลน Swift และคณะ และ Brosh และคณะ ได้รายงานถึงความไม่แน่นอนต่อประสิทธิภาพของสารซีเลน ในการเพิ่มการยึดติดของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย และการใช้สารยึดที่ไม่มีอนุภาควัสดุอัดแทรกเพียงอย่างเดียวจะทำให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการใช้สารยึดที่ไม่มีอนุภาควัสดุอัดแทรกร่วมกับสารซีเลน โดยความแตกต่างของการปรับปรุงพื้นผิวไม่มีอิทธิพลเกี่ยวข้อง (Swift และคณะ , 1994 ; Brosh และคณะ , 1997)

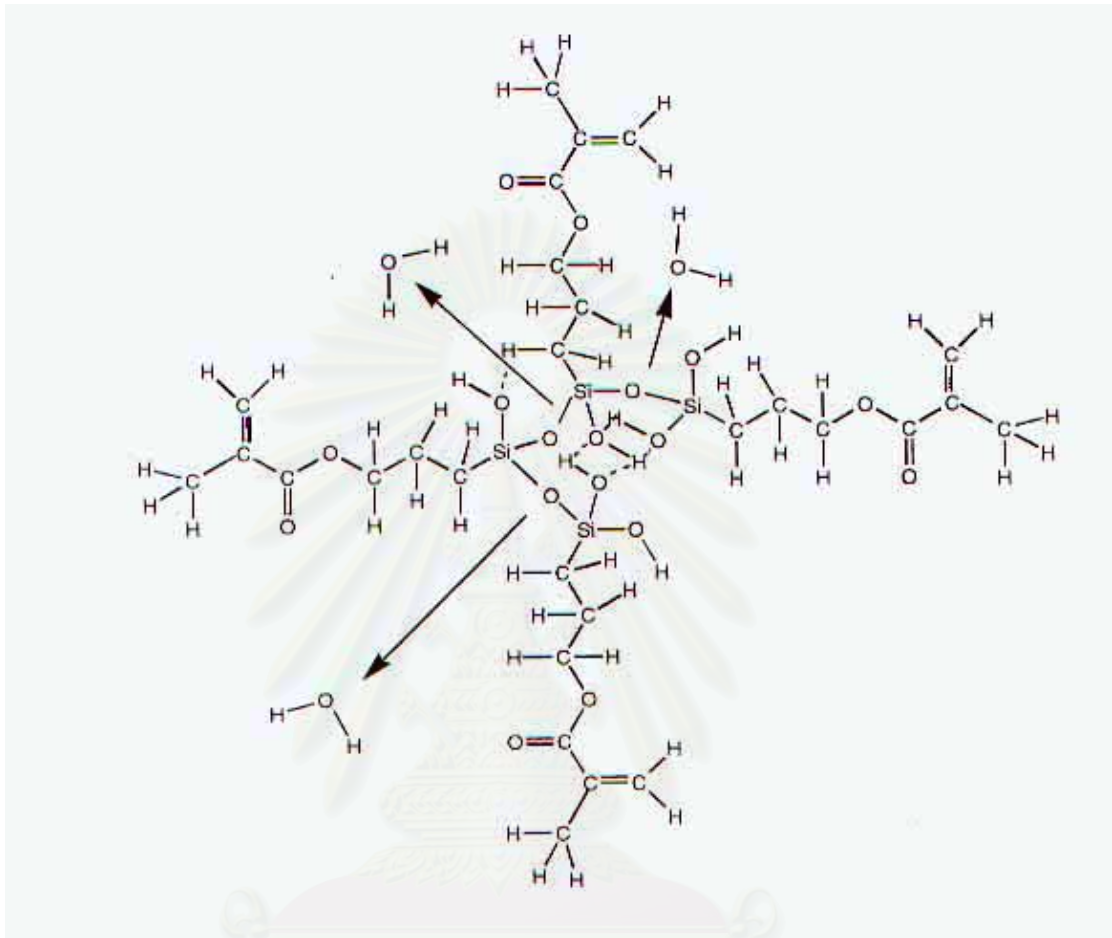
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 สารซีเลนถูกไฮโดรไลต์ และเกิดหมู่ไฮดรอกซิล ในรูปนี้ แสดง สารซีเลนชนิด Methacryloxypropyltrimethoxy(MPS) ถูกไฮโดรไลต์และให้เมทานอล (จาก Adhesion The Silent Revolution in Dentistry Quintessence Publishing Co,Inc , 2000)



รูปที่ 3 สารซีเลนชนิด Methacryloxypropyltrimethoxy(MPS) สร้างพันธะไฮโดรเจน โดยใช้หมู่ไฮดรอกซิล (จาก Adhesion The Silent Revolution in Dentistry Quintessence Publishing Co,Inc , 2000)



รูปที่ 4 พันธะไฮโดรเจนจะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน เกิดเป็นพันธะไฮลอกเซน

โควาเลนต์

(จาก Adhesion The Silent Revolution in Dentistry Quintessence

Publishing Co,Inc , 2000)

ถึงแม้ว่าสารซีเลินอาจจะไม่ช่วยเพิ่มกำลังแรงยึด แต่ว่ามันอาจจะช่วยยับยั้งการสลายตัวของพันธะในการยึดติดระยะยาว (Peutzfeldt , 2001) ทำให้สรุปได้ว่า วิธีที่ปลอดภัยที่สุดและมีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต คือ การเป่าทรายตามด้วยการทาสารซีเลิน (Peutzfeldt , 2001)

จากที่กล่าวมาแล้ว การใช้สารซีเลินยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการ คือ สารซีเลิน มีอายุการใช้งานที่จำกัด เทคนิคที่ใช้ในการทำงานค่อนข้างยุ่งยาก และจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด จากการรายงานของ Chen และ Brauer พบว่าสารซีเลินส่วนมากจะประกอบด้วยตัวทำละลายที่มีปริมาตรของตัวทำละลายที่สูงหลายชนิด เพราะฉะนั้น การปิดฝาไม่สนิทหลังจากการใช้งานจะทำให้มีการระเหยของตัวทำละลาย เป็นผลให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น อาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเพิ่มการยึดติด และการใช้สารซีเลินที่หมดอายุแล้วจะมีผลเสียต่อกำลังแรงยึด คือ มันจะเป็นตัวกลางที่ขัดขวางการยึดติด นอกจากนั้นแล้วการเก็บรักษาสารซีเลินก็มีความสำคัญเช่นกัน (Chen และ Brauer , 1982)

หลังจากที่ได้ปริทัศน์วรรณกรรมถึงการปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการชนิดต่างๆ ซึ่งมีทั้งวิธีทางกลและทางเคมีเมื่อวัสดุมีการแตกหัก การทำ การซ่อมแซมโดยใช้การปรับปรุงพื้นผิวเข้าร่วมด้วยก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งแทนที่จะบูรณะด้วยวัสดุบูรณะฟันชั้นใหม่ทั้งชิ้น เนื่องจากมีข้อดีในแง่ของการป้องกันการเกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อประสาทฟันและยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาอีกด้วย นอกเหนือไปจากการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการที่เกิดการแตกหักแล้ว ยังสามารถทำการซ่อมแซมได้ในกรณีที่วัสดุบูรณะฟันนั้นเกิดการสึกจากการสึกขูด วัสดุบูรณะฟันเปลี่ยนสีทำให้สีแตกต่างไปจากฟันซี่ข้างเคียง

ผลสำเร็จของการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต จะต้องทำให้เกิดพันธะในการยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่ทั้งสองชนิดที่มากเพียงพอ การซ่อมแซมโดยการใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตโดยตรงสามารถทำได้ โดยมีผลจากการศึกษาพบว่ากำลังแรงยึดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่มีค่าอยู่ในช่วง 2-85 เมกะปาสคาล และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุพบว่ากำลังแรงยึดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่อยู่ในช่วงร้อยละ 25-75 ของกำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุ (Azarbal และคณะ , 1986 ; Boyer และคณะ , 1984 ; Chiba และคณะ , 1989 ; Pounder และคณะ , 1987 ; Puckett และคณะ , 1991) Puckett และคณะ (1991) แนะนำว่ากำลังแรงยึดของการซ่อมแซมโดยการใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตควรจะมากกว่า 18 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นผลที่สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก

ในปัจจุบันยังไม่ทราบข้อสรุปได้ว่าวิธีไหนเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการซ่อมแซมวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตเพราะว่ามีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพันธะในการยึดติดที่ผิวหน้าของวัสดุเก่าและวัสดุใหม่ เช่น ความหนืดของเรซิน ที่ใช้เป็นสารยึด , การทำให้เกิดความขรุขระที่พื้นผิวของวัสดุบุรณะ-พื้นเรซิน คอมโพสิต อายุการใช้งานของวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่เกิดการแตกหัก , อัตราส่วนและชนิดของสารอัดแทรก และ สูตรพื้นฐานของวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต (Chiba , 1983 ; Gregory และคณะ , 1990 ; Power และคณะ , 1991 ; Puckett และคณะ , 1991)

จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินผลค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเซโรเมอร์ชนิด Targis กับวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่ใช้อุดฟัน 2 ชนิดเมื่อทำการปรับปรุงพื้นผิวชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ และประเมินผลค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเซโรเมอร์เมื่อทำการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนหลังจากที่ทำการยึดเรียบร้อยแล้ว



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Targis Dentin 410 05/S4
(IVOCLAR/VIVADENT,Schaan,Liechtenstein)
2. วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต : Tetric Ceram
(IVOCLAR/VIVADENT,Schaan,Liechtenstein)
3. วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต : Z 250 (3M/ESPE, Miniapolis,USA)
4. สารซีเมนต์ : Monobond –S (IVOCLAR/VIVADENT,Schaan,Liechtenstein)
5. ผงอะลูมินัม ออกไซด์ ขนาดอนุภาค 50 ไมครอน (Deldent Ltd., Kyoto,Japan)
6. กรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก : Total Etch
(IVOCLAR/VIVADENT,Schaan,Liechtenstein)
7. สารยึด : Heliobond (IVOCLAR/VIVADENT,Schaan,Liechtenstein)
8. หลอดไฟอินฟราเรด 375 วัตต์ (Incandescent Reflector Lamps) : EYE Infrared Ray Lamps (EYE,Hamburg,Germany)
9. Targis Gel (IVOCLAR/VIVADENT,Schaan,Liechtenstein)

ขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

เตรียมแบบชิ้นงานตัวอย่างรูปดิสก์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 110 ชิ้น โดยขึ้นงานขึ้นรูปในแบบหล่อที่ทำจากยางซิลิโคนที่มีต้นแบบทำจากดิสก์โลหะทองเหลืองขนาดเดียวกัน ตามมาตรฐานของ The International Organization for Standardization (ISO/TR 11405 : 1994) (5 และ 6)

ทำการอุด Targis Dentin 410 05/S4 (รูปที่ 7) เป็นชั้นๆ หนา 2 มิลลิเมตร นำไปบ่มด้วยแสงจาก Targis Quick (IVOCLAR/VIVADENT, Schaan, Liechtenstein) (รูปที่ 8) ซึ่งมีหลอดไฟฮาโลเจน 12 โวลต์ / 75 วัตต์ เป็นเวลา 10 วินาที ทำการแกะชิ้นงานออกจากแบบหล่อยางซิลิโคน และ เคลือบด้วย Targis Gel เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนแล้วจึงนำไปบ่มด้วยแสงและความร้อนต่อใน Targis Power Unit (IVOCLAR/VIVADENT, Schaan, Liechtenstein) (รูปที่ 9) เป็นเวลา 25 นาที ที่อุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส นำออกมาล้างทำความสะอาด และขัดแต่งด้วยหัวขัดตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ หลังจากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปทำความสะอาดด้วยเครื่องสั่นอัลตราโซนิค (Branson 5210 , Branson Ultrasonic Cooperation , Germany) (รูปที่ 11) เป็นเวลา 10 นาที ในน้ำกลั่น เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและอนุภาคแปลกปลอมอื่นๆ จะได้ชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 10 และเก็บชิ้นงานตัวอย่างในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสภายในตู้บ่มอุณหภูมิ (G.P.M. 160 M Incubator , Contherm Scientific Limited , New Zealand) (รูปที่ 12)

นำชิ้นงานตัวอย่างรูปดิสก์วางลงบนกึ่งกลางเทปกาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร (รูปที่ 13) และปิดบนด้านใดด้านหนึ่งของท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 25 มิลลิเมตร (รูปที่ 14) เพื่อให้หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่างเสมอกับอะคริลิก เรซิน และขอบของท่อพีวีซี หลังจากนั้นจึงผสมอะคริลิก เรซินชนิดที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี Tokuso (Tokuyama, Tokyo, Japan) (รูปที่ 15) ใส่ลงในท่อพีวีซีอีกด้านหนึ่ง รอจนอะคริลิก เรซินชนิดที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีแข็งตัวประมาณ 30 นาที ขณะที่รอให้บ่มตัวจนเรียบร้อยแล้วชิ้นงานจะถูกแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องเพื่อลดความร้อนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของอะคริลิก เรซินชนิดที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี จากนั้นทำการแกะเทปกาวออกแล้วขัดแต่งด้วยกระดาษทรายความละเอียด 400 ที่ผิวอะคริลิก เรซิน บริเวณชิ้นงานตัวอย่างขัดแต่งด้วยหัวขัดตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ จะได้ชิ้นตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 16

หลังจากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปทำความสะอาดด้วยเครื่องสั่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10 นาที ในน้ำกลั่น โดยวางท่อพีวีซีให้ด้านที่มีชิ้นงานคว่ำลง และเก็บชิ้นงานตัวอย่างในน้ำกลั่นที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5 แสดงดิสก์โลหะทองเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร



ก.

ข.

รูปที่ 6 ก. และ ข. แสดงแบบหล่อที่ทำจากยางซิลิโคน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

9 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 7 แสดง Targis Dentin 410 05/S4



รูปที่ 8 แสดง Targis Quick



รูปที่ 9 แสดง Targis Power Unit



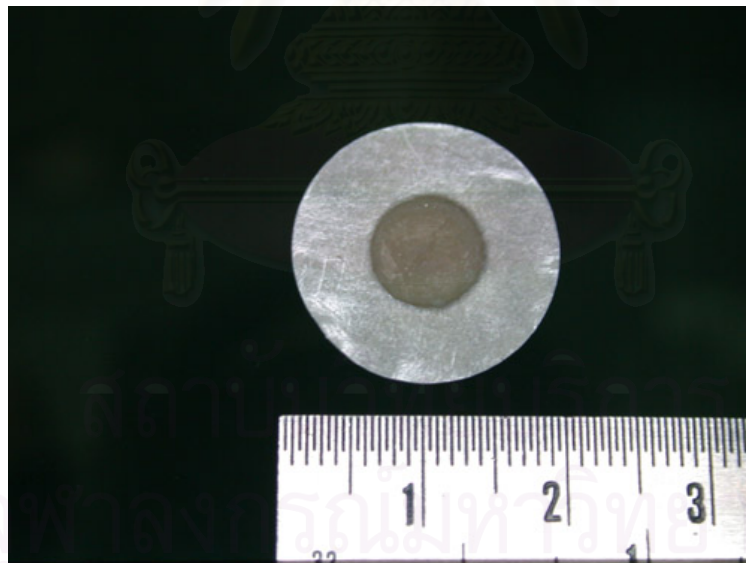
รูปที่ 10 แสดงแบบขึ้นงานตัวอย่างรูปร่างดิสก์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร
หนา 2 มิลลิเมตร



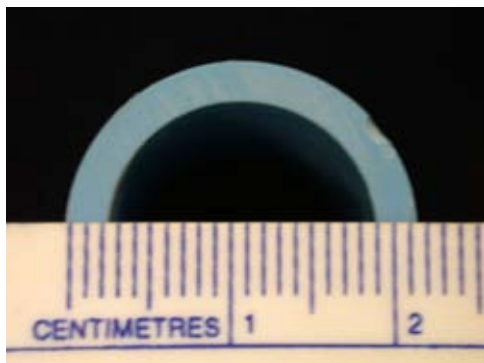
รูปที่ 11 แสดงเครื่องสั่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 12 แสดงตู้ปั๊มอุณหภูมิต่ำ



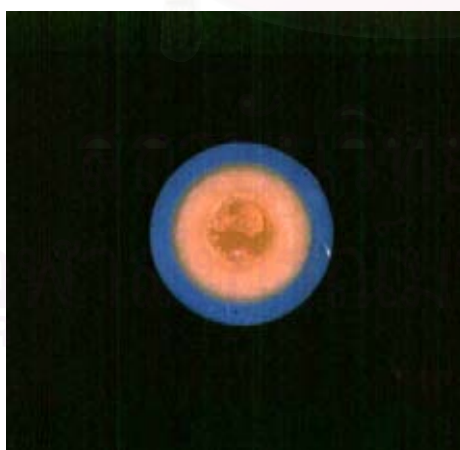
รูปที่ 13 แสดงเทปกาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



รูปที่ 14 แสดงพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบนอก 22 มิลลิเมตร
สูง 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 15 แสดงอะคริลิก เรซินชนิดที่ป่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี Tokuso



รูปที่ 16 แสดงชิ้นงาน Targis Dentin ที่ยึดอยู่กึ่งกลางบนท่อ พีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
22 มิลลิเมตร และมีผิวหน้าเรียบเสมอกับขอบท่อพีวีซีและอะคริลิก เรซินชนิดป่มตัว
ด้วยปฏิกิริยาเคมี

ตอนที่ 1 ศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเมื่อทำการปรับปรุงพื้นผิว ในรูปแบบต่างๆ

สุ่มตัวอย่างชิ้นงานทีละ 1 ชิ้น จนครบทั้ง 80 ชิ้น แล้วทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ชิ้น ออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น

ชิ้นงานทั้ง 80 ชิ้น ทำการปรับปรุงพื้นผิวโดยการเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียม ออกไซด์ขนาดอนุภาค 50 ไมครอน (รูปที่ 17) ภายในเครื่องเป่าทรายเพ็นบลาสเตอร์ทู (PenBlaster II , Shofu Inc , Kyoto , Japan) (รูปที่ 18) ด้วยความดัน 0.3 เมกะปาสคาล โดยหัวเป่าห่างจาก ชิ้นงานพื้นผิวของตัวอย่างเป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 2-3 วินาที หลังจากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปทำความสะอาดด้วยน้ำและลมที่แห้ง และเก็บชิ้นงานตัวอย่างในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

กลุ่มที่ 1และ5 ไม่ทำการปรับปรุงพื้นผิวเพิ่มเติม

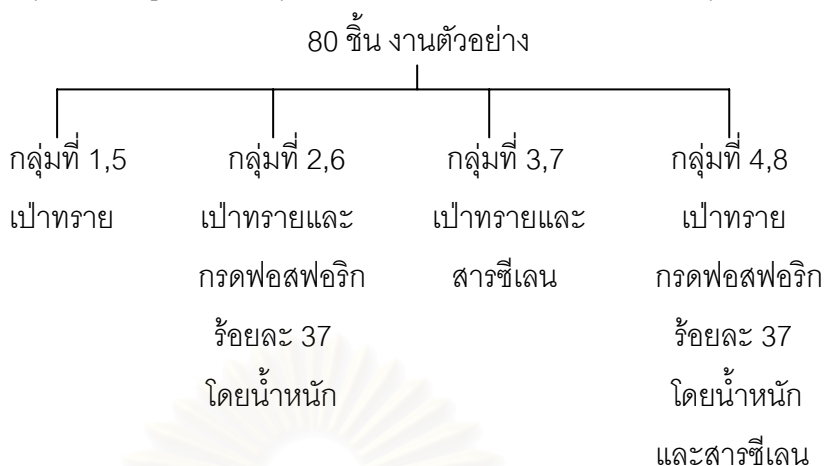
กลุ่มที่ 2และ6 ทำการปรับปรุงพื้นผิวโดยกรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก Total Etch (รูปที่ 19) โดยทา 20 วินาที ล้างน้ำ 20 วินาที แล้วเป่าแห้งด้วยลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมัน

กลุ่มที่ 3 และ7 ทาสารซีเลน Monobond-S (รูปที่ 20) ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา 60 วินาที แล้วเป่าแห้งด้วยลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมัน

กลุ่มที่ 4และ8 ทำการปรับปรุงพื้นผิวโดยกรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก Total Etch โดยทา 20 วินาที ล้างน้ำ 20 วินาที แล้วเป่าแห้งด้วยลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมัน หลังจากนั้น ทาสารซีเลน Monobond-S ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา 60 วินาที แล้วเป่าแห้งด้วยลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมัน

ชิ้นงานทุกชิ้นทาสารยึด Heliobond (รูปที่ 21) 2 ชั้นที่พื้นผิวของชิ้นงานตัวอย่าง หลังจากที่ผ่านมาการปรับปรุงพื้นผิวแล้วเป่าแห้งด้วยลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมัน

สรุปผังแผนภูมิ แสดงกลุ่มทดลองแยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว



ขั้นตอนการซ่อมแซมด้วยวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต

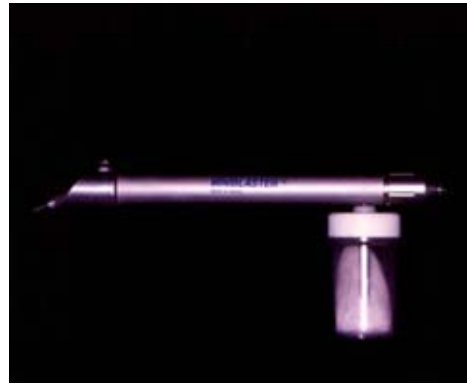
กลุ่มที่ 1-4 ยึดติดด้วยวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต Z 250 (รูปที่ 22)

กลุ่มที่ 5-8 ยึดติดด้วยวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (รูปที่ 23)

นำแบบทรงกระบอกซิลิโคนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 5 มิลลิเมตร และสูง 4 มิลลิเมตร (รูปที่ 24) วางลงบนกึ่งกลางของชิ้นงานตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตรที่ฝังอยู่ในท่อ พีวีซีเรียบร้อยแล้ว ทำการยึดด้วยวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต โดยการอุดเป็นชั้นๆ โดยมีความหนาชั้นละ 2 มิลลิเมตรแล้วฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง Translux EC (Heraeus Kulzer GmbH, Hamburg, Germany) (รูปที่ 25) โดยให้ปลายท่อนำแสงตั้งฉากกับผิววัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต เป็นเวลา 60 วินาที ในขั้นสุดท้ายทำการกำจัดวัสดุส่วนเกินแล้วใช้แผ่นแก้วที่มีแถบไมลาร์ (Malar Strip) กดทับแล้วฉายแสงอีกครั้ง เป็นเวลา 60 วินาที หลังจากนั้นค่อยๆ ถูแบบทรงกระบอกซิลิโคนออกจากท่อพีวีซี จะได้ชิ้นงานที่พร้อมจะทดสอบดังแสดงในรูปที่ 26 แล้วจึงนำไปเก็บในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 17 แสดง ผงอะลูมิเนียม ออกไซด์
ขนาดอนุภาค 50 ไมครอน



รูปที่ 18 แสดง เครื่องเป่าทรายเป็นบลาสเตอร์



รูปที่ 19 แสดง กรดฟอสฟอริก ร้อยละ
37 โดยน้ำหนัก Total Etch



รูปที่ 20 แสดง สารซีเมนต์ Monobond-S



รูปที่ 21 แสดง สารยึด Heliobond



รูปที่ 22 แสดง Z 250



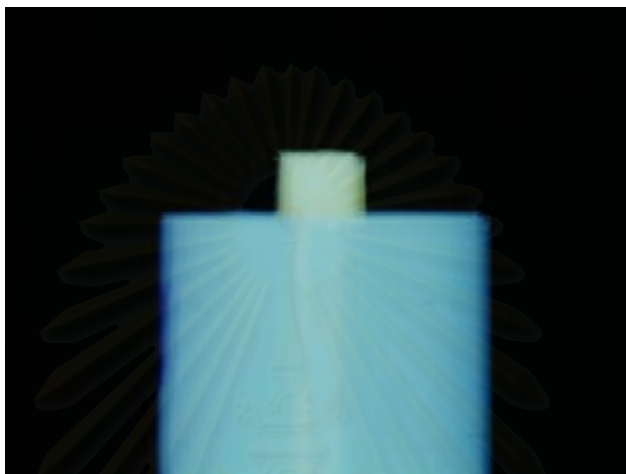
รูปที่ 23 แสดง Tetric Ceram



รูปที่ 24 แสดงแบบทรงกระบอกซิลิโคนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 5 มิลลิเมตร และสูง 4 มิลลิเมตร



รูปที่ 25 แสดง เครื่องฉายแสง Translux EC



รูปที่ 26 แสดง Targis ที่ ยึดเสร็จแล้ว



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเนียน

นำชิ้นงานตัวอย่างแต่ละกลุ่มมาทำการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเนียนด้วยเครื่อง ลอยด์ อินสตรูเมนต์ (Lloyd Instruments Ltd. , Hampshire , U.K.) (รูปที่ 27) โดยตั้งค่า ความเร็วของหัวทดสอบ 0.75 มิลลิเมตรต่อนาที และใช้โหลดเซลล์ขนาด 1000 นิวตัน โดย ยึดชิ้นงานเข้ากับเครื่องจับชิ้นงานและตรวจสอบให้แนวแกนของหัวทดสอบขนานไปกับ รอยต่อของชิ้นงานทั้ง 2 ขนาด และหัวทดสอบอยู่ใกล้บริเวณรอยต่อมากที่สุด หลังจากนั้น จึงเริ่มการทดสอบและบันทึกค่ากำลังแรงยึดแบบเนียน หน่วยเป็น นิวตัน

ทำการคำนวณ นิวตัน เป็น เมกะปาสคาล โดยหารด้วยพื้นที่ผิวที่ยึดโดยวัสดุ บุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต ซึ่งก็คือ $\sigma = (22/7) \times (2.5)^2 = 19.64$

r คือ รัศมีของพื้นที่ผิวที่ยึดโดยวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตซึ่ง ก็คือ 2.5 มิลลิเมตร

นำค่ากำลังแรงยึดแบบเนียนแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วทำการทดสอบทางสถิติด้วย โปรแกรมเอสพีเอสเอส รุ่น 10.0 (SPSS Version 10.0)

ตรวจสอบรูปแบบการแตก ด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ Zoom Stereo Microscope Model EMZ Series (MEIJI TECHO Co., Ltd., Tokyo , Japan) กำลังขยาย 20 เท่า (รูปที่ 28) โดยมีเกณฑ์การตรวจสอบดังนี้

การแตกหักภายในเนื้อวัสดุ (Cohesive Failure) คือ มีการแตกหักทั้งหมดอยู่ ภายในชั้นของ Targis หรืออยู่ภายในชั้นของวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต

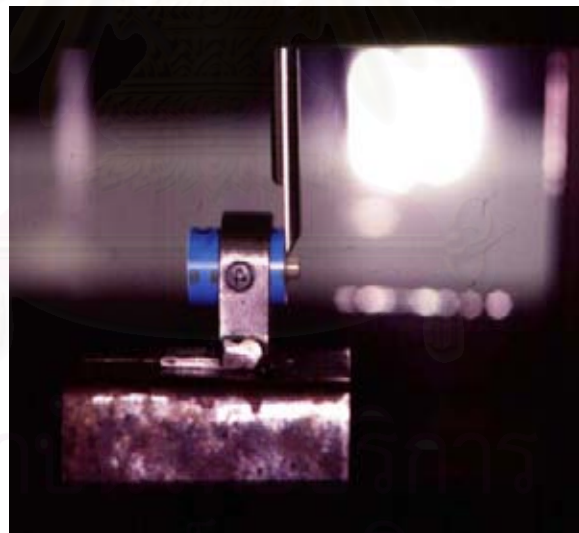
การแตกหักบริเวณรอยต่อ (Adhesive Failure) คือ มีการแตกหักระหว่างชั้นของ สารยึดกับ Targis หรือ มีการแตกหักระหว่างชั้นของสารยึดกับวัสดุบุรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต

การแตกหักแบบผสม (Mixed Cohesive and Adhesive Failure) คือ มีการ แตกหักรวมทั้ง 2 แบบ ดังที่กล่าวมาแล้ว

หลังจากนั้นนำรูปแบบการแตกที่บันทึกได้มาทำการทดสอบทางสถิติด้วย โปรแกรมเอสพีเอสเอส รุ่น 10.0 เลือกกลุ่มทดลองกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึด แบบเนียนมากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 2



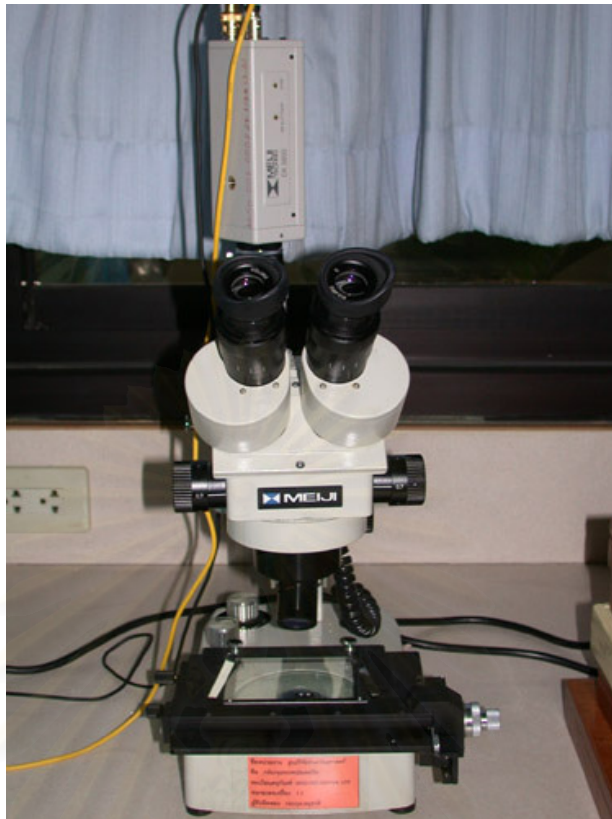
ก.



ข.

รูปที่ 27 ก. แสดงเครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์

ข. แสดง ชิ้นงานขณะถูกทดสอบโดยเครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์



รูปที่ 28 แสดง กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเมื่อบ่มด้วยความร้อน

สุ่มตัวอย่างชิ้นงานส่วนที่เหลือ ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ทำการปรับปรุงพื้นผิว เหมือนกับกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนมากที่สุดในตอนที่ 1 และทำการซ่อมแซมด้วยวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิต เหมือนดังที่กล่าวไว้แล้วในตอนต้น

กลุ่มที่ 9 บ่มด้วยความร้อน อุณหภูมิคงที่ที่ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กลุ่มที่ 10 บ่มด้วยความร้อน อุณหภูมิคงที่ที่ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กลุ่มที่ 11 บ่มด้วยความร้อน อุณหภูมิคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

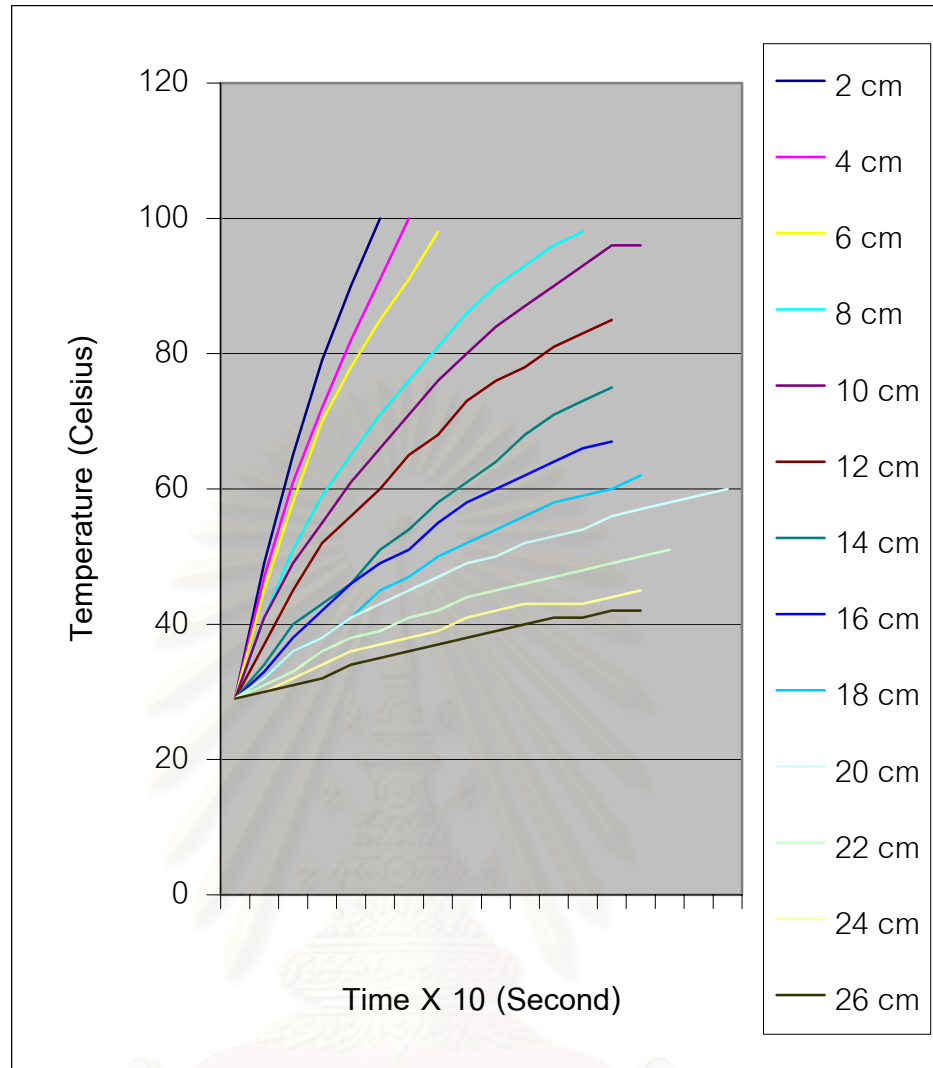
หากกราฟค่ามาตรฐานของพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนรูปมาเป็นพลังงานความร้อนจากหลอดไฟอินฟราเรด 375 วัตต์ ที่ติดตั้งบนขาตั้ง ให้สามารถเคลื่อนที่หลอดอินฟราเรดได้ในแนวตั้ง ที่ฐานของขาตั้งมีแท่นที่ใช้สำหรับจับชิ้นงานที่ยึดแล้วพร้อมกับเทอร์โมมิเตอร์วัดค่าอุณหภูมิ (รูปที่ 29)



ก.

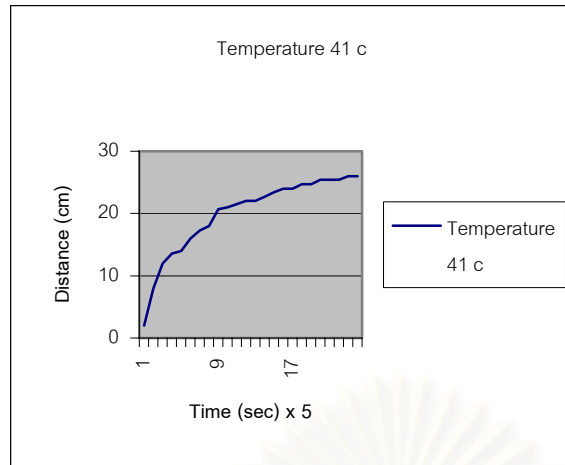
ข.

รูปที่ 29 ก. และ ข. แสดงการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนจากหลอดไฟอินฟราเรด 375 วัตต์

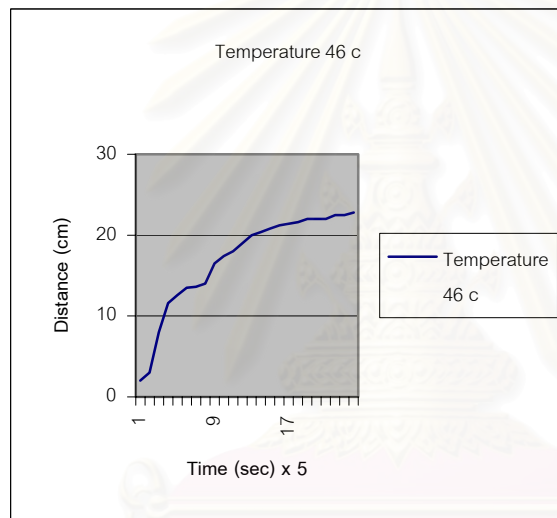


รูปที่ 30 แสดงกราฟค่ามาตรฐานของพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนรูปมาเป็นพลังงานความร้อนจากหลอดไฟอินฟราเรด 375 วัตต์

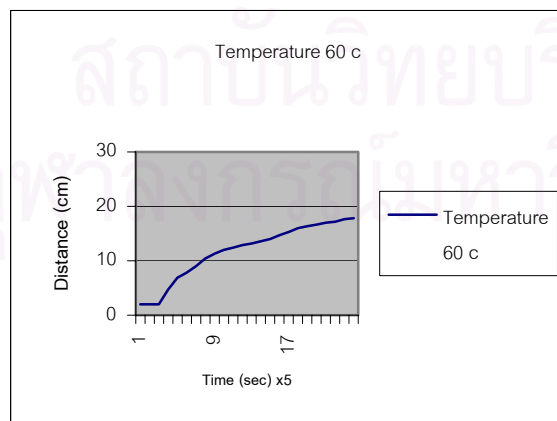
หลังจากนั้นนำช่วงของอุณหภูมิที่เราต้องการศึกษา มาใช้งาน คือ ที่อุณหภูมิ 41 46 และ 60 องศาเซลเซียส มาวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่อช่วงอุณหภูมิที่เราต้องการศึกษานั้นคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 31 , 32 และ 33



รูปที่ 31 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่ออุณหภูมิคงที่
ที่ 41 องศาเซลเซียส



รูปที่ 32 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่ออุณหภูมิคงที่
ที่ 46 องศาเซลเซียส



รูปที่ 33 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทาง เมื่ออุณหภูมิคงที่
ที่ 60 องศาเซลเซียส

ทำการเคลื่อนหลอด โดยให้อุณหภูมิคงที่ที่ 41 46 และ 60 องศาเซลเซียสด้วยการเคลื่อนที่หลอดอินฟราเรดขึ้นตามสเกลที่กำหนดไว้ที่ขาตั้ง เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่หลอดอินฟราเรดได้ในแนวตั้ง โดยให้สัมพันธ์กับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของเวลา กับระยะทางในแต่ละอุณหภูมิ

โดยทั้ง 3 กลุ่มเริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์คงที่

เก็บชิ้นงานตัวอย่างในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน ตามตอนที่ 1 และบันทึกค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน หน่วยเป็น นิวตัน

ทำการคำนวณ นิวตัน เป็น เมกะปาสคาล เหมือนกับตอนที่ 1

นำค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วทำการทดสอบทางสถิติด้วย โปรแกรมเอสพีเอสเอส รุ่น 10.0

ตรวจสอบการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์จุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า โดยใช้เกณฑ์การตรวจสอบเหมือนกับตอนที่ 1

หลังจากนั้นนำรูปแบบการแตกที่บันทึกได้ มาทำการทดสอบทางสถิติด้วย โปรแกรมเอสพีเอสเอส รุ่น 10.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบทางสถิติ

ในตอนที่ 1 นำค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วทำการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของแต่ละกลุ่มโดยใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) แล้วทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparisons) แบบทูกีย์ (Tukey) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนโดยการจับคู่ทีละกลุ่มจนครบทุกกลุ่มด้วยโปรแกรม เอสพีเอสเอส รุ่น 10.0 ส่วนการวิเคราะห์รูปแบบการแตกจะใช้การทดสอบแบบการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล (Chi-Square Test , Monte Carlo)

ในตอนที่ 2 นำค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วทำการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของทุกกลุ่มในตอนที่ 2 และกลุ่มทดลองกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากที่สุดในตอนที่ 1 โดยใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว แล้วทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน แบบทูกีย์ เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนโดยการจับคู่ทีละกลุ่มจนครบทุกกลุ่มด้วยโปรแกรม เอสพีเอสเอส รุ่น 10.0 ส่วนการวิเคราะห์รูปแบบการแตกจะใช้การทดสอบแบบการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล

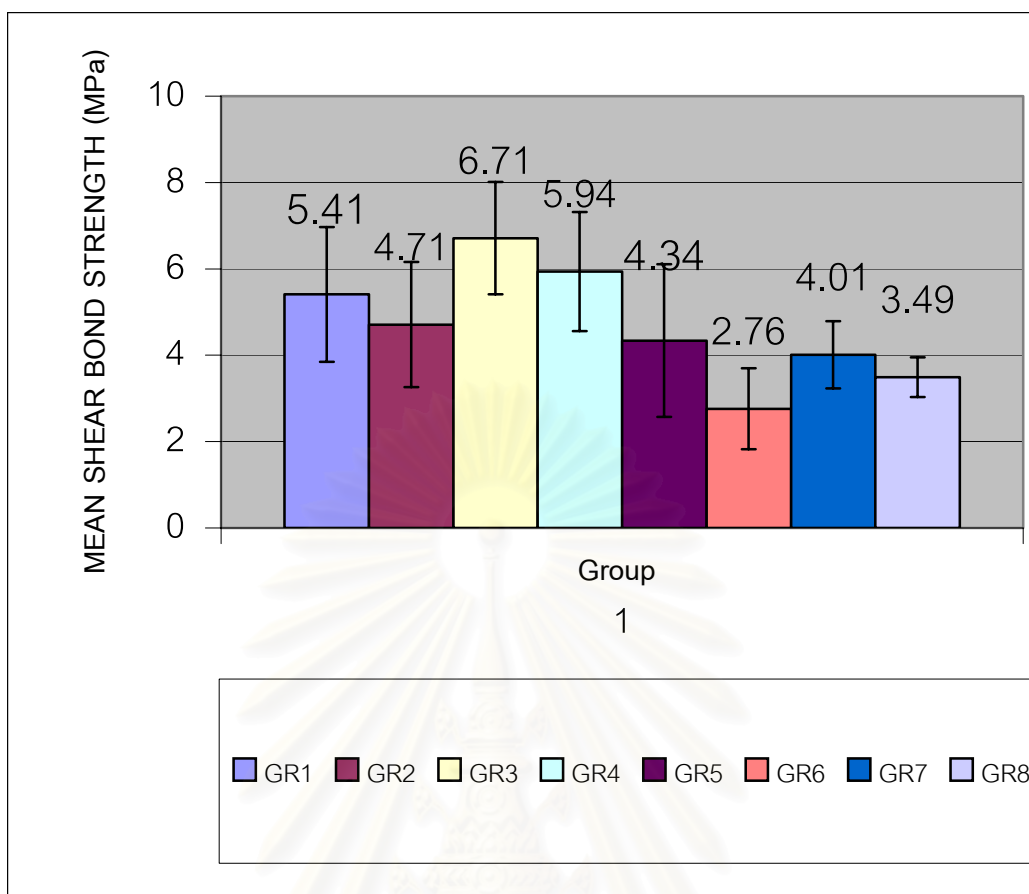
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเมื่อทำการปรับปรุงพื้นผิว
ในรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนระหว่างเซโรเมอริกกับ เรซิน คอมโพสิต
แยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว

GROUP	DATA	Mean Shear Bond Strength (MPa)	Standard deviation
GR1 (SANDBLAST+Z 250)		5.41	1.56
GR2 (SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+Z 250)		4.71	1.45
GR3 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250)		6.71	1.30
GR4 (SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT +Z 250)		5.94	1.39
GR5 (SANDBLAST + TETRIC CERAM)		4.34	1.77
GR6 (SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+ TETRIC CERAM)		2.76	0.94
GR7 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT+ TETRIC CERAM)		4.01	0.78
GR8 (SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT+ TETRIC CERAM)		3.49	0.46



GR1=SANDBLAST+Z 250 GR2=SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+Z 250 GR3=SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250 GR4= SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT +Z 250 GR5=SANDBLAST + TETRIC CERAM GR6=SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+ TETRIC CERAM GR7=SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT+ TETRIC CERAM GR8= SANDBLAST+37%PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT+ TETRIC CERAM

รูปที่ 34 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างเซโรเมอร์กับ เรซิน คอมโพสิต แยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว

จากรูปที่ 34 พบว่า กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบูรณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR3) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมมากที่สุด คือ 6.71 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมรองลงมา คือ GR4 , GR1 , GR5 , GR2 , GR7 , GR8 และ GR6 ตามลำดับ และพบว่า GR 1 , GR 3 และ GR 4 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักตามด้วยการบูนระด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR6) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนต่ำที่สุด คือ 2.76 เมกะปาสคาล

เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของเรซิน คอมโพสิต ที่ใช้ในการซ่อมแซม คือ เรซิน คอมโพสิต Z 250 และ เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram แยกตามประเภทการปรับปรุงพื้นผิวพบว่า

กลุ่มที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย พบว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR1) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากกว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR5) แต่ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กลุ่มที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก พบว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR2) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากกว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กลุ่มที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลน พบว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR3) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากกว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR7) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กลุ่มที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย การทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักและการทาสารซีเลน พบว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR4) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากกว่ากลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR8) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาภายในกลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Z 250 จากรูปที่ 34 พบว่า กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลนตามด้วยการบูนระด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR3) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากที่สุด คือ 6.71 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนรองลงมา คือ GR4 , GR1 และ GR2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาภายในกลุ่มของเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram จากรูปที่ 34 พบว่า กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทราย ตามด้วยการบูนระด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR5) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากที่สุด คือ 4.34 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนรองลงมา คือ GR7 , GR8 และ GR6 ตามลำดับ

จากตาราง จ. ซึ่งเป็นการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า $p > 0.05$ แสดงว่าข้อมูลของทุกกลุ่มทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ เพราะฉะนั้นจึงทำการทดสอบข้อมูลของทุกกลุ่มด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว

จากตาราง ข. ซึ่งเป็น การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่าค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่ามีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 คู่ จากการทดสอบทางสถิติในตาราง ข. สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกี๋ ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกี๋ ตอนที่ 1

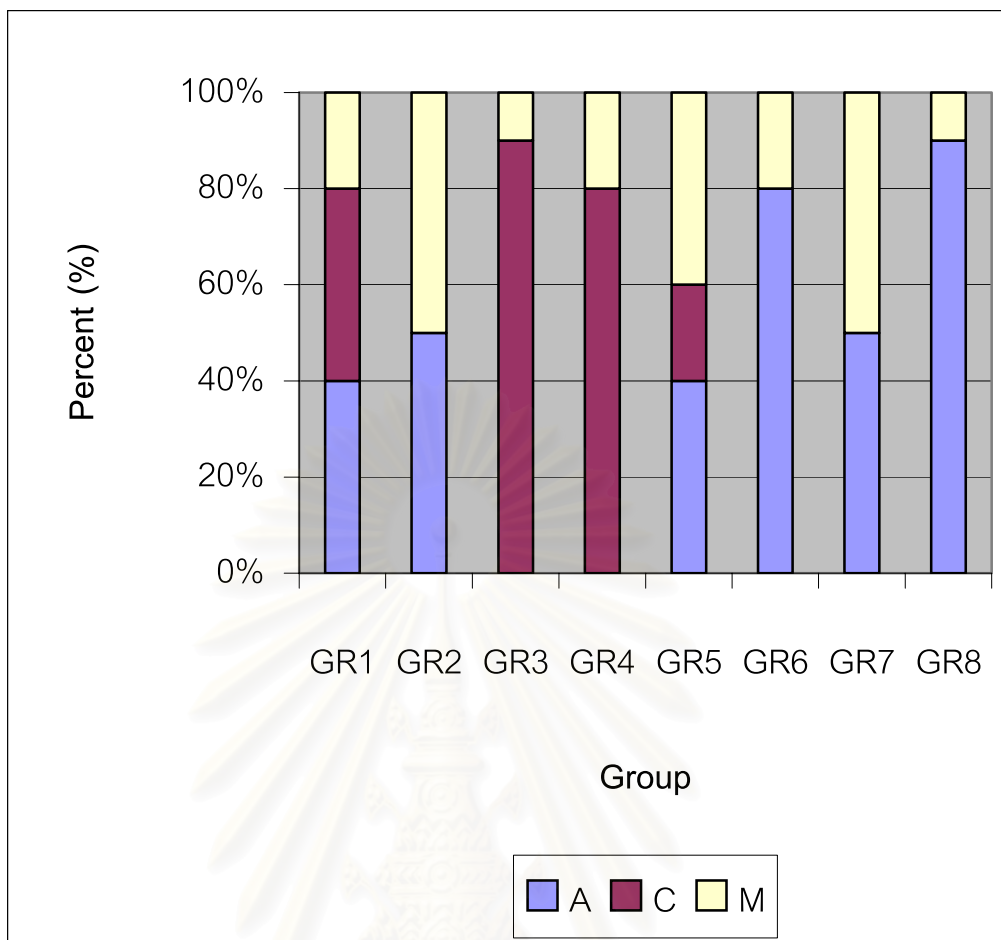
	GR1	GR2	GR3	GR4	GR5	GR6	GR7	GR8
GR1						*		*
GR2			*			*		
GR3					*	*	*	*
GR4						*	*	*
GR5						*		
GR6								
GR7								
GR8								

* คือกลุ่มทดลองคู่ที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากตาราง ค. และ ง. สรุปผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า ตอนที่ 1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ตอนที่ 1

Mode of failure Group	Adhesive (%)	Cohesive (%)	Mixed (%)
1	40	40	20
2	50	0	50
3	0	90	10
4	0	80	20
5	40	20	40
6	80	0	20
7	50	0	50
8	90	0	10



A = Adhesive failure between unfilled resin and resin composite or unfilled resin and Targis

C = Cohesive failure within Targis

M = Mixed cohesive and adhesive failure

รูปที่ 35 กราฟแสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักระหว่างเซโรเมอริกกับ เรซิน คอมโพสิต แยกตามชนิดของการปรับปรุงพื้นผิว

ผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า พบว่า กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 พบว่าร้อยละ 40 เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis และ ร้อยละ 20 เป็นการแตกแบบผสม ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 40 เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของ Targis กับ เรซิน คอมโพสิต Z 250

กลุ่มที่ 2 และ 7 เป็นกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทา กรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยนำหน้าทตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 และ กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลนตามด้วยการบรูณะด้วย

เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram ตามลำดับ พบว่าร้อยละ 50 เป็นการแตกแบบผสม และอีก ร้อยละ 50 เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของ Targis กับ เรซิน คอมโพสิต

กลุ่มที่ 3 และ 4 เป็นกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 และกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทราย การทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักและการทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 ตามลำดับ พบว่ามากกว่าร้อยละ 80 เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis ส่วนที่เหลือน้อยกว่าร้อยละ 20 เป็นการแตกแบบผสม

กลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram พบว่า ร้อยละ 20 เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis และ ร้อยละ 40 เป็นการแตกแบบผสม ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 40 เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของ Targis กับ เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram

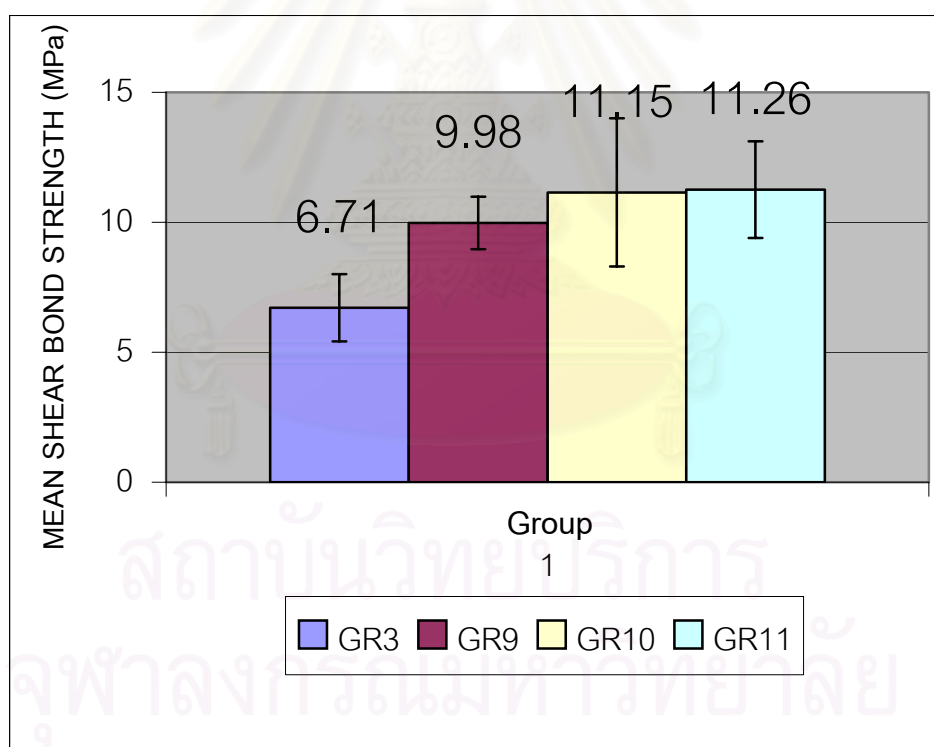
กลุ่มที่ 6 และ 8 กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram และกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทราย การทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดย น้ำหนักและการทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram ตามลำดับ พบว่ามากกว่าร้อยละ 80 เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของ Targis กับ เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram ส่วนที่เหลือน้อยกว่าร้อยละ 20 เป็นการแตกแบบผสม

จากตาราง ซ. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติ-คาร์โล พบว่าค่า Sig. (2-sided) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า กลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่แตกต่างและเป็นอิสระต่อกัน

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อมเมื่อบ่มด้วยความร้อน

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างเซโรเมอร์กับ เรซิน คอมโพสิต Z 250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน

GROUP	DATA	Mean Shear Bond Strength (MPa)	Standard deviation
GR3 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250)		6.71	1.30
GR9 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 41 °C)		9.98	1.01
GR10 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 46 °C)		11.15	2.85
GR11 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 60 °C)		11.26	1.86



GR3=SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250 GR9= SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 41 °C GR10= SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 46 °C GR11= SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 60 °C

รูปที่ 36 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างเซโรเมอร์กับ เรซิน

คอมโพสิต Z 250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน

จากรูปที่ 36 พบว่า กลุ่มทดลองที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย การทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบุงระยะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 และบ่มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส (GR11) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนมากที่สุด คือ 11.26 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนรองลงมา คือ GR10 , GR9 และ GR3 ตามลำดับ

กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบุงระยะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 โดยที่ไม่ได้ผ่านการบ่มด้วยความร้อน (GR3) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนต่ำที่สุด คือ 6.71 เมกะปาสคาล และมีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนแตกต่างกับ GR 9 , GR 10 และ GR 11 อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มที่บ่มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ ที่ต่างกัน คือ 41 องศาเซลเซียส (GR 9) 46 องศาเซลเซียส (GR 10) และ 60 องศาเซลเซียส (GR 11) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตาราง ฎ. ซึ่งเป็นการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า $p > 0.05$ แสดงว่าข้อมูลของทุกกลุ่มทดลองที่การแจกแจงแบบปกติ เพราะฉะนั้นจึงทำการทดสอบข้อมูลของทุกกลุ่มด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว

จากตาราง ฎ. ซึ่งเป็นการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่าค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่ามีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 คู่

จากการทดสอบทางสถิติในตาราง ฐ. สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบตู่ก็ย ได้ดังนี้

ตารางที่ 5 สรุปการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบตู่ก็ย ตอนที่ 2

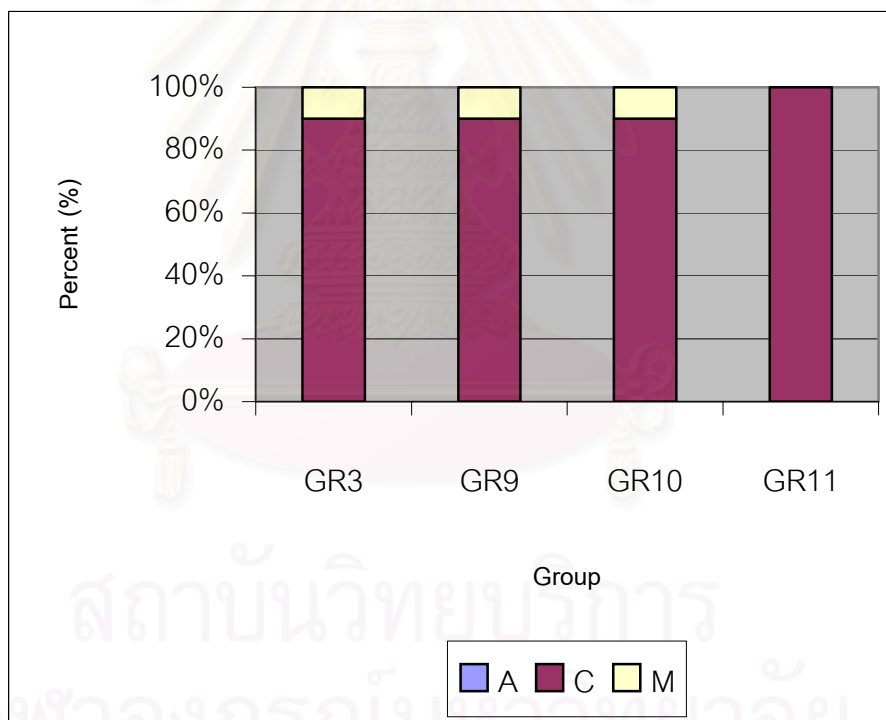
	GR3	GR9	GR10	GR11
GR3		*	*	*
GR9				
GR10				
GR11				

* คือกลุ่มทดลองคู่ที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเขื่อนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากตาราง ญ. สรุปผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า ตอนที่ 2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6 สรุปผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ตอนที่ 2

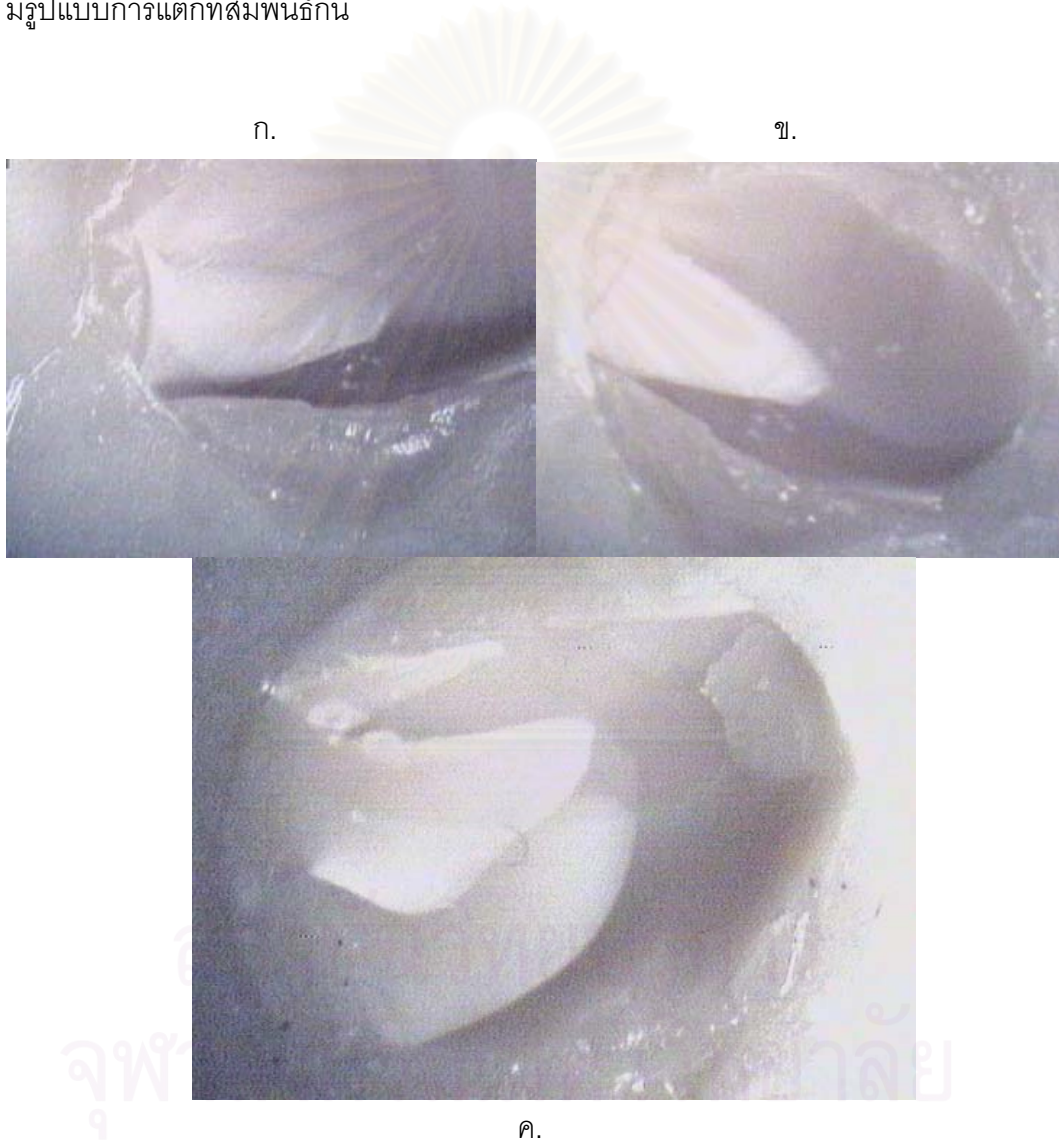
Mode of failure Group	Adhesive (%)	Cohesive (%)	Mixed (%)
3	0	90	10
9	0	90	10
10	0	90	10
11	0	100	0



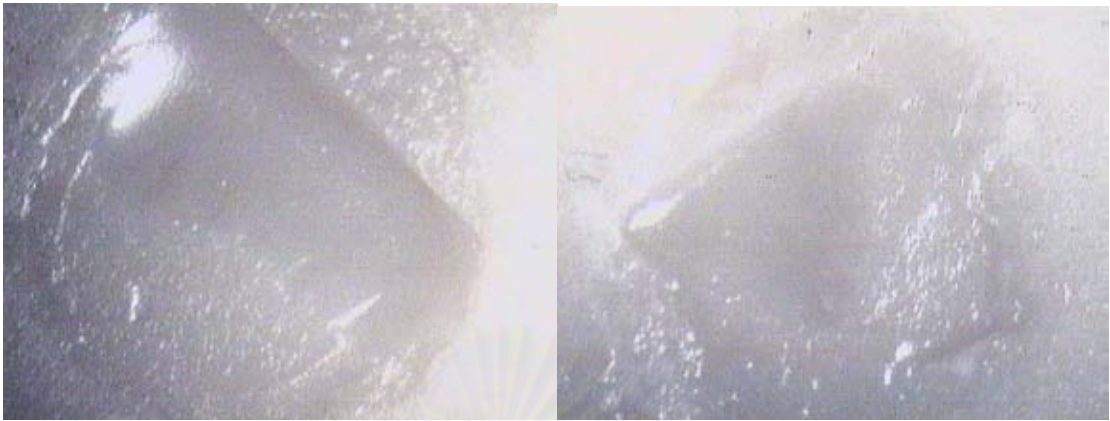
รูปที่ 37 กราฟแสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักระหว่างเซโรเมอร์กับ เรซิน คอมโพสิต Z 250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน

ผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า พบว่าทุกกลุ่มทดลองคือ กลุ่มที่ 3 9 10 และ 11 พบว่ามากกว่าร้อยละ 90 เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis ส่วนที่เหลือเป็นการแตกแบบผสม

จากตาราง ท. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติ-คาร์โล พบว่าค่า Sig. (2-sided) มีค่ามากกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่สัมพันธ์กัน



รูปที่ 38 ก. ข. และ ค. แสดงรูปแบบการแตกแบบแตกภายในวัสดุ Targis



ก.

ข.

รูปที่ 39 ก. และ ข. แสดงรูปแบบการแตกแบบผสม



รูปที่ 40 แสดงรูปแบบการแตกระหว่างรอยต่อของสารยึดกับวัสดุบุผนังเรซิน คอมโพสิต หรือ สารยึดกับ Targis

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองวัสดุในครั้งนี้ เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบกำลังแรงยึดแบบเคื่อนของการยึด Targis ซึ่งเป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ปมตัวจากห้องปฏิบัติการซึ่งเทียบได้กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้อุดฟัน เมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของการปรับปรุงพื้นผิวและการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อน โดยได้ดัดแปลงแนวทางและรูปแบบของวิธีการทดลองจาก The International Organization for Standardization (ISO/TR 11405 : 1994) และ Lucena-Martin และคณะ (2001) โดยใช้ชิ้นงาน Targis รูปดิสก์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร และวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร โดยให้ชิ้นงาน Targis ฝังภายในท่อพีวีซีรูปทรงกระบอกยึดด้วยอะคริลิก เรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี และควบคุมพื้นที่ในการยึดติดระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้นด้วยแบบซิลิโคน โดยแบบซิลิโคนที่ใช้เป็นวัสดุพิมพ์ปากเอเดดดิชั่น ซิลิโคนชนิดเหลว มีข้อดีคือสามารถเตรียมได้ง่าย วัสดุมีความคงรูปที่ดี ไม่ฉีกขาดง่ายเมื่อใช้งาน ส่วนการเก็บชิ้นงานนั้นจะทำการเก็บในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 + 1 องศาเซลเซียส เพื่อควบคุมให้อยู่ในสภาวะใกล้เคียงกับภายในช่องปากเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเคื่อนด้วยเครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์ โดยตั้งค่าความเร็วของหัวทดสอบ 0.75 มิลลิเมตรต่อนาที ตามวิธีการทดสอบของ The International Organization for Standardization (ISO/TR 11405 : 1994) และใช้โหลดเซลล์ขนาด 1000 นิวตัน เนื่องจากกำลังแรงยึดแบบเคื่อนของวัสดุที่ทำการทดสอบจากการทดลองนำร่องมีกำลังแรงยึดแบบเคื่อนอยู่ภายในช่วงที่ต่ำกว่า 1000 นิวตัน และเหตุผลด้านความปลอดภัยของเครื่องลอยด์ อินสตรูเมนต์ ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ขนาดของโหลดเซลล์ที่มีค่าสูงกว่ากำลังแรงยึดแบบเคื่อนของชิ้นงานทดสอบ

ในส่วนของคุณสมบัติที่เลือกใช้ในการเพิ่มการบ่มตัวนั้น ได้เลือกใช้ที่คุณสมบัติที่ 41 46 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การที่เลือกอุณหภูมิคงที่ที่ 41 องศาเซลเซียส เนื่องจากการศึกษาของ Zach และ Cohen (1965) พบว่าเมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันสูงเกินกว่า 42.5 องศาเซลเซียสเมื่อวัดจากบริเวณเหนือรอยต่อระหว่างโพรงประสาทฟันและชั้นเนื้อฟัน จะทำให้เกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน เพราะฉะนั้นจึงได้เลือกที่คุณสมบัติที่ 41 องศาเซลเซียส เพราะว่าเป็นการเพิ่มอุณหภูมิที่น้อยที่สุดโดยที่คาดว่าจะไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อ

โพรง-ประสาทฟัน ในส่วนของการเลือกอุณหภูมิครั้งที่ 46 องศาเซลเซียส เนื่องจากการศึกษาของ Zach และ Cohen (1965) พบว่าเมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันเพิ่มขึ้น 11.1 องศาเซลเซียสในลิง Macaca Rhesus เมื่อวัดจากบริเวณเหนือรอยต่อระหว่างโพรงประสาทฟันและชั้นเนื้อฟันซึ่งบริเวณนั้นจะมีอุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เป็นสาเหตุให้เกิดเนื้อเยื่อโพรง-ประสาทฟันอักเสบที่ผันกลับไม่ได้ร้อยละ 60 และทำยสุดที่อุณหภูมิครั้งที่ 60 องศาเซลเซียสเนื่องจากการศึกษาของ Bausch และคณะ (1981) ได้ทดลองใช้ความร้อนที่ได้จากหลอดไฟอินฟราเรด โดยให้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการและพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและเพิ่มเสถียรภาพสีของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตเพิ่มขึ้น จึงได้นำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมาเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 41 และ 46 องศาเซลเซียสว่าจะให้ผลการศึกษาดังกันหรือไม่

สารยึด Heliobond ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ใน เรซิน ซีเมนต์ Variolink II เป็นเรซิน ซีเมนต์ที่ทางบริษัทผู้ผลิต Targis แนะนำให้ใช้ร่วมในการยึดหรือซ่อมแซมชิ้นงาน ส่วนสารซีเมนต์และ เรซิน คอมโพสิตที่ทางบริษัทผู้ผลิต Targis แนะนำให้ใช้ คือ Monobond-S และวัสดุบูรณะฟัน Tetric Ceram ใช้ร่วมในการซ่อมแซมชิ้นงาน ส่วนวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต อีก 1 ชนิดที่ใช้ร่วมในการทดลองนี้คือ Z 250 ซึ่งเป็น ไมโครไฮบริด เรซิน คอมโพสิต เหมือน Tetric Ceram เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีใช้ภายในคลินิกค่อนข้างแพร่หลาย และยังใช้ทดสอบด้วยว่ามีความจำเป็นมากน้อยขนาดไหนที่จะต้องใช่วัสดุบูรณะฟัน เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram เพียงอย่างเดียว ในการซ่อมแซมตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

สีของ Targis ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือสี A2 และสีของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 และ Tetric Ceram ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือสี A3 เพื่อที่จะได้สามารถสังเกต บริเวณที่เกิดการแตกหักได้ง่าย

ส่วนการควบคุมพื้นที่และรูปร่างของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 และ Tetric Ceram ด้วยแบบซิลิโคนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตรนั้นจะทำการอุดเป็นชั้นๆ มีความหนาชั้นละ 2 มิลลิเมตรโดยประมาณ แม้ในการอุดแต่ละชั้นจะไม่ได้มีความหนา 2 มิลลิเมตรอย่างเที่ยงตรง แต่ได้ทำการชดเชยโดยการเพิ่มการฉายแสงเป็นชั้นละ 60 วินาที เพื่อให้แน่ใจได้ว่า วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำการอุดลงไปในแต่ละชั้นมีการแข็งตัวได้ค่อนข้างสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน

วิจารณ์ผลการทดลอง ตอนที่ 1

ในการทดลองนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มของ วัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 กับ วัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Terric Ceram มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยจากผลการทดลอง พบว่ากลุ่มทดลองที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย และการทาสารซีเลนตามด้วยการบุรณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR3) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึด-แบบเฉือนมากที่สุด คือ 6.7 เมกะปาสคาล และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า กลุ่มที่ 1 , 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าในกลุ่มทดลองที่ใช้สารซีเลนร่วมในการปรับสภาพพื้นผิว (GR3 และ GR4) จะมีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ไม่ใช้สารซีเลนร่วม ในการปรับสภาพพื้นผิว (GR1) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wendt (1987) และ Boyer และคณะ (1984) พบว่า การใช้สารยึดที่ไม่มีอนุภาควัสดุอัดแทรก เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับสารซีเลนภายหลังจากผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทราย เป็นวิธีที่มีประสิทธิ-ภาพที่สุดในการเพิ่มกำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตกับวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำมาสำเร็จจากห้องปฏิบัติการ เนื่องจากการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายเป็นเพิ่มพื้นผิวและส่งเสริมทำให้เกิดการยึดติดในระดับจุลภาค และเมื่อใช้สารซีเลนร่วมกับการปรับปรุงพื้นผิวแบบที่ทำให้เกิดลักษณะการยึดติดในระดับจุลภาค หมู่อัลคิลในสารซีเลนจะถูก ไฮโดรไลต์เป็นหมู่อะซิลาโนลและจะยึดติดกับหมู่อะซิลาโนลที่อยู่บนอนุภาค วัสดุอัดแทรกบนพื้นผิวของวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ทำมาสำเร็จจากห้องปฏิบัติการ โดยการสร้างพันธะไฮดรอกเซน โควาเลนต์ และสารซีเลนเป็นสารที่ทำให้มีความเปียกบนพื้นผิวที่ดีกว่า จะเป็นการส่งเสริมให้เกิดการแทรกซึมของ เรซิน เข้าไปในพื้นผิวระดับจุลภาคเป็นผลให้การปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย มีกำลังแรงยึดแบบเฉือนเพิ่มขึ้น

ในส่วนของกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทา กรด ฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยนำหน้ากตามด้วยการบุรณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR2) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนต่ำที่สุดในกลุ่มของการบุรณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 และพบว่ามีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 1 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่ามีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนแตกต่างจากกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Swift และคณะ (1994) พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวโดยใช้ การทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยนำหน้ากมักจะได้ผลดีกับพอร์ซเลนและวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดลุ่มผสม และใช้ได้ผลน้อยกับวัสดุบุรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดไมโครฟิล และเมื่อใช้ร่วมกับสารซีเลน (กลุ่มที่ 4) จะทำให้มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนที่เพิ่มขึ้น

ในกลุ่มของ เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram พบว่า กลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR5) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนมากที่สุด คือ 4.73 เมกะปาสคาล และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า กลุ่มที่ 5 , 7 และ 8 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในบางครั้งการที่ใช้หรือไม่ใช้สารซีเมนต์ในการปรับสภาพพื้นผิวมักจะพบว่าผลการทดลองจะให้ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Swift และคณะ (1994) และ Brosh และคณะ (1997) พบว่า มีความไม่แน่นอนในประสิทธิภาพของสารซีเมนต์ที่ใช้เพิ่มการยึดติดของวัสดุบรูณะพื้นเรซิน คอมโพสิตที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับการใช้สารยึดที่ไม่มีอนุภาควัสดุอุดแทรก จะทำให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มกำลังแรงยึดแบบเนียนของการซ่อมแซมวัสดุบรูณะพื้นเรซิน คอมโพสิตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารยึดที่ไม่มีอนุภาควัสดุอุดแทรกเพียงอย่างเดียว โดยความแตกต่างของการปรับปรุงพื้นผิวไม่มีอิทธิพลเกี่ยวข้อง

ในส่วนของกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทา กรด ฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักตามด้วยการบรูณะด้วยเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR6) มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนต่ำที่สุด คือ 2.76 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนแตกต่างกับกลุ่มที่ 1-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากที่กล่าวมาจะพบว่า ทั้งกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทา กรด ฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Z 250 (GR2) และกลุ่มทดลองที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทา กรด ฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักตามด้วยการบรูณะด้วย เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram (GR6) เป็นกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทา กรด ฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักเหมือนกัน และมีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนต่ำที่สุดในแต่ละกลุ่มเหมือนกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lucena-Martin และคณะ (2001) พบว่า การใช้ทา กรด ฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดย น้ำหนัก เป็นเวลา 20 วินาที ในการปรับสภาพพื้นผิวให้ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเนียนที่ไม่น่าพอใจทั้งในการปรับสภาพพื้นผิววัสดุบรูณะพื้นเรซิน คอมโพสิตชนิดลูกผสม และ วัสดุบรูณะพื้นเรซิน คอมโพสิตชนิดไมโครฟิล ซึ่งจากการศึกษาของ Swift และคณะ (1995) ได้กล่าวถึงการ ใช้ กรด ฟอสฟอริก ในการปรับปรุงสภาพพื้นผิวของผิวเคลือบฟันไว้ว่า ความเข้มข้นของกรด ฟอสฟอริก ในการปรับปรุงสภาพพื้นผิวของผิวเคลือบฟันในบางความเข้มข้นทำให้เกิดการตกตะกอนที่ทำให้เกิดการขัดขวางการยึดติดของผิวเคลือบฟัน เช่น การใช้ กรด ฟอสฟอริก ความเข้มข้น ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 60 วินาที เป็นผลให้เกิดตะกอนในรูปของโมโนแคลเซียม ฟอสเฟต โมโนไฮเดรต (monocalcium phosphate monohydrate) ซึ่งเป็นตะกอนที่ละลายน้ำ ส่วนการใช้ กรด

ฟอสฟอริกความเข้มข้นน้อยกว่าร้อยละ 27 โดยน้ำหนัก จะทำให้เกิดตะกอนในรูปของ ไดแคลเซียม ฟอสเฟต ไดไฮเดรต (dicalcium phosphate dihydrate) ซึ่งเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ และยังเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการขัดขวางการยึดติดของผิวเคลือบฟัน ในการทดลองนี้เป็นการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้น ร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 20 วินาทีในการปรับปรุงพื้นผิว Targis ซึ่งเป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด ผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเกิดตะกอนบางรูปที่ น่าจะเป็นส่วนที่ขัดขวางการยึดติดในการซ่อมแซมระหว่าง Targis กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต ชนิดไมโครไฮบริด ทำให้กลุ่มทดลองที่ 2 และ 6 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนที่ค่อนข้างต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ทั้งนี้ทุกกลุ่มผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายเหมือนกัน

เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้ในการยึด คือ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 และวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram แยกตามประเภทการปรับปรุงพื้นผิว พบว่าวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนมากกว่า วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ 1 กับ กลุ่มที่ 5 ซึ่งเป็นการปรับปรุงพื้นผิวโดยการเป่าทรายเหมือนกัน ทำให้พอสรุปได้ว่าการซ่อมแซม Targis ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram ตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ เราสามารถใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 ในการซ่อมแซมได้ และจากข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ได้จากทางบริษัทผู้ผลิตพบว่า วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด มีส่วนของเรซิน เมทริกที่ใกล้เคียงกัน คือมีส่วนประกอบของบิส-จีเอ็มเอ ยูรีเทน ไดเมทาคริเลต และ ไตรเอทีลิน ไกลคอล ไดเมทาคริเลต เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ แต่ส่วนของวัสดุอุดแทรกมีความแตกต่างกันมาก พบว่าวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 มีวัสดุอุดแทรกเป็น เซอร์โคเนียม ไดออกไซด์ และ ซิลิกอน ไดออกไซด์ คิดเป็นร้อยละ 82 โดยน้ำหนัก และร้อยละ 60 โดยปริมาตร ตามลำดับ ในส่วนของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram มีวัสดุอุดแทรกเป็นแก้วเบเรียมและแก้วเบเรียมอะลูมิโนฟลูออโรซิลิเกต คิดเป็นร้อยละ 78 โดยน้ำหนัก ความแตกต่างในสัดส่วนและชนิดของส่วนวัสดุอุดแทรกน่าจะมีผลต่อความแข็งแรงที่แตกต่างกันของวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด

การวิเคราะห์รูปแบบการแตก จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ 3 และ 4 ให้ผลการทดลองดีที่สุดและมีรูปแบบการแตกส่วนใหญ่เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis ร้อยละ 80 ขึ้นไป ส่วนที่เหลือเป็นการแตกแบบผสม ส่วนกลุ่มที่เหลือมีรูปแบบการแตกส่วนใหญ่เป็นการแตกแบบระหว่างรอยต่อของ Targis กับ เรซิน คอมโพสิต การที่กลุ่มที่ 3 และ 4 มีรูปแบบการแตกส่วนใหญ่เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis เนื่องจากเป็นกลุ่มที่การปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลนตามด้วยการบูรณะด้วยเรซิน คอมโพสิต Z 250 ซึ่งสารซีเลนเป็นสารที่เพิ่มความ

เป็ยกที่ตีให้กับพื้นผิวที่ทำการปรับปรุง (Latta และคณะ , 1994) ทำให้มีกำลังแรงยึดแบบเนียนมากกว่าการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram การที่รูปแบบการแตกที่อยู่ในส่วนของ Targis ทำให้สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเนียนของการซ่อมแซมในกลุ่มที่ 3 และ 4 เป็นสิ่งที่เราต้องการในการซ่อมแซม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Swift และคณะ (1992) Imamura และคณะ (1996) และ Latta (1994) พบว่าการซ่อมแซมโดยการปรับปรุงพื้นผิวโดยการเป่าทรายร่วมกับสารซีเมนต์ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

เมื่อวิเคราะห์การแตกภายในกลุ่มที่บูรณะด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram พบว่า กลุ่มที่ 5 คือ กลุ่มที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายเพียงอย่างเดียว มีรูปแบบการแตกอยู่ในส่วนของ Targis ร้อยละ 20 ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆที่บูรณะด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram คือ กลุ่มที่ 6 7 และ 8 ซึ่งพบการแตกแบบผสมและการแตกระหว่างรอยต่อของ Targis กับ เรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram และกลุ่มที่ 6 มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเนียนต่ำที่สุด ทำให้สรุปได้ว่าการที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและการทากรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนักเป็นการปรับปรุงพื้นผิวที่ไม่ควรใช้เมื่อซ่อมแซมด้วยเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram

เมื่อทดสอบทางสถิติโดยการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล แทนการทดสอบด้วยการทดสอบแบบเอ็กแซกท์ เนื่องจาก ข้อมูลไม่สามารถเข้ากันได้กับข้อกำหนดของการทดสอบแบบเอ็กแซกท์ เช่น ต้องเป็นตารางแบบ 2 X 2 มีค่าคาดหวังของแต่ละช่องน้อยกว่า 5 ไม่เกินร้อยละ 20 ของจำนวนช่องทั้งหมด แต่เนื่องจากเทคนิคมอนติคาร์โล มักใช้กันมากในทางสังคมศาสตร์ โดยข้อกำหนดของการทดสอบ ยอมให้มีค่าคาดหวังของแต่ละช่องเป็นศูนย์ได้ ซึ่งในทางการแพทย์อาจจะยอมรับไม่ได้เพราะเป็นการทดสอบที่จะนำไปใช้กับมนุษย์ แต่การทดสอบนี้ก็มิใช่ข้อได้เปรียบบ้าง คือ ค่าประมาณของ sig. เป็นค่าประมาณที่ไม่เอนเอียง และไม่จำเป็นต้องเป็นตารางแบบ 2 X 2 ซึ่งจากข้อมูลของการวิเคราะห์การแตกเป็นตารางแบบ 8 X 3 เพราะว่าจากการทดลองนี้มี 3 รูปแบบการแตก 3 แบบ ซึ่งทำให้ใช้ ตารางแบบ 2 X 2 ไม่ได้

จากผลการทดสอบทางสถิติโดยการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล พบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่แตกต่างและเป็นอิสระต่อกัน โดยที่ชนิดของการปรับปรุงพื้นผิวที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการใช้วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่แตกต่างกันในการซ่อมแซม ก็ให้รูปแบบการแตกที่แตกต่างกัน

วิจารณ์ผลการทดลอง ตอนที่ 2

จากผลการทดลองในตอนต้นที่ 2 พบว่า เมื่อเราทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย การทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบุงนระด้วยเรซิน คอมโพสิต Z 250 และเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 41 46 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที (GR9,10และ11) ตามลำดับ ทำให้มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนสูงชันมากกว่ากลุ่มที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย และทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบุงนระด้วยเรซิน คอมโพสิต Z 250 โดยที่ไม่ได้เพิ่มการบ่มด้วยความร้อน (GR3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เราพบว่าทั้ง 3 กลุ่ม (GR 9,10 และ11) มีเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนสูงที่สุดคือ กลุ่มที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทราย การทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบุงนระด้วยเรซิน คอมโพสิต Z 250 และเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที (GR11) มีค่า 11.26 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและทาสารซีเมนต์ตามด้วยการบุงนระด้วยเรซิน คอมโพสิต Z 250 โดยที่ไม่ได้เพิ่มการบ่มด้วยความร้อน (GR3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนเป็นการช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลของวัสดุบุงนระเรซิน คอมโพสิต ในแง่ของการเพิ่มความแข็งแรงและความต้านทานต่อการสึก (Wendt ,1987) และยังทำให้ระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ของบริเวณพื้นผิวที่ทำการยึดติดและภายในวัสดุบุงนระเรซิน คอมโพสิตเพิ่มขึ้น (Peutzfeldt , 2001) นอกจากนี้แล้วยังมีผลในการเพิ่มกำลังแรงดึงผ่าศูนย์กลางอีกด้วย (Peutzfeldt และ Asmussen ,2000)

เนื่องจากค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของ กลุ่มที่ 9 10 และ11 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้พบว่าที่ระดับอุณหภูมิคงที่ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาทีเป็นการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนด้วยอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งจากผลของการเพิ่มการบ่มตัว Peutzfeldt ได้ศึกษาถึงผลของการเพิ่มการบ่มตัวหรือการบ่มตัวครั้งที่ 2 ต่อคุณสมบัติของวัสดุบุงนระพื้นเรซิน คอมโพสิต โดยแสดงถึงร้อยละของระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 6-44 แตกต่างกันตามการศึกษาที่ต่างกัน (Peutzfeldt , 2001) และอุณหภูมิที่มากกว่า 37 องศาเซลเซียสขณะบ่มตัวจะส่งเสริมให้มีการสร้างสายโซ่โพลีเมอร์ที่เป็นโครงสร้างตาข่ายมากกว่าที่จะเป็นเพียงสายโซ่โพลีเมอร์สายยาวเพียงสายเดียว ร่วมกับมีการใช้กลุ่มของเมทิลเมทาคริเลตที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และการเพิ่มระดับการใช้พันธะคู่ในการทำปฏิกิริยาโดยการให้ความร้อนต่อวัสดุบุงนระพื้นเรซิน คอมโพสิต (Venz และ Antonuci , 1985) และการที่ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของ กลุ่มที่ 9 10 และ11 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจจะเนื่องมาจากที่ระดับอุณหภูมิคงที่ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

เป็นอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ระดับการเปลี่ยนแปลงของพันธะคู่เพิ่มขึ้น และยังเป็นการใช้กลุ่มของเมทิล เมทาคริเลตที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างจากเมื่อใช้ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่า 41 องศาเซลเซียสและที่ระดับอุณหภูมิตั้งที่ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาทียังทำให้ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนมีค่าสูงขึ้นกว่ากลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน่าจะนำไปประยุกต์ใช้ภายในช่องปากได้ เนื่องจากมีการศึกษาถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในตัวฟันคือที่ระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่จะไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันคือ 6.1 องศาเซลเซียสวัดจากบริเวณเหนือรอยต่อระหว่างโพรงประสาทฟันและชั้นเนื้อฟัน ซึ่งบริเวณนั้นจะมีอุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส (Zach และ Cohen, 1965) นอกจากนี้การอุดฟันหรือการซ่อมแซมวัสดุบูรณะฟันก็มักจะเป็นบริเวณที่ห่างไกลจากเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน หรือในกรณีที่ใกล้เนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันก็ยังคงมีการทำวัสดุรองฟัน (base) เป็นการป้องกันเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันอีกชั้นหนึ่งก่อนที่จะทำการบูรณะ

การวิเคราะห์รูปแบบการแตก จากผลการทดลองพบว่าทุกกลุ่มในตอนที่ 2 มีรูปแบบการแตกส่วนใหญ่เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis มากกว่าร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือเป็นการแตกแบบผสม เนื่องจากเป็นกลุ่มที่การปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและทาสารซีเลนตามด้วยการบูรณะด้วยเรซิน คอมโพสิต Z 250 ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนมากที่สุดในตอนที่ 1 และผลจากการเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนทำให้ กลุ่มที่ 9 10 และ 11 มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้รูปแบบการแตกส่วนใหญ่เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis

เมื่อทดสอบทางสถิติโดยการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล แทนการทดสอบด้วยการทดสอบแบบเอ็กแซกท์ ด้วยเหตุผลเดียวกันกับในบทวิจารณ์ผลการทดลองในส่วนของการวิเคราะห์รูปแบบการแตกในตอนที่ 1

จากผลการทดสอบทางสถิติโดยการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล พบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่สัมพันธ์กัน คือมากกว่าร้อยละ 90 เป็นการแตกอยู่ในส่วนของ Targis ส่วนที่เหลือเป็นการแตกแบบผสม อาจจะเป็นเนื่องมาจากการที่พื้นผิวการยึดติดมีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีที่เหมาะสม คือ การทำการเป่าทรายและการทาสารซีเลนและเมื่อเพิ่มการบ่มด้วยความร้อนทำให้รูปแบบการแตกยังเหมือนเดิมแต่มีค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดแบบเฉือนสูงขึ้น เนื่องจากมีการทำปฏิกิริยาที่พื้นผิวการยึดติดสมบูรณ์มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การทดลองวัสดุในครั้งนี้ เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบกำลังแรงยึด-แบบเนียนของการยึด Targis ซึ่งเป็นวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่บ่มตัวจากห้อง-ปฏิบัติการซึ่งเทียบได้กับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วกับวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิตที่ใช้อุดฟัน เมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของการปรับปรุงพื้นผิวและ การเพิ่มการบ่มด้วยความร้อน โดยได้สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. การยึดระหว่าง Targis กับ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต โดยการปรับสภาพผิวด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลน เป็นวิธีการที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพดีที่สุด
2. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 กับ Tetric Ceram พบว่าวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 ให้กำลังแรงยึดแบบเนียนมากกว่า Tetric Ceram เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวแบบเดียวกัน
3. จากการทดลองนี้ เมื่อยึด Targis ด้วยวัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต Z 250 ควรใช้ การปรับปรุงพื้นผิวแบบการเป่าทรายและสารซีเลน และเมื่อยึดด้วยวัสดุบูรณะ ฟันเรซิน คอมโพสิต Tetric Ceram ไม่ควรใช้การปรับปรุงพื้นผิวแบบการเป่าทราย ร่วมกับกรดฟอสฟอริก ร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก
4. การยึดระหว่าง Targis กับ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต เมื่อใช้การปรับสภาพผิว ด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลน โดยเพิ่มการบ่มตัวที่อุณหภูมิคงที่ ที่ 41 46 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที พบว่า ให้กำลังแรงยึดแบบเนียน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
5. การยึดระหว่าง Targis กับ วัสดุบูรณะฟันเรซิน คอมโพสิต เมื่อใช้การปรับสภาพผิว ด้วยการเป่าทรายและการทาสารซีเลน โดยเพิ่มการบ่มตัวที่อุณหภูมิคงที่ ที่ 41 46 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที พบว่า ให้กำลังแรงยึดแบบเนียน แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่ไม่ได้ทำการเพิ่มการบ่มตัว
6. การเพิ่มการบ่มตัวที่อุณหภูมิคงที่ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เป็นอุณหภูมิต่ำ ที่สุดในการทดลองนี้ที่สามารถเพิ่มกำลังแรงยึดแบบเนียน โดยคาดว่าจะไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อประสาทฟัน

รายการอ้างอิง

- ดรรณี ตัณฑพิโรจน์. 2001. Restorative composite & dental adhesives. J Thai Oper Dent 2 : 28-35.
- Adam, T.C. 2000. Bonding the gap between petralit and ceromers with case reviews. J In Dent Assoc 79 : 12-15.
- Adrian, C., Bernier, J., Sprague, W. 1971. Laser and the dental pulp. J Am Dent Assoc 83 : 113-117.
- Albers, H.F., Dunn, J.R., Perdigao, J. 2001. Composite materials in restorative dentistry. Compendium 22 : 666-672.
- Ameye, C., Lambrechts, P. 1981. Conventional and microfilled composite resin part I: color and marginal adaptation. J Prosthet Dent 46 : 303-311.
- Azarbal, P., Boyer, D.B., Chan, K.C. 1986. The effect of bonding agents on the interfacial bond strength of repaired composites. Dent Mater 2 : 153-155.
- Bagis, Y.H., Rueggeberg, F.A. 1997. Effect of post-cure temperature and heat duration on monomer conversion of photo-activated dental resin composite. Dent Mater 13 : 377-380.
- Baldissara, P., Catapano, S., Scotti, R. 1997. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth : a preliminary study. J Oral Rehabil 24 : 791-801.
- Bartsch, F. 2000. Fiber-reinforced inlay bridges: guidelines for clinical and laboratory fabrication of targis/vectris metal-free inlay bridges. Quintessence Dent Tech 23 : 117-138.
- Barzilay, I., Myer, M.L., Cooper, L.B., Graser, G.N. 1988. Mechanical and chemical retention of laboratory cured composite metal surfaces. J Prosthet Dent 59: 131-137.
- Bausch, J.R., de Lange, C., Davidson, C.L. 1981. The influence of temperature on some physical properties of dental composites. J Oral Rehabil 8 : 309-317.
- Blank, J.T. 2000. Scientifically based rationale and protocol for use of modern indirect resin inlays and onlays. J Esthet Dent 12 : 195-208.

- Belvedere, P.C. 2001. Contemporary posterior direct composites using state-of-art techniques. Dent Clin North Am 45 : 49-70.
- Berge, M. 1989. Properties of prosthetic resin-veneer materials processed in commercial laboratories. Dent Mater 5 : 77-82.
- Bona, D.A., Noort, R.V. 1995. Shear bond vs tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. J Dent Res 74 : 1591-1596.
- Bouschlicher, M.R., Reinhardt, J.W., Vargas, M.A. 1997. Surface treatment techniques for resin composite repair. Am J Dent 10 : 279-283.
- Bouschlicher, M.R., Cobb, D.S., Vargas, M.A. 1999. Effect of two abrasive systems on resin bonding to laboratory-processed indirect resin composite restorations. J Esthet Dent 11 : 185-196.
- Boyer, D.B., Chan, K.C., Torney, D.L. 1978. The strength of multilayer and repaired composite resin. J Prosthet Dent 39 : 63-67.
- Boyer, D.B., Chan, K.C., Reinhardt, J.W. 1984. Build-up and repair of light-cured composites: bond strength. J Dent Res 10 : 1241-1244.
- Brosh, T., Pilo, R., Bichacho, N., Blutstien, R. 1997. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. J Prosthet Dent 77 : 122-126.
- Buonocore, M.G. 1955. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 34 : 849-853.
- Buonocore, M.G. 1981. Retrospections on bonding. Dent Clin North Am 25 : 241-255.
- Chen, T.M., Brauer, G.M. 1982. Solvent effects on bonding organo-silane to silica surfaces. J Dent Res 61 : 1439-1443.
- Chiba, K. 1983. Adhesion of the subsequently added composite resin (abstract). J Dent Res 62 : 207, 1983.
- Chiba, K., Hosoda, H., Fusayama, T. 1989. The addition of an adhesive composite resin to the same material: bond strength and clinical techniques. J Prosthet Dent 61 : 669-675.
- Condon, G.R., Ferracane, J.L. 1997. In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. J Dent Res 76 : 1405-1411.

- Craig, R.G. 2002. Restorative dental materials. 11th ed. St.Louis : The C.V. Mosby : 232-235.
- Crumpler, D.C., Bayne, S.C., Sockwell, S. 1989. Bonding to resurfaced posterior composites. Dent Mater 5 : 417-424.
- Culler, Sr., Krueger, D.D., Joos, R.W. 1986. Investigations of silane priming solutions to repair fracture porcelain crown (abstract). J Dent Res 65 :191.
- de Gee, A.J., Pallav, P., Werner, A., Davidson, C.L. 1990. Annealing as a mechanism of increasing wear resistance of composites. Dent Mater 6 : 266-270.
- Denehy, G., Bouschlicher, M., Vargas, M. 1998. Intraoral repair of cosmetic restorations. Dent Clin North Am 42 : 719-737.
- Dhuru, V.B., Lloyd, C.H. 1986. The fracture toughness of repaired composite. J Oral Rehabil 12 : 413-421.
- Ferracane, J.L., Condon, J.R. 1992. Post-cure heat treatments for composites: Properties and fractography. Dent Mater 8 : 290-295.
- Ferracane, J.L., Hopkin, J.K., Condon, J.R. 1995. Properties of heat-treated composites after aging in water. Dent Mater 11 : 354-358.
- Ferracane, J.L. 2001. Materials in dentistry principles and applications. 2th ed. United States of America : A Wolters Kluwer Company : 88-93.
- Gregory, W.A., Pounder, B., Bakus, E. 1990. Bond strengths of chemically dissimilar repaired composite resins. J Prosthet Dent 64 : 664-668.
- Gregory, W.A., Berry, S., Duke, E. 1992. Physical properties and repair bond strength of direct and indirect composite resins. J Prosthet Dent 68 : 406-411.
- Imamura, G.M., Reinhardt, J.W., Boyer, D.B. 1996. Enhancement of resin bonding to heated-cured composite resin. Oper Dent 21 : 249-256.
- Kao, E.C., Pryor, H.G., Johnston, W.M. 1988. Strength of composites repaired by laminating with dissimilar composites. J Prosthet Dent 60 : 328-333.
- Koczarski, M.J. 1998. Utilization of ceromer inlays/onlays for replacement of amalgam restorations. Pract Periodont Aesthet Dent 10 : 405-412.
- Krejci, I., Boretti, R., Lutz, F., Giezendanner, P. 1997. Adhesive crowns and fixed partial dentures of optimized composite resin with glass fiber-bonded framework. Quintessence Dent Tech 20 :107-127.

- Kula, K., Nelson, S., Kula, T. 1986. In vitro effect of acidulated phosphate fluoride gel on the surface of composite with different filler particles. J Prosthet Dent 56 : 161-169.
- Kupiec, K.A., Barkmeier, W.W. 1996. Laboratory evaluation of surface treatment to composite repair. Oper Dent 21 : 59-62.
- Lacy, A.M., LaLuz, J., Watanabe, L.G., Dellinges, M. 1988. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. J Prosthet Dent 60 : 288-291.
- Latta, M.S., Barkmeier, W.W. 1994. Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material. J Prosthet Dent 72 : 189-193.
- Leinfelder, K.F. 1997. New developments in resin restorative systems. J Am Dent Assoc 128 : 573-581.
- Lucena-Martin, C., Gonzalez-Lopez, S., Navajas-Rodriguez de Mondelo, J.M. 2001. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. J Prosthet Dent 86 : 481-488.
- Neumann, L., Christensen, C., Cavanaugh, C. 1989. Dental esthetic satisfaction in adults. J Am Dent Assoc 118 : 565-569.
- Olk, C. 2000. Esthetic in the composite resin veneer technique. Quintessence Dent Tech 23 :159-167.
- Park, S.H., Lee, C.S. 1996. The different in degree of conversion between light-cured and additional heat-cured composite. Oper Dent 21 : 213-217.
- Peutzfeldt, A., Asmussen, E. 2000. The effect of post-curing on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composite. J Prosthet Dent 28 : 477-452.
- Peutzfeldt, A. 2001. Indirect resin and ceramic systems. Oper Dent 6 : 153-176.
- Plueddemann, E.P. 1991. Silane coupling agents. 2nd ed. New York : Plenum Press
- Pohto, M., Scheinin, A. 1958. Microscopic observations on living damage pulp. Acta Odontol Scand 16 : 303-327.
- Pounder, B., Gregory, W.A., Power, J.M. 1987. Bond strengths of repaired composite resins. Oper Dent 12 :127-131.

- Powers, J.M., Pratten, D.H., Collard, S.M., Cowperthwaite, G.F. 1991. Spreading of oligomers on polymers. Dent Mater 7 : 88-91.
- Puckett, A.D., Holder, R., O'Hara, J.W. 1991. Strength of posterior composite repairs using different composite/bonding agent combinations. Oper Dent 16 :136-140.
- Research and Development. , Liechtenstein, Ivoclar Vivadent AG, 1999.
- Rueggeberg, F.A. 2002. From valcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. J Prosthet Dent 87 : 364-379.
- Ruyter, I.E., Svendsen, S.A. 1978. Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. Acta Odontol Scand 36 : 75-82.
- Scheibenbogen-Fuchsbrunner, A., Manhart, J., Kreners, L. 1999. Two-years clinical evaluation of direct and indirect composite restorations in posterior teeth. J Prosthet Dent 82 : 391-397.
- Shortall, A.C., Baylis, R.L., Wilson, H.J. 1996. Composite inlay/luting resin bond strength –surface treatment effects. J Dent 24 : 129-135.
- Stangel, I., Nathanson, D., Hsu, C.S. 1987. Shear bond strength of composite bond to etched porcelain. J Dent Res 66 : 1460-1465.
- Stern, R., Renger, H., Howell, F. 1969. Laser effects on vital dental pulps. Brit Dent J 152 : 26-28.
- Stokes, A.N., Tay ,W.M., Pereira, B.P. 1993. Shear bond of resin cement to post-cured hybrid composite. Dent Mater 9 : 370-374.
- Suliman, A.H., Swift, E.J., Perdigao, J. 1993. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. J Prosthet Dent 70 : 118-120.
- Swift, E.J., Brodeur, C., Cvitko, E. 1992a. Treatment of composite surfaces for indirect bonding. Dent Mater 8 : 193-196.
- Swift, E.J., Le Valley, B.D., Boyer, D.B. 1992b. Evaluation of new methods for composite repair. Dent Mater 8 : 362-365.
- Swift, E.J., Cloe, B.C., Boyer, D.B. 1994. Effect of silane coupling agent on composite repair strengths. Am J Dent 7 : 200-202.

- Swift, E.J., Perdigao, J., Heymann, H.O. 1995. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. Quintessence Int 26 : 95-110.
- Taylor, R., Shklar, G., Roeber, F. 1965. The effects of laser radiation on teeth, dental pulp, and oral mucosa of experimental animals. Oral Surg Oral Med Oral Path 19 : 786-795.
- Tjan, A.H.L., Grant, B.E., Godfrey, M.F. 1989. Temperature rise in the pulp chamber during fabrication of provisional crown. J Prosthet Dent 62 : 622-630.
- Trushkowsky, R.D. 1997. Ceramic optimized polymer: the next generation of esthetic restoration-part I. Compendium 18 : 1101-1112.
- Turner, C.W., Meiers, J.C. 1993. Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin. Oper Dent 18 : 187-194.
- Venz, S., Antonuci, J.M. 1985. Degree of cure polymerization shrinkage of photoactivated resin based materials. J Dent Res 64(Spec.issue) : 229(Abstr.No.488).
- Van Kerckhoven, H., Lambrechts, P., Van Beylen, M., Davidson, C.L., Vanherle, G. 1982. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. J Prosthet Dent 61 : 791-795.
- Wendt, S.L. 1987. The effect of heat as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins: I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. II. Wear, hardness, and color stability. Quintessence Int 18 : 265-271.
- Xu, H.H. 1999. Dental composite resin containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. J Dent Res. 78 : 1304-1311.
- Zach, L., Cohen. G. 1965. Pulp response to externally applied heat. Oral Surg Oral Med Oral Path 19 : 515-530.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก. แสดงค่าแรงยึดเฉือนระหว่างเซโรเมอร์กับ Z250 แยกตามชนิดของการ
ปรับปรุงพื้นผิว (นิวตัน)

Number of specimen	GR1 (SANDBLAST)	GR2 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID)	GR3 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT)	GR4 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT)
1	88.25	61.43	92.09	72.17
2	70.50	51.19	100.60	87.89
3	83.00	64.24	111.90	108.00
4	83.92	78.35	122.50	108.30
5	96.13	86.75	129.90	112.20
6	99.11	95.00	134.70	120.50
7	108.00	116.40	147.00	124.40
8	121.80	119.60	149.40	124.80
9	136.90	120.50	162.40	134.40
10	173.30	131.80	168.30	173.60
Mean (Newton)	106.118	92.52	131.88	116.62
Standard deviation	30.66	28.56	25.50	27.22

ตาราง ข. แสดงค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซโรเมอร์กับ Tetric ceram แยกตามชนิดของการ
ปรับปรุงพื้นผิว (นิวตัน)

Number of specimen	GR5 (SANDBLAST)	GR6 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID)	GR7 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT)	GR8 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT)
1	63.56	24.34	58.44	48.68
2	65.02	35.93	63.40	58.36
3	55.08	41.20	65.77	65.46
4	63.86	46.39	70.41	68.66
5	71.11	48.83	73.09	69.58
6	92.00	54.63	76.52	72.09
7	103.10	64.09	87.89	73.09
8	136.30	69.43	90.94	73.70
9	139.20	76.83	99.18	75.02
10	141.00	80.95	101.50	79.88
Mean (Newton)	93.04	54.26	78.71	68.45
Standard deviation	34.67	18.38	15.23	9.06

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค. แสดงค่าลักษณะการแตกหักของกลุ่มทดลองที่บรูณะด้วย Z 250

Number of specimen	GR1 (SANDBLAST)	GR2 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID)	GR3 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT)	GR4 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT)
1	C	M	M	C
2	A	M	C	C
3	M	A	C	C
4	A	M	C	C
5	C	A	C	C
6	M	A	C	M
7	A	M	C	C
8	C	A	C	C
9	C	M	C	C
10	A	A	C	M

ตาราง ง. แสดงค่าลักษณะการแตกหักของกลุ่มทดลองที่บูรณะด้วย Tetric ceram

Number of specimen	GR5 (SANDBLAST)	GR6 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID)	GR7 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT)	GR8 (SANDBLAST+37% PHOSPHORIC ACID+ SILANE COUPLING AGENT)
1	A	A	M	A
2	M	M	A	A
3	A	A	A	A
4	A	A	A	M
5	M	A	A	A
6	C	A	M	A
7	M	M	A	A
8	A	A	M	A
9	M	A	M	A
10	C	A	M	A

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ. แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล

Tests of Normality

GROUP	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
STRENGTH 1	.190	10	.200*	.900	10	.282
2	.198	10	.200*	.932	10	.466
3	.123	10	.200*	.971	10	.894
4	.182	10	.200*	.942	10	.545
5	.236	10	.120	.843	10	.052
6	.116	10	.200*	.975	10	.926
7	.157	10	.200*	.937	10	.493
8	.209	10	.200*	.898	10	.270

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า Sig. มากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลของทุกกลุ่มทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

ตาราง ฉ. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
STRENGTH Between Groups	45486.903	7	6498.129	10.391	.000
Within Groups	45026.015	72	625.361		
Total	90512.918	79			

พบว่าค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของแรงยึดเฉือนแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ตาราง ข. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบตู่กี๋

Multiple Comparisons

Dependent Variable: STRENGTH

Tukey HSD

(I) GROUP	(J) GROUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	13.5920	11.184	.925	-21.3213	48.5053
	3	-25.7610	11.184	.306	-60.6743	9.1523
	4	-10.5080	11.184	.981	-45.4213	24.4053
	5	13.0770	11.184	.938	-21.8363	47.9903
	6	51.8560*	11.184	.000	16.9427	86.7693
	7	27.4040	11.184	.234	-7.5093	62.3173
	8	37.6660*	11.184	.025	2.7527	72.5793
2	1	-13.5920	11.184	.925	-48.5053	21.3213
	3	-39.3530*	11.184	.016	-74.2663	-4.4397
	4	-24.1000	11.184	.391	-59.0133	10.8133
	5	-.5150	11.184	1.000	-35.4283	34.3983
	6	38.2640*	11.184	.022	3.3507	73.1773
	7	13.8120	11.184	.919	-21.1013	48.7253
	8	24.0740	11.184	.392	-10.8393	58.9873
3	1	25.7610	11.184	.306	-9.1523	60.6743
	2	39.3530*	11.184	.016	4.4397	74.2663
	4	15.2530	11.184	.870	-19.6603	50.1663
	5	38.8380*	11.184	.019	3.9247	73.7513
	6	77.6170*	11.184	.000	42.7037	112.5303
	7	53.1650*	11.184	.000	18.2517	88.0783
	8	63.4270*	11.184	.000	28.5137	98.3403
4	1	10.5080	11.184	.981	-24.4053	45.4213
	2	24.1000	11.184	.391	-10.8133	59.0133
	3	-15.2530	11.184	.870	-50.1663	19.6603
	5	23.5850	11.184	.419	-11.3283	58.4983
	6	62.3640*	11.184	.000	27.4507	97.2773
	7	37.9120*	11.184	.024	2.9987	72.8253
	8	48.1740*	11.184	.001	13.2607	83.0873
5	1	-13.0770	11.184	.938	-47.9903	21.8363
	2	.5150	11.184	1.000	-34.3983	35.4283
	3	-38.8380*	11.184	.019	-73.7513	-3.9247
	4	-23.5850	11.184	.419	-58.4983	11.3283
	6	38.7790*	11.184	.019	3.8657	73.6923
	7	14.3270	11.184	.903	-20.5863	49.2403
	8	24.5890	11.184	.365	-10.3243	59.5023
6	1	-51.8560*	11.184	.000	-86.7693	-16.9427
	2	-38.2640*	11.184	.022	-73.1773	-3.3507
	3	-77.6170*	11.184	.000	-112.5303	-42.7037
	4	-62.3640*	11.184	.000	-97.2773	-27.4507
	5	-38.7790*	11.184	.019	-73.6923	-3.8657
	7	-24.4520	11.184	.372	-59.3653	10.4613
	8	-14.1900	11.184	.907	-49.1033	20.7233
7	1	-27.4040	11.184	.234	-62.3173	7.5093
	2	-13.8120	11.184	.919	-48.7253	21.1013
	3	-53.1650*	11.184	.000	-88.0783	-18.2517
	4	-37.9120*	11.184	.024	-72.8253	-2.9987
	5	-14.3270	11.184	.903	-49.2403	20.5863
	6	24.4520	11.184	.372	-10.4613	59.3653
	8	10.2620	11.184	.983	-24.6513	45.1753
8	1	-37.6660*	11.184	.025	-72.5793	-2.7527
	2	-24.0740	11.184	.392	-58.9873	10.8393
	3	-63.4270*	11.184	.000	-98.3403	-28.5137
	4	-48.1740*	11.184	.001	-83.0873	-13.2607
	5	-24.5890	11.184	.365	-59.5023	10.3243
	6	14.1900	11.184	.907	-20.7233	49.1033
	7	-10.2620	11.184	.983	-45.1753	24.6513

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Monte Carlo Sig. (2-sided)			Monte Carlo Sig. (1-sided)		
				Sig.	% Confidence Interval		Sig.	% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound		Lower Bound	Upper Bound
Pearson Chi-Square	58.368 ^a	14	.000	.000 ^b	.000	.000			
Likelihood Ratio	69.069	14	.000	.000 ^b	.000	.000			
Fisher's Exact Test	53.885			.000 ^b	.000	.000			
Linear-by-Linear Association	3.620 ^c	1	.057	.060 ^b	.054	.066	.029 ^b	.025	.034
N of Valid Cases	80								

a. 24 cells (100.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.75.

b. Based on 10000 sampled tables with starting seed 624387341.

c. The standardized statistic is -1.903.

พบว่าค่า Sig. (2-sided) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า กลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่แตกต่างและเป็นอิสระต่อกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ณ. แสดงค่าแรงยึดเฉือนระหว่างเซโรเมอร์กับ Z250 แยกตามอุณหภูมิของการบ่ม
ด้วยความร้อน (นิวตัน)

Number of specimen	GR3 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250)	GR9 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 41 °C)	GR10 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 46 °C)	GR11 (SANDBLAST +SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 60 °C)
1	92.09	204.50	288.50	163.20
2	100.60	186.50	194.38	216.10
3	111.90	196.60	168.50	298.30
4	122.50	216.60	201.60	222.80
5	129.90	207.70	183.50	217.50
6	134.70	184.60	263.30	247.30
7	147.00	168.30	171.80	191.86
8	149.40	209.20	175.20	191.10
9	162.40	163.80	331.00	228.40
10	168.30	222.40	211.50	235.70
Mean (Newton)	131.88	196.00	218.93	221.23
Standard deviation	25.5	19.8	56.00	36.6

ตาราง ญ. แสดงแสดงค่าลักษณะการแตกหักของกลุ่มทดลองที่บรูณะด้วย Z 250แยกตาม
อุณหภูมิของการบ่มด้วยความร้อน

Number of specimen	GR3 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250)	GR9 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 41 °C)	GR10 (SANDBLAST+SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 46 °C)	GR11 (SANDBLAST +SILANE COUPLING AGENT +Z 250+ ADDITONAL HEAT CURED 60 °C)
1	M	M	C	C
2	C	C	C	C
3	C	C	C	C
4	C	C	C	C
5	C	C	C	C
6	C	C	M	C
7	C	C	C	C
8	C	C	C	C
9	C	C	C	C
10	C	C	C	C

ตาราง ฎ. แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล

Tests of Normality

GROUP	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
STRENGTH 3.00	.123	10	.200*	.971	10	.894
9.00	.166	10	.200*	.946	10	.597
10.00	.253	10	.070	.844	10	.053
11.00	.146	10	.200*	.949	10	.624

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า Sig. มากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลของทุกกลุ่มทดลองที่การแจกแจงแบบปกติ

ตาราง ฎ. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
STRENGTH	Between Groups	52099.706	3	17366.569	12.579	.000
	Within Groups	49703.019	36	1380.639		
	Total	101802.7	39			

พบว่าค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของแรงยึดเคียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 คู่

ตาราง ฐ. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบตู่กี๋

Multiple Comparisons

Dependent Variable: STRENGTH

Tukey HSD

(I) GROUP	(J) GROUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3.00	9.00	-64.1410*	16.617	.002	-108.8950	-19.3870
	10.00	-87.0490*	16.617	.000	-131.8030	-42.2950
	11.00	-89.3470*	16.617	.000	-134.1010	-44.5930
9.00	3.00	64.1410*	16.617	.002	19.3870	108.8950
	10.00	-22.9080	16.617	.521	-67.6620	21.8460
	11.00	-25.2060	16.617	.438	-69.9600	19.5480
10.00	3.00	87.0490*	16.617	.000	42.2950	131.8030
	9.00	22.9080	16.617	.521	-21.8460	67.6620
	11.00	-2.2980	16.617	.999	-47.0520	42.4560
11.00	3.00	89.3470*	16.617	.000	44.5930	134.1010
	9.00	25.2060	16.617	.438	-19.5480	69.9600
	10.00	2.2980	16.617	.999	-42.4560	47.0520

*. The mean difference is significant at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ท. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Monte Carlo Sig. (2-sided)			Monte Carlo Sig. (1-sided)		
				Sig.	% Confidence Interv		Sig.	% Confidence Interv	
					Lower Bound	Upper Bound		Lower Bound	Upper Bound
Pearson Chi-Square	1.081 ^a	3	.782	1.000 ^b	1.000	1.000			
Likelihood Ratio	1.806	3	.614	1.000 ^b	1.000	1.000			
Fisher's Exact Test	1.551			1.000 ^b	1.000	1.000			
Linear-by-Linear Association	.274 ^c	1	.600	.695 ^b	.683	.707	.293 ^b	.281	.305
N of Valid Cases	40								

a. 4 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .75.

b. Based on 10000 sampled tables with starting seed 2000000.

c. The standardized statistic is -.524.

พบว่าค่า Sig. (2-sided) มีค่ามากกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า กลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่สัมพันธ์กัน

ตาราง ค. แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนหลอดไฟอินฟรา-เรดในแนวตั้ง เพื่อให้อุณหภูมิที่ใช้บ่มมีค่าคงที่ ที่ 41 องศาเซลเซียส

Time (second)	Distance (centimeter)
5	26.0
10	32.0
15	36.0
20	37.6
25	38.0
30	40.0
35	41.3
40	42.0
45	44.7
50	45.0
55	45.5
60	46.0
65	46.0
70	46.7
75	47.4
80	48.0
85	48.0
90	48.7
95	48.7
100	49.4
105	49.4
110	49.4
115	50.0
120	50.0

ตาราง ณ. แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนหลอดไฟอินฟรา-เรดในแนวตั้ง เพื่อให้อุณหภูมิที่ใช้บ่มมีค่าคงที่ ที่ 46 องศาเซลเซียส

Time (second)	Distance (centimeter)
5	26.0
10	27.0
15	32.0
20	35.6
25	36.6
30	37.6
35	37.6
40	38.0
45	40.5
50	41.4
55	42.0
60	43.0
65	44.0
70	44.4
75	44.8
80	49.2
85	49.4
90	49.6
95	50.0
100	50.0
105	50.0
110	50.5
115	50.5
120	50.8

ตาราง ด. แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนหลอดไฟอินฟรา-
เรดในแนวตั้ง เพื่อให้อุณหภูมิที่ใช้บ่มมีค่าคงที่ ที่ 60 องศาเซลเซียส

Time (second)	Distance (centimeter)
5	26.0
10	26.0
15	26.0
20	28.7
25	30.9
30	31.8
35	33.0
40	34.4
45	35.3
50	36.0
55	36.4
60	36.9
65	37.2
70	37.6
75	38.0
80	38.7
85	39.3
90	40.0
95	40.3
100	40.6
105	40.9
110	41.2
115	41.7
120	41.8

Targis

Targis/Vectris , Ivoclar-Williams เริ่มนำมาใช้ในวงการทันตแพทย์ในปี 1997 และ ถูกจำแนกประเภทโดย Bernard Touati เป็น คอมโพสิต เรซินที่ทำจากห้องปฏิบัติการ รุ่นที่สอง หรือ เซโรเมอร์ (Ceromer ซึ่งเป็นคำย่อของ Ceramic optimized polymer) (Koczarski, 1998 ; Adam, 2000) ประกอบด้วย วัสดุอัดแทรกเซรามิกร้อยละ 86 โดยน้ำหนัก (ร้อยละ 57 โดยปริมาตร) ทำให้ได้ทั้งคุณสมบัติของความคงทนและค่าพลังงานต่อการแตกหัก(fracture toughness) ของเซรามิก มีความยืดหยุ่น (resiliency) และความสามารถในการซ่อมแซมได้ของเรซิน การที่มีวัสดุอัดแทรกในปริมาณที่สูงทำให้ได้ความสวยงามที่ใกล้เคียงกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (feldspathic porcelain) และส่วนของเรซินอินทรีย์ยังช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น (Trushkowsky ,1997 ; Koczarski, 1998) เซโรเมอร์ เป็นวัสดุผสมซึ่งประกอบด้วย วัสดุอัดแทรกที่เป็นเซรามิกที่มีขนาดของวัสดุอัดแทรกขนาดต่างๆกันในระดับไมครอน ซึ่งอนุภาคเซรามิกที่ละเอียดจะถูกหลอมรวมเข้ากับเมทริกอินทรีย์ ทำให้ได้โครงสร้างอินทรีย์ที่เป็นเนื้อเดียวกันทั้ง 3 มิติเป็นผลให้ Targis มีความโปร่งแสงและมีระดับของฟลูออเรสเซนซ์สูงทำให้มีความสวยงามเป็นธรรมชาติ สามารถใช้งานได้ดี มีความสึกที่ไม่ต่างจากฟันคู่สบที่เป็นฟันธรรมชาติ และปรับปรุงความต้านทานต่อการสึกขุดซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากเซโรเมอร์มีความแข็งใกล้เคียงกับผิวเคลือบฟัน และมีค่าความแข็งแรงของการดัดงอที่สูง ส่วนของวัสดุอัดแทรกเป็นของผสมของวัสดุอัดแทรกอินทรีย์ 3 ชนิดที่เคลือบสารซีเลนฝังตัวอยู่ในเมทริกอินทรีย์ที่สามารถบ่มตัวได้ด้วยแสง ประกอบด้วย แก้วแบเรียม (barium glass) ที่มีขนาดของอนุภาคเฉลี่ย 1 ไมครอน วัสดุอัดแทรกที่เป็นสเฟียรอยด์ ซิลิกา (spheroid silica) ที่มีขนาดของอนุภาคเฉลี่ย 0.25 ไมครอนและมีคอลลอยด์คอลล ซิลิกาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน (ขนาดของอนุภาคเฉลี่ย 0.015-0.050 ไมครอน) ส่วนของเรซินเมทริกประกอบด้วยโมโนเมอร์ดั้งเดิม คือ บิส-จีเอ็มเอ ดังตารางที่ 1 (Krejciและคณะ , 1997) นอกจากนี้ Targis ยังมีการดูดน้ำต่ำ (low water sorption) และมี modulus ยืดหยุ่นสูงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับชั้นเนื้อฟันทำให้ได้การยึดติดกับชั้นเนื้อฟันที่แข็งแรงคงทน (Bartsch 2000)

คุณสมบัติที่เหนือกว่าคอมโพสิต เรซิน รุ่นแรกเป็นผลจาก การที่มีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสม และมีขบวนการบ่มตัวที่เหมาะสม โดยการบ่มตัวครั้งสุดท้ายจะต้องทำในหน่วยบ่มตัวด้วยแสง (Targis Power-light curing unit) ที่อุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที

ระบบของ Targis/Vectris สามารถใช้งานได้หลายอย่าง เช่น เป็นวัสดุบูรณะฟันชั่วคราวที่ใช้ในระยะยาว ครอบฟัน ทำสะพานฟันในฟันหน้าและฟันหลัง สะพานฟันอินเลย์ อินเลย์ และออนเลย์ วัสดุบูรณะฟันที่ใช้สำหรับรากเทียม

	Ceromer (Targis Dentin)	Micorfilled Veneer Materials (Concept)
Matrix		
Bisphenol glycidyl methacrylate	9.0	-
Decandiol	4.8	-
Urethane dimethacrylate	9.3	18.1
Aliphatic dimethacrylate	-	4.5
Filler		
Barium-aluminum-silicon glass (1 mm diameter)	46.2	-
Mixed oxides (200 nm diameter)	18.2	-
Silicon dioxide (40 nm diameter)	11.8	57.1
Yttrium trifluoride	-	20.0
Bonding phase matrix filler	3-METHACRYLOXY- PROPYLTRIMETHOXYSILANE	3-METHACRYLOXY- PROPYLTRIMETHOXYSILANE
Physical properties		
Modulus of flexion	12,300 N/mm ²	7,000 N/mm ²
Vickers' hardness	640 N/mm ²	700 N/mm ²
Water uptake	16.5 µg /mm ²	16.5 µg /mm ²

ตาราง ต แสดงส่วนประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และคุณสมบัติทางกายภาพของ Targis Dentin เปรียบเทียบกับ คอนเซ็ป (Concept) (Resarch and development , Ivoclar Vivadent AG , 1999)

แต่ระบบของ Targis/Vectris ก็ยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการ คือ ในกรณีที่ไม่มีเนื้อที่ที่เพียงพอสำหรับวางส่วนโยงของสะพานฟัน (ต้องการเนื้อที่ กว้าง 2 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร) ในกรณีที่บริเวณที่ทำงานนั้นเราไม่สามารถควบคุมความชื้นจากน้ำลายได้ หรือ เป็นวัสดุที่ต้องวางขอบไว้ได้ขอบเหว่อก

ข้อดีของวัสดุบูรณะฟัน Targis (Krejciและคณะ , 1999) ใช้ทดแทนส่วนของฟันเพราะว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับชั้นเนื้อฟัน กรอแต่งฟันน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคดั้งเดิม มีความโปร่งแสงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ซึ่งเป็นข้อดีของวัสดุที่ปราศจากโลหะและใช้ได้ดีในคนไข้ที่แพ้โลหะเพราะไม่ต้องใช้โครงโลหะ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ชีรชัย ลิ้มปรีลาวัฒน์ เกิดที่กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2518 สัญชาติไทย เชื้อชาติไทย จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต พ.ศ. 2541 จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2541-ปัจจุบัน รับราชการในตำแหน่ง อาจารย์ 4 ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันเป็นสมาชิกสมาคมทันตแพทยศาสตร์แห่งประเทศไทย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย