ผลการกระตุ้นด้วยแสงของสารยึดต่อค่ากำลังแรงยึด

ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

นายอิทธิกร แซ่ล้อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECT OF LIGHT ACTIVATION OF BONDING AGENTS ON BOND STRENGTH BETWEEN RESIN CEMENT AND RESIN COMPOSITE

Mr.Ittikorn Saelow

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการกระตุ้นด้วยแสงของสารยึดต่อค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต
โดย	นายอิทธิกร แซ่ล้อ
สาขาวิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……...…….. คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.สุชิต พูลทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…...……...…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร.มรกต เปี่ยมใจ)

……..…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล)

……..…. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.วิริทธิ์พล ศรีมณีพงศ์)

……...…...…….. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.วรรณธนะ สัตตบรรณศุข)

อิทธิกร แซ่ล้อ : ผลการกระตุ้นด้วยแสงของสารยึด ต่อค่ากำลังแรงยึ ดระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต (EFFECT OF LIGHT ACTIVATION OF BONDING AGENTS ON BOND STRENGTH BETWEEN RESIN CEMENT AND RESIN COMPOSITE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ทพ.ดร.นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล, 86 หน้า.

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการกระตุ้นด้วยแสงของสารยึดต่อค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดและเรซินซีเมนต์อย่างละ 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สารยึดผลิตภัณฑ์ ออพติบอนด์ ออลอินวัน ใช้คู่กับเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ เน็กซัสทรี และสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล ใช้คู่กับเรซินซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ทีรีไล เอ็กซ์ อัลทิเมต <u>การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง</u> เตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตที่มีการเตรียมผิว โดยการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ จำนวน 60 ชิ้น แบ่งแบบสุ่มได้เป็น 3 กลุ่ม ๆละ 10 ชิ้นต่อเรซินซีเมนต์ 1 ผลิตภัณฑ์ ตามวิธีการเตรียมผิวด้วยสารยึดโดยกลุ่มที่ 1 ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิว ยึด กลุ่มที่ 2 ทาสารยึดและมีการ กระตุ้นด้วยแสง ส่วนกลุ่มที่ 3 ทาสารยึดและไม่มีการกระตุ้นด้วยแสง จากนั้นนำแท่งเรซินคอมโพสิต 2 ชิ้นมายึดเข้าด้วยกันด้วยเรซินซีเมนต์พร้อมกับการกระตุ้นด้วยแสงและนำไปตัดแต่งเป็นชิ้นทดสอบรูปร่างดัมเบลล์ แล้วทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง <u>การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน</u> เตรียมชิ้นยึดเรซินคอมโพสิต จำนวน 60 ชิ้น โดยยึดแท่งเรซินคอมโพสิตเข้ากับท่อพีวีซี นำไปพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ และแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามวิธีการเตรียมผิวด้วยสารยึด เหมือนกับการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง หลังจากนั้นนำมายึดกับเรซินซีเมนต์ที่อยู่ในท่อพลาสติกใส พร้อมกับการกระตุ้นด้วยแสง แล้วทดสอบค่า กำลังแรงยึดเฉือน ผลการทดสอบ ค่ากำลังแรงยึดดึงนั้น พบว่ากลุ่มที่ 3 ของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ทีรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต มีค่ากำลังแรงยึดดึง น้อยที่สุดและเกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้น ทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซิน ซีเมนต์เป็นส่วนใหญ่ ส่วนการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนนั้นพบว่าในกลุ่มที่ 1 ของเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนน้อยที่ สุดและส่วนใหญ่จะเกิดความล้มเหลว บริเวณรอยต่อระหว่างชิ้น ทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซิน ซีเมนต์ สรุปได้ว่า การเตรียมพื้นผิวของ ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตโดยการ พ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ ร่วมกับการทาสารยึดที่พื้นผิวยึดของชิ้นงานแล้วกระตุ้นด้วยแสงเป็ นวิธีที่ดีในการเพิ่มค่ากำลังแรงยึด

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2555

5376138232 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : TENSILE BOND STRENGTH / SHEAR BOND STRENGTH / DUMBBELL

ITTIKORN SAELOW: EFFECT OF LIGHT ACTIVATION OF BONDING AGENTS ON BOND STRENGTH BETWEEN RESIN CEMENT AND RESIN COMPOSITE. ADVISOR: ASST. PROF. NIYOM THAMRONGANANSKUL, 86 pp.

The purposes of this study were to evaluate the effect of light activation of light cured bonding agents on tensile bond strength (TBS) and shear bond strength (SBS) between resin cement and resin composite by using 2 products of bonding agents and resin cements (Optibond all in one + Nexus 3 and Scotchbond Universal + RelyX Ultimate). For TBS test, 60 resin composite blocks were prepared by sandblasting with Al_2O_3 and randomly divided into 3 groups for each of the resin cements (n = 10 per group), according to surface treatment by bonding agent: group 1: not to apply bonding agent, group 2: applied bonding agent and light cured, group 3: applied bonding agent and were not light cured. Resin composite blocks submitted to the same groups were luted together with resin cement and light activated. The bonded blocks were sectioned and shaped to dumbbell specimens. TBS were tested by universal testing machine. For SBS test, 60 fixed resin composite blocks were prepared by fixing resin composite blocks in PVC tubes and sandblasting with Al_2O_3, randomly divided into 3 groups same to TBS test. Each fixed resin composite blocks was luted with resin cement which filled in a clear plastic tube and light cured. SBS were demonstrated by universal testing machine. From the results of TBS test found that group 3 (RelyX Ultimate) produced the lowest TBS significantly and had adhesive failure in majority. SBS test demonstrated that group 1 (both resin cements) produced the lowest SBS significantly and had adhesive failure in majority. It was concluded that resin composite blocks which were prepared by sandblasting with Al_2O_3 and light cured of bonding agent before the application of resin cement produced the highest bond strength.

Department : Prosthodontics Student's Signature .....

Field of Study : Prosthodontics Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร .นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานวิจัยในครั้งนี้ และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร .มรกต เปี่ยมใจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร .วิริทธิ์พล ศรีมณีพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.วรรณธนะ สัตตบรรณศุข และทันตแพทย์ตุลย์ ศรีอัมพร ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบ พระคุณเจ้าหน้าที่ใน ศูนย์ทันตวัสดุ และเจ้ าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัยรวมทั้ง ผู้มีพระคุณทั้งหมดที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ในที่นี้ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับเงินสนับสนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต ประจำปีงบประมาณ 2556 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูปภาพ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามการวิจัย..... 3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานการวิจัย..... 3

กรอบแนวความคิดในการวิจัย..... 4

ขอบเขตการวิจัย..... 5

ข้อตกลงเบื้องต้น..... 5

ข้อจำกัดการวิจัย..... 5

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย..... 20

ประชากร..... 20

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย..... 20

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย..... 20

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 23

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง..... 27
การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน..... 32
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล..... 38
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 54
รายการอ้างอิง..... 62
ภาคผนวก..... 70
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 86

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเน็กซัสทรีและออพติบอนด์ ออลอินวัน….....16

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบของรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล…….....17

ตารางที่ 3 แสดงวัสดุที่ใช้ในการวิจัย เลขที่การผลิตและบริษัทผู้ผลิต…….....20

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน……...38

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล…….39

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน……...41

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล…….42

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวความคิดในการวิจัย……..……4

รูปที่ 2 แสดงสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน……... 21

รูปที่ 3 แสดงเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี……..……...……21

รูปที่ 4 แสดงสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล…….……... 22

รูปที่ 5 แสดงเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต…….…… 22

รูปที่ 6 แสดงเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา…….....23

รูปที่ 7 แสดงเครื่องตัดฟัน……..……...……24

รูปที่ 8 แสดงเวอร์เนียแคลิปเปอร์ดิจิตอล……..……..…..24

รูปที่ 9 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด…….…….... 25

รูปที่ 10 แสดงกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ…….....25

รูปที่ 11 แสดงเครื่องทดสอบแรงอเนกประสงค์……26

รูปที่ 12 แสดงเครื่องฉายแสง…….……...26

รูปที่ 13 แสดงภาพจำลองการเตรียมพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิตโดยการใช้สารยึด…..…… 28

รูปที่ 14 ก) แสดงการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ภายใต้เครื่องถ่วงน้ำหนัก ข) แสดงภาพจำลองการยึดแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์ (ภาพจำลองไม่ได้เป็นไปตามสัดส่วนที่แท้จริง)……29

รูปที่ 15 ก) แสดงชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ข) แสดงภาพจำลองชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ……30

รูปที่ 16 แสดงการทดสอบกำลังแรงยึดดึง…… 31

รูปที่ 17 แสดงชิ้นทดสอบที่แตกหักและนำไปติดบนแท่นทองเหลือง……..32

รูปที่ 18 ก) แสดงแท่งเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดกับท่อพีวีซีด้วยเรซินอะคริลิก ข) แสดงแท่งเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดกับท่อพีวีซีด้วยเรซินอะคริลิก (ถ่ายด้านข้าง)…… 33

รูปที่ 19 แสดงแท่งเรซินคอมโพสิตที่ติดด้วยเทปกาว……... 34

รูปที่ 20 แสดงภาพจำลองการเตรียมพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิตโดยการใช้สารยึด……... 34

รูปที่ 21 แสดงชิ้นยึดเรซินคอมโพสิต…….... 35

รูปที่ 22 แสดงการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน…….....36

รูปที่ 23 แสดงภาพจำลองการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน…….. 36

รูปที่ 24 แสดงชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตชิ้น A และชิ้น B ที่นำมายึดกันด้วยเรซินซีเมนต์…… 44

รูปที่ 25 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วย กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย ก) 15 เท่าและ ข) 30 เท่า…… 44

รูปที่ 26 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้อง จุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า ……..…….....44

รูปที่ 27 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า…….....45

รูปที่ 28 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……..... 45

รูปที่ 29 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……...46

รูปที่ 30 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……...…… 46

รูปที่ 31 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วย กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย ก) 15 เท่า และ ข) 30 เท่า……...47

รูปที่ 32 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้อง จุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า ……..…….....47

รูปที่ 33 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า…….....48

รูปที่ 34 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……..... 48

รูปที่ 35 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……...49

รูปที่ 36 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วย

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……...…….…. 49

รูปที่ 37 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย ก) 15 เท่า และ ข) 30 เท่า……..…..50

รูปที่ 38 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า ……..…….....50

รูปที่ 39 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า…….....51

รูปที่ 40 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……..... 51

รูปที่ 41 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……...52

รูปที่ 42 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……...…….…. 52

รูปที่ 43 แสดงพื้นผิวที่ใช้ยึดของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนด้วย ก) กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ข) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า.....53

รูปที่ 44 เส้นประสีขาวแสดงพื้นผิวที่ใช้ยึดของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนด้วย ก) กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ข) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า……..…53

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการบูรณะฟันด้วยวัสดุสีเหมือนฟันเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายใน ทันตกรรม ด้านความสวยงาม วัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตได้ ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อนำไปบูรณะ โดยตรง (direct composite resin restoration) ทั้งในฟันหน้าและฟันห ลัง ปัญหาที่สำคัญในการบูรณะด้วย เรซินคอมโพสิต คือการหดตัวจากการเกิดพอลิเมอไรเซชัน (polymerization shrinkage) (Ehrnford และ Derand, 1984; Torstenson และ Brannstrom, 1988; Suliman และคณะ, 1994; Latta และ Barkmeier, 1994) ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เช่น รอยวิการบริเว ณขอบ (marginal defects) การรั่วซึมบริเวณขอบ (marginal leakage) (Shortall และคณะ, 1989; Milleding, 1992) การเกิดรอยร้าว (crack formation) (Burke และ Wilson,1991) การผิดรูปของปุ่มฟัน (cuspal deformation) (Causton และคณะ, 1985; Suliman, 1994) และอาการเสียวฟันหลังการบูรณะ (postoperative hypersensitivity) (Eick และ Welch, 1986; Torstenson, 1988; Burke, 1991) เป็นต้น การบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตโดยการสร้างชิ้นงาน ทางอ้อม (indirect composite resin restoration) จากห้องปฏิบัติการจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบูรณะฟันเพื่อลดปัญหาจากการหดตัวจาก การเกิดพอลิเมอไรเซชัน เพราะชิ้นงานเรซินคอมโพสิตได้เกิดพอลิเมอไรเซชันมาก่อนที่จะ นำมายึดกับฟันหลัก (DeSchepper และคณะ, 1993; Kildal และ Ruyter, 1994; Peutzfeldt, 2001) แต่อย่างไรก็ตาม การหดตัวอาจเกิดได้อีกจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชันของ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดชิ้นงาน (Watts, 1990; Shortall และคณะ,1996; Peutzfeldt, 2001) อนึ่งการบูรณะโดย การสร้างชิ้น งานทางอ้อมยังมีข้อดีคือสามารถตกแต่งทำให้เกิดรูปร่างของชิ้นงาน และจุดสัมผัสระหว่างฟันที่ ดีกว่าการบูรณะโดยทางตรงอีกด้วย (Burke, 1991; Latta, 1994; Leinfelder, 1997)

ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตจะเกิดการยึดกับฟันได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ตัว ฟัน เรซินซีเมนต์และชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตเอง (Shortall และคณะ, 1996) รวมไปถึงปัจจุบันได้ มีการพัฒนา ความสามารถของ เรซินซีเมนต์ ซึ่ง ทำให้ ค่าแรงยึดระหว่า งฟันกับ ซีเมนต์มีค่า สูงขึ้น

(Barkmeir และ Cooley, 1992; Latta, 1994) แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะแรงยึดจากพันธะเคมีที่เกิดขึ้น ระหว่างเรซินซีเมนต์กับชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตยังมีค่าต่ำอยู่ เนื่องจาก หมู่ฟังก์ชั่นที่ลดน้อยลงจนแทบไม่มีเลยบน ชิ้นงานเรซินคอมโพสิต (Latta, 1994; Shortall, 1996) ดังนั้นขั้นตอน การเตรียมพื้นผิวด้านในของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อทำให้ค่าแรงยึดกับเรซินซีเมนต์สูงขึ้น

การเพิ่มแรงยึดให้ชิ้นงานเรซินคอมโพสิต สามารถทำได้โดยวิธี การพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) การใช้กรดกัดและการทาสารที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ (wettibility) ซึ่งการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ เป็นวิธี ที่มีประสิทธิภาพมาก กว่าวิธีอื่น ๆ (Latta, 1994; Shortall, 1996) และยังมี การแนะนำให้ทาสารยึด (bonding agents) ที่พื้นผิวด้านในของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเพื่อเพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ไปบนพื้นผิวของชิ้นงาน ทำให้เกิดแรงยึดที่ดีกับเรซินซีเมนต์ (Latta, 1994; El Zohairy และคณะ, 2003)

ปัจจุบันเรซินซีเมนต์ที่ออกวางจำหน่ายประกอบด้วยส่วนที่เป็นสารยึดและส่วนของเรซินเบส (resin based) เมื่อแบ่งตามระบบการบ่มตัวสามารถแบ่งได้ดังนี้คือ ระบบบ่มเอง (self cured system) ระบบบ่มด้วยแสง (light cured system) และระบบบ่มร่วม (self/light cured system) หรือระบบดูอัล (dual cured system) (O' Brien, 2008; Burgess และคณะ, 2010; ISO 9917-2) ซึ่ง 2 ระบบหลังการบ่มตัวจะใช้แสงเป็นตัวกระตุ้น จากคู่มือการใช้งาน เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์อัลทิเมต (RelyX Ultimate) ของบริษัทสามเอ็ม เอสพี (3M ESPE) และเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี (Nexus3) ของบริษัทเคอร์ (Kerr) แนะนำว่าควรทาสารยึดระบบบ่ม ด้วยแสงที่พื้นผิวด้านในของชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตเพื่อเพิ่มการยึดติดกับเรซินซีเมนต์ชนิดดูอัล โดยบริษัทสามเอ็ม เอสพี ยังแนะนำว่าไม่จำเป็นต้องกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนยึด ด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดดูอัล ส่วนบริษัทเคอร์แนะนำว่าสามารถกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ รวมทั้งปัจจุบันยังไม่มีรายงานหรือวิจัยใดสรุป ว่าควรจะกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึด ระบบบ่มด้วยแสง ก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์หรือไม่ ซึ่งเป็นที่มาของงานวิจัยซึ่งจัดทำขึ้น เพื่อศึกษาผลการกระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบ ระบบบ่มด้วยแสง ต่อค่ากำลังแรงยึด ดึง (tensile bond strength) และค่ากำลังแรงยึดเฉือน (shear bond strength) ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

คำถามการวิจัย

1. การกระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบบ่มด้วยแสงจะมีผลต่อ*ค่ากำลังแรงยึดดึง*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่
2. การกระตุ้นด้วยแสง ของสารยึดระบบ บ่มด้วยแสง จะมีผลต่อ *ค่ากำลังแรงยึด เฉือน* ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่
3. ความหนาของเรซินคอมโพสิตในขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ จะมีผลต่อ*ค่ากำลังแรงยึด*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษา ผลการกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสง ต่อ*ค่ากำลังแรง ยึดดึง* ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต
2. เพื่อศึกษาผลการกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสง ต่อ*ค่ากำลังแรง ยึดเฉือน* ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต
3. เพื่อศึกษาผลของความหนาของเรซินคอมโพสิตในขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ ต่อ*ค่ากำลังแรงยึด*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

สมมติฐานการวิจัย

1. การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง การกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสงต่อ*ค่ากำลังแรงยึดดึง*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

   H_0 : *ค่ากำลังแรงยึด ดึง*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต ระหว่าง การกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบบ่มด้วยแสงมีค่าไม่แตกต่างกัน

   H_1 : *ค่ากำลังแรงยึด ดึง*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต ระหว่าง การกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบบ่มด้วยแสงมีค่าแตกต่างกัน
2. การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง การกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสงต่อ*ค่ากำลังแรงยึดเฉือน*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

H_0 : *ค่ากำลังแรงยึดเฉือน* ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตระหว่าง การกระตุ้น และไม่กระตุ้น ด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสง มีค่าไม่แตกต่างกัน

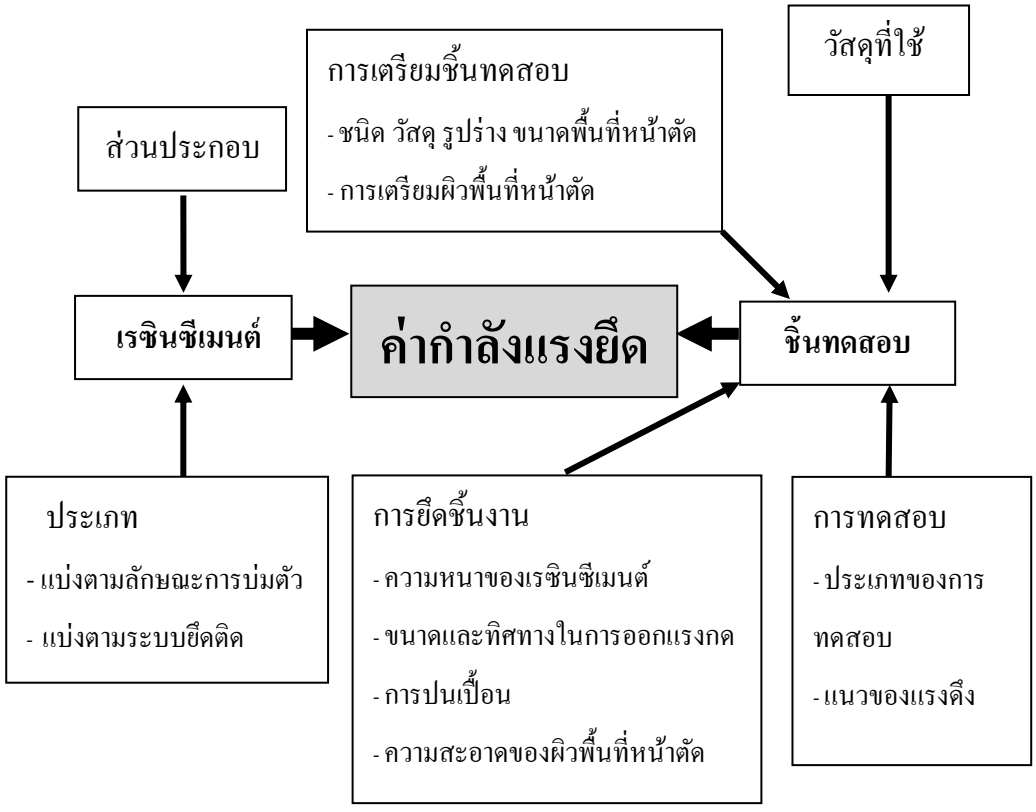
H_1 : *ค่ากำลังแรงยึดเฉือน* ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตระหว่าง การกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบบ่มด้วยแสงมีค่าแตกต่างกัน

3. การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของเรซินคอมโพสิตในขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบต่อค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

H_0 : *ค่ากำลังแรงยึด*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตที่มีความหนาต่างกันในขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบมีค่าไม่แตกต่างกัน

H_1 : *ค่ากำลังแรงยึด*ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตที่มีความหนาต่างกันในขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบมีค่าแตกต่างกัน

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวความคิดในการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็น การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimental research) เพื่อทดสอบผลการกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสง ต่อค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต

ข้อตกลงเบื้องต้น

งานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาเพื่อศึกษาผลการกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสง ต่อค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือน ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซิน คอมโพสิต โดยใช้สารยึดร่วมกับเรซินซีเมนต์ของบริษัทเดียวกันจำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งอยู่ในสภาพดี รวมไปถึงกระบวนการทดลอง การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว

ข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการจึงไม่สามารถจัดเตรียมปัจจัยบางอย่างให้เหมือนในช่องปากได้ทุกประการ อาทิ ความชื้นและอุณหภูมิ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

กำลังแรงยึดดึง	tensile bond strength
กำลังแรงยึดเฉือน	shear bond strength
มินิดัมเบลล์	mini - dumbbell
ระบบบ่มเอง	self cured system
ระบบบ่มด้วยแสง	light cured system
ระบบดูอัลหรือระบบบ่มร่วม	dual cured system

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยชิ้นนี้ทำให้ทราบถึงค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต เมื่อกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึด ระบบบ่มด้วยแสงก่อนและหลังการยึดด้วยเรซิน

ซีเมนต์ โดยจะนำไปประยุกต์ใช้กั บงานบูรณะชิ้นงานติดแน่น เช่น อินเลย์ (inlay) ออนเลย์ (onlay) และวีเนียร์ (veneer)

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เรซินคอมโพสิตและชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

ปัจจุบันได้มีการใช้เรซินคอมโพสิตในการบูรณะโดยตรงในช่องปากอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความสวยงาม โดยเรซินคอมโพสิตมีส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ เรซินเมทริกซ์ (resin matrix) ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไดเมทาคริเลตโมโนเมอร์ (dimethacrylate monomer) เช่น Bis-GMA (2-2-bis[4(2-hydroxy-3-methacryloxy-propyloxy)-phenyl]-propane), UDMA (urethane dimethacrylate) และ TEGDMA (triethylene glycol dimethacrylate) วัสดุเติมอนินทรีย์ (inorganic filler) สารเชื่อมต่อคู่ควบ (coupling agent) และสารริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) (Peutzfeldt, 2001; Sakaguchi และ Powers, 2012)

แต่เนื่องจากเรซินคอมโพสิตเมื่อนำมาใช้บูรณะโดยตรงในช่องปากมีข้อเสียที่สำคัญ ได้แก่ การหดตัวจากกระบวนการ พอลิเมอไรเซชัน จึงลดการแนบสนิท (improper sealing) ระหว่างวัสดุกับผิวฟันส่งผลให้เกิดการรั่วซึมบริเวณขอบ (marginal leakage) เกิดอาการเสียวฟันหลังการบูรณะ (postoperative hypersensitivity) หรือเกิดฟันผุซ้ำขึ้นมาได้ (recurrent caries) นอกจากนี้การกระตุ้นด้วยแสงในบริเวณโพรงฟันที่ลึก ๆ ทำได้ลำบาก ผลลัพธ์ที่ตามมาคือการ เกิดพอลิเมอไรเซชันที่ไม่สมบูรณ์ โดยพบว่ากระบวนการพอลิเมอไรเซชันเกิดได้เพียงร้อยละ 50 – 75 เท่านั้น (Nandini, 2010) ดังนั้นจึงมีการแนะนำให้ บูรณะด้วยชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ผลิต จากห้องปฏิบัติการเพื่อลดปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้าวต้น เมื่อพิจารณาองค์ประกอบหลักของเรซินคอมโพสิตที่ใช้บูรณะโดยตรงและเรซินคอมโพสิตสำหรับการผลิตจากห้องปฏิบัติการพบว่ามีองค์ประกอบคล้าย ๆ กัน (Peutzfeldt A ,2001)

ในต้นทศวรรษ 1980 Mormann และ Touati ได้เริ่มทำชิ้นงานเรซินคอมโพสิตจากห้องปฏิบัติการและนำมายึดกับฟันด้วยสารยึด (bonding agent) (Soares และคณะ, 2005; Nandini, 2010) หลังจากนั้นบริษัทต่าง ๆ จึงได้เริ่มพัฒนาเรซินคอมโพสิตสำหรับการผลิตในห้องปฏิบัติการ โดยในรุ่นที่ 1 (First generation indirect composite resin) เป็นเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์

(microfilled composite resin) และมีตัวเติมชนิดอนินทรีย์ (inorganic filler) ที่มีขนาดประมาณ 0.04 ไมโครเมตร (Jain, 2008) ทำให้ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตไม่แข็งแรง เปราะ บิ่น และแตกหักง่าย โดยมีค่าความต้านแรงดัดโค้ง (flexural strength) และโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ประมาณ 60-80 และ 2,000-3,500 เมกะปาสกาล ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อการขัดสึกที่ต่ำ (low resistance to abrasive wear) (Touati และ Aidan, 1997)

ตัวอย่างเรซินคอมโพสิตสำหรับการผลิตในห้องปฏิบัติการในรุ่นที่ 1 ได้แก่ เด็นทาคัลเลอร์ (Dentacolor®, Kulzer) เอสอาร์ไอโซสิต (SR Isosit®, Ivoclar Vivadent) เคลียร์ฟิลซีอาร์อินเลย์ (Clearfil CR Inlay®, Kuraray) คอนเควสท์ (Conquest®, Pentron) และวิสิโอเจ็ม (Visio-Gem®, 3M ESPE) (Nandini, 2010; Touati, 1997) ต่อมาในปี 1990 ได้มีการพัฒนาเรซินคอมโพสิตสำหรับการผลิตในห้องปฏิบัติการรุ่นที่ 2 (Secondary generation indirect composite resin) (Soares, 2005) ซึ่งเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด (microhybrid composite resin) โดยมีวัสดุเติมอนินทรีย์ขนาดประมาณ 1-5 ไมโครเมตร และมีปริมาณถึงร้อยละ 66 โดยปริมาตร ทำให้มีสมบัติทางกลและกายภาพที่ดีขึ้นโดยมีค่าความต้านแรงดัดโค้งประมาณ 120-160 เมกะปาสกาลซึ่งสูงกว่าเซรามิกบางประเภท เช่น เฟลด์สปาติก พอร์ซเลน (feldspathic porcelain) ไวทามาร์ก2 (Vita Mark 2®, Ivoclar Vivadent) และไดคอร์ (Dicor®, Dentsply) ซึ่งมีค่าความต้านแรงดัดโค้งประมาณ 65, 90 และ 130 เมกะปาสกาลตามลำดับ (Touati, 1997)

ตัวอย่าง เรซินคอมโพสิตสำ หรับการ ผลิต ในห้องปฏิบัติการ รุ่นที่ 2 ได้แก่ อาร์ทกลาส (ArtGlass®, Heraeusl-Kulzer) โคลอมบัส (Colombus®, Cendres and Metaux) ทาร์กิส (Targis®, Ivoclar Vivadent) และเบลเลกลาส เอชพี (Belleglass HP®, Kerr) (Touati, 1997)

เรซินคอมโพสิตสำหรับการผลิตในห้องปฏิบัติการรุ่นที่ 2 ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายโดยสามารถสร้างชิ้นงานเรซินคอมโพสิตได้หลากหลายประเภท เช่น อินเลย์ ออนเลย์ ลามิเนตวีเนียร์ (laminated veneer) แจกเกตคราวน์ (jacket crown) (Soares, 2005) และการบูรณะที่มีรากฟันเทียมรองรับ (implant-supported restoration) เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ทำจากเซรามิกพบว่าชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ผลิตจากวัสดุรุ่นที่ 2 นี้ยังมีสมบัติบางประการที่ด้อยกว่า เช่น ความสวยงาม ความเข้าได้กับเนื้อเยื่อและความต้านทานการขัดสึก (Burke และ Qualtrough, 1994) อนึ่งชิ้นงานเรซินคอมโพ

สิตมีข้อดีคือ ทำได้ง่ายกว่า ไม่ทำให้ฟันคู่สบสึก ง่ายต่อการซ่อมแซม (Burke, 1991; Touati, 1997) และให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่าเมื่อใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ (El Zohairy, 2003) แต่อย่างไรก็ตามมีการแนะนำให้ใช้ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตแทนเซรามิกในหลาย ๆ กรณี เช่น การบูรณะส่วนครอบฟันบนรากฟันเทียม (implant-supported restoration) เนื่องจากชิ้นงานเซรามิกจะมีค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นที่สูงและจะดูดซับแรงที่เกิดจากการบดเคี้ยวได้น้อย ทำให้แรงถ่ายทอดไปยังรากฟันเทียมและกระดูกโดยรอบได้มาก ส่งผลต่ออายุการใช้งาน (longevity) ของรากฟันเทียม (Nandini, 2010; Leinfelder, 2005) หรือในกรณีที่ผู้ป่วยมีสภาวะทางปริทันต์ที่ไม่ดีก็แนะนำให้บูรณะโดยการใช้ชิ้นงานเรซินคอมโพสิต เนื่องจากเรซินคอมโพสิตจะมีความยืดหยุ่นสูง (Touati B, 1997) จึงช่วยดูดซับแรงจากการบดเคี้ยวทำให้ช่วยลดแรงที่ถ่ายทอดสู่อวัยวะปริทันต์ (Jain, 2008)

กระบวนการบ่มชิ้นงานเรซินคอมโพสิตในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการบ่มด้วยแสงหรือความร้อนและขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบ่มซ้ำ (additional or secondary curing) เพื่อเพิ่มค่าการบ่มตัว (degree of conversion) ให้มากขึ้น (Asmussen และ Peutzfeldt, 2000; Peutzfeldt และ Asmussen, 2000) ซึ่งวิธีการบ่มนี้จะช่วยลดการหดตัวเชิงปริมาตร (volumetric contraction) และลดความเค้น (stress) (Ferracane และคณะ,1995; Soares, 2005; Nandini, 2010) นอกจากนี้การบ่มซ้ำยังเพิ่มการเชื่อมยึดระหว่างเรซินเมทริกซ์กับวัสดุอัดแทรกชนิดอนินทรีย์ เช่น เบลเลกลาส เอชพี® จะถูกบ่มซ้ำด้วยความร้อนในสภาวะที่มีความดันจากก๊าซไนโตรเจนเพื่อป้องกันการยับยั้งกระบวนการบ่มตัวจากก๊าซออกซิเจน (Touati, 1997)

มีการศึกษาพบว่าการบ่มซ้ำสามารถเพิ่มค่าการบ่มตัวได้ร้อยละ 6 – 44 เนื่องจากโมเลกุลไดเมทาคริเลตสามารถแพร่ (diffuse) เข้าไปทำปฏิกิริยากับไดเมทาคริเลตโพลิเมอร์ได้มากขึ้น (Peutzfeldt, 2001) โดยการบ่มซ้ำมีหลายวิธี เช่น ใช้ความร้อน (heat) ความดัน (pressure) ความดันสุญญากาศ (vacuum) แสงที่มีความเข้มสูง (high light intensity) (Soares, 2005) หรือใช้รังสีอิเล็คตรอน (Electron beam irradiation) (Nandini, 2010) ซึ่งพบว่าค่าการบ่มตัวที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวิธีให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน (Peutzfeldt, 2001)

Wendt และ Leinfelder ในปี 1990 ได้ทำการศึกษาผลของการบ่มซ้ำต่อสมบัติของชิ้นงานเรซินคอมโพสิต พบว่าชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่มีการบ่มซ้ำด้วยความร้อนให้ผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดี

กล่าวคือมีการรั่วซึมบริเวณขอบและอาการเสียวฟันหลังการบูรณะ น้อยกว่าชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่มีการบ่มด้วยแสงเพียงอย่างเดียว แต่พบว่าอัตราการสึก (wear rate) ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Kildal และ Ruyter ในปี 1994 และ Ferracane ในปี 1995 ซึ่งพบว่าการบ่มซ้ำมีผลต่อการเพิ่มค่าการบ่มตัว แต่การบ่มซ้ำไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Peutzfeldt และคณะในปี 2000 (Peutzfeldt, 2000) ที่พบว่าการบ่มซ้ำมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตบางผลิตภัณฑ์

แรงยึดระหว่างฟัน เรซินซีเมนต์ และชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตจะเกิดการยึดกับฟันได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับฟัน เรซินซีเมนต์และชิ้นงานเรซินคอมโพสิต (Shortall, 1996) เนื่องจากมีการพัฒนาเรซินซีเมนต์อย่างรวดเร็ว ทำให้แรงยึดระหว่างฟันกับเรซินซีเมนต์มีค่าสูงขึ้น (Barkmeir, 1992; Latta, 1994) แต่แรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับชิ้นงานเรซินคอมโพสิตยังน้อย เนื่องจาก การขาดหมู่ฟังก์ชั่นที่ผิวของชิ้นงานที่จะทำปฏิกิริยากับเรซินซีเมนต์ (Latta, 1994; Shortall, 1996) ดังนั้นขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวด้านในของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อทำให้เกิดการยึดกับเรซินซีเมนต์ได้ดีขึ้น

แรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

เรซินซีเมนต์และสารยึด

ปัจจุบันเรซินซีเมนต์ถูกนำมาใช้ในการยึดติดชิ้นงานที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการ เช่น ชิ้นงานที่ทำมาจากเรซินคอมโพสิตและเซรามิก เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดี เช่น มีการละลายตัวในช่องปากน้อยทำให้ลดการรั่วซึมระดับจุลภาค มีค่ากำลังแรงยึดที่ดีกว่าซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ และเมื่อแบ่งเรซินซีเมนต์และสารยึดตามกระบวนการบ่มตัวจะแบ่งได้เป็น *ระบบบ่มเอง (self cured system)* โดยจะเกิดการพอลิเมอไรเซชันจากการกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีด้วยสารเพอร์ออกไซด์ (peroxide) และเทอร์เชียรีเอมีน (tertiary amine) *ระบบบ่มด้วยแสง (light cured polymerization)* จะเกิดปฏิกิริยาโดยแสงสีฟ้าที่มีความยาวคลื่นช่วง 460-468 นาโนเมตรไปกระตุ้นสารไดคีโตน (diketone) เช่น แคมโฟโรควิโนน (camphoroquinone) โดยมีสารเอมีนเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาร่วม (co-initiator) และระบบบ่ม

ร่วมหรือระบบดูอัล (dual cured polymerization) โดยจะประกอบด้วยสารเริ่มต้นการเกิดพอลิเมอไรเซชันทั้งสองประเภท (O' Brien, 2008; Burgess และคณะ, 2010; ISO 9917-2)

นอกจากนี้ถ้าพิจารณาที่ระบบการยึดติดของสารยึดจะสามารถแบ่งเรซินซีเมนต์ได้เป็นแบบ ทอทอลเอทช์ (total-etch) เซลฟ์เอทช์ (self-etch) และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self-adhesive resin cement) (Burgess,2010)

เรซินซีเมนต์ชนิดทอทอลเอทช์ เป็นระบบที่มีการใช้กรดปรับสภาพผิวฟัน โดยทั่วไปมักจะใช้กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ปรับสภาพทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันพร้อมกัน แต่มีเรซินซีเมนต์บางผลิตภัณฑ์ เช่น ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Super-Bond C&B) จะใช้กรดซิตริกและเฟอร์ริกคลอไรด์ (citric acid - ferric chloride) ในการปรับสภาพเนื้อฟันแทน (Sun Medical Company, 2012) โดยกรดจะทำหน้าที่ละลายชั้นสเมียร์และสารอินทรีย์ออกจากเคลือบฟันและเนื้อฟัน ก่อให้เกิดรูพรุนเล็ก ๆ ทำให้สารยึดไหลแผ่ไปตามท่อเนื้อฟันที่เผยออก (exposed dentinal tubule) เกิดเป็นแท่งเรซินระดับจุลภาค (microresin tag) นอกจากนั้น สารยึดยังแทรก ซึมไปตาม ช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจน เมื่อเกิดพอลิเมอไรเซชันแล้วจะทำให้เกิดเป็นชั้นที่เรียกว่าชั้นไฮบริด ซึ่งประกอบด้วยสารเรซินและเส้นใยคอลลาเจน ทำให้เรซินซีเมนต์เกิดการยึดติดกับฟันด้วย แรงยึดแบบกลระดับจุลภาค (micromechanical retention) เรซินซีเมนต์ระบบนี้จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงที่สุด (Neelima และคณะ, 2008; Mandava และคณะ, 2009; Melo และคณะ 2010) แต่จะมีการทำงานหลายขั้นตอน และมีรายงานการเกิดการเสียวฟันหลังการบูรณะสูงกว่าระบบอื่น ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนการใช้งาน

เรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์เอทช์ เป็นระบบที่นิยมในปัจจุบัน โดยใช้แอซิดิกมอนอเมอร์ (acidic - monomer) แทนการใช้กรดในการปรับสภาพผิวฟัน ทำให้ลดขั้นตอนการทำงานลง และทำให้อาการเสียวหลังจากการยึดชิ้นงานลดลงเนื่องจากสารยึดจะเข้าไปในผิวฟันเท่ากับความลึกที่แอซิดิกมอนอเมอร์ ปรับสภาพผิวเอาไว้ โดยแบ่งได้เป็น 1 หรือ 2 ขั้นตอนขึ้นอยู่กับเซลฟ์เอทชิงไพรเมอร์ (self-etching primer) กับแอดฮีซีฟเรซิน (adhesive resin) ระบบการยึดติดของสารยึดแบบเซลฟ์เอทช์ สามารถแบ่งตามความแรงของแอซิดิกมอนอเมอร์ได้เป็น 4 ประเภทคือ (1) ชนิดอ่อนมาก (ultra-mild) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มากกว่า 2.5 (2) ชนิดอ่อน (mild) มีค่า pH ประมาณ 2

(3) ชนิดแก่ปานกลาง (intermediate strong) มีค่า pH ประมาณ 1-2 และ (4) ชนิดแก่ (strong) มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

ระบบการยึดติดของสารยึดแบบเซล์ฟเอทช์ยึดติดกับผิวฟันผ่านชั้นสเมียร์ (smear layer) โดยแอซิดิกมอนอเมอร์จะละลายชั้ นสเมียร์และกำจัดไฮดรอกซีอ ะปาไทต์แค่ชั้นพื้นผิวที่สัมผัสกับกรดเท่านั้นซึ่งจะมีข้อดีคือจะไม่ทำอันตรายเส้นใยคอลลาเจนและยังเป็นแหล่งให้แคลเซียมเพื่อใช้ในการยึดติดทางเคมีกับแอซิดิกมอนอเมอร์ โดยความสามารถในการยึดติดกับผิวฟันขึ้นอยู่กับชนิดกับโครงสร้างแอซิดิกมอนอเมอร์ และแรงดึงดูดทางเคมีระหว่า งแอซิดิกมอนอเมอร์กั บไฮดรอกซีอะปาไทต์ นอกจากนี้มีการแนะนำให้ใช้ระบบการยึดติดของสารยึดแบบเซล์ฟเอทช์ชนิดอ่อนในการยึดติดกับเนื้อฟันแทนการใช้ระบบการยึดติดของสารยึดแบบทอทอลเอทช์ (Meerbeek และคณะ, 2011)

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ เป็น ระบบที่ใช้แอซิดิกมอนอเมอร์แทนการใช้กรดในการปรับสภาพผิวฟันเหมือนกับเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์เอทช์ และมักจะเกิดพอลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีร่วมกับการกระตุ้นด้วยแสง โดยเรซินซีเมนต์ระบบนี้จะใช้ง่ายที่สุด ลดขั้นตอนต่าง ๆ ลง เนื่องจากไม่ต้องปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดหรือทาสารไพรเมอร์และสารยึดที่ฟันก่อน แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานพบว่าเรซินซีเมนต์ระบบนี้จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำที่สุด (Burgess และคณะ, 2010)

ในอดีตมีรายงานพบว่าเมื่อใช้วัสดุเรซินที่มี ระบบบ่มเองหรือระบบดูอัล ร่วมกับระบบการยึดติดชนิดทอทอลเอทช์ 2 ขั้นตอนหรือชนิดเซลฟ์เอทช์ 1 ขั้นตอน จะทำให้เกิดความไม่เข้ากันทางเคมี (chemical incompatibility) ระหว่างวัสดุเรซินกับสารยึด ซึ่งเกิดขึ้นจาก ความเป็นกรดของแอซิดิกมอนอเมอร์ จะทำปฏิกิริยากับ เทอร์เ ชียรีเอมีน ทำให้ ปฏิกิริยา รีดอกซ์ (redox reaction) ระหว่างเบน โซอิลเปอร์ออกไซด์กับ เทอร์เ ชียรีเอมีน ลดลง ทำให้ การเกิดพอลิเมอไรเซชัน ที่ไม่สมบูรณ์ตามมาส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดที่น้อยลง (Tay, Pashley และคณะ, 2003)

ดังนั้นปัจจุบัน ได้มีการแก้ไขโดยใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยารีดอกซ์ระบบไตรภาค (ternary redox catalyst) เช่น เกลือโซเดียมของ กรดอะโรมาติกซัลฟินิก (sodium salts of aromatic sulphinic acid) สารประกอบออร์กาโนโบรอน (organoboron compounds) หรือกรดบาร์บิทูริกในสารคิวปริกคลอไรด์ (barbituric acid/ cupric chloride) (Arrais และคณะ, 2008) โดยเติมสารเหล่านี้ลง ในสารยึดเพื่อ

ป้องกันการขัดขวาง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ซึ่งสารนี้ จะไปทำปฏิกิริยา กับแอซิดิกมอนอเมอร์แทน เกิดฟีนิล (phenyl) หรือเบนซีนซัลโฟนิลฟรีแรดิคัล (benzenesulphonyl free radicals) และจะไปกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันตามมา (Tay, Suh และคณะ, 2003)

ชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

การยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตจะขึ้นอยู่กับการยึดติดทางกล (mechanical adhesion) และเคมี (chemical adhesion) แต่เนื่องจากการบ่มซ้ำของชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตทำให้เหลือพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนบริเวณพื้นผิวของชิ้นงาน จำนวนน้อย จึงเกิดพอลิเมอไรเซชันร่วม (copolymerization) กับเรซินซีเมนต์ได้น้อยส่งผลต่อการยึดติดทางเคมี (Shortall, 1996; Asmussen, 2000 และ Peutzfeldt, 2001) ดังนั้นการยึดติดทางกลจึงเป็นหัวใจสำคัญในการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับชิ้นงาน เรซินคอมโพสิต ซึ่งการปรับสภาพผิวเพื่อสร้างแรงยึดทางกลสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- **การพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์**

การพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ เป็นวิธีการเตรียมผิวชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเพื่อเพิ่มการยึดติดทางกลที่ดีโดย D'Arcangelo และคณะในปี 2007 ได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่มีการเตรียมผิวด้วยวิธีต่าง ๆ และได้สรุปว่าการการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตรให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูง เนื่องจากการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ทำให้พื้นผิวชิ้นงานมีความขรุขระ เกิดร่อง ทำให้เกิดการยึดติดทางกลระดับจุลภาคกับเรซินซีเมนต์ (Asmussen, 2000; Soares และคณะ, 2004; D'Arcangelo และ Vadini , 2007) Martin และคณะในปี 2001 แนะนำการเตรียมผิวชิ้นงานเรซินคอมโพสิตโดยให้พ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร ด้วยแรงดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่างจากชิ้นงานคอมโพสิต 1 เซนติเมตร

- **การใช้กรดกัด**

Swift ในปี 1992 และ Martin ในปี 2001 ได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต พบว่าการเตรียมผิวชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่กัดด้วย

กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) ให้ค่ากำลังแรงยึดที่น้อย โดยกรดจะทำหน้าที่ละลายเรซินเมทริกซ์และอนุภาคแก้ว (El Zohairy, 2003) ทำให้เกิดช่องและหลุม แต่ผลของการใช้กรดกัดไม่สามารถคาดเดาได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับชนิดของเรซินคอมโพสิตและความเข้มข้นของกรด (Peutzfeldt, 2001; Martin, 2001) นอกจากนี้กรดไฮโดรฟลูออริกยังเป็นสารเคมีที่อันตรายจึงไม่ควรเตรียมผิวชิ้นงานด้วยวิธีนี้ (Peutzfeldt, 2001)

- **การทาสารที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ (wettibility)**

Stokes ในปี 1993 และ Soares ในปี 2004 ศึกษาหาค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต พบว่าการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตรร่วมกับการทาสารไซเลนที่ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตจะ ให้ค่ากำลังแรงยึดสูง ขึ้น เนื่องจากการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ได้กำจัดเรซินเมทริกซ์บริเวณพื้นผิวของชิ้นงาน เรซินคอมโพสิต ทำให้เกิดการเผยของอนุภาคแก้ว และจะเกิดพันธะเคมีกับสารไซเลน (Bouschlicher และคณะ, 1997) นอกจากนี้การทาสารไซเลนจะช่วยส่งเสริมการไหลแผ่ของเ รซินซีเมนต์ไปตามผิวหน้าของชิ้นงานได้ดี ส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึด (D'Arcangelo, 2007) แต่การทาสารไซเลนจะส่งผลในการเพิ่มค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับชิ้นงานเซรามิกประเภท ที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบ (silica-based ceramics) มากกว่าชิ้นงานเรซินคอมโพสิต (D'Arcangelo, 2007) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Swift และคณะในปี 1992 พบว่าการทาสารไซเลนหลังการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ให้ค่ากำลัง แรงยึด ไม่แตกต่างกับชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่เตรียมผิวด้วยการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์เพียงอย่างเดียว

Deschepper และคณะในปี 1993 ศึกษา หาค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นทดสอบ เรซิน คอมโพสิต และได้สรุปไว้ว่าหลังจากการเตรียมผิวชิ้นทดสอบด้วยการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ ร่วมกับการใช้กรดหลายชนิด พบว่าการทาด้วยสารยึดโดยยังไม่ต้องกระตุ้นด้วยแสงร่วมด้วยในขั้นตอนสุดท้ายก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์ จะให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้ทาสารยึด Latta และคณะในปี 1994 ได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ถูกเตรียมผิวจากหลายวิธี ได้แก่ 1) การกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) 2) การกัดด้วยแอมโมเนียมไบฟลูออไรด์ (ammonium bifluoride) 3) การทาด้วยสารยึดและ 4) การพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ โดยสรุปว่า ชิ้นงานที่เตรียมผิวโดยการ

พ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับการทาสารยึดพร้อมกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซิน ซีเมนต์จะให้ค่ากำลังแรงยึดดีที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Shortall ในปี 1996 และ Yoshida ในปี 1993 ซึ่งได้แนะนำให้ทาด้วยสารยึดที่ชิ้นงาน เรซินคอมโพสิตก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์แต่การศึกษาของ Shortall และ Yoshida จะแตกต่างกับการศึกษาของ Latta เนื่องจากทั้งสองการศึกษาสารยึดที่ทาบนชิ้นงานจะไม่ถูกกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์

El Zohairy และคณะในปี 2003 ได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่ากำลังแรงยึดดึง (tensile bond strength) ระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต โดยมีการเตรียมผิวที่ชิ้นทดสอบด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกตามด้วยการทาสารไซเลน จากผลการทดลองพบว่าพบถ้ามีการทาด้วยสารยึดพร้อมกระตุ้นด้วยแสงที่ชิ้นงานร่วมด้วยในขั้นตอนสุดท้ายก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์จะให้ค่ากำลังแรงยึดดึงสูงกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้ทาสารยึด เนื่องจากสารยึด มีความหนืดน้อยจึงเพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ไปบนพื้นผิวของชิ้นงานคอมโพสิตทำให้เกิดแรงยึดที่ดีกับเรซินซีเมนต์ ส่งผลให้มีค่ากำลังแรงยึดที่สูงขึ้น (D'Arcangelo, 2007; Martin, 2001)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การเพิ่มค่ากำลังแรงยึดระหว่างชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตกับ เรซินซีเมนต์โดยการเตรียมผิวชิ้นงานด้วยการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับการทาสารยึดเป็นวิธีที่ดี แต่ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ว่าควรจะกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์หรือไม่ จึงนำมาสู่งานวิจัยในครั้งนี้

งานวิจัยครั้งนี้จะใช้เรซินซีเมนต์และสารยึดจากสองบริษัท ได้แก่

1. เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี (Nexus 3) และสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน (Optibond all in one) ของบริษัทเคอร์ (Kerr)

เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี เป็นเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์เอทช์ หรือทอทอลเอทช์โดยจะขึ้นอยู่กับสารยึดที่ใช้ และ เกิดการบ่มร่วม (แสงและเคมี) โดยบริษัทแนะนำให้ใช้คู่กับสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ โซโลพลัส (Optibond soloplus) หรือ ออพติบอนด์ ออลอินวัน แต่ในงานวิจัยในครั้งนี้จะใช้คู่กับออพติบอนด์ ออลอินวัน ซึ่งจะเป็นระบบเซลฟ์เอทช์

โดยปกติเมื่อใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ออพติบอน ด์ ออลอินวันจะเกิ ดพอลิเมอไรเซชันด้วยการ กระตุ้นด้วยแสง แต่เมื่อใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ เน็กซัสทรี จะทำให้

สารออพติบอนด์ ออลอินวัน เกิดพอลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีร่วมด้วย เนื่องจากในเน็ กซัสทรี สามารถเหนี่ยวนำ ให้ออพติบอนด์ ออลอินวัน เกิดพอลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมี (Kerr Company, 2012) ร่วมด้วย

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเน็กซัสทรีและออพติบอนด์ ออลอินวัน (Kerr Company, material safety data sheet)

สาร	ส่วนประกอบ
เน็กซัสทรี	uncured methacry ester monomers, inert mineral fillers, activators, initiator, stabilizers, radiographic agent
ออพติบอนด์ ออลอินวัน	acetone, ethyl alcohol, uncured methacry ester monomers, ytterbium trifluoride, inert mineral fillers, photoinitiator, accelerators, stabilizers

2. เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต (RelyX Ultimate) และสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล (Scotchbond Universal) ของบริษัทสามเอ็มเอสพี (3M ESPE)

เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไล เอ็กซ์ อัลทิเมตเป็นเรซินซีเมนต์ชนิด เซลฟ์เอทช์และเกิดบ่มตัวร่วม (แสงและเคมี) ส่วนสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล จะมีการเกิดพอลิเมอไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสงแต่ถ้านำมาผสมกับซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลดูอัลเคียวแอคติเวเตอร์ (Single bond universal dual cure activator) จะทำให้เกิดการพอลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีร่วมด้วย แต่ทางบริษัทผู้ผลิตได้แนะนำว่าถ้าใช้สารยึดผลิตภัณฑ์ สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล ร่วมกับเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต สามารถใช้ลำพังได้ทันที เนื่องจากรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตสามารถเหนี่ยวนำ ให้สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล เกิดพอลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมี (3M ESPE Company, 2012) ร่วมด้วย

ตารางที่2 แสดงส่วนประกอบของรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล (3M ESPE Company, material safety data sheet)

สาร	ส่วนประกอบ
รีไลเอ็กซ์อัลทิเมต	Base Paste : - silane treated glass powder - 2-propenoic acid, 2-methyl -, 1,1'-[1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl] ester reaction products with 2-hydroxy-1,3- propanediyl dimethacrylate and phosphorus oxide - triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA) - silane treated silica - oxide glass chemicals - sodium persulfate - tert-butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate
	Catalyst Paste : - silane treated glass powder - substituted dimethacrylate - 1,12-dodecane dimethycrylate - silane treated silica - 1-benzyl -5-phenyl-barbic-acid, calcium salt - sodium P-toluenesulfinate - 2-propenoic acid, 2-methyl-, [(3-methoxypropyl) imino]di-2,1- ethanediyl ester - calcium hydroxide - titanium dioxide
สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล	- bisphenol A diglycidyl ether dimethacrylate (Bis - GMA) - 2-hydroxyethyl methacrylate - decamethylene dimethacrylate - ethanol - water - silane treated silica

	- 2-propenoic acid, 2-methyl-, reaction products with 1,10- decanediol and phosphorous oxide (P2O5) - copolymer of acrylic and itaconic acid - dimethylaminobenzoate (-4) - camphorquinone - (dimethylamino)ethyl methacrylate - methyl ethyl ketone

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับค่ากำลังแรงยึด

ในการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังแรงยึด นอกจากปัจจัยดังที่กล่าวมาในข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีก(Ferracane และคณะ, 2010) เช่น

1.ชิ้นทดสอบซึ่งได้แก่ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน วิธีการเตรียมพื้นที่ผิวในการยึดติด ขนาดของกลุ่มตัวอย่างและวิธีการเก็บรักษา

2.วิธีการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ได้แก่ วิธีการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนและยึดดึง

3.การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การทดสอบแบบใช้และไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือน

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดของวัสดุทางทันตกรรมสามารถแบ่ง ตามวิธีการทดสอบ ได้เป็น การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือน นอกจากนั้นถ้าพิจารณาพื้นที่หน้าตัดบริเวณรอยต่อสามารถแบ่งได้เป็นค่ากำลังแรงยึดระดับมหภาค (macro bond strength) ซึ่งจะมีพื้นที่หน้าตัดบริเวณรอยต่อที่มากกว่า 3 ตารางมิลลิเมตร และค่ากำลังแรงยึดแบบจุลภาค (micro bond strength) (Salz และ Bock, 2010)

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง สามารถเตรียมชิ้นงานได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบแท่ง (stick) แบบดัมเบลล์ (dumbbell) และแบบนาฬิกาทราย (hourglass) โดยแบบแท่งและแบบดัมเบลล์จะมีพื้นที่บริเวณรอยต่อเป็นรูปสี่เหลี่ยมและให้ค่ากำลังแรงยึดที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังสามารถเตรียมชิ้นงานง่ายกว่าแบบนาฬิกาทรายเพราะจะช่วยลดการเกิดรอยร้าวระดับจุลภาคระหว่างการเตรียมชิ้นงาน (Salz, 2010) นอกจากนั้น Nakabayashi ในปี 2004 ได้แนะนำให้ใช้ชิ้นทดสอบรูปร่าง

เป็นดัมเบลล์ ในการใช้วัดค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน เนื่องจากสามารถนำไปใช้ทำนายผล ทางคลินิกได้ (Pashley และคณะ, 1995) ส่วนการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนนั้น สามารถทดสอบด้วยเครื่องมือที่แตกต่างกันหลายวิธี ได้แก่ การใช้ลวดคล้อง และดึง (wire loop) การใช้สิ่วกด (notched chisel) และการใช้คมมีดกด (knife edge) (Salz U, 2010)

Pashley, Sano และคณะในปี 1995 รายงานว่ายิ่งใช้ชิ้นทดสอบที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดขนาดเล็กจะช่วยลดความล้มเหลวของการแตกหักในเนื้อฟันหรือเรซินคอมโพสิตซึ่งสอดคล้อง Braga และคณะในปี 2010 ที่ได้รวบรวมผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในปี 2007 – 2009 พบว่าเมื่อทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง และค่ากำ ลังแรงยึดเฉือน ระดับมหภาค นั้นจะมีโอกาสเกิดความล้มเหลวของการแตกหักในเนื้อฟันหรือเรซินคอมโพสิตสูงถึงร้อยละ 28 และร้อยละ 45 ตามลำดับ แต่เมื่อทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือน ระดับจุลภาคจะมีโอกาสเกิดความล้มเหลวของการแตกหักในเนื้อฟันหรือเรซินคอมโพสิต เพียงร้อยละ 13 และร้อยละ 12 ตามลำดับเท่านั้น (Braga และคณะ, 2010)

ต่อมาในปี 1999 Pashley และคณะได้ทบทวนการวัดค่ากำลังแรงยึด ดึงระดับจุลภาคที่รอยต่อระหว่างวัสดุจำพวกเรซินกับเนื้อฟัน พบว่าจะช่วยกระจายความเค้นในเนื้อฟันทำให้ลดการเกิดความล้มเหลวของการแตกหักในเ นื้อฟัน นอกจากนี้วิธียังมีข้อดีอีก เช่น สามารถวัดค่าแรง ยึดที่รอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับสารยึดติดได้ค่าสูงกว่าวิธีวัดแบบมหภาค นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่อนุรักษ์ฟันโดยสามารถเตรียมชิ้นงานได้มากทำให้สามารถนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนได้จากฟันหนึ่งซี่ แต่อย่า งไรก็ตามการวัดค่ากำลังแรงยึดดึงระดับมหภาคก็ยังมีข้อดี ได้แก่ สามาร ถเตรียมชิ้นงานได้ง่ายและใช้เวลาในการเตรียมชิ้นงานน้อยกว่า (Braga, 2010)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากร

ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่เตรียมขึ้น

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือการกระตุ้นและไม่กระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบบ่มด้วยแสงแต่ละผลิตภัณฑ์

ตัวแปรตาม (Dependent variables) คือค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์และชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุ เลขที่การผลิตและบริษัทผู้ผลิตแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงวัสดุที่ใช้ในการวิจัย เลขที่การผลิตและบริษัทผู้ผลิต

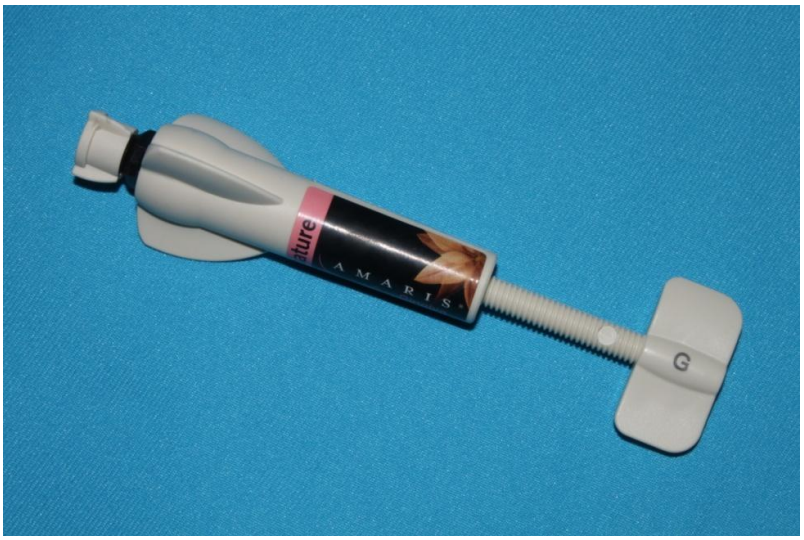
วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	เลขที่การผลิต	บริษัทผู้ผลิต
1. สารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน (รูปที่ 2)	3547303	บริษัท Kerr
2. เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี (รูปที่ 3)	4388061	
3. สารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล (รูปที่ 4)	460367	บริษัท 3M ESPE
4. เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต (รูปที่ 5)	457602	
5. เรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา (รูปที่ 6)	1239274	บริษัท VOCO

รูปที่ 2 แสดงสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน

รูปที่ 3 แสดงเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี

รูปที่ 4 แสดงสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล

รูปที่ 5 แสดงเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต



รูปที่ 6 แสดงเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องตัดฟัน (Isomet 1000, series 15, Buehler, Lake Bluffil, USA) (รูปที่ 7)
2. เวอร์เนียแคลิปเปอร์ดิจิตอล (Vernier digital caliper, Mitutoyo, Tokyo, Japan) (รูปที่ 8)
3. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, JSM-x S410LV, Japan) (รูปที่ 9)
4. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Steriomicroscope, EMZ-TR, Meiji Techno, Japan) (รูปที่ 10)
5. เครื่องทดสอบแรงอเนกประสงค์ (Universal testing machine, รุ่น EZ-S, Shimadzu, Japan) (รูปที่ 11)
6. เครื่องฉายแสง (Curing light, Elipar™ S10 LED, 3M ESPE, Gemany) (รูปที่ 12)
7. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Oven, INE400, Memmert, Brutschrank, Germany)
8. เครื่องพ่นอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์เพ็นบลาสเตอร์ทู (PenBlaster II, Shofu, Japan)
9. เครื่องอัลตราโซนิก
10. กระดาษทรายน้ำความละเอียด 600 กริท
11. โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS 17, SPSS, INC., IL, USA)

รูปที่ 7 แสดงเครื่องตัดฟัน

รูปที่ 8 แสดงเวอร์เนียแคลิปเปอร์ดิจิตอล

รูปที่ 9 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

รูปที่ 10 แสดงกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

รูปที่ 11 แสดงเครื่องทดสอบแรงอเนกประสงค์

รูปที่ 12 แสดงเครื่องฉายแสง

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้ถูกออกแบบเพื่อศึกษาผลการกระตุ้นด้วยแสงของสารยึดระบบบ่มด้วยแสงต่อค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือน ระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวันร่วมกับ เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรี ของบริษัทเคอร์ และสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล ร่วมกับเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ทีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตของบริษัทสามเอ็ม เอสพี

โดยการทดลองนี้จะแบ่งแยกเป็น 2 ตอน ได้แก่ การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงและการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

ตอนที่ 1 การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง

วิธีการทดลองจะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

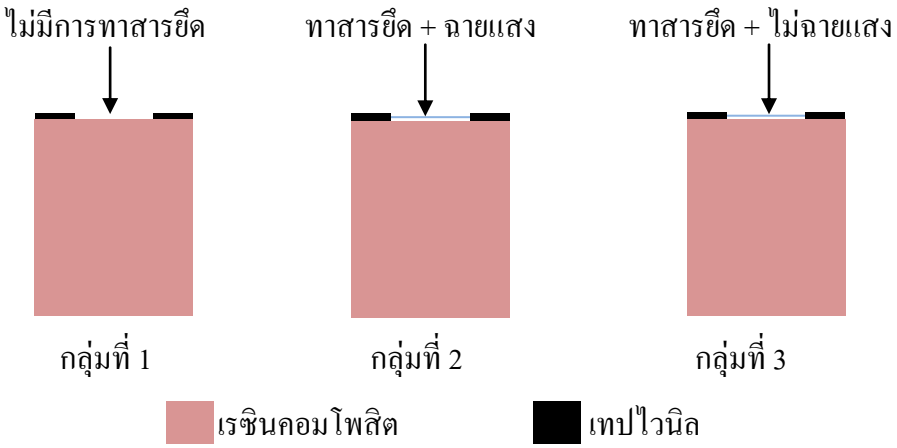
1.1 การเตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตและชิ้นยึดเรซินคอมโพสิต

เตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร สูง 12 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น เตรียมโดยวิธีการอุดเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา ที่มีสีชมพูลงในแบบท่อพลาสติกใส โดยอุดเรซินคอมโพสิต ทีละชั้น หนาชั้นละ 2 มิลลิเมตร ร่วมกับการกระตุ้นด้วยแสงจากเครื่องฉายแสง (Curing light, Elipar™ S10 LED , 3M ESPE, Gemany) ที่มีความเข้มแสง 1,200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยชั้นสุดท้ายจะปิดทับด้วยกระจกใสก่อนฉายแสง นำไปขัดกระดาษทรายน้ำความละเอียด 600 กริท หลังจากนั้นนำแท่งเรซินคอมโพสิตที่เตรียมไว้ไปพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตรที่ปลายด้านหนึ่งในตู้พ่นอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์เพ็นบลาสเตอร์ทู (PenBlaster II, Shofu, Japan) ด้วยความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 10 วินาที โดยห่างจากหัวเป่า 10 มิลลิเมตร และนำไปทำความสะอาด ในน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที เป่าให้แห้ง ใช้เทปไวนิลด้านเดียวที่ไม่ทำปฏิกิริยากับ เรซินซีเมนต์ที่มีความหนา ประมาณ 80 ไมโครเมตร ติดที่พื้นผิวยึด เพื่อเป็นการกำ หนดความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์ และในเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์จะแบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลองตามการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้สารยึด ดังนี้

กลุ่มที่หนึ่ง ไม่ทาสารยึดที่บริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต

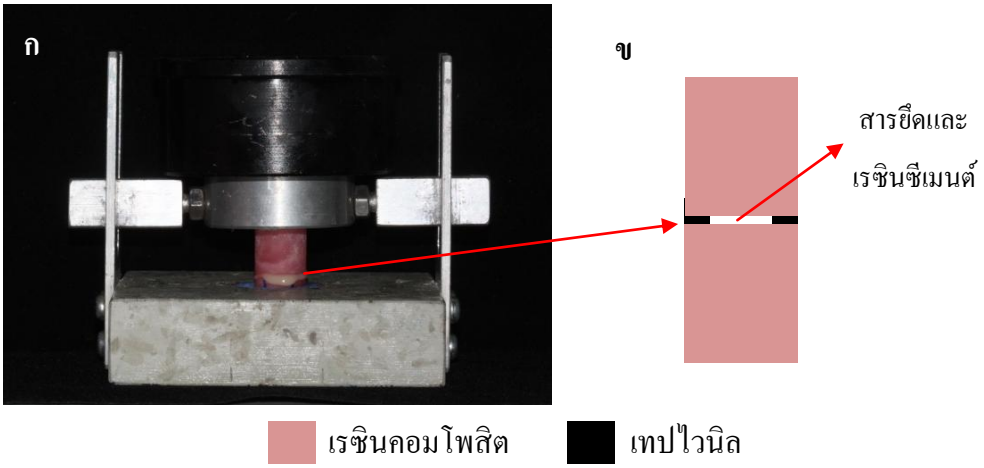
กลุ่มที่สอง ทาสารยึดที่บริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต 1 รอบให้ทั่วและทิ้งไว้เวลา 20 วินาที เป่าลมให้แห้ง 5 วินาที พร้อมกระตุ้นด้วยแสงเป็นเวลา 10 วินาทีก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์

กลุ่มที่สาม ทาสารยึดที่บริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต 1 รอบให้ทั่วและทิ้งไว้เวลา 20 วินาที เป่าลมให้แห้ง 5 วินาที แล้วไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (ดังรูปที่ 13)



รูปที่ 13 แสดงภาพจำลองการเตรียมพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิตโดยการใช้สารยึด

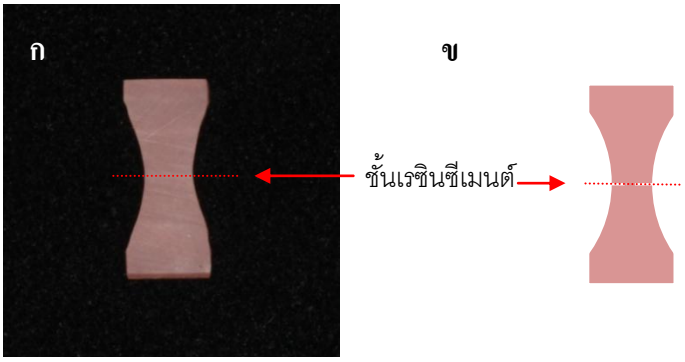
จากนั้นผสมเรซินซีเมนต์ โดยใช้เกลียวผสม (mixing tip) ตามคู่มือการใช้งานของ แต่ละบริษัท นำเรซินซีเมนต์ที่ผสมได้ใส่ไปบนผิวแท่งเรซินคอมโพสิตบริเวณช่องว่าง ระหว่างเทปไวนิล จากนั้นยึดด้วยแท่ง เรซินคอมโพสิตอีกชิ้นแล้วนำไปกดภายใต้น้ำหนัก 1,000 กรัมด้วยเครื่องถ่วงน้ำหนัก (รูปที่ 14) ปาดเรซินซีเมนต์ส่วนเกินออกและฉายแสงโดย รอบรอยต่อด้านละ 40 วินาที สุดท้ายจะได้ชิ้นยึดเรซินคอมโพสิตกลุ่มละ 5 ชิ้น เก็บชิ้นยึดทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงตาม ISO 11405, 2003



รูปที่ 14 ก) แสดงการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ภายใต้เครื่องถ่วงน้ำหนัก
ข) แสดงภาพจำลองการยึดแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์
(ภาพจำลองไม่ได้เป็นไปตามสัดส่วนที่แท้จริง)

1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์

นำชิ้นยึดเรซินคอมโพสิตมาตัดขนานกับแนวแกนชิ้นยึด ด้วยเครื่องตัดฟันที่มีน้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลา ด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที แรงกด 150 นิวตัน จะได้ชิ้นทดสอบมีความหนา 2 มิลลิเมตร สุดท้ายจะได้ชิ้นทดสอบประมาณ 2 ชิ้นต่อชิ้นยึดเรซินคอมโพสิต 1 ชิ้น คัดลอกรูปร่างดัมเบลล์จากแผ่นแ ม่แบบลงบนชิ้นทดสอบและนำมามากร อแต่ง โดยใช้หัวกรอกากเพชรรูปทรงกระบอกความละเอียด 100 ไมโครเมตร กรอแต่งชิ้นงานจนได้รอยคอดเป็นรูปดัมเบลล์ ซึ่งมีความกว้าง 6 มิลลิเมตร ความยาว 14 มิลลิเมตร ส่วนแคบที่สุดคือจุดกึ่งกลางซึ่งอยู่บริเวณชั้นเรซินซีเมนต์มีความก ว้าง 3 มิลลิเมตร โดยมีพื้นที่หน้าตัดบริเวณส่วนแคบที่สุดเท่ากับ 3 x 2 ตาราง มิลลิเมตร (รูปที่ 15) โดยแต่ละกลุ่มจะมีชิ้นทดสอบ 10 ชิ้น



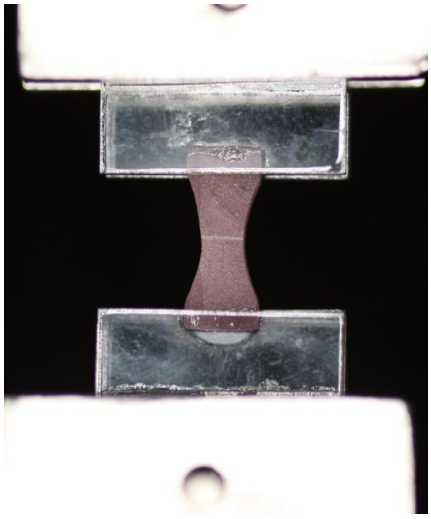
รูปที่ 15 ก) แสดงชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์

ข) แสดงภาพจำลองชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์

1.3 การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง

นำชิ้นทดสอบมาทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง โดยนำมายึดติดกับแผ่นพลาสติกที่ทำมาจากพอลิเมทิลเมทาคริเลตซึ่งมีความกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่นและขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตรยาว 10 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น โดยนำแผ่นขนาดเล็กใส่ตรงกลางระหว่างแผ่นใหญ่ แผ่นพลาสติกทุกแผ่นเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรในตำแหน่งเดียวกันเพื่อยึดลวดสำหรับทดสอบแรงยึดดึงโดยมีแม่แบบกำหนดตำแหน่งในการยึดติดเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งเดียวกันทุกชิ้นทดสอบ

หลังจากนั้นทำการทดสอบกำลังแรงยึดดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงอเนกประสงค์ (Universal testing machine, รุ่น EZ-S, Shimadzu, Japan) ด้วยความเร็วหัวทดสอบ (cross head speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที โหลดเซลล์ขนาด 50 นิวตัน (รูปที่ 16) บันทึกแรงค่าดึงสูงสุดเป็นนิวตันและทำการวัดพื้นที่หน้าตัดบริเวณแตกหักอีกครั้งด้วยเวอร์เนียแคลิปเปอร์ดิจิตอล (Veneer digital caliper, Mitutoyo, Tokyo, Japan) เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากำลังแรงยึดดึงในหน่วยเมกะปาสกาล



รูปที่ 16 แสดงการทดสอบกำลังแรงยึดดึง

1.4 การตรวจสภาพพื้นผิวที่แตกหักและศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค

ศึกษาความล้มเหลวชิ้นทดสอบทั้งหมดที่แต กหักจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงโดยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereomicroscope, Canon, Japan) หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบที่แตกหักจากกลุ่มต่าง ๆ กลุ่มละ 1 ชิ้นไปติดบนแท่นทองเหลือง (stup) ด้วยเทปกาว (รูปที่ 17) และนำไปศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

นำค่ากำลังแรงยึดดึงของแต่ละกลุ่มไปทดสอบการกระจาย ตัวของ ข้อมูล (Normal - distribution test) ด้วยวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ (One sample Kolmogorov-Smirnov test) ถ้าทดสอบแล้วว่าพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จะตรวจสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติสำหรับการทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) ถ้าทดสอบแล้วข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จะเลือกใช้สถิติสำหรับการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ได้แก่ ครัสคอลวอลิส (Kruskal Wallis) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอสรุ่น 17.0

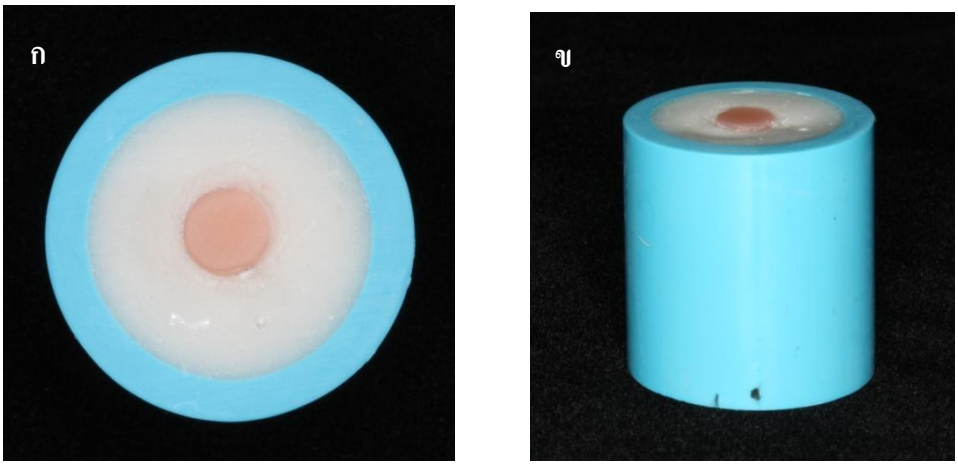
รูปที่ 17 แสดงชิ้นทดสอบที่แตกหักและนำไปติดบนแท่นทองเหลือง

ตอนที่ 2 การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

โดยวิธีการทดลองจะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

2.1 การเตรียมแท่งเรซินคอมโพสิต

เตรียมแท่งเรซิน คอมโพสิตรูปทรงกระบอกขนาดเส้ นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น เตรียมโดยวิธีการอุดเรซินคอมโพสิต ผลิตภัณฑ์ อมาริส จิงจิวา ลงในแม่แบบพลาสติกชนิดใสหนา 2 มิลลิเมตร ที่เจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และปิดทับด้วยกระจกใส แล้วนำไป กระตุ้นด้วยแสง โดยการฉายแสงด้ วยเครื่อง ฉายแสงที่มีความเข้มแสง 1,200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร แกะแท่งเรซินคอมโพสิตออกจากแม่แบบและนำไปยึดเข้ากับท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์ กลางที่วัดจากขอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 25 มิลลิเมตร ด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเอง (self curing) โดยให้แท่งเรซินคอมโพสิตอยู่กึ่งกลางของท่อพีวีซีและหน้าตัดของแท่งเรซินคอมโพสิตอยู่สูงกว่าอะคริลิกและขอบท่อพีวีซี 1 มิลลิเมตร นำไปขัดกระดาษทรายน้ำความละเอียด 600 กริท หลังจากนั้นนำไปพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมโครเมตร ในตู้พ่นอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ เพ็นบลาสเตอร์ทู ด้วยความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที โดยห่างจากหัวเป่า 10 มิลลิเมตร และนำไป ทำความสะอาด ในน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10 นาที และเป่าให้แห้ง (รูปที่ 18)



รูปที่ 18 ก) แสดงแท่งเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดกับท่อพีวีซีด้วยเรซินอะคริลิก
ข) แสดงแท่งเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดกับท่อพีวีซีด้วยเรซินอะคริลิก (ถ่ายด้านข้าง)

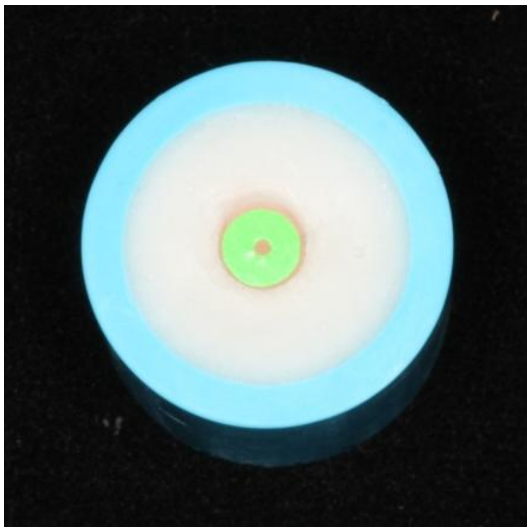
2.2 การเตรียมพื้นผิวยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตและยึดด้วยเรซินซีเมนต์

นำเทปไวนิลด้านเดียวที่ไม่ทำปฏิกิริยากับเรซินซีเมนต์ ที่มีความหนา 80 ไมโครเมตรและเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ติดที่พื้นผิวยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดกับท่อพีวีซีเพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตบริเวณยึดและความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์ (รูปที่ 19) และในเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์จะแบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลองตามการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้สารยึด

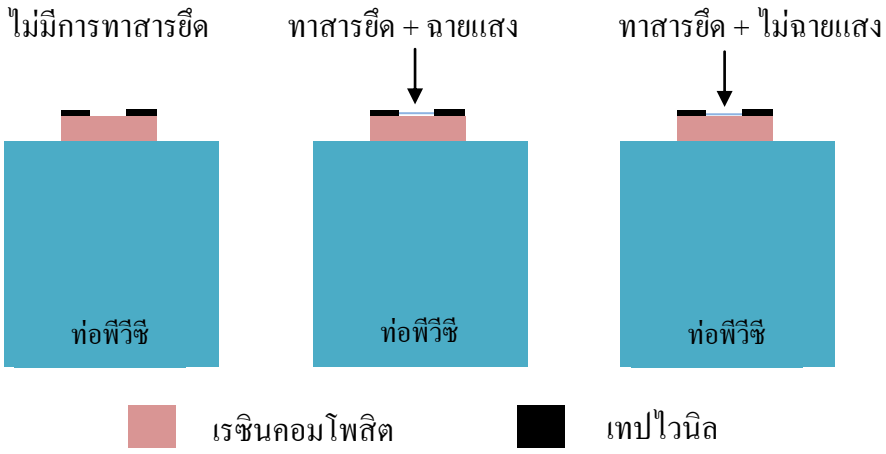
กลุ่มที่หนึ่ง ไม่ทาสารยึดที่บริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต

กลุ่มที่สอง ทาสารยึดที่บริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต 1 รอบให้ทั่วและทิ้งไว้เวลา 20 วินาที เป่าลมให้แห้ง 5 วินาที แล้วใช้แท่งกระดาษซับปลายแหลม (paperpoint) ซับสารยึดที่ตกค้างอยู่รอบ ๆ วงใน ของเทปไวนิลออกแล้วเป่าลมอีกครั้ง 5 วินาที หลังจากนั้น กระตุ้นด้วยแสงเป็นเวลา 10 วินาทีก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์

กลุ่มที่สาม ทาสารยึดที่บริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต 1 รอบให้ทั่วและทิ้งไว้เวลา 20 วินาที เป่าลมให้แห้ง 5 วินาที แล้วใช้แท่งกระดาษซับปลายแหลมซับสารยึดที่ตกค้างอยู่รอบ ๆ วงในของเทปไวนิลออกแล้วเป่าลมอีกครั้ง 5 วินาที หลังจากนั้น ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (ดังรูปที่ 20)



รูปที่ 19 แสดงแท่งเรซินคอมโพสิตที่ติดด้วยเทปกาว



รูปที่ 20 แสดงภาพจำลองการเตรียมพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิตโดยการใช้สารยึด

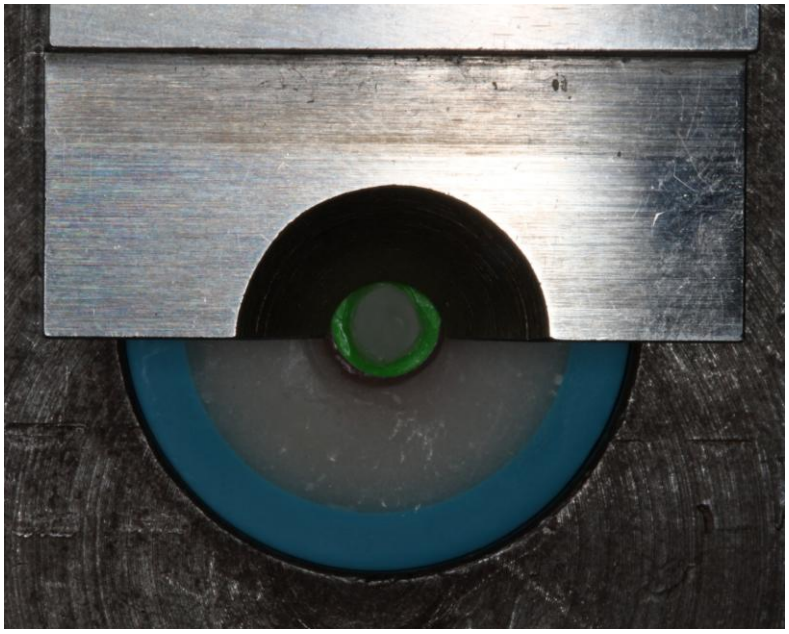
หลังจากนั้นนำท่อพลาสติกใสเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรและสูง 2 มิลลิเมตรมาวางครอบบนรูของเทปกาวที่เจาะไว้ หลังจากนั้น ผสมเรซินซีเมนต์โดยใช้เกลียวผสม ผสมตามคู่มือการใช้งานของแต่ละบริษัท นำเรซินซีเมนต์ที่ผสมได้ฉีดลงไปในท่อพลาสติก ปาดเรซินซีเมนต์ส่วนเกินออกและกระตุ้นด้วยแสงโดยการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง 40 วินาที สุดท้ายจะได้ชิ้น

ยึดเรซินคอมโพสิตกลุ่มละ 10 ชิ้น (รูปที่ 21) วางชิ้นยึดทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

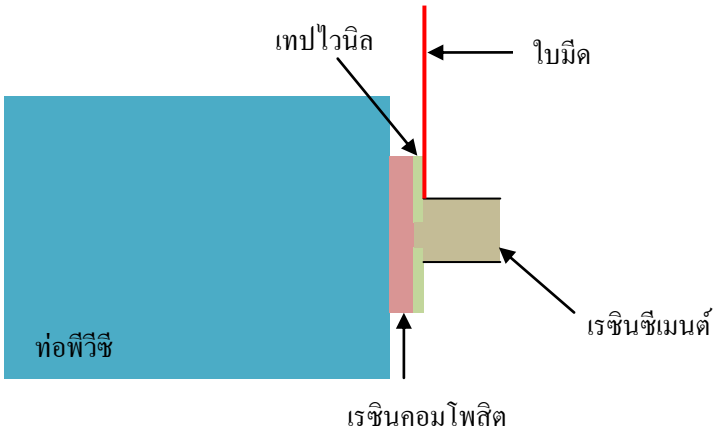
รูปที่ 21 แสดงชิ้นยึดเรซินคอมโพสิต

2.3 การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

หลังจากนั้น ทำการทดสอบกำลังแรงยึด เฉือนด้วยเครื่องทดสอบแรง อเนกประสงค์ ตามข้อกำหนด ISO/TS 11405 ปี 2003 โดยยึดชิ้นยึดเรซินคอมโพสิตเข้ากับเครื่องจับชิ้นงาน และตรวจสอบให้แนวแกนของหัวทดสอบขนานและเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อของชิ้นยึดเรซินคอมโพสิต (รูปที่ 22 และ 23) หลังจากนั้นเคลื่อนหัวทดสอบที่มีรูปร่างเป็นครึ่งวงกลมโดยส่วนปลายมีลักษณะแบนเหมือนใบมีด (knife edge) หนา 0.5 มิลลิเมตรใช้ความเร็วหัวทดสอบ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที โหลดเซลล์ขนาด 50 นิวตัน บันทึกแรงค่าดึงสูงสุดเป็นนิวตัน เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากำลังแรงยึดเฉือนในหน่วยเมกะปาสกาล



รูปที่ 22 แสดงการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน



รูปที่ 23 แสดงภาพจำลองการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

2.4 การตรวจสภาพพื้นผิวที่แตกหักและศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค

ศึกษาความล้มเหลวชิ้นทดสอบทั้งหมดที่แต กหักจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึด เฉือน โดยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบที่แตกหักจากกลุ่มต่าง ๆ กลุ่มละ 1 ชิ้นไป

ติดบนแท่นทองเหลืองด้วยเทปกาวและนำ ไปศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

นำค่ากำลังแรงยึด เฉือน ของแต่ละกลุ่มไปทดสอบการกระจาย ตัวของ ข้อมูล (Normal - distribution test) ด้วยวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ (One sample Kolmogorov-Smirnov test) ถ้าทดสอบแล้วว่าพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จะตรวจสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติสำหรับการทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) ถ้าทดสอบแล้วข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จะเลือกใช้สถิติสำหรับการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ได้แก่ ครัสคอลวอลิส (Kruskal Wallis) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอสรุ่น 17.0

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง

1.1 ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน พบว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ค่ากำลังแรงยึดดึง 32.37±3.82, 36.64±4.45 และ 31.97±6.04 เมกะปาสกาลตามลำดับ เมื่อนำชิ้นทดสอบทั้งหมดที่แตกหักไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ พบว่าทั้ง 3 กลุ่มส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure) 7 ชิ้นหรือร้อยละ 70, 8 ชิ้นหรือร้อยละ 80 และ 7 ชิ้นหรือร้อยละ 70 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน

กลุ่ม	ค่ากำลังแรงยึดดึง	ความล้มเหลว		
		Adhesive	*Cohesive*	*Mixed*
1. กลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึด	32.37±3.82[a]	-	7	3
2. กลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	36.64±4.45[a]	-	8	2
3. กลุ่มที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	31.97±6.04[a]	-	7	3

* ตัวอักษรเดียวกันนั้น แตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

เมื่อตรวจสอบด้วยวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และเมื่อนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) กลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วมีการ

กระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) มีค่ากำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล พบว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ค่ากำลังแรงยึดดึง 31.07±2.99, 34.67±4.85 และ 24.63±3.73 เมกะปาสกาลตามลำดับ เมื่อนำชิ้นทดสอบทั้งหมดที่แตกหัก ไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ พบว่ากลุ่ม 1 และ 2 ส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลว ในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure) 7 ชิ้นหรือร้อยละ 70 และ 9 ชิ้นหรือร้อยละ 90 ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม 3 ส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้น ทดสอบ เรซิน คอมโพสิตกับเรซิน ซีเมนต์ (adhesive failure) 8 ชิ้นหรือร้อยละ 80 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย กำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้น ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล

กลุ่ม	ค่ากำลังแรงยึดดึง	ความล้มเหลว		
		Adhesive	*Cohesive*	*Mixed*
1. กลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึด	31.07±2.99[a]	-	7	3
2. กลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	34.67±4.85[a]	-	9	1
3. กลุ่มที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	24.68±3.73[b]	8	1	1

* ตัวอักษรเดียวกันนั้น แตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

เมื่อตรวจสอบด้วย วันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และเมื่อนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่ากลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่ง เรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1)

และกลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) มีค่ากำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองกลุ่มมีค่ากำลังแรงยึดดึงสูงกว่ากลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้วไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปตัวอย่างแสดง ชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต เมื่อนำไปศึกษา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะพบความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (รูปที่ 25 - 30) ความล้มเหลวในเนื้อเรซินคอมโพสิต (รูปที่ 31 - 36) และความล้มเหลวแบบผสม (รูปที่ 37 - 42)

ตอนที่ 2 การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

2.1 ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน พบว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือน 40.48±7.54, 50.28±8.00 และ 51.76±4.16 เมกะปาสกาลตามลำดับ เมื่อนำชิ้นทดสอบทั้งหมดที่แตกหักไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ พบว่ากลุ่ม 1 กลุ่ม 2 และกลุ่ม 3 ส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure) 8 ชิ้นหรือร้อยละ 80 7 ชิ้นหรือร้อยละ 70 และ 8 ชิ้นหรือร้อยละ 80 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย กำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้น ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน

กลุ่ม	**ค่ากำลังแรงยึดเฉือน**	**ความล้มเหลว**		
		Adhesive	*Cohesive*	*Mixed*
1. กลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึด	40.48±7.54[a]	8	-	2
2. กลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	50.28±8.00[b]	7	-	3
3. กลุ่มที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	51.76±4.16[b]	8	-	2

* ตัวอักษรเดียวกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

เมื่อตรวจสอบด้วยวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และเมื่อนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่ากลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองกลุ่มมีค่าค่ากำลังแรงยึด

เฉือนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล พบว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือน 32.59±6.86, 48.44±10.96 และ 49.13±12.60 เมกะปาสกาลตามลำดับ เมื่อนำชิ้นทดสอบทั้งหมดที่แตกหักไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ พบว่ากลุ่ม 1 กลุ่ม 2 และกลุ่ม 3 ส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure) 10 ชิ้นหรือร้อยละ 100 8 ชิ้นหรือร้อยละ 80 และ 7 ชิ้นหรือร้อยละ 70 ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย กำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล) และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของ กลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล

กลุ่ม	**ค่ากำลังแรงยึดเฉือน**	**ความล้มเหลว**		
		Adhesive	*Cohesive*	*Mixed*
1. กลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึด	32.59±6.86[a]	10	-	-
2. กลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	48.44±10.96[b]	8	-	2
3. กลุ่มที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์	49.13±12.60[b]	7	-	3

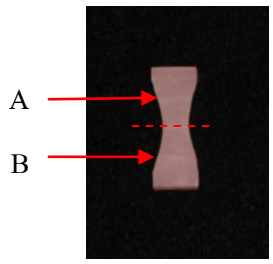
*ตัวอักษรเดียวกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

เมื่อตรวจสอบด้วยวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และเมื่อนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่ากลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองกลุ่มมีค่าค่ากำลังแรงยึด

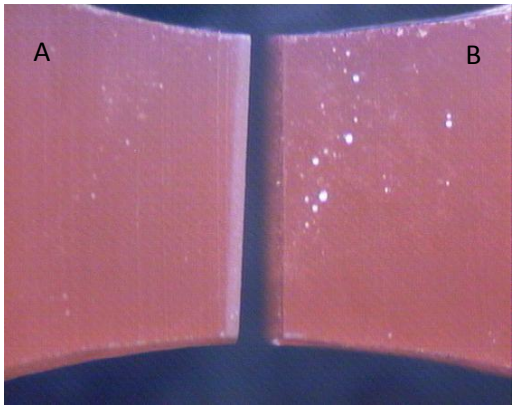
เฉือนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

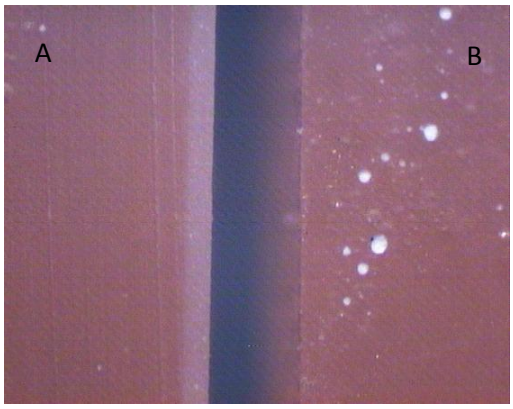
รูปตัวอย่างแสดง ชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต เมื่อนำไปศึกษา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะพบความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (รูปที่ 43) และความล้มเหลวแบบผสม (รูปที่ 44)

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure)



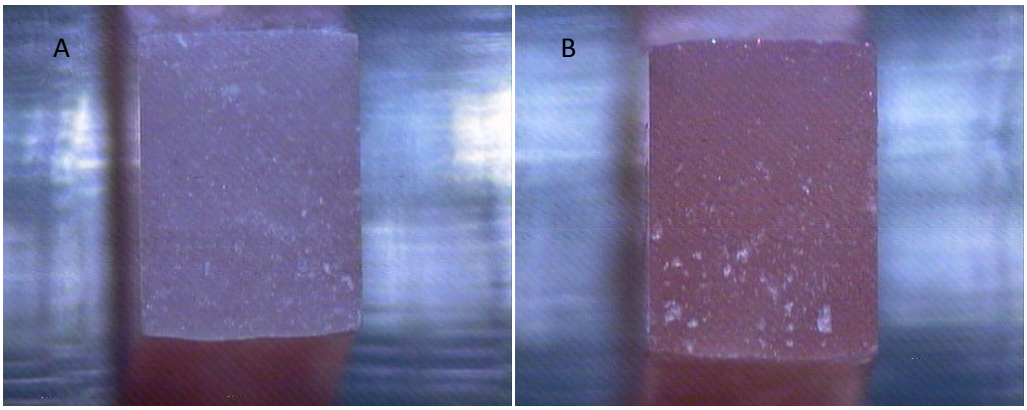
รูปที่ 24 แสดงชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตชิ้น A และชิ้น B ที่นำมายึดกันด้วยเรซินซีเมนต์





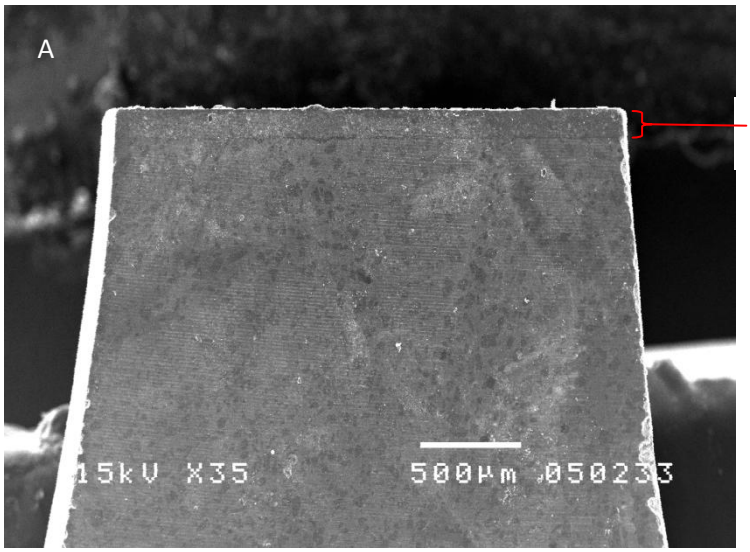
รูป ก รูป ข

รูปที่ 25 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย ก) 15 เท่า และ ข) 30 เท่า

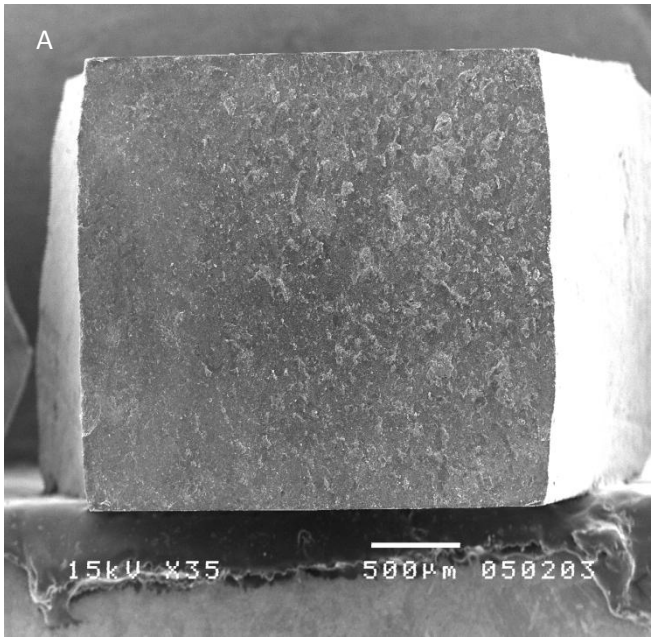


รูปที่ 26 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure)

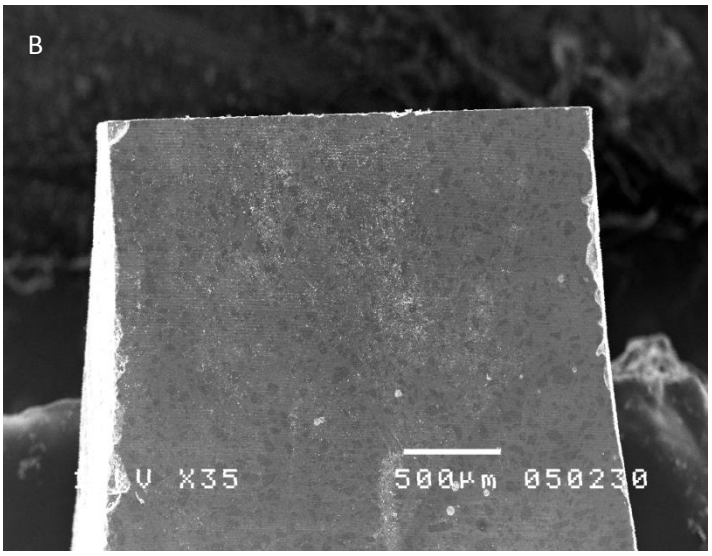


รูปที่ 27 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

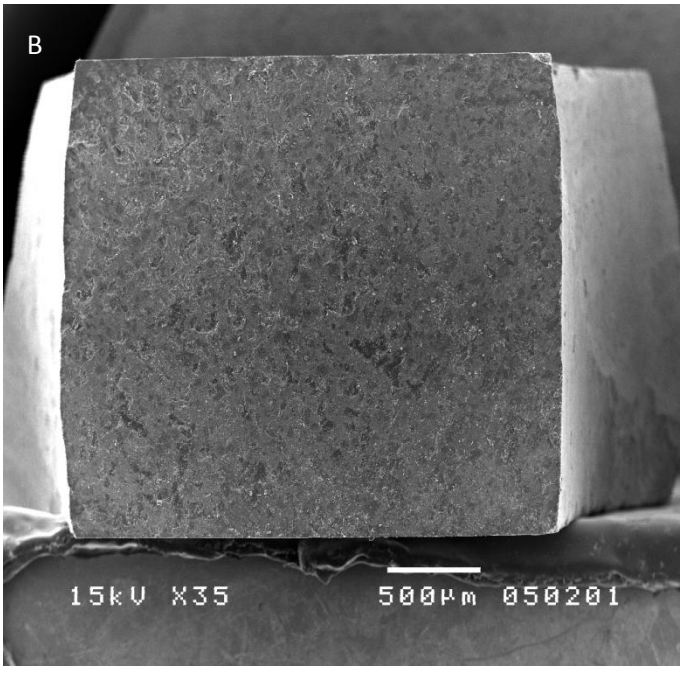


รูปที่ 28 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure)

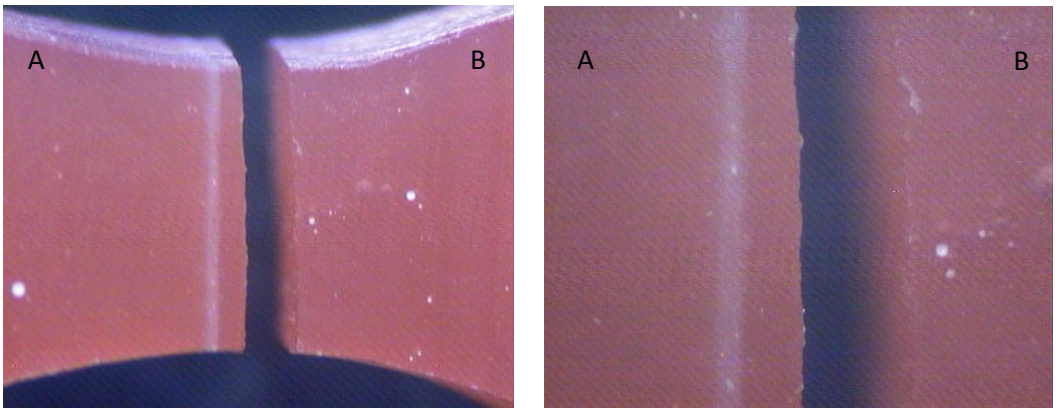


รูปที่ 29 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า



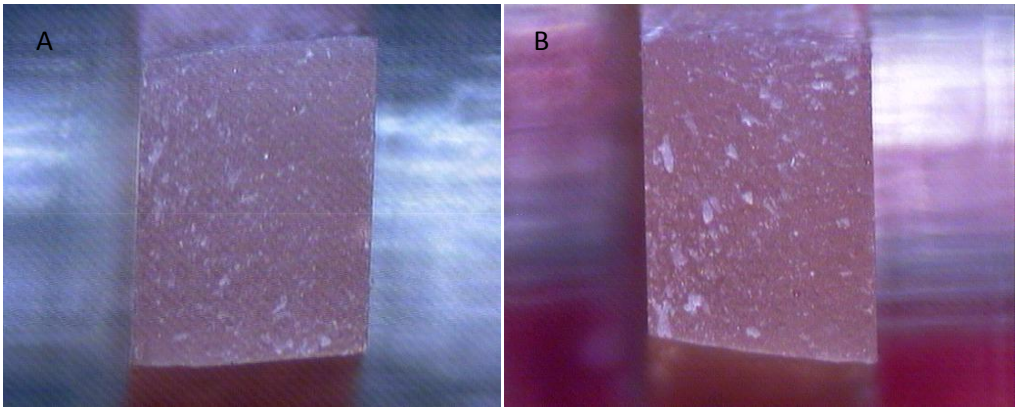
รูปที่ 30 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่าน การทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure)



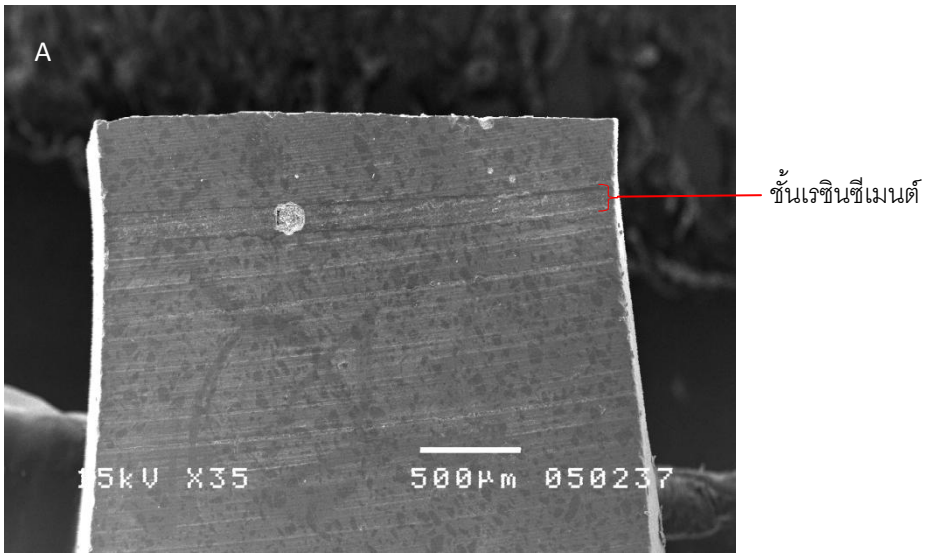
รูป ก รูป ข

รูปที่ 31 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย ก) 15 เท่า และ ข) 30 เท่า

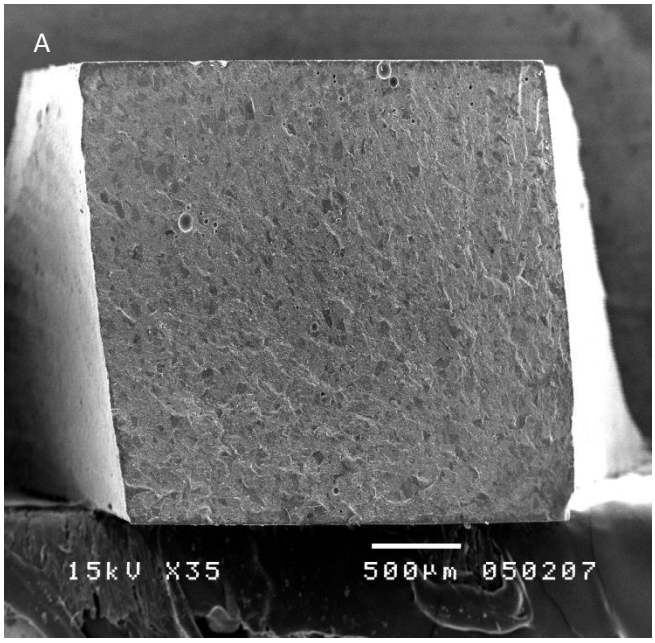


รูปที่ 32 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure)

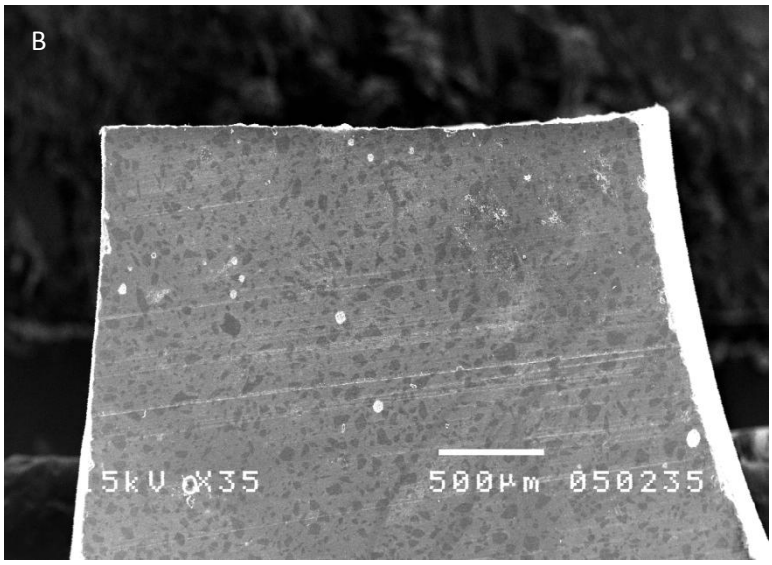


รูปที่ 33 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

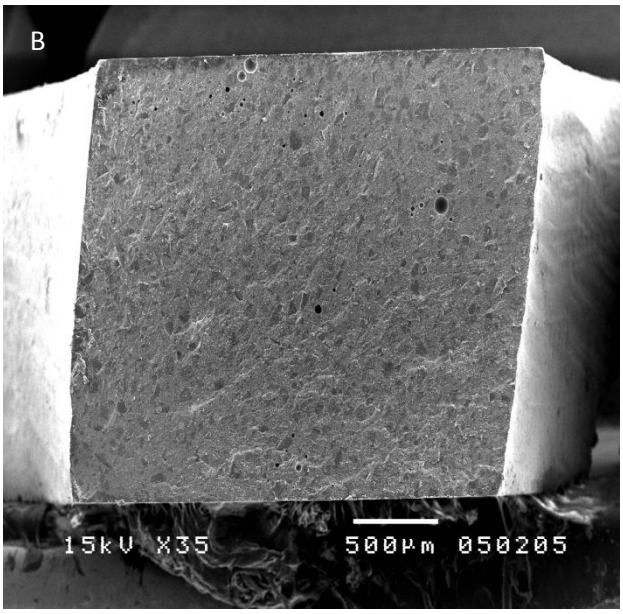


รูปที่ 34 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure)

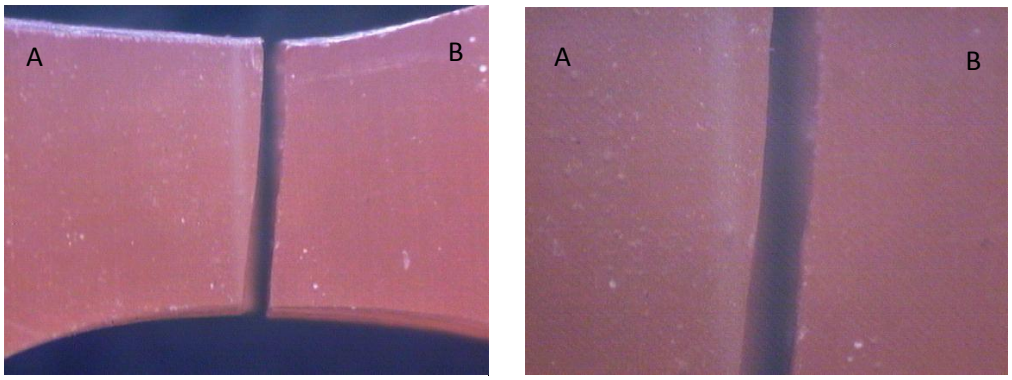


รูปที่ 35 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า



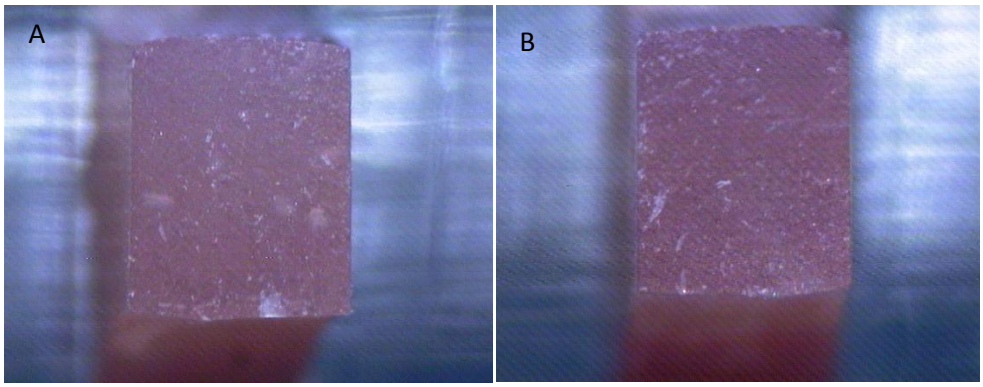
รูปที่ 36 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงและเกิดความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure)



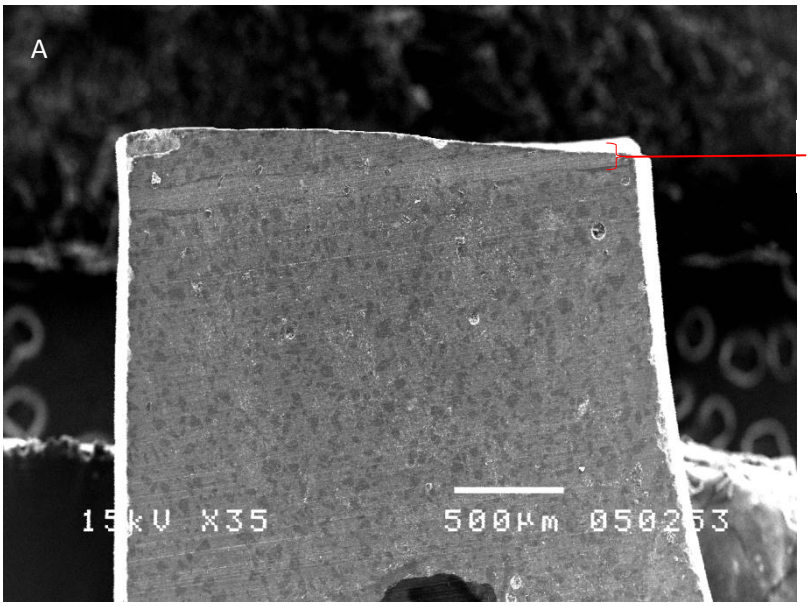
รูป ก รูป ข

รูปที่ 37 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย ก) 15 เท่า และ ข) 30 เท่า

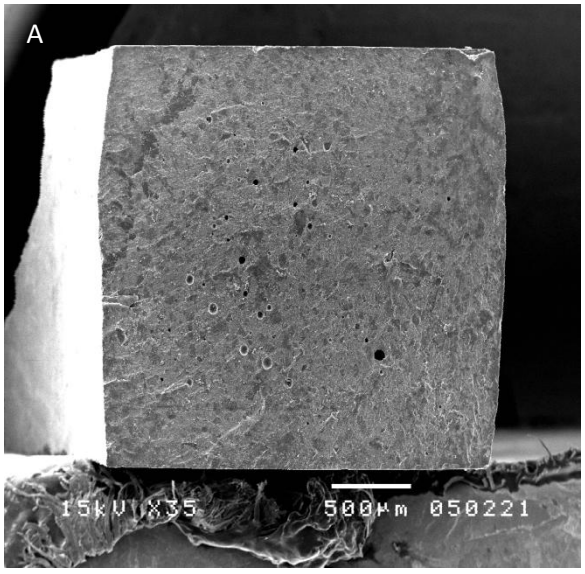


รูปที่ 38 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure)

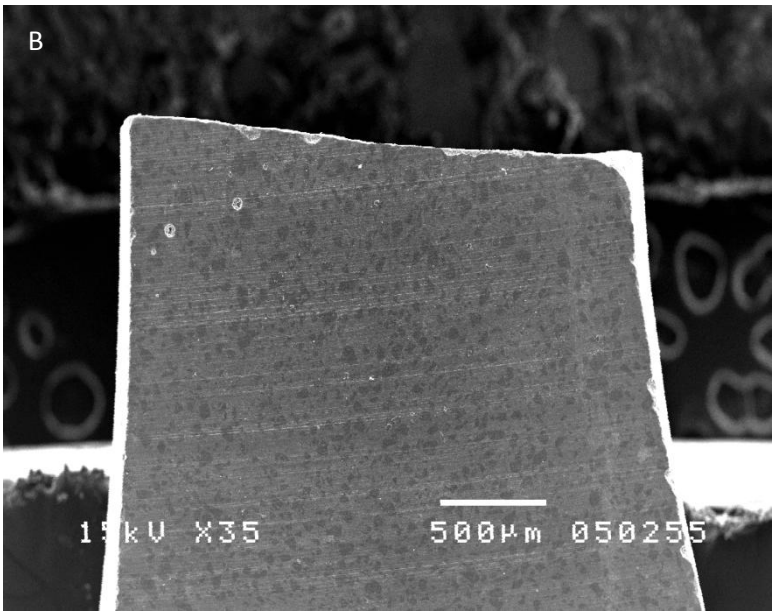


รูปที่ 39 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

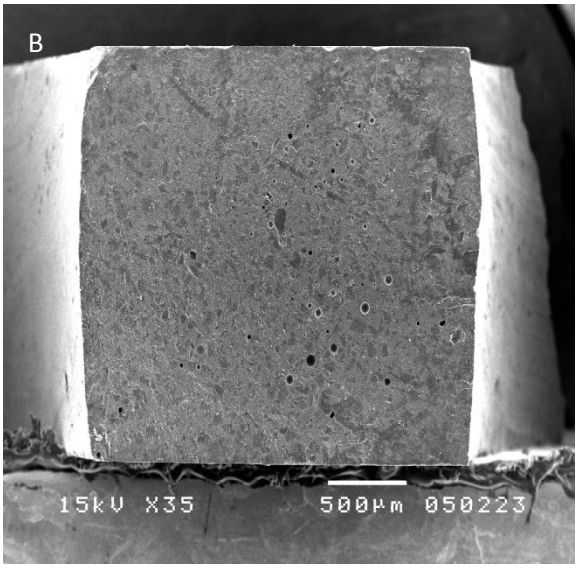


รูปที่ 40 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (A) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด ดึงและเกิดความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure)

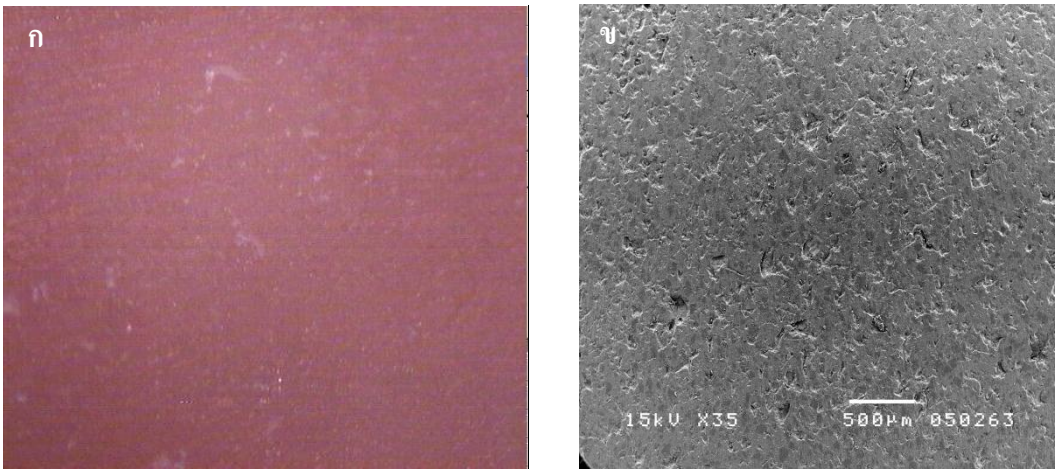


รูปที่ 41 แสดงรอยต่อของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า



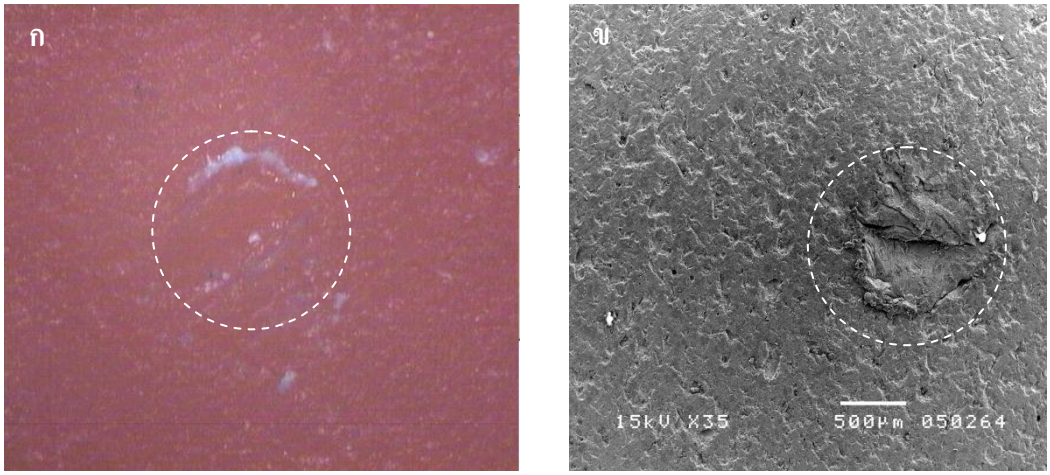
รูปที่ 42 แสดงผิวของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิต (B) เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด เฉือนและเกิดความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure)



รูปที่ 43 แสดงพื้นผิวที่ใช้ยึดของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนด้วย ก) กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ข) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 35 เท่า

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ เรซินคอมโพสิต ที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึด เฉือนและเกิดความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure)



รูปที่ 44 เส้นประสีขาวแสดงพื้นผิวที่ใช้ยึดของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนด้วย ก) กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ข) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 35 เท่า

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการกระตุ้นด้วยแสงของสาร ยึดระบบบ่มด้วยแสง ต่อค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต ซึ่งการทดสอบค่ากำลังแรงยึดโดยใช้ทั้งแรงดึงและแรงเฉือนนั้นมีข้อดีเนื่องจากสามารถจำลองแรงที่เกิดขึ้นในช่องปากที่กระทำต่อชิ้นงานเมื่อนำไปใช้งานจริงได้ดีกว่าการเลือกใช้ตัวใดตัวหนึ่ง เนื่องจากแรงที่เกิดจากการบดเคี้ยวนั้นค่อนข้างซับซ้อน (Retief, 1991) โดยจะใช้ชิ้นทดสอบที่ทำมาจากวัสดุเรซินคอมโพสิต ซึ่งไม่มีฟันเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะ อาจรบกวนค่ากำลังแรงยึด เนื่องจากความผันแปรจากฟันในแต่ละซี่ (Soares, 2004)

ค่ากำลังแรงยึดดึง

ผลค่ากำลังแรงยึดดึงในกลุ่มที่ใช้ รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต พบว่ากลุ่มที่ 3 คือกลุ่มที่สารยึดไม่ถูกฉายแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์พบว่า มีค่ากำลังแรงยึดดึง เพียง 24.68 เมกะปาสกาลซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึด (กลุ่มที่ 1) และกลุ่มที่มีการทาสารยึดร่วมกับการกระตุ้นด้วยแสง (กลุ่มที่ 2) นอกจากนี้รูปแบบความล้มเหลวข องกลุ่มที่ 3 มักเกิดขึ้นที่ บริเวณรอยต่อระหว่างชิ้น ทดสอบ เรซิน คอมโพสิตกับเรซิน ซีเมนต์ (adhesive failure) เป็นส่วนใหญ่ อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ ได้ใช้แท่ง เรซิน คอมโพสิตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร 2 แท่งมายึดติดกัน ทำให้ในขั้นตอนการกระตุ้นด้วยแสงเพื่อให้เรซินซีเมนต์เกิดการบ่มตัวนั้น แสงไม่สามารถทะลุผ่านเข้าไปถึงชั้นของสารยึดและเรซินซีเมนต์ที่อยู่บริเวณกลางของแท่งเรซินคอมโพสิตได้ซึ่งส่งผลต่อการ เกิดพอลิเมอไรเซชัน ที่ไม่สมบูรณ์ของสารยึด สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซลและรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงครั้งนี้ สอดคล้องกับการทดสอบของ Tashiro และคณะในปี 2004 ซึ่งได้ทดสอบถึงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างชิ้นงาน

เรซิน คอมโพสิตและเรซินซีเมนต์ระบบดูอัล เมื่อ ฉายแสง ผ่าน ชั้นความหนาต่าง ๆ ของชิ้นงาน เรซินคอมโพสิต และ สรุปว่าความเข้มของแสงจะลดลงจนไม่สามารถกระตุ้นให้เรซินซีเมนต์เกิดพอลิเมอไรเซชันได้ อย่างสมบูรณ์เมื่อฉายแสง ผ่านชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่มีความหนาเกิน 3 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดดึงของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์แล้วทิ้งไว้ 10 นาทีกับ 24 ชั่วโมง พบว่าทั้ง 2 กลุ่มมีค่ากำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยให้เหตุผลที่ว่าเมื่อระยะเวลาที่นานขึ้น เรซินซีเมนต์ระบบดูอัลจะมีการเกิดพ อลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีได้สมบูรณ์มากขึ้น (Darr และ Jacobsen, 1991)

El-Badravy ในปี 1995 และ El-Mowafy ในปี 2000 ได้ทดสอบถึงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงที่กระตุ้นผ่านความหนาของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่มีผลต่อความแข็งผิว (surface hardness) ของเรซินซีเมนต์ระบบดูอัล และสรุปไว้ว่าความเข้มของแสงจะลดลงจนเรซินซีเมนต์ ไม่สามารถบ่มตัว ได้อย่างสมบูรณ์เมื่อชิ้นงานเรซินคอมโพสิต มีความหนาเกิน 3 มิลลิเมตร (El-Badravy, 1995) หรือหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร (El-Mowafy, 2000)

นอกจากนี้ Leevailoj C และคณะในปี 2007 ได้ศึกษาค่ากำลังแรงยึดเมื่อฉายแสงที่สารยึดก่อนหรือหลังการอุดฟันด้วยเรซินคอมโพสิต ซึ่งสรุปว่าการฉายแสงที่สารยึดหลังการอุดด้วยเรซินคอมโพสิตให้ค่ากำลังแรงยึดที่ ต่ำ เนื่องจากเมื่อฉายแสงผ่านชั้นเรซินคอมโพสิต นั้น ความเข้มของแสงจะลดลงจนไม่สามารถกระตุ้นให้ สารยึด เกิดพอลิเมอไรเซชัน ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเรซินคอมโพสิตมีความหนาเกิน 3 มิลลิเมตร นอกจากนี้การที่ไม่ฉายแสงที่สารยึดก่อนการอุดนั้น เมื่ออุดวัสดุเรซินคอมโพสิตทับลงไปทั้งที่สารยึดยังคงสามารถเคลื่อนไหวได้จะทำให้สารยึดมีความหนา ที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึ ดได้ (Hottel และคณะ, 2010) สอดคล้องกับการทดลองของ Arrais และคณะในปี 2008 ที่สรุปว่าสารยึดที่ไม่ได้ถูกกระตุ้นด้วยแสงนั้นเมื่อนำมายึดด้วยเรซินซีเมนต์ สารยึดจะผสมเข้ ากับเรซินซีเมนต์ ทำให้ปริมาณของ สารริเริ่มปฏิกิริยาการบ่มเอง มีอัตราส่วนที่ มากขึ้น (high content of self-curing components) ซึ่งอาจมีผลทำให้ค่าการบ่มตัว (degree of conversion) ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์

Rueggeberg ในปี 1993, Caughman ในปี 2001 และ Mendes ในปี 2010 ศึกษาค่าการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ระบบดูอัล ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) พบว่าค่าการบ่มตัวด้วยแสงจะมีค่ามากกว่าการบ่มเอง ทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุมีค่าสูงขึ้น อาทิเช่น ความแข็งแรง (strength) (McComb, 1996), ความแข็งตึง (stiffness) (Mendes และคณะ, 2010), ความแข็งผิว (El-Mowafy และ Rubo, 2000), ความต้านทานต่อการขัดสึก (Pautzfeldt, 1995) และค่ากำลังแรงยึด (Nathanson และ Hassan ,1987) นอกจากนี้ยังช่วย ลดอาการเสียวฟันหลังการบูรณะ (Mendes และคณะ, 2010) สอดคล้องกับการทดลองของ Fonseca และคณะในปี 2005 พบว่าเรซินซีเมนต์ระบบดูอัลบางผลิตภัณฑ์ เช่น รีไล เอ็กซ์และแวริโอริงค์ ทู (Variolink II, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) เมื่อถูกกระตุ้น ด้วยแสง จะมีค่ากำลังแรงดึงมากกว่ากลุ่ม ที่เกิดการบ่มเอง เพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงมีการแนะนำให้กระตุ้นด้วยแสงเพื่อให้เกิดพอลิเมอไซเซชันที่สมบูรณ์ในเรซินซีเมนต์ระบบดูอัล (Hasegawa และคณะ, 1991; El-Badrawy และ El-Mowafy ,1995)

นอกจากนี้ Arrais และคณะในปี 2008 ทำการศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยแสงต่อค่าการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ด้วยวิธี FTIR โดยใช้สารยึดและเรซีเมนต์ที่เป็นระบบดูอัลทั้งคู่ เช่น 1) สารยึดออลบอนด์ทู (All Bond II) ใช้คู่กับเรซินซีเมนต์ดูโอลิงค์ (Duolink) ของบริษัท Bisco 2) สารยึดบอนด์อิท (Bond-it) ใช้คู่กับลูทอิท (Lute-it) ของบริษัท Pentron 3) สารยึดออพติบอนด์โซโลดูอัลเคียว (Optibond solo dual cure) ใช้คู่กับเรซินซีเมนต์เน็กซัส 2 (Nexus 2) ของบริษัท Kerr และ 4) สก็อตช์บอนด์มัลติเพอร์โพสพลัส (Scotchbond Multipurpose Plus) ใช้คู่กับเรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ของบริษัท 3M ESPE พบว่ากลุ่มที่มีการฉายแสงที่เรซินซีเมนต์จะให้ค่าการบ่มตัวมากกว่ากลุ่มที่ไม่ฉายแสงอย่างมีนัยสำคัญ

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์และ สารยึด นอกจากความเข้มของแสง แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าการบ่มตัว ได้แก่ ขนาดและการกระจายตัวของวัสดุเติมอนินทรีย์ (Mendes และคณะ, 2010) รวมทั้งชนิดของมอนอเมอร์ในเรซินซีเมนต์และสารยึด (Braga และคณะ, 2010)

นอกจากปัจจัยของแสงที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดดึงแล้ว ระบบการบ่มตัวของสารยึดก็มีผลเช่นเดียวกัน จากคู่มือการใช้งานเรซินซีเมนต์ของบริษัท Kerr และ 3M ESPE ได้กล่าวว่า สารยึด

ผลิตภัณฑ์ ออพติบอนด์ ออลอินวันและ สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล นั้นสามารถเกิด พอลิเมอไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสง แต่ถ้าใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มาจากบริษัทเดียวกัน ซึ่งได้แก่ เน็กซัสทรีและรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต ตามลำดับ เรซินซีเมนต์ดังกล่าวสามารถเหนี่ยวนำให้สารยึดเกิดการบ่มตัวด้วยตัวเองได้ (Kerrs Company, 2012; 3M ESPE, 2012) แต่จากการทดสอบในครั้งนี้พบว่า กลุ่มที่สารยึดไม่ได้ถูกฉายแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่ม 3) ของเรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตนั้นให้ค่ากำลังแรงยึดดึงต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่ 1 และ 2 ในขณะที่กลุ่ม 3 ของเรซินซีเมนต์เน็กซัสทรี ให้ผลค่ากำลังแรงยึดดึงที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับ กลุ่ม 1 และ 2 ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่าสารเคมีในรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตไม่สามารถเหนี่ยวนำให้สารยึด สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล เกิดการบ่มตัวด้วยตัวเองได้อย่างสมบูรณ์

จากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงในครั้งนี้ พบว่ากลุ่ม 1 และ 2 ของเรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์อัลทิเม ต และทุกกลุ่มการทดลองของ เรซินซีเมนต์ เน็กซัสทรีนั้น จะพบ ความล้มเหลว ในชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตเป็นส่วนใหญ่ โดยเรซินคอมโพสิตที่ใช้จะถูกสร้างมาจากเร ซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวาซึ่งเป็นเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริด (microhybrid composite resin)

บริษัท VOCO ผู้ผลิต กล่าวว่าเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา มีค่ากำลังแรงดึงสูงถึง 51 เมกะปาสกา ล แต่ในขณะที่ค่า กำลังแรงดึงของเรซินคอมโพสิตในงานวิจัยครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 31.07-36.64 เมกะปาสกาล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bona AD และคณะในปี 2008 ซึ่งได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริดและได้สรุปว่าของเรซินคอมโพสิตประเภทนี้มีค่ากำลังแรงดึง (dimetral tensile strength) อยู่ระหว่าง 34.45 – 45.06 เมกะปาสกาล

นอกจากนี้มีการศึกษาค่ากำลังแรงดึงของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและรีไลเอ็กซ์อัลทิเมตพบว่ามีค่าประมาณ 56.00 และ 51.60 เมกะปาสกาล ตามลำดับ (Kerr Company, 2012 ; Fonseca, 2005) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงดึงของเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา สอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ที่พบความล้มเหลวในชิ้นงานคอมโพสิตเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่ากำลังแรงยึดดึงที่เกิดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิตมีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงดึงของเรซินคอมโพสิตผลิตภัณฑ์อมาริส จิงจิวา

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

ผลการศึกษา ครั้งนี้ พบว่าทั้งเรซินซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและ รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตนั้น กลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้ว ฉายด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มที่สารยึดไม่ถูกฉายด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) ในเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุที่มีค่าไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจาก การออกแบบการ ทดลองที่ใช้ท่อพลาสติกใสเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรและสูง 2 มิลลิเมตร เป็นแม่แบบให้เรซินซีเมนต์ เพื่อยึดกับสารยึดโดยมี พื้นผิวยึดเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 1 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อกระตุ้นด้วยแสงทั้ง 4 ด้าน รอบท่อพลาสติกใสที่มีเรซินซีเมนต์บรรจุอยู่ แสงสามารถผ่านชั้นของเรซินซีเมนต์ที่มีความ หนาลงไปกระตุ้นให้สารยึดเกิดพอลิเมอไรเซชันได้อย่างสมบูรณ์

สำหรับกลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดแท่ง เรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนต่ำที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวันหรือ สก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มีความหนืด (viscosity) และแรงตึงผิว (surface tension) ที่ต่ำกว่าเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีหรือรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมต ดังนั้นสารยึดจึงมีสมรรถนะในการไหลแผ่ที่ดีกว่าและ สามารถเข้าไปในรูพรุนของแท่ง เรซินคอมโพสิตที่มีการเตรียมผิวด้วยการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์เพื่อเพิ่มการยึดติดทางกล (mechanical interlocking) ซึ่งส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดที่ดี

ในการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน นั้น การกำหนดขอบเขตของชั้นสารยึดและเรซินซีเมนต์เป็นสิ่งสำคัญ สารยึดหรือเรซินซีเมนต์ที่เกินเพียงเล็กน้อยจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นในขณะที่ทดสอบซึ่งส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดเฉือนจึงมีการแนะนำให้ใช้เทปไวนิลด้านเดียวเจาะรูตรงกลางเพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตของเรซินซีเมนต์ (Retief, 1991; Kitasako และคณะ, 1995)

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนของ กลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้วไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) สำหรับรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตนั้นจะมีค่า 24.68±3.73 และ 49.13±12.60 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเฉือน มีค่ามากกว่าค่ากำลังแรงยึดดึง เนื่องมาจากพื้นที่ ผิวยึด ของชิ้น

ทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดสอบค่ากำลังแรงดึงมีค่าเท่ากับ 6 ตารางมิลลิเมตรซึ่งมากกว่าพื้นที่ผิวยึดของชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่มีค่าเพียง 0.79 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับ Pashley และคณะในปี 1995 ซึ่งสรุปไว้ว่าในการทดสอบทั้งค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนนั้น พื้นที่ผิวยึดจะมีค่าแปรผกผันกับค่ากำลังแรงยึด และเมื่อเตรียมชิ้นทดส อบที่มีพื้นที่ผิวยึดมาก จะมีโอกาสพบรอย (defect) ฟองอากาศ และความไม่สม่ำเสมอของชั้นเรซินซีเมนต์ ซึ่งส่งผลต่อการกระจายความเค้นที่ผิดปกติโดยเฉพาะบริเวณรอยต่อ ส่งผลทำให้มีโอกาสเกิดการแตกหักในชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตได้สูงและ ได้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงในครั้งนี้ใช้พื้นที่ผิวยึดเท่ากับ 6 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบจะเป็นค่ากำลังแรงยึดดึงระดับมหภาค (Salz และ Bock, 2010) มีข้อเสียคือมีโอกาสพบการกระจายความเค้นที่ผิดปกติบริเวณพื้นผิวยึด ได้ค่าสูงกว่า ค่ากำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาค สาเหตุที่ใช้ค่ากำลังแรงยึดระดับมหภาคในการทดสอบครั้งนี้ เนื่องจาก สามารถเตรียมชิ้นงานได้ง่าย และลดโอกาสเกิดการแตกหักของชิ้นทดสอบในระหว่างการเตรียมชิ้นงาน (Braga, 2010) ส่วนการทดสอบ ค่ากำลังแรงยึดเฉือนนั้นจะเป็นระดับจุลภาคซึ่งสามารถ เตรียมชิ้นทดสอบที่มีพื้นที่ของพื้นผิวยึดเพียง 0.79 ตารางมิลลิเมตรได้ เนื่องจากหลังยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์เพื่อเตรียมชิ้นทดสอบแล้ว ไม่ต้องนำไปตัดแบ่งอีกครั้งเหมือนกับการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาค จึงไม่ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นทดสอบ (Andrade และคณะ, 2012)

ในการทดสอบครั้งนี้ ที่เลือกใช้อมาริส จิงจิวา เนื่องจากเป็นเรซินคอมโพสิตสีชมพู จึงทำให้เห็นรอยต่อชัดเจนระหว่าง ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตกับเรซิน ซีเมนต์เมื่อนำไปศึกษาชนิดความล้มเหลวที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ

สรุปผลวิจัย

ค่ากำลังแรงยึดดึง

1. ในกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์เน็กซัสทรีและสารยึดออพติบอนด์ ออลอินวัน พบว่ากลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) กลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้ว ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) มีค่ากำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ในกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดสก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล พบว่ากลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้ว ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 3) มีค่ากำลังแรงยึดดึงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ กลุ่มที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่งเรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) และกลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่งเรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2)

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

ผลการทดสอบครั้งนี้พบว่า ทั้งกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตนั้น พบว่ากลุ่ม ที่ไม่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวของแท่ง เรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 1) มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ กลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) และกลุ่มที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงที่สารยึดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่ม 3)

จากการทดสอบในครั้งนี้พบว่า กลุ่มที่มีการทาสารยึดบริเวณพื้นผิวที่ใช้ยึดของแท่ง เรซินคอมโพสิตแล้วมีการกระตุ้นด้วยแสงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (กลุ่มที่ 2) ของทั้งเรซินซีเมนต์เน็กซัสทรีและรีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตนั้น ให้ค่ากำลังแรงยึดดึงและค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่สูง ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตโดยการพ่นด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมโครเมตร

ร่วมกับการทาสารยึดที่พื้นผิวยึดของชิ้นงานแล้วกระตุ้นด้วยแสงเป็นวิธีที่ดีในการเพิ่มแรงยึดเมื่อใช้ร่วมกับสารยึดระบบบ่มด้วยแสง

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดของการ วิจัยในครั้งนี้ ใช้สารยึดและเรซินซีเมนต์ อย่างล ะ 2 ผลิตภัณฑ์เท่านั้น ซึ่งอาจให้ผลการวิจัยต่างกับสารยึดและเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องมาจากส่วนประกอบและสมบัติที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรใช้สารยึดและเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ มาใช้ในการวิจัยในครั้งต่อไป นอกจากนี้ผู้วิจัยอาจเลือกเรซินคอมโพสิตสำหรับการสร้างชิ้นงานนอกช่องปากโดยตรงมาใช้พร้อมกับการกระตุ้นให้เกิดพอลิเมอไรเซชัน 2 ครั้ง เพื่อ ให้สมบัติต่าง ๆ เหมือนชิ้นงานคอมโพสิตที่ใช้ยึดกับฟันในช่องปากโดยตรง แต่ควรระมัดระวังในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานขนาดเล็ก เนื่องจากจะเกิดการแตกหักได้ง่าย

รายการอ้างอิง

3M ESPE Company. Available form: http://www.3M.com/index/kerrdental-cements-nx3-2.html

Andrade, A.M.; Garcia, E.; Moura, S.K.; Reis, A.; Loguercio, A.; Silva, L.M.; Pimentel, G.H.D. and Grande, R.H.M. Do the Microshear Test Variables Affect the Bond Strength Values?. **Int J Dent** 2012 (2012): 1-6.

Arrais, C.A.G.; Rueggeberg, F.A.; Waller, J.L.; de Goes, M.F. and Giannini, M. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. **J Dent** 36 (2008): 418-26.

Asmussen, E. and Peutzfeldt. The effect of secondary curing of resin composite on the adherence of resin cement. **J Adhesive Dent** 2 (2000): 315-8.

Barkmeir, W.W. and Cooley, R.L. Laboratory evaluation of adhesive systems. **Oper Dent** 5(1992): 50-61.

Bona, A.D.; Benetti, P.; Barba, M.; and Cecchetti, D. Flexual and dimetral tensile strength of composite resin. **Braz Oral Res** 22 (2008): 84-9.

Bouschlicher, M.R.; Reinhardt, J.W. and Vargas, M.A. Surface treatment techniques for resin composites repair. **Am J Dent** 10 (1997): 279-83.

Braga, R.R.; Meira, J.B.C.; Boaro, L.C.C. and Xavier, T.A. Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. **Dent Mater** 26 (2010): e38-49.

Braga, R.R.; Cesar, P.F. and Gonzaga, C.C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **J Oral Rehabil** 29 (2002): 257-62.

Burgess, J.O.; Ghuman, T. and Cakir, D. Critical Appraisal/Self-adhesive resin cements. **J Esthet Restor Dent** 22 (2010): 412-9.

Burke, F.J.T. and Qualtrough, A.J.E. Aesthetic inlays: composite or ceramic?. **Br Dent J** 22 (1994): 53-60.

Burke, F.J.T. and Wilson, M.A. Current status and rationale for composite resin inlays and onlays. **Br Dent J** 170 (1991): 269-73.

Caughman, W.F.; Chan D.C.N. and Rueggeberg, F.A. Curing protential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. **J Prosthet Dent** 85 (2001): 479-84.

Causton, B.E.; Miller, B. and Sefton, J. The deformation of cusps by boned posterior composite restorations: An in vitro study. **Br Dent J** 159 (1985): 397-400.

D'Arcangelo, C. and Vanini, L. Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations. **J Adhes Dent** 9 (2007): 319-26.

Darr, A.H. and Jacobsen, P.H. Conversion of dual cure luting cements. **J Oral Rehabil** 22 (1995) :43-7.

DeSchepper, E.J.; Tate, W.H. and Powers, J.M. Bond strength of resin cements to microfilled composites. **Am J Dent** 6 (1993): 235-8.

Ehrnford, L. and Derand, T. Cervical gap formation in class II composite resin restorations. **Swed Dent J** 8 (1984): 15-9.

Eick, J.D. and Welch, F.H. Polymerization shrinkage of posterior composite resin and its possible influence on postoperative sensitivity. **Quintessence Int** 17 (1986): 103-11.

El-Badrawy, W.A. and El-Mowafy, O.M. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. **J Prosthet Dent** 73 (1995): 515-24.

El-Mowafy, O.M. and Rubo, M.H. Influence of composite inlay/onlay thickness on hardening of dual-cured resin cement. **J Can Dent Assoc** 66 (2000): 147-d.

El Zohairy, A.A.; De Gee, A.J.; Mohsen, M.M. and Feilzer, A.J. Microtensile bond strength testing of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. **Dent Mater** 19 (2003): 575-83.

Ferracane, J.L.; Hilton, T.J. and Sakaguchi, R.L. Introduction to and outcomes of the conference on adhesion in dentistry. **Dent Mater** 26 (2010): 105-7.

Ferracane, J.L.; Hopkin, J.K. and Condon, J.R. Properties of heat-treated composites after aging in water. **Dent Mater** 11 (1995): 354-8.

Fonseca, R.G.; Santos, J.G.D. and Adabo, G.L. Influence of activation modes on diametral tensile strength of dual-curing resin cements. **Braz Oral Res** 19 (2005): 267-71.

Hasegawa, E.A.; Boyer, D.B. and Chan, D.C. Hardening of dual-cured cements under composite inlays. **J Prosthet Dent** 66 (1991): 187-92.

Hottel, T.L.; Antonelli, J. and Darnell, L. Tensile bond strength of three dual-cure bonding systems. **J Tenn Dent Assoc** 90 (2010): 20-3.

ISO 11405. Dental materials – Testing of adhesion to tooth structure. 2003.

ISO 9917-2. Dentistry-Water based cement, Resin-modified cements. 2010.

Jain, V.V. Evaluation of second generation indirect composite resins. Submitted to the faculty of the University Graduated School for the degree Master of Science in the Department of Dental Materials, Indiana University. [2008]

Kerr Company. Available form: http://www.kerrdental.com/index/kerrdental-cements-nx3-2.htm

Kildal, K.K. and Ruyter, I.E. How different curing methods affect the degree of conversion of resin-based inlay/ onlay materials. **Acta Odontol Scand** 52 (1994): 315-22.

Kitasako, Y.; Burrow, M.F.; Nikaido, T.; Harada, N.; Inokoshi, S.; Yamada, T. and Takatsu, T. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. **Dent Mater** 11 (1995): 298-304.

Latta, M.A. and Barkmeier, W.W. Bond strength of a resin cement to a cured composite inlay material. **J Prosthet Dent** 72 (1994): 189-93.

Leevailoj, C.; Ua-wutthikrerk, P. and Poolthong, S. Shear bond strength of dual-cured and self-cured resin composites to dentin using different bonding agents and techniques. **Oper Dent** 32 (2007): 149-59.

Leinfelder, K.F. Indirect posterior composite resins. **Compend Contin Educ Dent** 26 (2005): 495-503.

Leinfelder, K.F. New developments in resin restorative systems. **JADA** 128 (1997): 573-81.

Mandava, D.; Ajitha, P. and Narayanan, L.L. (2009). Comparative evaluation of tensile bond strengths of total-etches adhesives and self-etch adhesives with single and multiple consecutive applications: An in vitro study. **J Conserv Dent** 12 (2009): 55-9.

Martin, C.L.; Navajas, J.M. and Mondelo, R.D. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. **J Prosthet Dent** 86 (2001): 481-8.

McComb, D. Adhesive luting cements – classes, criteria and usage. **Compend Contin Educ Dent** 17 (1996): 759-73.

Meerbeek, V.; Yoshihara, K.; Yoshida, Y.; Mine, A.; De Munck,J. and Van Landuyt, K.L. State of the art of self-etch adhesives. **Dent Mater** 27 (2011): 17-28.

Melo, R. M.; Ozcan, M.; Barbosa, S. H.; Galhano, G.; Amaral, R.; Bottino, M. A. and Valandro, L. F. Bond strength of two resin cements on dentin using different cementation strategies. **J Esthet Restor Dent** 22 (2010): 262-9.

Mendes, L. C.; Matos, I. C.; Miranda, M.S. and Benzi, M. R. Dual-curing, self-adhesive resin cement: Influence of the polymerization modes on the degree of conversion and microhardness. **Materials Research** 13 (2010): 171-6.

Milleding, P. Microleakage of indirect composite inlays: An in vitro comparison with the direct technique. **ACTA Odontol Scand** 50 (1992): 295-301.

Nakabayashi, N. Importance of mini-dumbbell specimen to access tensile strength of restored dentin: historical background and the future perspective in dentistry. **J Dent** 32 (2004) 431-42.

Nandini, S. Indirect resin composites. **J Conserv Dent** (13) 2010: 184-94.

Nathanson, D. and Hassan, F. Effect of etched porcelain thickness on resin-porcelain bond strength (abstract). **J Dent Res** 66 (1987): 245.

Neelima, L.; Sathish, E.S.; Kandaswamy, D. and Bupesh. Evaluation of microtensile bond strength of total-etch, self etch, and glass ionomer adhesive to human dentin: An in vitro study. **Indian J Dent Res** 19 (2008): 129-33.

O' Brien, W. J. Dental material and their selection. (4 th ed). Quintessence Publish; 2008.

Pashley, D.H.; Carvalho, R.M.; Hidehiko, S.; Masatoshi, N.; Masahiro, Y.; Yasuo, S.; Fernandes Carlos, A. and Tay F. The microtensile bond test: A review. **J Adhesiv Dent** 1 (1999): 299-309.

Pashley, D.H.; Sano, H.; Ciucchi, B.; Yoshiyama, M. and Carvalho, R.M. Adhesion testing of dentin bonding agent: A review. **Dent Mater** 11 (1995): 117-25.

Peutzfeldt, A. Dual-curing resin cements: in vitro wear and effect of quantity of remaining double bonds, filler volume and light curing. **Acta Odontol Scand** 53 (1995): 29-34.

Peutzfeldt, A. and Asmussen, E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composites. **J Dent** 28 (2000): 447-52.

Peutzfeldt, A. Indirect resin and ceramic systems. **Oper Dent** 6 (2001): 153-76.

Retief, D.H. Standardize laboratory adhesion tests. **Am J Dent** 4 (1991): 231-6.

Rueggeberg, F.A. and Caughman, W.F. The influence of light exposure on polymerization of dual-cure resin cements. **Oper Dent** 18 (1993): 48-55.

Sakaguchi, R.L. and Powers, J.M. Craig' restorative dental materials: Restorative materials – composites and polymers. 13 th ed, Philadelphia; 2012

Salz, U. and Bock, T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue – a review. **J Adhes Dent** 12 (2010): 343-71.

Shortall, A.C.; Baylis, R.L. and Wilson, H.J. Composite inlay/ luting resin bond strength- surface treatment effects. **J Dent** 24 (1996): 129-35.

Shortall, A.C.; Baylis, R.L.; Baylis, M.A. and Grundy, J.R. Marginal seal comparisons between resin-boned Cl II porcelain inlays, posterior composite restoration, and direct composite resin inlays**. Int Prosthodont** 2 (1989): 217-23.

Soares, C.J.; Giannini, M.; Oliveira, M.T.D.; Paulillo, L.A.M.S. and Martins, L.R.M. Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement. **J Appl Oral Sci** 12 (2004): 45-50.

Soares, C.J.; Soares, P.V. and Pereira, J.C. Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory- processed composite restoration: A literature review. **J Esthet Restor Dent** 17 (2005): 224-35.

Stokes, A.N.; Tay, W.M. and Pereira. Shear bond of resin cement to post-cured hybrid composites. **Dent Mater** 9 (1993): 370-4.

Suliman, A.H.; Boyer, D.B. and Roderic, S. Polymerization shrinkage of composite resin: comparison with tooth deformation. **J Prosthet Dent** 71 (1994): 7-12.

Sun Medical Company. Available from: http:// www.generiqueinternational.com/docs/1_Super_Bond_CBblackbooklet.pdf

Swift, E.J.; Brodeur, C.; Cvitko, E.and Pires, J.A. Treatment of composite surfaces for indirect bonding. **Dent Mater** 8 (1992): 193-6.

Tashiro, H; Inai N; Nikaido T and Tagami, J. Effects of light intensity through resin inlays on the bond strength of dual-cured resin cement. **J Adhes Dent** 6 (2004): 233-8.

Tay, F.R.; Pashley, D.H.; Yiu, C.K.; Sanares, A.M. and Wei, S.H. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. part I : single-step self-etching adhesive. **J Adhes Dent** 5 (2003): 27-30.

Tay, F.R.; Suh, B.I.; Pashley, D.H.; Prati, C.; Chuang, S.F. and Li, F. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured Composites. part II : single-bottle, total-etching adhesive. **J Adhes Dent** 5 (2003): 91-105.

Terry, D.A. and Blatz, M.B. Surface treatment of tooth color restoration Part 1 [online]. Available from http://dentistrytoday.com/dental-materials/3101.html [2010, August 11]

Torstenson, B. and Brannstrom, M. Contraction gap under composite resin restoration: Effect of hygroscopic expansion and thermal stress. **Oper Dent** 13 (1988): 24-31.

Touati, B. and Aidan, N. Second generation laboratory composite resins for indirect restoration. **J Esthet Dent** 9 (1997): 108-18.

VOCO Company. Available form: http:// www.voco.com/au/news/press/5-years-amaris/ index.html

Watts, D.C. Composite inlay systems: material properties and design. **J Dent** 18 (1990): 69-70.

Wendt, S.L. and Leinfelder, K.F. The clinical evaluation of heat-treated composite resin inlays (abstract). **JADA** 120 (1990): 177-81.

Yoshida, K.; Greener, E.H. and Lautenschlager, E.P. Shear bond strength of two luting cements to laboratory cured prosthetic resin composite. **Am J Dent** 6 (1993): 13-6.

ภาคผนวก

การทดสอบทางสถิติของ ค่ากำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล) ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน

ตาราง ก แสดงข้อมูลดิบของค่ากำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล)

ชิ้นงานที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1	30.45	38.43	24.46
2	35.49	32.18	30.77
3	37.17	44.06	33.17
4	25.14	33.17	44.26
5	36.55	42.28	40.17
6	32.21	36.61	26.34
7	34.59	34.05	31.07
8	32.75	29.85	30.12
9	31.31	38.23	31.13
10	28.01	37.49	28.24

ตาราง ข การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ด้วยการใช้การทดสอบ วันแซมเปิลโคร โมโกรอฟ สเมอร์นอฟ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

กลุ่มที่			ค่ากำลังแรงยึดดึง
ไม่ทาสารยึด	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	32.3670
		Std. Deviation	3.82154
	Most Extreme Differences	Absolute	.120
		Positive	.104
		Negative	-.120
	Kolmogorov-Smirnov Z		.378
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.999
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	36.6350
		Std. Deviation	4.44805
	Most Extreme Differences	Absolute	.143
		Positive	.143
		Negative	-.098
	Kolmogorov-Smirnov Z		.453
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.986
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	31.9730
		Std. Deviation	6.03795
	Most Extreme Differences	Absolute	.256
		Positive	.256
		Negative	-.113
	Kolmogorov-Smirnov Z		.808
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.531

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตาราง ค การวิเคราะห์ความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ด้วยการใช้การทดสอบแบบลีวีน (Levene's test)

Test of Homogeneity of Variances

ค่ากำลังแรงยึดดึง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.551	2	27	.583

ตาราง ง การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOWA)

ANOVA

ค่ากำลังแรงยึดดึง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	133.684	2	66.842	2.830	.077
Within Groups	637.616	27	23.615		
Total	771.300	29			

การทดสอบทางสถิติของค่ากำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล) ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล

ตาราง จ แสดงข้อมูลดิบของค่ากำลังแรงยึดดึง (เมกะปาสกาล)

ชิ้นงานที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1	24.45	33.35	23.18
2	30.77	30.84	22.29
3	33.79	40.24	26.85
4	28.66	43.18	32.17
5	29.23	29.28	24.23
6	34.49	32.34	29.39
7	33.01	30.77	21.83
8	32.43	39.26	22.03
9	31.37	36.79	20.37
10	32.59	30.63	24.45

ตาราง ฉ การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ด้วยการใช้การทดสอบวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

กลุ่มที่			ค่ากำลังแรงยึดดึง
ไม่ทาสารยึด	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	31.0790
		Std. Deviation	2.98544
	Most Extreme Differences	Absolute	.175
		Positive	.127
		Negative	-.175
	Kolmogorov-Smirnov Z		.552
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.921
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	34.6680
		Std. Deviation	4.84689
	Most Extreme Differences	Absolute	.207
		Positive	.207
		Negative	-.133
	Kolmogorov-Smirnov Z		.655
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.784
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	24.6790
		Std. Deviation	3.72576
	Most Extreme Differences	Absolute	.225
		Positive	.225
		Negative	-.124
	Kolmogorov-Smirnov Z		.710
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.695

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตาราง ช การวิเคราะห์ความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ด้วยการใช้การทดสอบแบบลีวีน

Test of Homogeneity of Variances

ค่ากำลังแรงยึดดึง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.331	2	27	.117

ตาราง ซ การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

ค่ากำลังแรงยึดดึง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	512.070	2	256.035	16.595	.000
Within Groups	416.579	27	15.429		
Total	928.649	29			

ตาราง ฌ การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกีย์

Multiple Comparisons

ค่ากำลังแรงยึดดึง

Tukey HSD

(I) กลุ่มที่	(J) กลุ่มที่	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ไม่ทาสารยึด	ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	-3.58900	1.75664	.121	-7.9444	.7664
	ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	6.40000*	1.75664	.003	2.0446	10.7554
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	ไม่ทาสารยึด	3.58900	1.75664	.121	-.7664	7.9444
	ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	9.98900*	1.75664	.000	5.6336	14.3444
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	ไม่ทาสารยึด	-6.40000*	1.75664	.003	-10.7554	-2.0446
	ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	-9.98900*	1.75664	.000	-14.3444	-5.6336

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การทดสอบทางสถิติของค่ากำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล) ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เน็กซัสทรีและสารยึดผลิตภัณฑ์ออพติบอนด์ ออลอินวัน

ตาราง ญ แสดงข้อมูลดิบของค่ากำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล)

ชิ้นงานที่	**กลุ่มที่ 1**	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**
1	49.34	41.60	54.87
2	27.58	63.36	47.30
3	37.75	51.32	55.92
4	41.81	42.54	54.00
5	46.85	58.82	52.23
6	40.32	42.74	50.29
7	35.71	45.87	51.34
8	52.94	43.69	48.56
9	37.56	57.01	44.81
10	34.92	55.81	58.28

ตาราง ฎ การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ด้วยการใช้การทดสอบวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

กลุ่มที่			ค่ากำลังแรงยึดเฉือน
ไม่ทาสารยึด	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	40.4788
		Std. Deviation	7.54460
	Most Extreme Differences	Absolute	.141
		Positive	.141
		Negative	-.131
	Kolmogorov-Smirnov Z		.447
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.988
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	50.2756
		Std. Deviation	7.99778
	Most Extreme Differences	Absolute	.209
		Positive	.209
		Negative	-.155
	Kolmogorov-Smirnov Z		.661
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.774
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	51.7604
		Std. Deviation	4.15663
	Most Extreme Differences	Absolute	.105
		Positive	.079
		Negative	-.105
	Kolmogorov-Smirnov Z		.331
	Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตาราง ฏ การวิเคราะห์ความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ด้วยการใช้การทดสอบแบบลีวีน

Test of Homogeneity of Variances

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.094	2	27	.062

ตาราง ฐ การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	751.521	2	375.761	8.159	.002
Within Groups	1243.467	27	46.054		
Total	1994.988	29			

ตาราง ฑ การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกีย์

Multiple Comparisons

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

Tukey HSD

(I) กลุ่มที่	(J) กลุ่มที่	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ไม่ทาสารยึด	ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	-9.79680*	3.03494	.009	-17.3217	-2.2719
	ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	-11.28160*	3.03494	.003	-18.8065	-3.7567
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	ไม่ทาสารยึด	9.79680*	3.03494	.009	2.2719	17.3217
	ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	-1.48480	3.03494	.877	-9.0097	6.0401
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	ไม่ทาสารยึด	11.28160*	3.03494	.003	3.7567	18.8065
	ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	1.48480	3.03494	.877	-6.0401	9.0097

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การทดสอบทางสถิติของค่ากำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล) ของกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์รีไลเอ็กซ์ อัลทิเมตและสารยึดผลิตภัณฑ์สก็อตช์บอนด์ ยูนิเวอร์แซล

ตาราง ฒ แสดงข้อมูลดิบของค่ากำลังแรงยึดเฉือน (เมกะปาสกาล)

ชิ้นงานที่	**กลุ่มที่ 1**	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**
1	39.80	46.72	32.74
2	29.76	47.16	44.53
3	18.12	28.04	48.69
4	42.00	36.83	40.08
5	34.33	49.03	35.54
6	31.73	51.15	52.75
7	32.89	56.49	67.46
8	33.81	46.31	41.36
9	26.29	68.92	61.33
10	37.18	53.80	66.84

ตาราง ฌ การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ด้วยการใช้การทดสอบวันแซมเปิลโครโมโกรอฟสเมอร์นอฟ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

กลุ่มที่			ค่ากำลังแรงยึดเฉือน
ไม่ทาสารยึด	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	32.5892
		Std. Deviation	6.86337
	Most Extreme Differences	Absolute	.150
		Positive	.100
		Negative	-.150
	Kolmogorov-Smirnov Z		.475
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.978
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	48.4448
		Std. Deviation	10.95893
	Most Extreme Differences	Absolute	.223
		Positive	.131
		Negative	-.223
	Kolmogorov-Smirnov Z		.704
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.704
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	N		10
	Normal Parameters[a,,b]	Mean	49.1312
		Std. Deviation	12.60019
	Most Extreme Differences	Absolute	.143
		Positive	.143
		Negative	-.134
	Kolmogorov-Smirnov Z		.451
	Asymp. Sig. (2-tailed)		.987

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตาราง ด การวิเคราะห์ความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ด้วยการใช้การทดสอบแบบลีวีน

Test of Homogeneity of Variances

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.905	2	27	.168

ตาราง ต การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1751.697	2	875.848	8.061	.002
Within Groups	2933.719	27	108.656		
Total	4685.415	29			

ตาราง ฉ การทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกีย์

Multiple Comparisons

ค่ากำลังแรงยึดเฉือน

Tukey HSD

(I) กลุ่มที่	(J) กลุ่มที่	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ไม่ทาสารยึด	ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	-15.85560*	4.66168	.006	-27.4138	-4.2974
	ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	-16.54200*	4.66168	.004	-28.1002	-4.9838
ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	ไม่ทาสารยึด	15.85560*	4.66168	.006	4.2974	27.4138
	ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	-.68640	4.66168	.988	-12.2446	10.8718
ทาสารยึดแล้วไม่กระตุ้นด้วยแสง	ไม่ทาสารยึด	16.54200*	4.66168	.004	4.9838	28.1002
	ทาสารยึดแล้วกระตุ้นด้วยแสง	.68640	4.66168	.988	-10.8718	12.2446

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอิทธิกร แซ่ล้อ เกิดที่กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน พ .ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมจากโรงเรียนเทพศิรินทร์ ระดับปริญญาตรี หลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยมหิดลเมื่อปี พ.ศ. 2550 เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ระดับปฏิบัติการประจำโรงพยาบาลแก้งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ ระหว่าง พ .ศ. 2550 – 2552 และได้ย้ายไปประจำที่โรงพยาบาลบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ระหว่าง พ .ศ. 2552 – 2553 ปัจจุบันกำลังลาศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย