

การเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเดือนปอกของแบริกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน

นางสาว ปิยะธิดา จิตตานันท์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-683-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**COMPARISON IN SHEAR/PEEL BOND STRENGTH
OF METAL BRACKET BONDED TO PORCELAIN**

Miss Piyathida Chittanandha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Orthodontics

Department of Orthodontics

Graduate School

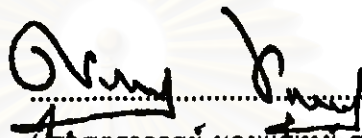
Chulalongkorn University

Academic Year 1997


ISBN 974-637-683-7


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเงื่อนไขของแบรคเกตโลหะ
ต่อผิวฟอร์ซเลน
โดย นางสาว ปิยะธิดา จิตตานันท์
ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัฒนะ มธุราลัย


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภาวัฒน์ ชุตินวงศ์)

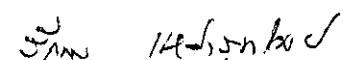
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ กนก สรเทศน์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัฒนะ มธุราลัย)


.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง สมรตรี วิถีพร)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ยำรุ่ง จันทวานิช)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ธิภพร เหล่าสุทธีวงษ์)

ปิยะธิดา จิตตานันท์ : การเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบร็กเกตโลหะต่อ
ผิวพอร์ซเลน (COMPARISON IN SHEAR/PEEL BOND STRENGTH OF METAL BRACKET
BONDED TO PORCELAIN) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ทพ. วัณณะ มธุรสชัย ; 82 หน้า.
ISBN 974-637-683-7.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ ศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบร็กเกต
โลหะต่อผิวพอร์ซเลน มีการประดิษฐ์เครื่องมือซึ่งกำหนดค่าแรงที่ใช้ในการติดแบร็กเกตได้ สามารถใช้ประโยชน์
ได้ทั้งในการวิจัยและการทำงานในคลินิก ความรู้ที่ได้เป็นแนวทางสำหรับทันตแพทย์ในการพิจารณาเลือกวิธีที่
เหมาะสมในการเตรียมผิวพอร์ซเลนได้อย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กลุ่มตัวอย่างเป็นชิ้นพอร์ซเลน 126 ชิ้น ได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ
30 ชิ้น นำมาเตรียมผิวด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การใช้กรดฟอสฟอริกร่วมกับไซเลนไพรเมอร์, การกรอ, การกรอ
ร่วมกับใช้ไซเลนไพรเมอร์, การกรอร่วมกับการใช้กรดฟอสฟอริกและไซเลนไพรเมอร์ ในที่นี้ใช้หัวกรอหินสีเขียว
ในการกรอและไซเลนไพรเมอร์ที่ใช้ คือ Ormco Porcelain Bonding Primer จากนั้นใช้วัสดุยึด System 1+ ติด
แบร็กเกตโลหะบนผิวพอร์ซเลน นำไปวัดค่าแรงยึดแบบเฉือน/ปอกด้วยเครื่องทดสอบทั่วไป แล้วทดสอบความ
แตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One
way ANOVA ที่ $p < 0.05$) และถ้าผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน จะทดสอบความแตกต่างของแต่ละคู่
ด้วยสถิติ Scheffe's test สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบใช้แบร็กเกตโลหะติดบนผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้มของฟัน
กรามน้อย 30 ซี่ นำไปวัดค่าแรงยึดแบบเฉือน/ปอกด้วยวิธีเดียวกัน

พอร์ซเลน 6 ชิ้นที่เหลือ ใช้ชิ้นที่ไม่กรอและชิ้นที่ผ่านการกรอ อย่างละ 1 ชิ้น สำหรับศึกษาสภาพผิว
และอีก 4 ชิ้น นำไปเตรียมผิวด้วยวิธีต่างๆ 4 วิธี ติดวัสดุยึดบนพอร์ซเลน เพื่อศึกษารอยต่อระหว่างวัสดุยึดและ
พอร์ซเลน จากนั้นนำชิ้นงานทั้งหมดไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการวิจัยสรุปว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก
ของ แบร็กเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ซึ่งผ่านการเตรียมผิว 4 วิธี ทั้งนี้การเตรียมผิวพอร์ซเลนโดยการใช้กรด
ฟอสฟอริกร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ ให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าวิธีอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน
สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติ ปิยะธิดา จิตตานันท์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ป.ม. มธุรสชัย
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

C865056 : MAJOR ORTHODONTIC

KEY WORD: SHEAR/PEEL BOND STRENGTH, METAL BRACKET, PORCELAIN, SILANE PRIMER

PIYATHIDA CHITTANANDHA : COMPARISON IN SHEAR/PEEL BOND STRENGTH OF METAL BRACKET BONDED TO PORCELAIN. THESIS ADVISOR : PROF. WATANA MATHURASAI, 82 pp. ISBN 974-637-683-7.

This research was purposed to compare the shear/peel bond strengths of metal bracket bonded to porcelain. The bracket loading guage which had been invented for this research can limit force to bond bracket and can be widely used in both research and clinical work. The knowledge from this study would be beneficial to the selection of an appropriate surface preparation method which would be safe and most efficient.

By specific sampling, 126 samples of bicuspid-contoured porcelain specimens had been selected and divided into 4 groups, 30 specimens each. The surfaces of each group were prepared with 4 types of porcelain surface preparation (phosphoric acid + silane primer, grinding, grinding + silane primer, grinding + phosphoric acid + silane primer) before attaching a bicuspid metal bracket on the porcelain. Greenstone was used for grinding and Ormco porcelain bonding primer was used as silane primer. Then the metal bracket was bonded onto the prepared porcelain with System 1+. The Universal testing machine was used to measure shear/peel force (N) of the samples. The shear/peel force values were calculated and converted to N/mm^2 units. A comparison between the means of shear/peel bond strengths was statistically analyzed using One way ANOVA ($p < 0.05$) and Scheffe's multiple range test. The standard value of shear/peel bond strengths of System 1+ was measured by bonding metal brackets on the upper bicuspid teeth and calculated for its mean.

A scanning electron microscope was used to reveal the morphological difference of specimen surfaces between glazed and grinding porcelain. The junction between adhesive and porcelain was studied by using 4 methods of surface preparation and attaching System 1+ on the specimens.

There was a significant statistical difference ($p < 0.05$) in the shear/peel bond strengths of each surface preparation method. In this case, the use of phosphoric acid and silane primer displays a significantly greater bond strength than other methods.

ภาควิชา.....ทันตกรรมจัดฟัน.....

สาขาวิชา.....ทันตกรรมจัดฟัน.....

ปีการศึกษา.....2540.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ปิยธิดา ชิตานันท์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....-.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ทางด้านวิชาการผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัฒนะ มธุราสัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณบริษัท แอคคอร์ดคอร์ปอเรชั่น จำกัด สำหรับวัสดุยึด System 1+ และOrmco porcelain bonding primer, บริษัท ทันต-สยาม วิสาหกิจ จำกัด สำหรับแผ่นพลาสติก Imprelon 's' และ แบรมเกตโลหะ Dynalock ขอขอบคุณ คุณปฎิภาณ ประวิษพราหมณ์ สำหรับการเตรียมชิ้นงานฟอร์ซเลน

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งให้การสนับสนุนด้านเงินอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ กนก สรเทศน์ และอาจารย์ สมศักดิ์ เจิงประภากร ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านคอมพิวเตอร์และการถ่ายภาพ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง สายใจ มธุราสัย ที่ให้ความกรุณาตลอดมา, ศูนย์ทันตกรรมจัดฟัน ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือพิมพ์ภาพสี ขอขอบคุณ คุณอภิชนา สุกาญจน์ สำหรับความช่วยเหลือในการทำเครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบริเกต, คุณคชเดช พงสุข และ คุณภาณินี ชูณหะวัณ สำหรับการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และขอขอบคุณ คุณชนวิวัฒน์ มธุราสัย สำหรับความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ได้ให้กำเนิด ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คุณความดีจากงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ คุณประสิทธิ์ จิตตานันท์, คุณนิทัศน์ จรรยาจรัสพร และผู้มีพระคุณต่อผู้วิจัยทุกท่าน

ปิยะธิดา จิตตานันท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4/
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
ประโยชน์ของการวิจัย.....	5
ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย.....	6
คำจำกัดความ.....	7
2. วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง	
การตีความ.....	8
- การตีความเชิงกล.....	8
- การตีความเชิงเคมี.....	9
ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติด.....	10
แบรกกเกต.....	14
ชนิดของวัสดุยึด.....	16
พอร์ซเลน.....	20
- องค์ประกอบของพอร์ซเลน.....	20
- ประเภทของพอร์ซเลนทางทันตกรรม.....	21
- โครงสร้างของพอร์ซเลน.....	21
- สมบัติเชิงกล.....	23
- คุณสมบัติทางกายภาพ.....	24

สารบัญ (ต่อ)

การเตรียมผิวพอร์ซเลน.....	24
- การเตรียมผิวพอร์ซเลนด้วยวิธีเชิงกล.....	24
- การเตรียมผิวพอร์ซเลนให้ขรุขระด้วยกรด.....	26
ไซเลนไพรมเมอร์.....	28
การศึกษาการยึดคอมโพสิตเรซินบนผิวพอร์ซเลน.....	31
การศึกษาการยึดติดของแบร็กเกตโลหะกับผิวพอร์ซเลน.....	34
3. ระเบียบวิธีวิจัย	
ประชากร.....	36
กลุ่มตัวอย่าง.....	36
การรวบรวมข้อมูล.....	36
ตัวแปรของการวิจัย.....	53
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	53
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	62
รายการอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก.....	75
ประวัติผู้เขียน.....	82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (นิวตัน/ตร.มม.) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.).....	54
ตารางที่ 2 แสดงค่าแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (นิวตัน) ของแบรคเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม.....	75
ตารางที่ 3 แสดงค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (นิวตัน/ตร.มม.) ของแบรคเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ในกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม.....	76
ตารางที่ 4 แสดงค่าแรงเฉือน/ปอก และค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรคเกตโลหะต่อ ผิวฟันกรามน้อยบนซี่แรก.....	77
ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรคเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ซึ่งผ่านการเตรียมผิว 4 วิธี.....	78
ตารางที่ 6,7 แสดงวิธีการทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติ Scheffe's test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรคเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน จำแนกตามวิธีการเตรียมผิวพอร์ซเลน.....	79

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงการยึดด้วยผลเชิงเรขาคณิต.....	8
รูปที่ 2 แสดงผลของรีโอโลจิกซึ่งทำให้เกิดการติดแน่นจากการหดตัวของวัสดุ.....	9
รูปที่ 3 แสดงการยึดของไฮโดรเจนสองอะตอมด้วยพันธะโควาเลนต์.....	9
รูปที่ 4 แผนภาพแสดงพันธะโลหะ.....	10
รูปที่ 5 แสดงการยึดของโมเลกุลน้ำ.....	10
รูปที่ 6 แสดงมุมสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลว.....	11
รูปที่ 7 แสดงลักษณะการทำให้พื้นผิวเปียกของของเหลวบนพื้นผิวแข็ง.....	11
รูปที่ 8 แปรกเขตพลาสติก Spirit MB.....	14
รูปที่ 9 แสดงภาพ SEM ของฐานแปรกเขตชนิด sintered A. (x 25) B. (x 250)	16
รูปที่ 10 แผนภาพแสดงการใช้อะตอมออกซิเจนร่วมกันของอนุภาค ซิลิเกตที่อยู่ติดกัน.....	22
รูปที่ 11 แผนภาพแสดงโครงสร้างสามมิติของอนุภาคซิลิเกต โดยอะตอมของซิลิกอน ล้อมรอบด้วยอะตอมของออกซิเจนสี่อะตอม.....	22
รูปที่ 12 แผนภาพโครงสร้างสามมิติของการเชื่อมต่อกันของอนุภาคซิลิเกต เป็นร่างแหในเนื้อแก้ว.....	22
รูปที่ 13 a) แผนภาพแสดงการเกิดไฮโดรเจนบอนด์ระหว่าง ไฮเลนและกลุ่มไฮดรอกซิลที่พื้นผิว , b) เมื่อไฮเลนแห้งจะเกิดพันธะโควาเลนต์ และมีการปล่อยน้ำออกไป.....	28
รูปที่ 14 แสดงภาพ SEM บริเวณผิวสัมผัสระหว่างคอมโพลีเมอร์ และผิวพอร์ซเลนที่ไม่ผ่านการกัดด้วยกรดและไม่ใช้ไฮเลน พบว่าช่องว่างระหว่างพื้นผิวทั้งสอง	32
รูปที่ 15 แสดงภาพ SEM บริเวณผิวสัมผัสระหว่างคอมโพลีเมอร์ กับผิวพอร์ซเลนที่ไม่ผ่านการกัดด้วยกรด แต่ทาไฮเลน พบว่าช่องว่างระหว่างพื้นผิวทั้งสองแคบกว่ารูปที่ 14.....	32
รูปที่ 16 แสดงภาพ SEM บริเวณผิวสัมผัสระหว่างคอมโพลีเมอร์ กับผิวพอร์ซเลนที่ผ่านการกัดด้วยกรดร่วมกับทาไฮเลนและ เดนทินบอนด์เอเจนท์ พบว่าไม่มีช่องว่างระหว่างพื้นผิวทั้งสอง และเรซินจะแทรกเข้าไปในพื้นผิวพอร์ซเลนที่ขรุขระ.....	32

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 17	แสดงการเกิด coupling action ในการยึดแบริกเกตกับพอร์ชเลน โดยใช้ Bondpor.....	34
รูปที่ 18	แสดงกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 37% ยี่ห้อ System 1+.....	42
รูปที่ 19	แสดงวัสดุยึดเรซินชนิดไม่ต้องผสม และสารเร่งปฏิกิริยา ยี่ห้อ System 1+.....	42
รูปที่ 20	แสดงไซเลนไฟรเมอร์ที่ยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ ของ Ormco.....	42
รูปที่ 21	แสดงผงพอร์ชเลน ยี่ห้อวินเทจ.....	43
รูปที่ 22	แสดง Seperating media สำหรับพอร์ชเลน ยี่ห้อ ISO-Stift 1709 Renfert.....	43
รูปที่ 23	แสดงเครื่อง Biostar Universal Pressure Moulding Machine.....	43
รูปที่ 24	แสดงเตาเผาพอร์ชเลน ยี่ห้อ ULTRA-MAT CDF.....	44
รูปที่ 25	แสดงกล้องจุลทรรศน์สามมิติ รุ่น SZ 40 ยี่ห้อ Olympus.....	44
รูปที่ 26	แสดงเครื่องกรอใส่หัวขัดยางรูปถ้วย และพิวมิส.....	44
รูปที่ 27	แสดงเครื่องกรอใส่หัวกรอหินสีเขียวปลายแหลม.....	45
รูปที่ 28	แสดงเครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบริกเกต.....	45
รูปที่ 29	แสดงส่วนประกอบภายในของเครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบริกเกต.....	45
รูปที่ 30	แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบริกเกต.....	46
รูปที่ 31	แสดงปลายจับของเครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบริกเกต.....	46
รูปที่ 32	แสดงตู้อินคิวเบเตอร์ ยี่ห้อ Memmert.....	46
รูปที่ 33	แสดงเครื่องทดสอบทั่วไป Lloyd Model LR 10K.....	47
รูปที่ 34	แสดง Fixed head ที่ใช้จับชิ้นงานซึ่งบรรจุในท่อ PVC.....	47
รูปที่ 35	แสดง Cross head เป็นส่วนซึ่งเคลื่อนที่ และทำให้เกิดแรงต่อวัสดุ.....	47
รูปที่ 36	แสดงดัดน้ำหนัก (load cell) ขนาด 10 กิโลนิวตัน.....	48
รูปที่ 37	แสดง Pneumatic grip ของเครื่องทดสอบทั่วไป.....	48
รูปที่ 38	แสดงเครื่องมือช่วยในการจับชิ้นงาน (Testing Jig).....	48
รูปที่ 39	แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	49
รูปที่ 40	แสดงการฝังพินกรามน้อยในเดนทัลสโตนที่บรรจุในแบบซีฝังซีชมพู.....	49
รูปที่ 41	แสดงแผ่นพลาสติกที่จำลองลักษณะผิวฟันด้านแก้มจากแบบพินกรามน้อย.....	49
รูปที่ 42	แสดงชิ้นพอร์ชเลนที่มีลักษณะสมบูรณ์.....	50
รูปที่ 43	แสดงแบริกเกตโลหะสำหรับพินกรามน้อยแบบมาตรฐาน รุ่นไดนาลอค.....	50
รูปที่ 44	แสดงชิ้นพอร์ชเลนที่ติดแบริกเกตโลหะ.....	50
รูปที่ 45	แสดงการจัดตำแหน่งของชิ้นพอร์ชเลนที่จะฝังในท่อ PVC.....	51

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 46	แสดงชิ้นพอร์ซเลนที่ฝังในอะคริลิก ในท่อ PVC.....	51
รูปที่ 47	แสดงลักษณะการยึดเครื่องมือในการวิจัย ด้วยเครื่องทดสอบทั่วไป.....	51
รูปที่ 48	แสดงลักษณะของเครื่องมือที่กระทำต่อแบรกกเกต ในการทดสอบด้วยเครื่อง Lloyd.....	52
รูปที่ 49	แสดงการตัดแบ่งครึ่งชิ้นพอร์ซเลนที่จะนำไปศึกษาด้วย SEM.....	52
รูปที่ 50	แสดงการฉาบทองบนชิ้นพอร์ซเลน ก่อนนำไปศึกษาด้วย SEM.....	52
รูปที่ 51	แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรกกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ในแต่ละกลุ่มทดลอง.....	56
รูปที่ 52	ภาพแสดงความล้มเหลวในการยึดบริเวณผิวสัมผัสระหว่าง พอร์ซเลนและวัสดุยึด (กลุ่มที่ 2).....	58
รูปที่ 53	ภาพแสดงความล้มเหลวในการยึดบริเวณผิวสัมผัสระหว่าง แบรกกเกตและวัสดุยึด (กลุ่มที่ 1, 3 และ 4).....	58
รูปที่ 54	ภาพ SEM แสดงผิวพอร์ซเลนที่มีผิวเรียบมันเมื่อมองด้วยตาเปล่า (กำลังขยาย 2000 เท่า, Bar = 10 μm).....	59
รูปที่ 55	ภาพ SEM แสดงผิวพอร์ซเลนที่ผ่านการกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว (กำลังขยาย 2000 เท่า, Bar = 10 μm).....	59
รูปที่ 56	ภาพ SEM แสดงรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึด ในกลุ่มที่ใช้กรดร่วมกับไซเลนไพโรเมอร์ (กำลังขยาย 2000 เท่า, Bar = 10 μm).....	60
รูปที่ 57	ภาพ SEM แสดงรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึด ในกลุ่มที่ผ่านการกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว (กำลังขยาย 2000 เท่า, Bar = 10 μm).....	60
รูปที่ 58	ภาพ SEM แสดงรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึด ในกลุ่มที่ผ่านการกรอและใช้ไซเลนไพโรเมอร์ (กำลังขยาย 2000 เท่า, Bar = 10 μm).....	61
รูปที่ 59	ภาพ SEM แสดงรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึด ในกลุ่มที่ผ่านการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพโรเมอร์ (กำลังขยาย 2000 เท่า, Bar = 10 μm).....	61