

ความแข็งแรงพันธะเชื่อมของพอร์ซเลนที่มีลิวไซท์ปริมาณสูง  
ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ด้วยเรซินซีเมนต์  
ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน



นายบุญเลิศ กู้เกียรติตระกูล

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

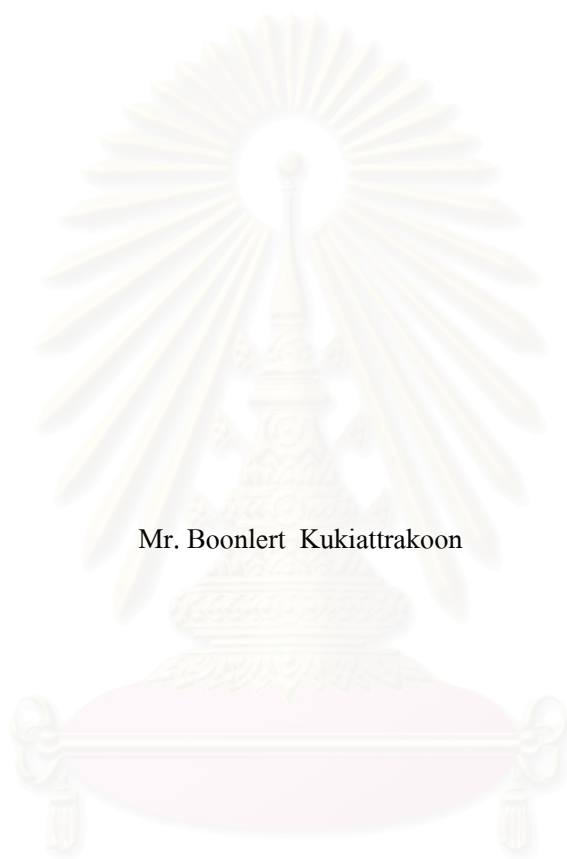
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-347-006-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SHEAR BOND STRENGTH OF HIGH LEUCITE CONTENT PORCELAIN  
BONDED TO FELDSPATHIC OR ALUMINOUS PORCELAIN USING RESIN CEMENT  
UNDER DIFFERENT SURFACE TREATMENTS



Mr. Boonlert Kukiattrakoon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-347-006-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์      ความแข็งแรงพันธะเชื่อมของพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ซึ่งยึดติดกับ  
เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ด้วยเรซินซีเมนต์  
ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

โดย                              นายบุญเลิศ ภู่เกียรติตระกูล

ภาควิชา                        ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษา            ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร. กาญจนา กาญจนทวีวัฒน์

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง รำไพ โรจนกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร. กาญจนา กาญจนทวีวัฒน์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร. ไพฑูรย์ สังวรินทะ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร. มโน คุรัตน์)

บุญเลิศ กู้เกียรติตระกูล: ความแข็งแรงพันธะเชื่อมของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ซึ่งยึดติดกับ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน ด้วยเรซินซีเมนต์ ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน. (SHEAR BOND STRENGTH OF HIGH LEUCITE CONTENT PORCELAIN BONDED TO FELDSPATHIC OR ALUMINOUS PORCELAIN USING RESIN CEMENT UNDER DIFFERENT SURFACE TREATMENTS) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. ทพญ. ดร. กาญจนา กาญจนทวิวัฒน์, 237 หน้า. ISBN 974-347-006-9.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อม (SBS) ของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง (EMP, IPS Empress, Ivoclar) ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (FP, Vita VMK 95, Vita Zahnfabrik) หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน (AP, Vitadur Alpha, Vita Zahnfabrik) ด้วยเรซินซีเมนต์ (Variolink II, Vivadent) ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน โดยเตรียมแผ่นกลม EMP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มม.หนา 1 มม. จำนวน 600 ชิ้น แบ่งโดยสุ่มเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 120 ชิ้น มีการปรับสภาพผิวดังนี้คือ แบบ A) ไม่ปรับสภาพผิวเป็นกลุ่มควบคุม แบบ B) จัดเรียงด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (3M, USA) แบบ C) กรอด้วยหัวกรออากาศเพชรชนิดหยาบ (Jota, Switzerland) แบบ D) กัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 9.6 (Porcelain Etch Gel, Pulpdent) เป็นเวลา 5 นาที และแบบ E) กัดด้วยเจลฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.23 (Topical Fluoride Gel, Pascal) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเตรียมแผ่นกลม FP และ AP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม.หนา 1.5 มม. อย่างละ 300 ชิ้น แล้วแบ่ง FP และ AP โดยสุ่มเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 50 ชิ้น (กลุ่ม 1-6 สำหรับ FP และกลุ่ม 7-12 สำหรับ AP) มีการปรับสภาพผิวดังนี้คือ กลุ่ม 1) และ 7) แบบ A กลุ่ม 2) และ 8) แบบ B กลุ่ม 3) และ 9) แบบ C กลุ่ม 4) และ 10) เป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน ความดัน 0.68 เมกะปาสคาล (MPa) เป็นเวลา 20 วินาที กลุ่ม 5) และ 11) แบบ D และกลุ่ม 6) และ 12) แบบ E นำแผ่นกลม FP และ AP ฟังในอะคริลิกเรซินใส เพื่อเป็นที่ยึดจับ แล้วยึดกับ EMP ด้วยเรซินซีเมนต์ ภายใต้แรงกด 200 กรัม จากนั้นหาค่า SBS ของการยึดติดด้วยเครื่องทดสอบสากล (Instron,model 5583) ความเร็วตัดขวาง 0.2 มม. ต่อ นาที ได้ค่าเฉลี่ยของ SBS (X±SD, MPa) ดังนี้คือ

กลุ่ม	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E
SBS	16.7±3.6	15.9±1.8	20.2±2.3	18.3±1.9	17.5±2.1	18.5±3.6	16.7±2.8	22.3±3.1	20.2±2.4	19.6±3.4
กลุ่ม	3A	3B	3C	3D	3E	4A	4B	4C	4D	4E
SBS	28.6±5.1	19.9±4.1	30.1±3.7	28.5±3.5	28.1±4.6	27.6±4.0	19.1±2.7	28.8±3.6	27.6±4.1	27.1±2.8
กลุ่ม	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E
SBS	27.0±4.1	20.0±4.1	29.2±4.4	28.7±3.4	26.9±4.3	26.7±3.4	19.4±4.5	29.1±3.6	27.4±3.4	26.7±6.1
กลุ่ม	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E
SBS	17.7±2.3	15.9±3.6	21.3±4.6	19.4±3.3	19.0±3.1	18.2±2.6	17.7±2.1	21.7±3.9	20.2±2.5	20.1±3.1
กลุ่ม	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B	10C	10D	10E
SBS	28.9±2.9	19.7±3.6	30.2±1.9	28.6±3.7	28.3±4.1	25.9±4.6	19.2±2.7	28.2±3.2	26.3±2.9	26.0±3.1
กลุ่ม	11A	11B	11C	11D	11E	12A	12B	12C	12D	12E
SBS	25.2±3.8	20.7±3.5	29.3±2.9	28.4±2.8	28.5±4.7	25.5±1.3	20.8±4.7	27.5±3.2	27.4±2.5	27.1±3.5

จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน และการทดสอบแบบทูกีย์ ได้ดังนี้คือ กลุ่ม FP หรือ AP เมื่อยึดติดกับ EMP นั้น การปรับสภาพผิวของพอร์ซเลนทั้งสองชนิดเพื่อให้เกิดความหยาบ จะให้ค่า SBS ที่สูงกว่าเมื่อปรับสภาพผิวพอร์ซเลนเพียงชนิดหนึ่งชนิดใด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้น กลุ่ม 11A กับกลุ่ม 11B และกลุ่ม 12A กับกลุ่ม 12B (เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของ EMP) ที่มีค่า SBS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และการปรับสภาพผิวเพื่อให้เกิดความหยาบไม่ว่าแบบใดๆ ให้ค่า SBS ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) การวิจัยนี้มีข้อแนะนำว่า EMP สามารถใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตกได้

ภาควิชา      ทันตกรรมประดิษฐ์      ลายมือชื่อนิติ .....  
 สาขาวิชา   ทันตกรรมประดิษฐ์      ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543

## 4176106732: **MAJOR PROSTHODONTICS**

**KEY WORD:** FELDSPATHIC PORCELAIN / ALUMINOUS PORCELAIN / HIGH LEUCITE CONTENT PORCELAIN / SHEAR BOND STRENGTH / RESIN CEMENT / SURFACE TREATMENTS

BOONLERT KUKIATTRAKOON: SHEAR BOND STRENGTH OF HIGH LEUCITE CONTENT PORCELAIN BONDED TO FELDSPATHIC OR ALUMINOUS PORCELAIN USING RESIN CEMENT UNDER DIFFERENT SURFACE TREATMENTS. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. DR. KANCHANA KANCHANATAWEWAT, DSc. 237 pp. ISBN 974-347-006-9.

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength (SBS) of high leucite content porcelain (EMP, IPS Empress, Ivoclar) bonded to feldspathic (FP, Vita VMK 95, Vita Zahnfabrik) or aluminous porcelain (AP, Vitadur Alpha, Vita Zahnfabrik) using resin cement (Variolink II, Vivadent) under different surface treatments. 600 EMP discs, 5.5 mm. in diameter and 1 mm. in thickness, were prepared and randomly divided into 5 groups, (120 discs/group); Type A) no surface treatment to be served as a control group; Type B) polished with siliconcarbide paper (3M, USA); Type C) ground with a coarse diamond bur (Jota, Switzerland); Type D) etched with 9.6% HF acid (Porcelain Etch Gel, Pulpdent) for 5 min. and Type E) etched with 1.23% APF gel (Topical Fluoride Gel, Pascal) for 10 min. 300 discs at 15 mm. in diameter and 1.5 mm. in thickness were then made of FP and AP. Samples in each group were randomly divided into 6 groups (50 discs/group), group 1-6 for FP and group 7-12 for AP). Group 1) and 7) type A; Group 2) and 8) type B; Group 3) and 9) type C; Group 4) and 10) sandblasted with 50 µm alumina particles at 0.68 MPa for 20 s; Group 5) and 11) type D and Group 6) and 12) type E. FP and AP discs were embeded in clear acrylic resin blocks and then bonded to EMP discs using resin cement under 200 grams load. All samples were subjected to SBS evaluation using a universal testing machine (Instron, model 5583), crosshead speed 0.2 mm./min. Mean SBS (X±SD, MPa):

Group	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E
SBS	16.7±3.6	15.9±1.8	20.2±2.3	18.3±1.9	17.5±2.1	18.5±3.6	16.7±2.8	22.3±3.1	20.2±2.4	19.6±3.4
Group	3A	3B	3C	3D	3E	4A	4B	4C	4D	4E
SBS	28.6±5.1	19.9±4.1	30.1±3.7	28.5±3.5	28.1±4.6	27.6±4.0	19.1±2.7	28.8±3.6	27.6±4.1	27.1±2.8
Group	5A	5B	5C	5D	5E	6A	6B	6C	6D	6E
SBS	27.0±4.1	20.0±4.1	29.2±4.4	28.7±3.4	26.9±4.3	26.7±3.4	19.4±4.5	29.1±3.6	27.4±3.4	26.7±6.1
Group	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E
SBS	17.7±2.3	15.9±3.6	21.3±4.6	19.4±3.3	19.0±3.1	18.2±2.6	17.7±2.1	21.7±3.9	20.2±2.5	20.1±3.1
Group	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B	10C	10D	10E
SBS	28.9±2.9	19.7±3.6	30.2±1.9	28.6±3.7	28.3±4.1	25.9±4.6	19.2±2.7	28.2±3.2	26.3±2.9	26.0±3.1
Group	11A	11B	11C	11D	11E	12A	12B	12C	12D	12E
SBS	25.2±3.8	20.7±3.5	29.3±2.9	28.4±2.8	28.5±4.7	25.5±1.3	20.8±4.7	27.5±3.2	27.4±2.5	27.1±3.5

ANOVA and Tukey’s statistical analyses were performed on the data and revealed that bonding of FP or AP to EMP under both surface treatments gave a higher significant SBS than other surface treatments ( $p \leq 0.05$ ) except group 11A, 11B and 12A, 12B of AP and showed no significant difference ( $p > 0.05$ ) between various surface treatments. As a conclusion, EMP is recommended for repairing of porcelain-fractured restorations.

**Department**    Prosthodontics    **Student’s signature** .....

**Field of study**    Prosthodontics    **Advisor’s signature** .....

**Academic year** 2000

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทนตแพทย์หญิง ดร. กาญจนา กาญจนทวีวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ ส่วนหนึ่งได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ขอขอบคุณบริษัท เด็นทัล วิชั่น จำกัด บริษัท ยูนิตี้ เด็นทัล จำกัด และบริษัท แอคคอร์ด คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุในการวิจัย

ขอขอบคุณทันตแพทย์หญิงสุมาลี กันต์พิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย  
ทันตแพทย์ปรินทร หริรักษาพิทักษ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนด้วยดีในทุกๆ ด้านแก่ผู้วิจัย  
เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ซ
สารบัญภาพ .....	ฐ
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ .....	1
2. ปรัชญ์นั้ววรรณกรรม .....	6
3. ระเบียบวิธีการวิจัย .....	36
4. วิจัยนั้ผลการวิจัย .....	169
5. บทสรุป .....	176
รายการอ้างอิง .....	178
ภาคผนวก .....	187
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนั้ .....	237

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. การปรับสภาพผิวในกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง .....	52
2. การปรับสภาพผิวในกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (กลุ่ม 1-6) และอะลูมินัสปอร์ซเลน (กลุ่ม 7-12) .....	52
3. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	65
4. ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	66
5. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง (กลุ่ม 2) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	68
6. ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง (กลุ่ม 2) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	69
7. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วย เข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	72
8. ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	73
9. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	75
10. ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	76
11. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรด ไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	79
12. ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	80



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจล เอพีเอฟกัด (กลุ่ม 5) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ภายใต้การ ปรับสภาพผิวต่างกัน .....	82
14. ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	83
15. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การ ปรับสภาพผิวต่างกัน .....	86
16. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	87
17. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การ ปรับสภาพผิวต่างกัน .....	89
18. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	90
19. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	93
20. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	94
21. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	96
22. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	97

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
23. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัต (กลุ่ม E) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	100
24. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัต (กลุ่ม E) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	101
25. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเฟลด์สปาทิก พอร์ซเลนทุกกลุ่ม (กลุ่มที่หนึ่งถึงกลุ่มที่หก) .....	103
26. ค่าทางสถิติของกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนทุกกลุ่ม .....	104
27. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	107
28. ค่าทางสถิติของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7) ยึดติดกับพอร์ซเลน ที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	108
29. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	110
30. ค่าทางสถิติของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8) ยึดติดกับพอร์ซเลน ที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	111
31. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วย เข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้ การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	114
32. ค่าทางสถิติของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	115
33. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	117
34. ค่าทางสถิติของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10) ยึดติดกับพอร์ซเลน ที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	118

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
35. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	121
36. ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	122
37. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 12) ยึดติดกับฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	124
38. ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 12) ยึดติดกับฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	125
39. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	128
40. ค่าทางสถิติของฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	129
41. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	131
42. ค่าทางสถิติของฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	132
43. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	135
44. ค่าทางสถิติของฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	136

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
45. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน ..... 138	138
46. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับอะลูมินัสปอลิเมอร์พอร์ซเลน ภายใต้ การปรับสภาพผิวต่างกัน ..... 139	139
47. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัต (กลุ่ม E) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน ..... 142	142
48. ค่าทางสถิติของพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัต (กลุ่ม E) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน ..... 143	143
49. ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอะลูมินัสปอร์ซเลน ทุกกลุ่ม (กลุ่มที่เจ็ดถึงกลุ่มที่สิบสอง) ..... 146	146
50. ค่าทางสถิติกลุ่มอะลูมินัสปอร์ซเลนทุกกลุ่ม ..... 147	147
51. รูปแบบการแตกในกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ..... 167	167
52. รูปแบบการแตกในกลุ่มอะลูมินัสปอร์ซเลน ..... 168	168

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่	หน้า
1. การยึดเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง.....	37
2. การยึดอะลูมินัสปอร์ซเลนกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง.....	38
3. เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน .....	40
4. อะลูมินัสปอร์ซเลน .....	40
5. แม่พิมพ์ซิลิโคน .....	41
6. ผงพอร์ซเลนที่ถูกอัดลงแม่พิมพ์ซิลิโคน .....	41
7. แผ่นกลมพอร์ซเลนก่อนเข้าเตาเผา .....	42
8. เตาเผาพอร์ซเลน .....	42
9. แผ่นกลมเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนภายหลังการเผา .....	43
10. แผ่นกลมอะลูมินัสปอร์ซเลนภายหลังการเผา .....	43
11. แม่แบบจีฟิ่งของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง .....	44
12. แม่แบบจีฟิ่งที่ติครูเท .....	44
13. ก่อ้งเม็ดแก้ว ขนาด 90 ไมครอน .....	46
14. แผ่นกลมพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง .....	46
15. กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ .....	48
16. หัวรอกากเพชรชนิดหยาบ รูปทรงสอบปลายมน .....	48
17. กรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 9.6 .....	49
18. เจลเอพีเอฟ ความเข้มข้นร้อยละ 1.23 .....	49
19. เครื่องเป่าทราย .....	51
20. ขวดผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน .....	51
21. แม่แบบพลาสติกที่ใช้ยึดพอร์ซเลน .....	54
22. แผ่นกลมพอร์ซเลน วางที่ฝาแม่แบบพลาสติก .....	54
23. การนำส่วนแม่แบบพลาสติก วางบนฝาแม่แบบพลาสติก .....	55
24. การเทอะคริลิกเรซินใส ลงในแม่แบบพลาสติก .....	55
25. ชิ้นงานหลังจากยึดด้วยอะคริลิกเรซินใส .....	56
26. เครื่องกด .....	56



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
27. ไชเลน .....	57
28. เรซินที่ไม่มีสารอัดแทรก .....	57
29. เรซินซีเมนต์ .....	58
30. การยึดพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน .....	58
31. การยึดพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน .....	59
32. ชิ้นงานหลังจากยึดพอร์ซเลนทั้งสองชนิด .....	59
33. การทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อ .....	60
34. การทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อ ด้วยเครื่องทดสอบสากล .....	61
35. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	67
36. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	70
37. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อของเฉลี่ยเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วย เข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง ภายใต้การ ปรับสภาพผิวต่างกัน .....	74
38. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	77
39. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้ กรดไฮโดรฟลูออริก (กลุ่ม 5) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง ภายใต้ การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	81
40. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้ เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 5) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไชท์ปริมาณสูง ภายใต้การ ปรับสภาพผิวต่างกัน .....	84



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
41. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิว ต่างกัน .....	88
42. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิว ต่างกัน .....	91
43. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	95
44. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	98
45. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กลุ่ม E) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	102
46. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนทุกกลุ่ม..	105
47. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	109
48. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	112
49. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วย เข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้ การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	116
50. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเนื้อของอะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	119

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
51. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	123
52. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	126
53. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	130
54. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	133
55. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	137
56. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	140
57. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม E) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน .....	144
58. แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนเฉลี่ยของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนทุกกลุ่ม .....	148
59. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	150
60. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มขัดเรียบ (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	150

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
61. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	151
62. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	151
63. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	152
64. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	152
65. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมินัสพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	154
66. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมินัสพอร์ซเลน กลุ่มขัดเรียบ (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	154
67. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมินัสพอร์ซเลน กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	155
68. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมินัสพอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	155
69. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมินัสพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	156
70. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมินัสพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	156
71. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	158
72. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	158
73. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กำลังขยาย 500 เท่า) .....	159

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
74. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด	
A. กำลังขยาย 500 เท่า	
B. กำลังขยาย 2000 เท่า .....	160
75. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด	
A. กำลังขยาย 500 เท่า	
B. กำลังขยาย 2000 เท่า .....	161
76. การแตกแบบโคฮีซีฟในเนื้อพอร์ซเลน	
A. ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน	
B. ที่พอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง แสดงให้เห็นชิ้นส่วนของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน ที่ติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง .....	163
77. การแตกแบบโคฮีซีฟร่วมกับแบบแอคฮีซีฟ	
A. ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์ที่ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน)	
B. ที่พอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ไม่มีส่วนเรซินซีเมนต์ติดอยู่ .....	164
78. การแตกแบบแอคฮีซีฟที่เรซินซีเมนต์ และพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง	
A. ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์ที่ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน)	
B. ที่พอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ไม่มีส่วนของเรซินซีเมนต์ติดอยู่ .....	165
79. การแตกแบบแอคฮีซีฟที่เรซินซีเมนต์ โดยที่บางส่วนติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน และบางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง	
A. ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์บางส่วนติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน)	
B. ที่พอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์บางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง) .....	166

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่

หน้า

80. การชี่ระหว่างไซเลนกับพอร์ซเลนและกลุ่มเมทาครีเลท ..... 173



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



# บทที่ 1

## บทนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการพัฒนาในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม หรือด้านสื่อสารมวลชน ในส่วนของการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีสื่อสารมวลชนนั้น มีผลต่อการนำเสนอข่าวสารต่างๆ จากทั่วทุกมุมโลกที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ประชาชนสามารถรับรู้ข่าวสารในทุกๆ ด้านได้ภายในเวลาอันสั้น ทั้งด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม และความสวยงาม ในด้านความสวยงามนั้น ได้ส่งผลให้ประชาชนมีความสนใจในบุคลิกภาพที่แสดงออกมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ภาพลักษณ์ที่ปรากฏต่อสายตาบุคคลภายนอกนั้นแลดูสวยงาม ซึ่งผลจากเทคโนโลยีนี้ได้ส่งผลมาถึงวงการแพทย์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งวงการทันตกรรมด้วย นั่นคือผู้ป่วยมีความต้องการงานบูรณะภายในช่องปากที่ให้ความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบูรณะฟันหน้า เพื่อสามารถพูดคุย สื่อสารกับผู้อื่นได้ด้วย ความมั่นใจ

เพื่อรองรับความต้องการดังกล่าว การพัฒนาวัสดุบูรณะฟันที่มีสีเหมือนฟันธรรมชาติจึงมีขึ้นอย่างมากมายต่อเนื่อง ให้สามารถใช้บูรณะและทดแทนฟันได้สวยงามเหมือนฟันธรรมชาติใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งวัสดุบูรณะฟันที่มีสีเหมือนฟันธรรมชาติ ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนั้นได้แก่ คอมโพสิตเรซิน (composite resin) และพอร์ซเลน (porcelain)

คอมโพสิตเรซิน เป็นวัสดุทางพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยม เนื่องจากมีสีเหมือนฟันธรรมชาติ โดยคอมโพสิตเรซินเริ่มมีการใช้บูรณะฟันเมื่อประมาณต้นคริสต์ศักราช 1960 เนื่องจากมีข้อดีคือสามารถใช้บูรณะในช่องปากโดยตรงได้อย่างง่ายดาย และสะดวกรวดเร็ว และมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ ทำให้ไม่เกิดอาการเสียวฟันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปากอย่างกะทันหัน (Craig, 1997) แต่อย่างไรก็ตาม คอมโพสิตเรซินมีข้อด้อยคือ มีการหดตัวจากการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage) สูง โดยมีรายงานว่ามีความเค้น (stress) สูงถึง 15 เมกะปาสกาล (MPa) ซึ่งก่อให้เกิดการแตกหักของผิวเคลือบฟันบริเวณที่ติดกับขอบวัสดุ และเกิดการรั่วซึมบริเวณขอบ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการเสียวฟันภายหลังการบูรณะได้ นอกจากนี้ถึงแม้ว่าคอมโพสิตเรซินจะมีการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น เพื่อสามารถต้านทานการสึกกร่อนได้ แต่การบูรณะฟันที่สูญเสียเนื้อฟันไปมากเกือบทั้งซี่ หรือบริเวณที่เป็นจุดรับแรงนั้น ยังไม่สามารถกระทำได้ (Tvas, 1994; McLean, 1990) ดังนั้น การบูรณะฟันในกรณีดังกล่าว



จึงควรมีวัสดุชนิดอื่น ที่มีความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติเช่นเดียวกับคอมโพสิตเรซิน แต่มีความแข็งแรงมากกว่า ทนต่อการสึกกร่อนจากการบดเคี้ยวได้มากกว่า และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าคอมโพสิตเรซิน จึงจะสามารถนำมาใช้บูรณะฟันแทนคอมโพสิตเรซินได้ ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงดังที่ได้กล่าวมาก็คือ พอร์ซเลน

พอร์ซเลนเป็นวัสดุบูรณะทางทันตกรรมที่ได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากพอร์ซเลนมีคุณสมบัติเชิงกลและเคมีที่ดี คล้ายคลึงกับฟันธรรมชาติเมื่อเปรียบเทียบกับคอมโพสิตเรซิน ทั้งนี้เพราะไม่เพียงแต่พอร์ซเลนมีคุณสมบัติการดูดซับแสง (light absorption) และการกระจายแสง (light scattering) ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติแล้ว ยังมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก (biocompatibility) มีความแข็งแรง ทนต่อแรงอัด (compressive strength) ได้มากเพียงพอ (ประมาณ 350-550 เมกะปาสกาล) (van Noort, 1994) นอกจากนี้แล้ว มีการนำความร้อนและนำไฟฟ้าต่ำ มีความทนทานต่อสภาวะในช่องปาก และมีความทนทานต่อการสึกกร่อน (Anusavice, 1996) ด้วยคุณสมบัติที่ดีเหล่านี้ ทำให้พอร์ซเลนเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยม และสามารถตอบสนองความต้องการในการบูรณะฟันที่เกี่ยวข้องกับความสวยงาม จนได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าพอร์ซเลนจะมีคุณสมบัติเชิงกล เคมี และชีวภาพที่ดี แต่พอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญคือ เปราะ และแตกหักง่าย (Anusavice, 1996) จนไม่สามารถนำมาใช้งานในช่องปากให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีตามที่ต้องการ โดยปราศจากการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พอร์ซเลน ซึ่งวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาความเปราะของพอร์ซเลน คือการนำพอร์ซเลนมาเคลือบบนโลหะ เพราะโลหะที่มีความแข็งแรงเหนียว (ductile) จะช่วยลดการโค้งงอของพอร์ซเลนที่ได้รับแรงกดดันได้ (Yamamoto, 1985) จึงลดโอกาสที่จะมีการเติบโตของรอยแตก (crack propagation) บริเวณพื้นผิวของพอร์ซเลน ทำให้พอร์ซเลนซึ่งมีความเปราะตามธรรมชาตินั้นแข็งแรงขึ้น และนี่คือหลักสำคัญ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการทำครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน (porcelain-fused-to-metal restoration) ซึ่งมีการใช้งานประมาณร้อยละ 80 ของครอบฟันทั้งหมด (Giordano, 1996)

พอร์ซเลนที่นิยมใช้ในงานครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนคือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (feldspathic porcelain) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน (coefficient of thermal expansion) ที่ใกล้เคียงกับโลหะ และพบว่าการใช้โลหะเป็นโครงภายในนั้นจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหัก (fracture resistance) ของพอร์ซเลนได้ ซึ่งมีค่าประมาณ 300-500 เมกะปาสกาล (Giordano, 1996) อย่างไรก็ตาม การมีโครงโลหะภายใน จะป้องกันการผ่านของ

แสง (light transmission) มีเพียงการสะท้อนของแสงเท่านั้น (light reflection) ทำให้งานครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนแลดูไม่สวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ จากจุดนี้เองจึงได้มีความพยายามในการพัฒนาตัวพอร์ซเลนเองให้มีความแข็งแรงขึ้น เพื่อไม่ต้องมีโครงโลหะภายใน

โดยในปี 1965 McLean และ Hughes ได้พัฒนาอะลูมินัสพอร์ซเลน (aluminous porcelain) เพื่อใช้ทำครอบฟันอะลูมินัสพอร์ซเลน (aluminous porcelain jacket crown) ซึ่งช่วยแก้ปัญหาด้านความสวยงามและความแข็งแรงได้ดีขึ้น โดยมีรายงานกำลังดัดขวาง (flexural strength) ของพอร์ซเลนนี้เท่ากับ 100-130 เมกะปาสกาล (Giordano, 1996) และครอบฟันอะลูมินัสพอร์ซเลนนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันพัฒนาเป็นระบบที่อยู่ภายใต้เครื่องหมายการค้าว่า อินซีแรม (In-Ceram<sup>®</sup>, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)

อย่างไรก็ตาม แม้พอร์ซเลนจะมีการพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลมาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังมีปัญหาที่พบได้จากพอร์ซเลนแตก (cohesive fracture) ซึ่งสาเหตุเนื่องมาจากพอร์ซเลนต้องรับแรงจากการบดเคี้ยวมาเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ การออกแบบชิ้นงานผิดพลาด อาทิเช่น กรอให้มีเนื้อที่ของพอร์ซเลนไม่เพียงพอ ทำให้พอร์ซเลนไม่มีส่วนโครงโลหะรองรับ หรือความแข็งแรงของโครงโลหะไม่เพียงพอ เกิดการโค้งงอของชิ้นงาน หรือสาเหตุจากขั้นตอนทางห้องปฏิบัติการ (Burke and Grey, 1994) สาเหตุเหล่านี้ทำให้พอร์ซเลนแตกได้ ซึ่งเป็นปัญหาต่อผู้ป่วยด้านความสวยงาม เกิดผลเสียทางด้านจิตใจ ทำให้ผู้ป่วยขาดความมั่นใจในการแสดงออก หรือพูดคุยสื่อสารกับผู้อื่น นอกจากนี้ การบดเคี้ยวไม่มีประสิทธิภาพที่ดีดั้งเดิม และส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารของร่างกายได้ ซึ่งการทำชิ้นงานใหม่ให้แก่ผู้ป่วยนั้น ผู้ป่วยจะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีทำงานนั้นบูรณะฟันหลายซี่ เช่น สะพานฟันติดแน่น ดังนั้นการพิจารณาซ่อมแซมชิ้นงานนั้นให้แก่ผู้ป่วย โดยที่ยังคงประสิทธิภาพในการบดเคี้ยว และความสวยงามจึงเป็นสิ่งที่ดี ซึ่งการซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตกนั้นอาจทำได้โดย การซ่อมแซมด้วยคอมโพสิตเรซิน หรือการทำขึ้นพอร์ซเลนเพื่อบูรณะเฉพาะส่วนที่แตก

การซ่อมแซมด้วยคอมโพสิตเรซินนั้น เป็นวิธีที่นิยมมาก ด้วยเหตุผลที่ว่า การซ่อมแซมทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อย เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่ขณะเดียวกัน การประสบความสำเร็จทางคลินิกน้อย เนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลที่เป็นข้อด้อยของคอมโพสิตเรซิน ซึ่งไม่เพียงแต่คอมโพสิตเรซินจะเปลี่ยนสี มีความต้านทานต่อการสึกด้าแล้ว ยังไม่สวยงามเพราะไม่มีสีให้เลือกได้มากเท่ากับการเลือกสีของพอร์ซเลน โดยเฉพาะเมื่อต้องซ่อมแซมพอร์ซเลนที่แตกมาก อีกทั้งการตกแต่งรูปร่างเมื่อต้องซ่อมแซมฟันเขี้ยว (pontic) ส่วนที่ติดกับเนื้อเยื่อทำได้ยาก มีการดูดน้ำ (water sorption)

ทำให้ความแนบสนิทบริเวณขอบร้าว และลึมหollow ได้ นอกจากนี้แล้ว ความแข็งแรงพันธะจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนระหว่างคอมโพสิตเรซินและฟอร์ชเลนมีมาก (Noonan, Webb and Goldfogel, 1985; Pratt, *et al.*, 1989; Craig, 1997; Noel and Mitchell, 1997) คอมโพสิตเรซินที่นำมาซ่อมแซมแตกหักได้ในระยะเวลาอันสั้นนั้น ซึ่งผู้ป่วยจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากการต้องซ่อมแซมหลายครั้ง ดังนั้นการซ่อมแซมชิ้นงานด้วยฟอร์ชเลน ซึ่งมีคุณสมบัติเชิงกลที่เหนือกว่าคอมโพสิตเรซิน จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถซ่อมแซมชิ้นงานนั้นให้ใช้งานได้ในระยะเวลายาวนานขึ้น

ระบบฟอร์ชเลนที่นำมาพิจารณาในการซ่อมแซมนั้น ควรจะสามารถตกแต่งส่วนของชิ้นงานที่แตกหักด้วยซี่ผึ้งได้ เพื่อสะดวกในการตกแต่งรูปร่างที่สูญเสียไปได้ง่าย และให้ความแนบและนำซี่ผึ้งนั้นไปผ่านกระบวนการทางห้องปฏิบัติการจนได้ชิ้นฟอร์ชเลนออกมา ซึ่งระบบฟอร์ชเลนที่กล่าวมานี้เป็นระบบฟอร์ชเลน ภายใต้เครื่องหมายการค้าว่า ไอพีเอสเอ็มเพรส (IPS Empress<sup>®</sup>, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein)

โดยไอพีเอสเอ็มเพรส เป็นฟอร์ชเลนที่มีลูซิท์ (leucite) ปริมาณสูง ที่มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ มีความแนบสนิทตามขอบที่ตีประมาณ  $15.16 \pm 7.6$  ไมครอน ( $\mu\text{m}$ ) (Kanchanatawewat, Giordano, and Nathanson, 1996) ซึ่งทำให้ชิ้นฟอร์ชเลนที่นำมาซ่อมแซมนั้น มีความแนบสนิทกับชิ้นงานเดิม อีกทั้งมีค่ากำลังคัดขวางสูงประมาณ 182 เมกะปาสคาล (Dong, *et al.*, 1992) มีการสึกที่ใกล้เคียงกับเคลือบฟัน (Krejci, *et al.*, 1993) นอกจากนี้แล้ว เอ็มเพรสเป็นระบบที่มีการใช้งานมานานกว่าสิบปี ซึ่งมีงานวิจัยจากการทำเป็นวีเนียร์ พบว่า อัตราการอยู่รอดสูงถึงร้อยละ 98.8 (Fradeani, 1998) และข้อดีที่โดดเด่นประการหนึ่งคือ ความสามารถในการกลมกลืนเข้ากับสีของฟันหรือวัสดุบูรณะฟันข้างเคียงได้ (chameleon effect) (Brodbeck, 1996) ทำให้การซ่อมแซมชิ้นงานนั้น มีความสวยงาม ดังนั้นจึงมีแนวคิดว่าจะสามารถนำไอพีเอสเอ็มเพรสมาซ่อมแซมชิ้นงานที่ฟอร์ชเลนแตก โดยที่ยังคงให้ความสวยงาม ให้ความแนบสนิทที่ดี และคงประสิทธิภาพที่ดีในการบดเคี้ยวดั้งเดิมได้

อย่างไรก็ตาม ผลสำเร็จในการซ่อมแซมด้วยชิ้นฟอร์ชเลนนั้นขึ้นอยู่กับขั้นตอนสำคัญสองประการคือ การปรับสภาพผิวฟอร์ชเลนในการยึดติด และระบบยึดติดที่ใช้ยึดฟอร์ชเลนเข้าด้วยกัน

ในส่วนของการปรับสภาพผิวฟอร์ชเลนในการยึดติดนั้น มีรายงานการใช้วิธีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการกรอด้วยเข็มกรอากาเพชร (diamond bur) การใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) การใช้เจลอะซิเดเตดเฟอสเฟตฟลูออไรด์ หรือเจลเอพีเอฟกัด (acidulated phosphate

fluoride gel: APF) และการเป่าทราย (sandblast) แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีรายงานวิจัยที่ขัดแย้งว่าการปรับสภาพผิววิธีใดจะให้ผลในการยึดติดที่ดีที่สุด

ในส่วนของระบบที่ใช้ในการยึดติดสำหรับชิ้นงานพอร์ซเลนนั้น ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคงจะปฏิเสธไม่ได้เลยว่า เรซินซีเมนต์ (resin cement) เป็นทางเลือกใหม่ ที่เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการทำงานทางด้านทันตกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสวยงาม ในขณะที่เดียวกันก็ต้องการการยึดติดที่ดีเยี่ยม ทั้งนี้เพราะไม่เพียงแต่เรซินซีเมนต์จะสามารถทำให้มีสีและความใสได้ตามต้องการแล้ว ยังสามารถสร้างพันธะยึดติดกับตัวฟันและวัสดุบูรณะ ได้อย่างหนาแน่นด้วย (Craig, 1997) นอกจากนี้ยังมีรายงานที่พบว่า เรซินซีเมนต์สามารถเสริมความแข็งแรงให้แก่ชิ้นงานพอร์ซเลนที่ยึดอยู่ด้วยได้ เพราะเรซินซีเมนต์นั้นจะเข้าไปปิดร่องรอยตำหนิต่างๆ ที่เป็นจุดเริ่มต้นของการแตกหักบนพื้นผิวของพอร์ซเลน และยับยั้งการเติบโตต่อไปของรอยแตก นอกจากนี้เรซินซีเมนต์ยังทำให้การถ่ายทอดแรงจากครอบฟันลงสู่ตัวฟันเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงช่วยลดการเกิดความเค้นและเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักได้ (Groten and Probster, 1997)

ดังนั้น การทดลองนี้ได้ทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อ (planar shear bond strength) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ด้วยเรซินซีเมนต์ และค่าความแตกต่างของความแข็งแรงพันธะเนื้อนั้น เมื่อมีการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนที่ใช้ยึดติดที่แตกต่างกัน ได้แก่ การขัดเรียบ การกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การเป่าทราย การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และการใช้เจลเอพิเอฟกัด เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตกในคลินิก โดยไม่ต้องทำใหม่อีกต่อไป



## บทที่ 2

### ปริทัศน์วรรณกรรม

พอร์ซเลนเป็นวัสดุบูรณะทางทันตกรรมที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง โดยพอร์ซเลนได้ถือกำเนิดขึ้นในประเทศจีนเป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว ซึ่งมีจุดเริ่มต้นจากการทำเครื่องปั้นดินเผา ต่อมาในช่วงศตวรรษที่ 17 ในยุโรปได้พยายามทำพอร์ซเลนที่มีความโปร่งแสง ให้ดูมีความลึกของสีได้ตามต้องการ ซึ่งเป็นจุดริเริ่มในการนำพอร์ซเลนมาใช้ในทางทันตกรรม จากนั้นมาพอร์ซเลนได้มีการพัฒนาและวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง จนสามารถนำมาบูรณะฟันที่ให้ความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ (Jones, 1985)

เหตุที่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากพอร์ซเลนมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ ให้ความสวยงาม สามารถทำสีให้มีความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ทั้งในด้านความโปร่งแสง ความเข้มอ่อนของสี การสะท้อนและการกระจายของแสง และความสวยงามของพอร์ซเลนนั้นจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป นอกจากนี้แล้ว มีความแข็งผิวที่ใกล้เคียงกับเคลือบฟัน จึงไม่ทำให้เคลือบฟันสึกเมื่อสบกับพอร์ซเลน (Anusavice, 1996) อีกทั้งมีความเสถียรภาพทางเคมี จึงทำให้แน่ใจว่าพอร์ซเลนนั้นไม่มีการปลดปล่อยสารหรืออนุภาคที่เป็นอันตรายสู่ช่องปาก จึงมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อในช่องปากได้เป็นอย่างดี พอร์ซเลนสามารถขัดแต่งและเคลือบผิวให้มีผิวที่เรียบมัน จึงลดโอกาสการสะสมแผ่นคราบจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นผลดีต่อสภาพเนื้อเยื่อเหงือกและฟัน พอร์ซเลนมีการนำความร้อนและกระแสไฟฟ้าที่ต่ำมาก ซึ่งแตกต่างกับโลหะ ดังนั้นจึงลดโอกาสเกิดเสียวฟันหลังการทำฟัน และการเกิดกัลวานิกช็อก (galvanic shock) เหมือนที่เกิดกับโลหะได้ นอกจากนี้ พอร์ซเลนยังมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนที่ใกล้เคียงกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน ซึ่งพอร์ซเลนมีค่าประมาณ  $11.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  และฟันมีค่าประมาณ  $12.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  (Craig, 1997) จึงลดปัญหาการรั่วซึมบริเวณขอบครอบฟันพอร์ซเลน (Anusavice, 1996) ด้วยคุณสมบัติที่ดีหลายประการเหล่านี้ ทำให้พอร์ซเลนเป็นวัสดุบูรณะทางทันตกรรมที่ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง

โดยพอร์ซเลนมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ ควอทซ์หรือซิลิกา (quartz or silica) และองค์ประกอบอื่นคือ เคโอลิน (kaolin) หรือไฮเดรตอะลูมิเนียมซิลิเกต (hydrated aluminium silicate:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) และเฟลด์สปาร์ ซึ่งพอร์ซเลนที่ใช้ในทางทันตกรรมนั้น จะมี

องค์ประกอบที่แตกต่างจากพอร์ซเลนที่ใช้ทำเครื่องครัวและเครื่องสุขภัณฑ์ โดยเพิ่มส่วนของเฟลด์สปาร์ที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 65 (van Noort, 1994)

โดยเฟลด์สปาร์คือ โปตัสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (potassium aluminium silicate:  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) และ โซเดียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (sodium aluminium silicate:  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) หรือ รู้จักกันในนามของอัลไบท์ (albite) เฟลด์สปาร์มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เมื่อถูกหลอมมีแนวโน้มที่จะเกิดเป็นลู่ไซท์ ซึ่งลู่ไซท์หรือ โปตัสเซียมอะลูมิเนียมซิลิเกต มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนที่สูงประมาณ  $20-25 \times 10^{-6} / ^\circ C$  เมื่อเปรียบเทียบกับตัวเฟลด์สปาร์ ซึ่งน้อยกว่า  $10 \times 10^{-6} / ^\circ C$  จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเพิ่มสูงขึ้นด้วย และเป็นข้อดีสำหรับพอร์ซเลนที่จะนำมาเคลือบบนโลหะ (Anusavice, 1996) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

จากการที่พอร์ซเลนมีการนำความร้อนต่ำ ดังนั้น เมื่อนำพอร์ซเลนออกจากเตาเผา และตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง พอร์ซเลนบริเวณพื้นผิวจะเย็นลงเร็วกว่าบริเวณที่อยู่ภายใน และหดตัวลงมากกว่า ซึ่งทำให้เกิดแรงอัด (compressive load) ที่บริเวณผิวด้านนอก และเกิดความเค้นตึงค้าง (residual tensile stress) ที่ผิวด้านใน ถ้าหากมีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงมิติที่มากพอ ก็จะทำให้ผิวด้านในที่อยู่ภายใต้แรงดึง (tension) ขาดออกจากกันเพื่อลดความเค้นตึง ดังนั้นบริเวณพื้นผิวภายในก็จะเกิดรอยแตกเล็กๆ (microcracks) หรือที่เรียกว่ากริฟฟิธฟลาว์ (Griffith's flaws) กระจุกกระจายอยู่มากมาย เมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้นจะเกิดการสะสมความเค้นที่บริเวณส่วนปลายของรอยแตกเล็กๆ นี้ และมีการแพร่ขยายของรอยแตกเหล่านี้ จนนำไปสู่การแตกหักของพอร์ซเลนได้ (van Noort, 1994)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าพอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญ คือ เปราะ และเมื่อได้รับแรงดึงจะแตกหักง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเสริมความแข็งแรงให้แก่พอร์ซเลนนั้น เพื่อให้สามารถใช้งานพอร์ซเลนในทางทันตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีหนึ่งในการเสริมความแข็งแรงให้แก่พอร์ซเลนคือการนำพอร์ซเลนมาเคลือบบนโลหะ

ความพยายามในการนำพอร์ซเลนเคลือบบนโลหะ ได้เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 แต่ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากมีปัญหาความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนระหว่างโลหะและพอร์ซเลน จากการที่โลหะและพอร์ซเลนจะหดตัวแตกต่างกันอย่างมากเมื่อเย็นลง โดยพอร์ซเลนมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนเท่ากับ  $5.5-7.5 \times 10^{-6} / ^\circ C$  ในขณะที่โลหะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนเท่ากับ  $13.5-15.5 \times 10^{-6} / ^\circ C$  ดังนั้นในปี 1962 Weinstein และคณะ ได้ปรับปรุงคุณสมบัติของพอร์ซเลน โดยการเพิ่มโปตัสเซียม



ออกไซด์ ( $K_2O$ ) ร้อยละ 11-15 ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการเผาจะเกิดการก่อตัวของผลึกยูไรท์เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนสูงขึ้น จนมีค่าใกล้เคียงกับโลหะ จึงสามารถเคลือบพอร์ซเลนบนโลหะได้เป็นผลสำเร็จ (Binns, 1983)

เหตุที่ต้องเสริมความแข็งแรงของพอร์ซเลนด้วยโลหะนั้นสามารถแสดงให้เห็นได้ด้วยการทดลองง่ายๆ แต่น่าสนใจ คือ เมื่อนำแผ่นโลหะขนาด  $6 \times 15 \times 0.3$  มิลลิเมตร มาเคลือบด้วยพอร์ซเลนทึบแสง (opaque porcelain) สองชั้น แล้วเคลือบด้วยพอร์ซเลนเนื้อฟัน (dentin porcelain) โดยให้ทั้งหมดมีความหนาเท่ากับ 1 มิลลิเมตร โดยตลอด หลังจากนั้นนำไปเคลือบเงา (glaze) แล้วนำมาตัดโค้งด้วยนิ้วมือพบว่าชั้นแผ่นโลหะเหวี่ยงที่มีความหนาเพียง 0.3 มิลลิเมตร ซึ่งโดยปกติแล้วจะนิ่มมาก และสามารถงอได้ง่ายแม้ใช้แรงจากนิ้วมือ แต่เมื่อนำไปเคลือบด้วยชั้นพอร์ซเลนที่มีความหนา 0.7 มิลลิเมตร กับทั้งยังมีความเปราะโดยธรรมชาติอยู่ด้วย กลับทำให้แผ่นโลหะเคลือบพอร์ซเลนนั้นมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น จนไม่สามารถงอได้ด้วยแรงจากนิ้วมือ และเมื่อนำแผ่นโลหะเคลือบพอร์ซเลนไปทดสอบกำลังดัดขวาง โดยให้แรงกดลงตรงกลางชิ้นงาน ส่วนปลายทั้งสองด้านถูกรองรับไว้ บริเวณผิวพอร์ซเลนที่รับแรงกดจะเกิดบริเวณอัด (compressive zone) และผิวพอร์ซเลนอีกด้านที่ติดกับโลหะจะเกิดบริเวณดึง (tension zone) ผลปรากฏว่าสามารถรับแรงได้มากถึง 250 นิวตัน และที่น่าสนใจมากกว่านั้นก็คือ ชั้นโลหะเคลือบพอร์ซเลนสามารถงอได้บ้างโดยไม่เกิดการแตกหักในเนื้อพอร์ซเลน ทั้งที่โดยปกติแล้วพอร์ซเลนจะมีความเปราะมาก สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าการนำแผ่นโลหะมาเคลือบด้วยพอร์ซเลน นอกจากจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของทั้งระบบแล้ว ยังสามารถช่วยลดความแข็งแต่เปราะซึ่งเป็นสมบัติโดยธรรมชาติของพอร์ซเลนได้ด้วย เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแผ่นโลหะเหวี่ยงจะทำหน้าที่ป้องกันและกระจายแรงในเนื้อพอร์ซเลน ไม่ให้เกิดความเค้นดึง ที่จะทำให้รอยแตกเล็กๆ บริเวณพื้นผิวนั้นขยายใหญ่ขึ้นและแตกต่อไปได้ นั่นก็คือชั้นพอร์ซเลนนั้นจะแตกหักได้ยากขึ้น ซึ่งก็คือความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง (Yamamoto, 1985)

นอกจากนี้ ยังได้รับประโยชน์จากการจับคู่โลหะกับพอร์ซเลน ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนแตกต่างกันเล็กน้อยอีกด้วย เนื่องจากถ้าให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะ มากกว่าพอร์ซเลนเล็กน้อย โดยไม่เกิน  $0.5 \times 10^{-6} / ^\circ C$  (Anusavice, 1996) เมื่อนำโลหะไปผ่านกระบวนการเคลือบพอร์ซเลนแล้วปล่อยให้เย็นลง ชั้นโลหะซึ่งเย็นเร็วกว่าก็จะหดตัวได้เร็วกว่าชั้นพอร์ซเลน จะก่อให้เกิดแรงเค้นอัดขึ้นที่ด้านของพอร์ซเลนบริเวณที่เป็นรอยต่อดังนั้น เมื่อมีแรงจากภายนอกมากจะทำให้เกิดแรงเค้นดึงขึ้นที่ผิวของพอร์ซเลนบริเวณรอยต่อ แรง

นี่ก็จะถูกหักล้างไปได้ด้วยแรงเค้นอัดที่ค้างอยู่ ซึ่งเป็นการลดการขยายใหญ่ขึ้นของรอยแตกเล็กๆ ได้อีกทาง ผลก็คือชั้นพอร์ซเลนจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น และนี่คือจุดเริ่มต้นของการทำครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน ที่ใช้กันมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน (van Noort, 1994)

โดยพอร์ซเลนที่ใช้เคลือบบนโลหะคือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) ร้อยละ 64 นอกจากนี้ มีอะลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ร้อยละ 18 โพแทช ( $\text{K}_2\text{O}$ ) และโซดา ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ร้อยละ 8-10 เพื่อควบคุมการขยายตัว ซึ่งเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนนั้น มีค่ากำลังคัดขวางต่ำประมาณ 60-70 เมกะปาสคาล (Giordano, 1996)

อย่างไรก็ตาม ครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนมีข้อด้อยที่สำคัญคือ โครงโลหะภายในจะลดการส่องผ่านของแสง ทำให้ฟันแลดูไม่เป็นธรรมชาติ อีกทั้งทำให้ขอบเหงือกดำจากการกัดกร่อนของโลหะ และผู้ป่วยบางคนแพ้โลหะ (Rosenblum and Schulman, 1997) ดังนั้นจึงมีความพยายามในการทำครอบฟันพอร์ซเลนปราศจากโลหะ แต่เนื่องจากเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนนั้น ไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะทำครอบฟันพอร์ซเลนได้ โดยเฉพาะในตำแหน่งที่มีแรงจากการบดเคี้ยวมาก จึงได้มีการพัฒนาพอร์ซเลนที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดย McLean และ Hughes (1965) ได้พัฒนาอะลูมินัสพอร์ซเลนจากเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน โดยแทนที่ควอตซ์ด้วยอะลูมินา ร้อยละ 40-50 โดยน้ำหนัก เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความแข็งแรงของพอร์ซเลน และสามารถทำเป็นครอบฟันอะลูมินัสพอร์ซเลน ซึ่งมีความสวยงามโดยไม่ต้องมีโครงโลหะภายใน และอะลูมินัสพอร์ซเลน มีค่ากำลังคัดขวางเพิ่มขึ้นถึง 100-130 เมกะปาสคาล (Giordano, 1996)

โดยอะลูมินาหรืออะลูมิเนียมออกไซด์นั้น สกัดได้จากแร่เบาไซท์ (bauxite) ซึ่งส่วนใหญ่คือไฮเดรตอะลูมิเนียมออกไซด์ (hydrated aluminium oxide) ซึ่งอะลูมินาถูกใช้งานด้านไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของพอร์ซเลนที่ใช้ทำฉนวนเป็นเวลาหลายปี ต่อมาได้นำมาใช้งานทางทันตกรรม โดยใช้อะลูมินาในรูปของผงละเอียดขนาด 10-20 ไมครอน และต้องใช้ร่วมกับแก้วแมทริกซ์ (glass matrix) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนใกล้เคียงกัน และทำหน้าที่เชื่อมอะลูมินาเข้าด้วยกัน ซึ่งอะลูมินานี้ทำหน้าที่เสมือนเป็น “ตัวหยุดรอยแตก” (crack stopper) โดยเป็นผลอันเนื่องมาจาก การมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนระหว่างอะลูมินาและแก้วแมทริกซ์แตกต่างกัน ทำให้เกิดเป็นแรงเค้นอัดรอบๆ อะลูมินา ซึ่งแรงเค้นอัดนี้เองที่สามารถหยุดการแพร่ของรอยแตกได้ (McLean and Hughes, 1965)

ครอบฟันอะลูมินัสพอร์ซเลนประกอบด้วยสามส่วนคือ ส่วนแรกคือส่วนแกนที่มีความแข็งแรงสูง ประกอบด้วยอะลูมินาร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว

เหตุความร้อนประมาณ  $7.95 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  ค่าความแข็งแรงตามขวางของส่วนนี้มีค่าประมาณ 130-150 เมกะปาสกาล ส่วนที่สองและสามคือพอร์ซเลนเคลือบฟันและพอร์ซเลนเนื้อฟัน ซึ่งทำจากแก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate) ที่มีอะลูมินาร้อยละ 5-10 เป็นส่วนที่ทำให้สีและความโปร่งแสงแก่ตัวครอบฟันพอร์ซเลน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนประมาณ  $7.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  ดังนั้นเมื่อมีการเย็นตัวของครอบฟันพอร์ซเลน ส่วนพอร์ซเลนเคลือบฟันจึงอยู่ใต้แรงเค้นอัดและสามารถต้านทานต่อรอยแตก ทำให้ครอบฟันพอร์ซเลนมีความแข็งแรงขึ้น (McLean, 1967; 1980)

ในปัจจุบัน ครอบฟันอะลูมินัสพอร์ซเลนมีการพัฒนา โดยเพิ่มปริมาณของอะลูมินาในส่วนแกนครอบฟันให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของครอบฟัน ภายใต้เครื่องหมายการค้าชื่ออินซิแรม (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) ซึ่งพัฒนาขึ้นในปี 1988 โดย Michael Sadaun ที่เมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส

อินซิแรมนั้นมีองค์ประกอบสำคัญสองส่วน คือ อะลูมินา และส่วนแก้วแมทริกซ์ โดยผงอะลูมินาที่ละลายในน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) และใส่สารทำให้กระจาย (dispersing agent) คือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) (Giordano, 1996; McLean, 1991) และเรียกว่า สลิป (slip) จะถูกทาบนแม่แบบยิปซัม (gypsum die) ส่วนน้ำจะถูกดูดเข้าสู่แม่แบบยิปซัม จึงเหลืออะลูมินาอัดแน่นอยู่บนแม่แบบ ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 99.56 โดยน้ำหนัก (Palletire, *et al.*, 1992) ส่วนนี้จะเป็นส่วนแกนของครอบฟัน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ในระหว่างกระบวนการเผา อะลูมินาจะหลอมเข้าด้วยกันและเกิดการหดตัวร้อยละ 0.3 ซึ่งให้ความเสถียรภาพ และต้านทานต่อการบิดเบี้ยวในระหว่างเผาของพอร์ซเลนเคลือบในกระบวนการต่อไปได้ และการที่แม่แบบมีการหดตัวจากส่วนแกนนี้ ทำให้สามารถดึงส่วนแกนออกได้โดยไม่ทำให้บริเวณขอบเกิดความเสียหาย

จากนั้นทาส่วนแก้วแลนทานัมอะลูมิโนซิลิเกต (lanthanum aluminosilicate:  $\text{La Al}_2\text{O}_3 \text{ SiO}_2$ ) ที่ผสมกับน้ำลงบนส่วนแกน โดยแลนทานัมจะลดความหนืดของแก้ว ช่วยแทรกซึมและเพิ่มความโปร่งแสงให้แก่อินซิแรม แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-5 ชั่วโมง ซึ่งส่วนแก้วจะหลอมตัวและแทรกซึม (infiltrate) เข้าไปในช่องว่างระหว่างอะลูมินา โดยกระบวนการแคปิลลารี (capillary action) จากนั้นกำจัดแก้วส่วนเกินด้วยหัวกรอกอากาศหรือผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 35-50 ไมครอน ความดัน 3-6 บาร์ (0.3-0.6 เมกะปาสกาล) และขั้นตอนสุดท้ายคือ การตกแต่งรูปร่างของชิ้นงานด้วยอะลูมินัสพอร์ซเลนเคลือบฟันและเนื้อฟันบนส่วนแกน ให้

ถูกต้องตามลักษณะกายวิภาค (Probster and Diehl, 1992; Sorensen, Knode and Torres, 1992; Giordano, 1996)

อินซิเรมนั้นใช้ในงานครอบฟันหน้าและฟันหลัง รวมทั้งสะพานฟันหน้า ซึ่งมีรายงานค่ากำลังดัดขวางสูงสุดคือ  $384.50 \pm 40.01$  เมกะปาสกาล (Kanchanatawewat, *et al.*, 1997) และมีความแนบสนิทบริเวณขอบ 24 ไมครอน สำหรับครอบฟัน และ 58 ไมครอน สำหรับสะพานฟัน (Sorensen, *et al.*, 1990; 1991) อีกทั้งมีค่าแรงดึงที่สูงกว่าพอร์ซเลนชนิดอื่น 3-4 เท่า (Seghi, *et al.*, 1990; Seghi and Sorensen, 1995; Giordano, *et al.*, 1995) นอกจากนี้ มีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 98.4 จากการใช้งานในช่วง 24-44 เดือน (ค่าเฉลี่ย 37.6 เดือน) (Scotti, 1995)

อย่างไรก็ตาม อินซิเรมมีข้อด้อยที่สำคัญคือ คือส่วนแกนมีความทึบแสง ทำให้ครอบฟันแลดูไม่เป็นธรรมชาติ จึงได้มีการพัฒนาส่วนแกนให้มีความโปร่งแสงขึ้น โดยใช้แมกนีเซียมอะลูมินेट ( $MgAl_2O_4$ ) เรียกว่า อินซิเรมสปิเนล (In-Ceram Spinell<sup>®</sup>) และมีรายงานว่าค่ากำลังดัดขวางนั้น ไม่สูงเท่ากับอินซิเรม โดยมีค่าประมาณ  $259.10 \pm 31.49$  เมกะปาสกาล (Kanchanatawewat, *et al.*, 1997) และต่อมาได้มีการพัฒนา อินซิเรมเซอร์โคเนีย (In-Ceram Zirconia<sup>®</sup>) ซึ่งใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์ ( $ZrO_2$ ) สร้างส่วนแกนภายใน พบว่ามีค่ากำลังดัดขวางสูงถึง 800 เมกะปาสกาล แต่ก็มีค่าโปร่งแสงน้อยกว่าสองชนิดที่ผ่านมา โดยอินซิเรมเซอร์โคเนีย นั้นใช้ในงานสะพานฟันในฟันหลัง (Giordano, 1996)

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นได้ว่ามีความพยายามในการพัฒนาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พอร์ซเลน ทั้งเสริมความแข็งแรงด้วยโลหะ และเสริมความแข็งแรงในส่วนของพอร์ซเลนเอง อย่างไรก็ตาม ยังสามารถพบชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตกได้จากการบดเคี้ยวเป็นเวลานาน อีกทั้งการออกแบบโครงโลหะภายในไม่ถูกต้อง ไม่ได้รองรับพอร์ซเลน ทำให้พอร์ซเลนหนาเกินไป นอกจากนี้ในกรณีที่สะพานฟันมีความยาวมากเกินไป โครงโลหะมีการโค้งงอเมื่อมีการบดเคี้ยว ทำให้พอร์ซเลนแตกได้ (Burke and Grey, 1994)

โดยในปี 1977 O'Brien ได้จำแนกความล้มเหลวของชิ้นงานโลหะเคลือบพอร์ซเลนออกเป็นหกแบบคือ แบบแรกการแตกเกิดขึ้นระหว่างโลหะกับพอร์ซเลน แบบที่สองการแตกเกิดขึ้นระหว่างออกไซด์ของโลหะกับพอร์ซเลน แบบที่สามการแตกเกิดขึ้นภายในเนื้อของพอร์ซเลนเอง แบบที่สี่การแตกเกิดขึ้นระหว่างชั้นออกไซด์ของโลหะกับโลหะภายใน แบบที่ห้าการแตกเกิดขึ้นภายในชั้นออกไซด์ของโลหะ และแบบสุดท้ายการแตกเกิดขึ้นภายในเนื้อของโลหะ (O'Brien, 1997) โดยในการทดลองนี้จะพิจารณาในความล้มเหลวแบบที่สามซึ่งพบพอร์ซเลนแตกได้ถึง



ร้อยละ 16 (Walton, Gardner and Agar, 1986) เนื่องจากความล้มเหลวแบบอื่นๆ จะเกี่ยวข้องกับ ส่วนของชั้นทึบแสงและโลหะ ซึ่งการซ่อมแซมให้สวยงามทำได้ยาก

โดยความล้มเหลวของชิ้นงานนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาแก่ผู้ป่วย โดยเฉพาะด้านความสวยงาม และการบดเคี้ยว และเมื่อต้องพิจารณาทำชิ้นงานใหม่ โดยเฉพาะในสภาวะเศรษฐกิจของประเทศ ไทยขณะนี้ ผู้ป่วยจะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรพิจารณาหาวิธีการซ่อมแซม ชิ้นงานนั้น โดยที่ไม่ต้องทำชิ้นงานนั้นใหม่ แต่ยังคงความสวยงาม และประสิทธิภาพในการ บดเคี้ยวที่ดีดังเดิม ซึ่งวัสดุที่พิจารณานำมาใช้ซ่อมแซมที่มีความสวยงามและเลือกสีได้ใกล้เคียง กับพอร์ซเลนนั้นคือ คอมโพลีเมอร์ซิน

การซ่อมแซมชิ้นงานด้วยคอมโพลีเมอร์ซินนั้น ได้มีความพยายามโดย Jochen (1973) ได้ รายงานการซ่อมแซมฟันพอร์ซเลน ด้วยคอมโพลีเมอร์ซิน ร่วมกับการกรอผิวพอร์ซเลนด้วย เข็มกรอหิน ซึ่ง Jochen แนะนำว่าวิธีนี้เป็นเพียงการซ่อมแซมชั่วคราวเท่านั้น แต่ก็นับเป็นจุดเริ่มต้น ในการนำคอมโพลีเมอร์ซินมาใช้ซ่อมแซมพอร์ซเลน

ต่อมาในปี 1977 Eames และคณะนับเป็นคณะแรกที่ได้รายงานการซ่อมแซมชิ้นงานที่ พอร์ซเลนแตกหัก โดยใช้สารยึดติด (bonding agent) สองตัว (Fusion<sup>®</sup> และ Dent-Mat<sup>®</sup>) และทำ การทดลองยึดคอมโพลีเมอร์ซินสี่ชนิด (Concise<sup>®</sup> Dent-Mat<sup>®</sup> Cerviden<sup>®</sup> และ Simulate<sup>®</sup>) กับทอง และฟันพอร์ซเลน ด้วยสารยึดติดสองชนิด และไม่มีสารยึดติดเป็นกลุ่มควบคุม แล้วทดสอบ ความแข็งแรงพันธะเนื้อ เมื่อเก็บชิ้นตัวอย่างในอุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง แช่น้ำ 37 องศา เซลเซียส 24 ชั่วโมง แช่น้ำ 37 องศาเซลเซียส 7 วัน และเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่าง 2-60 องศา เซลเซียส 24 ชั่วโมง ได้ผลสรุปว่า สารยึดติดฟิวชันสามารถเพิ่มความแข็งแรงพันธะในการยึด คอมโพลีเมอร์ซินกับพอร์ซเลนได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงพันธะในการยึดกับทอง ในส่วน ของสารยึดติดเดนทแมทแม้ว่าจะให้ความแข็งแรงพันธะที่น้อยกว่า แต่ค่าที่ได้ก็ยังสามารถรับได้ในทาง คลินิก โดยสรุปนั้นคือ คอมโพลีเมอร์ซินสามารถใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตก ร่วมกับสาร ยึดติดได้ แต่ Eames และคณะแนะนำให้ใช้ได้ชั่วคราวเท่านั้น

จากงานทดลองของ Eames และคณะ นับเป็นจุดเริ่มต้นในการทดลองเพื่อพัฒนาการยึดติด ระหว่างคอมโพลีเมอร์ซินและพอร์ซเลนให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยต่อมาพบว่า เมื่อใช้ร่วมกับไซเลน (silane) จะสามารถเพิ่มการยึดติดได้อย่างมีนัยสำคัญ (Newberg and Pameijer, 1978)

ไซเลนนั้นได้มีการใช้งานเป็นเวลากว่าสี่สิบปีแล้ว มีสูตรโครงสร้างคือ  $R-Si-(OCH_3)_3$  โดย R คือ โซอินทรีย์ (organic side chain) โดยไซเลนสามารถเพิ่มการยึดติดระหว่างคอมโพลีเมอร์ซิน

และพอร์ซเลน ด้วยกลไกสองประการคือ ประการแรก ไซเลนจะยึดคอมโพสิตเรซิน โดยแขนข้างหนึ่งของไซเลนจะจับกับซิลิกอนในพอร์ซเลน และแขนอีกข้างหนึ่งจับกับกลุ่มเมทาคริเลท (methacrylate group) ในคอมโพสิตเรซิน ด้วยพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) กลไกการเกิดปฏิกิริยาในส่วนที่จับกับพอร์ซเลนคือ กรดหรือความร้อนจะแยกสลาย (hydrolyze) ไซเลนให้กลายเป็นไซลานอล จากนั้นซิลิกอนในไซลานอล จะเกิดพันธะโควาเลนต์กับซิลิกอนไดออกไซด์ในพอร์ซเลน (ซึ่งใช้เวลา 2-24 ชั่วโมงในการเกิดพันธะที่สมบูรณ์) และกลไกประการที่สองคือไซเลนสามารถเพิ่มความเปียก (wettability) บนผิวของพอร์ซเลน ทำให้เรซินซีเมนต์ไหลเข้าสู่ผิวพอร์ซเลน เกิดการยึดติดทางเชิงกล (micromechanical retention) อีกทั้งช่วยลดจำนวนและขนาดของรอยแตก จึงเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พอร์ซเลนประการหนึ่งด้วย (Lu, *et al.*, 1992; Major, Koehler and Manning, 1995)

โดยในปี 1978 Newberg และ Pameijer ได้เริ่มต้นทำการทดลองยึดคอมโพสิตเรซินกับพินพอร์ซเลน ร่วมกับการใช้ไซเลน ไซเลนที่เขาใช้ คือเมทาคริลออกซิโพรพิลไทรเมทอกซีไซเลน ( $\gamma$ -methacryl-oxypophyltrimethoxysilane) โดยทำการทดลองในพินพอร์ซเลนจำนวน 102 ซึ่งพบว่าเมื่อยึดคอมโพสิตเรซินกับพินพอร์ซเลนที่ทาไซเลน จะให้ความต้านทานต่อแรงเฉือนที่สูงกว่าการยึดคอมโพสิตเรซินกับพินที่ไม่ได้ทาไซเลน ร้อยละ 25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 งานวิจัยนี้เป็นจุดเริ่มต้นในการใช้ไซเลน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการยึดคอมโพสิตเรซินกับพอร์ซเลน และมีงานวิจัยหลายงานต่อมาพบว่า ให้ผลคล้ายคลึงกันคือ ไซเลนสามารถเพิ่มการยึดติดระหว่างคอมโพสิตเรซินกับพอร์ซเลนได้ ดังนั้นในปัจจุบันการยึดคอมโพสิตเรซินกับพอร์ซเลน จึงมีการใช้ไซเลนร่วมด้วยทุกครั้ง

การซ่อมแซมชิ้นงานด้วยคอมโพสิตเรซินนั้น เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากวิธีการซ่อมแซมทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย (Noel and Mitchell, 1997) มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาความแข็งแรงพันธะ ในการยึดคอมโพสิตเรซินกับพอร์ซเลน ซึ่งให้ค่าที่สูง ไม่เพียงแต่ด้านกำลังดัดขวาง ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.62 เมกะปาสคาล และ 324.5 เมกะปาสคาล (Nowlin, Barghi and Norling, 1981; Bailey, 1989) อีกทั้งความแข็งแรงพันธะดึง (tensile bond strength) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 เมกะปาสคาลและ 42.6 เมกะปาสคาล (Simonsen and Calamia, 1983; Ferrando, *et al.*, 1983; Bello, *et al.*, 1985; Cochran, *et al.*, 1988; Gregory, Hagen and Powers, 1988; Wolf, Powers and O'Keefe, 1992, 1993; Della Bona and van Noort, 1995) นอกจากนี้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน ซึ่งมีค่าต่ำสุด 2.3 เมกะปาสคาลและสูงสุด 65.3 เมกะปาสคาล (Kato, *et al.*, 1996;



Kupiec, *et al.*, 1996) โดยค่าที่ต่ำนั้นเนื่องจากไม่ได้ใช้เซเลนร่วมด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรายงานวิจัยดังกล่าว พบว่ามีปัจจัยหลายประการที่มีผลให้ค่าความแข็งแรงพันธะที่แตกต่างกันได้แก่ ชนิดของคอมโพสิตเรซิน ชนิดของฟอร์ชเลน ชนิดของสารที่ใช้ยึด รูปแบบของการปรับสภาพผิวฟอร์ชเลน และแม้ว่าจากรายงานที่กล่าวมานั้น จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างคอมโพสิตเรซินและฟอร์ชเลนที่สูง แต่จากข้อด้อยที่สำคัญของคอมโพสิตเรซิน ทั้งนี้ไม่เพียงแต่คอมโพสิตเรซินจะเปลี่ยนสีเมื่อเวลาผ่านไป มีความต้านทานต่อการสึกด้า และไม่สามารถเลือกสีได้เหมือนกับฟอร์ชเลน ทำให้ความสวยงามค่อยลงไป โดยเฉพาะเมื่อต้องซ่อมแซมฟอร์ชเลนที่แตกมาก อีกทั้งการตกแต่งรูปร่างเมื่อต้องซ่อมแซมฟันเขavn (pontic) ส่วนที่ติดกับเนื้อเยื่อทำได้ยาก นอกจากนี้มีการดูดน้ำ (water sorption) ทำให้ความแนบสนิทบริเวณขอบริ้ว และลึ้มเหลวได้ และความแข็งแรงพันธะจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของคอมโพสิตเรซินและฟอร์ชเลนมีมาก (Noonan, *et al.*, 1985; Pratt, *et al.*, 1989; Craig, 1997; Noel and Mitchell, 1997) ทำให้การซ่อมแซมชิ้นงานด้วยคอมโพสิตเรซินนั้น ใช้งานทางคลินิกได้เพียงชั่วคราวเท่านั้น ทำให้ต้องซ่อมแซมหลายครั้ง ซึ่งผู้ป่วยจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นได้มีความพยายามซ่อมแซมด้วยวัสดุที่มีสีเหมือนฟัน แต่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าคอมโพสิตเรซินมาใช้ซ่อมแซม ซึ่งวัสดุดังกล่าวนี้คือฟอร์ชเลนนั่นเอง

โดยในปี 1987 Millar กล่าวถึงการนำหลักการของฟอร์ชเลนวีเนียร์ (porcelain veneer) มาประยุกต์ใช้เพื่อซ่อมแซมชิ้นงานฟอร์ชเลนที่แตกหัก แต่ในรายงานของเขานั้นไม่ได้กล่าวถึงเทคนิคและวิธีการทำ และไม่มีงานวิจัยสนับสนุน

ต่อมา Berksun Kedici และ Saglam (1993) ได้รายงานการใช้ไฮซีแรม (Hiceram<sup>®</sup>, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) ซ่อมแซมสะพานฟันติดแน่นที่มีฟอร์ชเลนแตกมาก ในผู้ป่วยอายุ 57 ปี โดยชิ้นงานที่นำมาซ่อมแซมนั้นเป็นลักษณะของฟอร์ชเลนวีเนียร์ และยึดด้วยคอมโพสิตเรซินซีเมนต์ (Ultra Bond<sup>®</sup>) ร่วมกับการปรับสภาพผิวฟอร์ชเลนของสะพานฟันติดแน่นและไฮซีแรม ด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.5 กัด แต่ไม่ได้รายงานการติดตามผล จึงไม่ทราบว่าสามารถใช้ซ่อมแซมได้ดีเพียงใด

ต่อมาทีมงานวิจัยที่นำสนใจของ Whitlock และคณะ (1994) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะเหนือนของระบบยึดติด (adhesive systems) ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ระบบที่ไม่ต้องผสม (Unite No mix Adhesive<sup>®</sup>: Unitex / 3M) ระบบที่ก่อตัวด้วยแสง (Transbond Light Bond<sup>®</sup>: Unitex / 3M) และระบบที่ใช้สองหลอด (Concise<sup>®</sup>: 3M Corp.) เมื่อใช้ระบบยึดติด

เพียงอย่างเดียวในการยึดเซรามิกแบรคเกต (ceramic bracket) (Transcend<sup>®</sup>: Unitex/3M) กับผิวพอร์ซเลน (Ceramco<sup>®</sup> II) และเมื่อใช้ร่วมกับสารปรับสภาพผิวพอร์ซเลน (porcelain priming agent) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบยึดติดทั้งสามชนิด ได้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ระบบยึดติดเพียงอย่างเดียว กับการใช้ระบบยึดติดร่วมกับสารปรับสภาพผิวพอร์ซเลน (ซึ่งในรายงานนี้ไม่ได้กล่าวว่าเป็นสารอะไร แต่อาจจะเป็นไซเลน) พบว่าได้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Unite No mix Adhesive<sup>®</sup> มีค่า 1.8 และ 7.5 เมกะปาสคาล Transbond Light Bond<sup>®</sup> มีค่า 3.8 และ 6.5 เมกะปาสคาล และ Concise<sup>®</sup> มีค่า 2.6 และ 6.3 เมกะปาสคาล) ดังนั้น การใช้ร่วมกันระหว่างระบบยึดติดและสารปรับสภาพผิว จะได้ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อมากกว่าการใช้ระบบยึดติดเพียงอย่างเดียว ผู้ทำการวิจัยนี้ให้คำแนะนำว่า เซรามิกแบรคเกตสามารถยึดกับผิวพอร์ซเลนได้ เมื่อใช้ร่วมกับสารปรับสภาพผิวพอร์ซเลน ดังนั้นจากการวิจัยนี้จึงมีความเห็นว่าจะใช้พอร์ซเลนในการซ่อมชิ้นงานที่แตกหักแทนคอมโพสิตเรซินได้ ร่วมกับการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วย

จากงานวิจัยของ Whitlock และคณะ (1994) แสดงให้เห็นได้ว่า ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการซ่อมแซมพอร์ซเลนที่แตกหักด้วยชิ้นพอร์ซเลนคือ การปรับสภาพผิวพอร์ซเลนที่จะยึดติด ซึ่งวิธีการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนที่มีใช้ในปัจจุบันได้แก่ การกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด การใช้เจลเอพิเอฟกัด และการเป่าทราย

ซึ่งรายงานการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนได้เริ่มต้นในปี 1973 โดย Jochen ได้รายงานการซ่อมแซมพื้นพอร์ซเลนด้วยคอมโพสิตเรซิน ร่วมกับการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยเข็มกรอกหินสีเขียว ซึ่ง Jochen แนะนำว่าการกรอพื้นพอร์ซเลนด้วยเข็มกรอกหินสีเขียวจะก่อให้เกิดผิวขรุขระซึ่งจำเป็นสำหรับการยึดด้วยคอมโพสิตเรซิน

ต่อมาในปี 1977 Jochen และ Caputo ได้เปรียบเทียบการใช้เข็มกรอสี่ชนิดปรับสภาพผิวพอร์ซเลนเพื่อยึดกับคอมโพสิตเรซิน โดยหัวกรอที่ใช้ได้แก่ เข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบ (coarse diamond) เข็มกรอกหินที่ไม่เกิดความร้อน (heatless stone) เข็มกรอกหินสีเขียว และแผ่นคาร์บอนัมดัม (carborundum disk) แล้วทดสอบความแข็งแรงพันธะดึง พบว่าการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยเข็มกรอกากเพชร ให้ค่าแรงดึงสูงสุด (7 ปอนด์) และแตกต่างกับการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยเข็มกรอกชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่ง

Jochen และ Caputo ได้ให้เหตุผลว่า เข็มกรอกากเพชรมีความแข็งผิวที่สูง และมีความหยาบมากกว่าเข็มหัวกรอชนิดอื่น จึงก่อให้เกิดผิวขรุขระได้มากกว่า เป็นการเพิ่มการยึดติดเชิงกล

หลังจากนั้น มีการแนะนำการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยการใช้กรดกัด โดย Simonsen และ Calamia (1983) ได้ทดลองเปรียบเทียบการใช้กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 7.5 กัดพอร์ซเลน ในเวลาต่างๆ กันคือ 2.5 5 และ 10 นาที และเมื่อไม่ใช้กรดกัด (0 นาที) แล้วยึดกับคอมโพสิตเรซิน จากนั้นทดสอบความแข็งแรงพันธะดึง พบว่าความแข็งแรงพันธะดึงในพอร์ซเลนที่ไม่ได้ใช้กรดกัด ให้ค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 0.6 เมกะปาสคาล เปรียบเทียบกับการกัดด้วยกรดซึ่งให้ค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 7.5 เมกะปาสคาล ซึ่งจากรายงานนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้กรดกัดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดได้ (แต่ในรายงานนี้ไม่ได้กล่าวถึงชนิดของพอร์ซเลนที่ใช้)

ต่อมา Stangel Nathanson และ Hsu (1987) ได้ทดลองศึกษาความแข็งแรงพันธะเนื้อของคอมโพสิตเรซิน (Ultra Bond<sup>®</sup>) ที่ยึดกับเฟลด์สพาติกพอร์ซเลน (Microbond Natural Ceramic) และระบบยึดติดที่แตกต่างกัน โดยทำการทดลองสองตอนคือ ตอนแรกนำเฟลด์สพาติกพอร์ซเลนมาปรับสภาพผิว ภายใต้เงื่อนไขสื่ออย่างคือ ไม่ได้ใช้กรดกัด ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 52 โดยน้ำหนัก กัดเป็นเวลา 90 วินาที ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักกัด เป็นเวลา 2.5 5 10 และ 20 นาที แล้วนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) เพื่อดูสภาพผิวของพอร์ซเลนที่เหมาะสมสำหรับการยึดติดทางเชิงกล พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักกัดเฟลด์สพาติกพอร์ซเลนเป็นเวลา 2.5 นาที จะให้สภาพผิวที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำผลที่ได้มาทดลองในตอนที่ 2 เพื่อศึกษาความแข็งแรงพันธะเนื้อของคอมโพสิตเรซิน ต่อเฟลด์สพาติกพอร์ซเลน โดยใช้ระบบยึดติดที่แตกต่างกันคือ ใช้เรซินที่ไม่มีสารอัดแทรกและก่อตัวด้วยแสง (Visar Seal<sup>®</sup>) ไซเลน (Porcelain Bonding Agent) อย่างเดียว และไซเลนตามด้วยสารยึดติด (Creation Bond<sup>®</sup>) ในการยึดคอมโพสิตเรซินกับพอร์ซเลน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงพันธะเนื้อ ของคอมโพสิตเรซินที่ยึดกับพอร์ซเลนที่ไม่มีการปรับสภาพผิว กับคอมโพสิตเรซินที่ยึดกับพอร์ซเลนที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 20 กัด เป็นเวลา 2.5 นาที พบว่ากลุ่มที่ใช้กรดกัดและร่วมกับไซเลนในการยึดติด จะให้ความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงสุด (19.37 เมกะปาสคาล) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้กรดกัดและไม่ใช้กรดกัดพบว่า กลุ่มที่ใช้กรดกัดจะให้ความแข็งแรงพันธะเนื้อที่สูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ไซเลนและเรซินที่ไม่มีสารอัดแทรก พบว่าไซเลนจะให้ความแข็งแรงพันธะ

เดือนที่สูงกว่า นั่นคือกลุ่มที่ใช้กรดกัดและร่วมกับไฮเลนในการยึดติดจะให้ความแข็งแรงพันธะเดือนสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเป็นการยืนยันผลการทดลองของ Simonsen และ Calamia ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

อย่างไรก็ตามกรดไฮโดรฟลูออริก เป็นกรดที่เป็นอันตราย ก่อให้เกิดผื่นแดง (erythema) และรอยไหม้ (burn) ร่วมกับการสูญเสียเนื้อเยื่อ และเกิดความเจ็บปวดเป็นเวลาหลายวัน (Jochen, 1973; Barbosa, *et al.*, 1995) ดังนั้นจึงมีผู้เสนอแนวคิดในการนำเจลเอพิเอฟมาใช้ปรับสภาพผิวพอร์ซเลน โดย Gau และ Krause (1973) ได้รายงานเปรียบเทียบผลของฟลูออไรด์ชนิดต่างๆ (Acidufleur<sup>®</sup>: 1.23% F<sup>-</sup> ใน M/10 phosphate solution pH 4.7 Luride<sup>®</sup> phosphate topical solution: 1.23% F<sup>-</sup> ใน M/10 phosphoric acid solution pH 4.4 Luride<sup>®</sup> prophylaxis paste: 1.2% F<sup>-</sup> ใน M/10 phosphoric acid solution ที่มี silicon dioxide abrasion และ Stannous fluoride) ต่อพอร์ซเลนหกชนิด (Vitadur<sup>®</sup> aluminous porcelain Bioform<sup>®</sup> Ceramco<sup>®</sup> Wilkinson<sup>®</sup> S.S. White<sup>®</sup> และ Steeles<sup>®</sup>) ที่เวลา 2 4 10 และ 20 นาที ซึ่งผลการทดลองที่เป็นประเด็นสำคัญคือ อะซิดูเฟลาเออร์ และลูไรด์ (ซึ่งเป็น ฟลูออไรด์ที่มีสภาพเป็นกรด) สามารถกัดผิวพอร์ซเลนได้ ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของพอร์ซเลน ยิ่งเวลามากยิ่งกัดได้ลึกมากขึ้น และจากการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบลักษณะพื้นผิวที่ถูกกัดเป็นโครงสร้างคล้ายผลึกเล็กๆ ยื่นขึ้นมา ล้อมรอบด้วยหลุม

ต่อมาในปี 1984 Capps และคณะ ได้ทดลองศึกษาผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่ห้าชนิด (Tin-Gel<sup>®</sup>: 0.4% SnF<sub>2</sub> pH 4.1 Gel-II<sup>®</sup>: 1.23% APF pH 4.7 Xero-Lube<sup>®</sup> 2 ppm NaF pH 6.4 Pride<sup>®</sup>: 0.55 NaF pH 7 และ Thera-Flur<sup>®</sup>: 0.5% APF pH 5.2) ต่อพอร์ซเลนห้าชนิด (VMK<sup>®</sup> 95 Dentin Will-Ceram<sup>®</sup> Ceramco<sup>®</sup> Crystar<sup>®</sup> และ Biobond<sup>®</sup>) ในเวลา 20 นาที ได้ผลพบว่า เจลเอพิเอฟทั้งสองชนิดสามารถกัดผิวของพอร์ซเลนได้ ในขณะที่โซเดียมฟลูออไรด์ และ สแตนนัสฟลูออไรด์ไม่กัดผิวพอร์ซเลน

หลังจากนั้นในปี 1985 Jones ได้ศึกษาผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่ได้แก่ สแตนนัสฟลูออไรด์ ร้อยละ 0.4 เจลเอพิเอฟร้อยละ 1.23 โซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.2 และใช้น้ำกลั่นเป็นกลุ่มควบคุม ต่อผิวพอร์ซเลนที่เคลือบเงาจำนวน 12 ชิ้น (Vita<sup>®</sup> porcelain) เป็นเวลา 120 ชั่วโมง โดยทุกๆ 24 ชั่วโมงจะนำพอร์ซเลนออกมาหนึ่งชิ้น แล้วแช่ลงในสารสีเพื่อดูการติดสีจากการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่กัดผิวพอร์ซเลน ในช่วง 24 48 72 และ 96 ชั่วโมง ได้ผลพบว่าพอร์ซเลนที่แช่อยู่ในเจลเอพิเอฟเท่านั้นที่ถูกกัด และเริ่มติดสีเมื่อ 48 ชั่วโมง



ต่อมาในปี 1986 Spossetti Shen และ Levin ศึกษาผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่สี่ชนิด (Gel-II® เจลชนิดหนืดมาก: 1.23% APF pH 3.0-3.6 Healthco® เจลชนิดหนืดน้อย: 1.23% APF pH 3.0-4.0 Fluoride Gel® 008 เจลชนิดหนืดน้อย: 1% APF pH 5.0-7.0 และ Nupro® เจลชนิดหนืดมาก: 2.0% APF neutral) ต่อพอร์ซเลน (Crystar®) ในเวลาต่างกันคือ 5 15 30 นาที 1 4 26 และ 96 ชั่วโมง พบว่าได้ผลใกล้เคียงกับการทดลองที่กล่าวมาคือ เจลทุกชนิดจะมีผลในการกัดพอร์ซเลนโดยใช้เวลา 30 นาที ในขณะที่ฟลูออไรด์เจล 008 ใช้เวลา 96 ชั่วโมง และนุโปรไม่กัดพอร์ซเลน และเขาแนะนำว่าผลของฟลูออไรด์ต่อพอร์ซเลนนั้นขึ้นกับชนิดของฟลูออไรด์ เวลา ค่าความเป็นกรดค่า และความเข้มข้น

ในปีเดียวกัน Wunderlich และ Yamen (1986) ได้ศึกษาผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่หกชนิด (Gel-II®: 1.23% APF SnF<sub>2</sub> 8% NaF 2% Fluorigar®: 0.05% NaF Point-Two®: 0.2% NaF และ Gel-Kan®: 0.4% SnF<sub>2</sub> gel) ต่อพอร์ซเลน (Vita VMK® 68) โดยใช้เวลาแตกต่างกันคือ เจลทุกชนิดใช้เวลา 4 8 16 32 และ 64 นาที สแตนเลสฟลูออไรด์ร้อยละ 8 ใช้เวลา 4 10 15 และ 20 นาที นอกนั้นใช้เวลา 5 วัน ได้ผลพบว่า เจลทุกชนิดและสแตนเลสฟลูออไรด์ มีผลในการกัดพอร์ซเลนซึ่งแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกลุ่มที่เหลือไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาการกัดผิวพอร์ซเลนด้วยเจลเอพิเอฟที่กล่าวมา ยังคงมีประเด็นสงสัยว่า การใช้เจลเอพิเอฟกัดผิวพอร์ซเลน สามารถให้ผลในการยึดติดได้ดี เช่นเดียวกับกรดไฮโดรฟลูออริกหรือไม่ ทำให้มีงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบ โดย Lacy และคณะ (1988) ได้ศึกษาผลการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.5 (Ceram-Etch®) เป็นเวลา 4 นาที เปรียบเทียบกับเจลเอพิเอฟ (Sultan®) ร้อยละ 1.23 เป็นเวลา 10 นาที ในการกัดเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (Will-Ceram®) ที่ยึดกับคอมโพสิตเรซิน (P-30®) แล้วทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อ พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ได้จากกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (46.87 เมกะปาสกาล) มากกว่ากลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (38.74 เมกะปาสกาล) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 Lacy และคณะจึงแนะนำว่าการใช้เจลเอพิเอฟร้อยละ 1.23 เป็นเวลา 10 นาที สามารถใช้แทนกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.5 เป็นเวลา 4 นาทีได้ แต่กรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้นต่ำควรจะใช้เวลานานกว่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับ Nelson และ Barghi (1989) ซึ่งได้ศึกษาผลการใช้เจลเอพิเอฟร้อยละ 1.23 กัดพอร์ซเลน (Mirage®) ที่เวลาต่างๆ กันคือ 5 10 15 และ 20 นาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมคือ ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 10 ในเวลา 1 นาที และยึดกับ



คอมโพสิตเรซิน (Chameleon<sup>®</sup>) แล้วทดสอบความแข็งแรงพันธะเลื่อน ผลที่ได้พบว่าการใช้เจลเอพิเอฟร็อยละ 1.23 เป็นเวลา 10 นาที จะให้ผลเท่ากับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ร็อยละ 10 ในเวลา 1 นาที

ต่อมาในปี 1994 Tylka และ Stewart ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้เจลเอพิเอฟร็อยละ 1.23 (Sultan<sup>®</sup>) เป็นเวลา 10 นาที และกรดไฮโดรฟลูออริก ร็อยละ 9.5 (Ceram-Etch<sup>®</sup>) เป็นเวลา 5 นาที ต่อผิวพอร์ซเลนสองชนิด (Biobond<sup>®</sup> และ Will-Ceram<sup>®</sup>) ในการยึดคอมโพสิตเรซิน (Common Ultrafine<sup>®</sup>) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร็อยละ 95 และเมื่อดูผิวพอร์ซเลนที่ถูกกัด พบว่ากรดไฮโดรฟลูออริก จะกัดได้ดีกว่าเมื่อใช้เจลเอพิเอฟกัด ซึ่งสอดคล้องกับ Al Edris และคณะ (1990) ที่ศึกษารูปแบบการกัดของกรดสามชนิด (Super Etch<sup>®</sup> ซึ่งประกอบด้วยกรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดไฮโดรฟลูออริก ใช้เวลา 90 วินาที Stripit<sup>®</sup> ซึ่งประกอบด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และกรดซัลฟูริก (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ใช้เวลา 2 นาที และ เอพิเอฟ ซึ่งประกอบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ กรดไฮโดรฟลูออริก และกรดฟอสฟอริก (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) pH 3.6 ใช้เวลา 10 นาที) บนพอร์ซเลน (Mirage<sup>®</sup> Vita VMK<sup>®</sup> และ Ceramco II<sup>®</sup>) แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเจลเอพิเอฟทำให้ผิวพอร์ซเลนเกิดเป็นหลุมร่องน้อยกว่าซูเปอร์เอช และสไตรฟิท และ Al Edris และคณะรายงานว่า ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกัด และความแข็งแรงพันธะที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามยังมีรายงานขัดแย้ง โดย Sender Suzuki และ Jordan (1989) ศึกษาผลของเจลเอพิเอฟ กับกรดไฮโดรฟลูออริก ร็อยละ 3 บนผิวพอร์ซเลน และตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเจลเอพิเอฟไม่ทำให้เกิดผิวขรุขระเพียงพอที่จะยึดกับคอมโพสิตเรซิน แต่ในรายงานนี้ผู้วิจัยไม่ได้บอกถึงความเข้มข้นและชนิดของเจลเอพิเอฟ และกรดไฮโดรฟลูออริก ดังนั้นจะเห็นได้ว่า จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังคงมีประเด็นสงสัยว่า เจลเอพิเอฟนั้นสามารถใช้ทดแทนกรดไฮโดรฟลูออริกได้หรือไม่

นอกเหนือจากการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยการกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และเจลเอพิเอฟกัดแล้ว วิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ปรับสภาพผิวพอร์ซเลนได้ คือ การเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน โดยในปี 1992 Wolf และคณะ ได้ศึกษาความแข็งแรงพันธะดึงของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน (Ceramco<sup>®</sup>) ต่อคอมโพสิตเรซิน (Herculite<sup>®</sup>) เมื่อมีการปรับสภาพผิวด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (Ceram-Etch<sup>®</sup>) ร็อยละ 9.5 กัดเป็นเวลา 5 นาที การเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน ความดัน 0.48

เมกะปาสคาล ในอัตรา 9 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 วินาที และกรอด้วยเข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบรูปชมพู่ (pear-shaped diamond bur) ที่ความเร็วสูงเป็นเวลา 60 วินาที โดยใช้สารยึดติดสี่อย่าง (Clearfil Porcelain Bond<sup>®</sup> Porcelain Liner M<sup>®</sup> Scotchprime<sup>®</sup> และ Superbond C&B<sup>®</sup>) พบว่าความแข็งแรงพันธะดิ่งที่ได้นั้น จะให้ผลขึ้นกับสารยึดติดที่ใช้และการปรับสภาพผิว ซึ่งเมื่อคุณผลการปรับสภาพผิว พบว่าการเป่าทรายให้การยึดติดที่ดีกว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกและการกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร โดยระบบยึดติดซูเปอร์บอนด์และสก็อตไพร์ม จะให้ความแข็งแรงพันธะดิ่งที่สูงกว่า 23 เมกะปาสคาล

ต่อมาในปี 1993 Wolf และคณะ ได้เปรียบเทียบความแข็งแรงพันธะดิ่งของคอมโพสิตเรซิน (Herculite XRV<sup>®</sup>) ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (Ceramco II<sup>®</sup>) ที่ปรับสภาพผิว ด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.5 (Ceram-Etch<sup>®</sup>) เป็นเวลา 30 60 150 และ 300 วินาที การเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 10.2 ไมครอน ในสภาพเปียก (ในเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 25 โดยปริมาตรกับน้ำ โดยใช้อัตราส่วนสารละลายต่อผงอะลูมิเนียมออกไซด์ เท่ากับ 3 ต่อ 1) ขนาด 33.5 48 50 และ 78 ไมครอน ในสภาพแห้ง ที่ความดัน 0.48 เมกะปาสคาล ในอัตรา 9 ลิตรต่อนาที พบว่า เมื่อเปรียบเทียบการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดพอร์ซเลนที่เวลาต่างกันนั้น การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดที่เวลา 150 วินาที จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะดิ่งที่สูงกว่าเวลาอื่น (27 เมกะปาสคาล) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนในกลุ่มเป่าทรายนั้น เมื่อใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน จะให้ความแข็งแรงพันธะที่สูงกว่ากลุ่มอื่น (19 เมกะปาสคาล) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดและการเป่าทรายแล้ว พบว่า การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดเป็นเวลา 150 และ 300 วินาที จะให้ความแข็งแรงพันธะ (27 และ 25 เมกะปาสคาลตามลำดับ) ที่สูงกว่าการเป่าทราย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ยกเว้นเมื่อใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน แต่ค่าที่ได้ก็ยิ่งสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Cochran และคณะ (1997) ที่รายงานผลการปรับสภาพผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (Ceramco<sup>®</sup>) ด้วยการเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน ความดัน 0.48 เมกะปาสคาล ในอัตรา 9 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 3 วินาที กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.6 (Ceram-Etch<sup>®</sup>) เป็นเวลา 150 วินาที และยึดกับคอมโพสิตเรซินซีเมนต์ (Concise Direct Bonding Cement<sup>®</sup>) ที่ทำเป็นรูปทรงกระบอก ด้วยระบบยึดติดสองชนิด (Optibond<sup>®</sup> และ Scotchbond MD<sup>®</sup>) แล้วทดสอบความแข็งแรงพันธะดิ่ง ได้ผลพบว่าผิวพอร์ซเลน

ที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะดึง (10.2 เมกะปาสคาล สำหรับ Optibond® และ 16.1 เมกะปาสคาลสำหรับ Scotchbond MD®) ที่สูงกว่าการเป่าทราย (4.45 เมกะปาสคาล) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ Chung และ Hwang (1997) ได้ศึกษาทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อของพอร์ซเลน (Biobond®) ที่ปรับสภาพผิว ด้วยการเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน ความดัน 0.49 เมกะปาสคาล ห่างจากผิวพอร์ซเลน 5 มิลลิเมตร ด้วยหัวพ่นขนาด 6 มิลลิเมตร เป็นเวลา 20 วินาที และกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.5 (Ultradent®) เป็นเวลา 4 นาที และยึดด้วยระบบยึดติดกับ คอมโพสิตเรซินหกชนิด (Silanit® กับ Heliomolar® Liner-M® กับ Clearfil® Silister® กับ Charisma® Optec® กับ Conquest® Scotchprime® กับ Z-100 และ Primer-Bond® กับ TPH®) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างการเป่าทรายและการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดในทุกระบบ ยกเว้นระบบออฟเทคและคอนแควสท์ ดังนั้นผู้วิจัยให้ข้อแนะนำว่า การเป่าทรายสามารถทดแทนการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ที่อาจเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อได้ ในขณะที่ Kupiec และคณะ (1996) พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ร้อยละ 8 (Porcelain Etching Gel®) กัดเป็นเวลา 4 นาที ร่วมกับการเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อระหว่างเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (Ceramco II®) และคอมโพสิตเรซิน (Prisma TPH®) ดีที่สุด (17.0 เมกะปาสคาล) เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้กรดไฮโดรฟลูออริก หรือการเป่าทรายเพียงอย่างเดียว

ในปีเดียวกัน Suliman Swift และ Perdiago (1993) ได้ศึกษาผลการปรับสภาพผิว เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (VITA VMK® 68) และระบบยึดติดสามชนิด (Clearfil® Porcelain Bond, Amalgambond® และ All Bond 2®) ในการยึดคอมโพสิตเรซิน (Prisma APH®) โดยแบ่งกลุ่มการทดลองเป็นสี่กลุ่ม กลุ่มแรกกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร กลุ่มที่สองกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ร้อยละ 9.6 (Pulpdent®) เป็นเวลา 20 นาที กลุ่มที่สามเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน เป็นเวลา 15 วินาที กลุ่มที่สี่ทำการทดลองเหมือนกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สอง แล้วทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อ พบว่าในแต่ละระบบยึดติด กรดไฮโดรฟลูออริกจะให้ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด (Clearfil® Porcelain Bond มีค่า 19.72 เมกะปาสคาล Amalgambond® มีค่า 16.20 เมกะปาสคาล และ All Bond 2® มีค่า 14.28 เมกะปาสคาล) ตามด้วยการกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (Clearfil® Porcelain Bond มีค่า 16.98 เมกะปาสคาล Amalgambond® มีค่า 9.79 เมกะปาสคาล และ All Bond 2® มีค่า 16.10 เมกะปาสคาล) และการเป่าทราย (Clearfil®

Porcelain Bond มีค่า 16.86 เมกะปาสคาล Amalgambond® มีค่า 9.52 เมกะปาสคาล และ All Bond 2® มีค่า 13.74 เมกะปาสคาล) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และผลการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยเข็มกรอกากเพชรกับกรดไฮโดรฟลูออริก (กลุ่มที่สี่) ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่สูง (Clearfil® Porcelain Bond มีค่า 18.11 เมกะปาสคาล Amalgambond® มีค่า 18.71 เมกะปาสคาล และ All Bond 2® มีค่า 15.79 เมกะปาสคาล) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นกัน

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปวิธีการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนได้ดังนี้คือ การปรับสภาพผิวทางเชิงกลได้แก่ การกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน การปรับสภาพผิวทางเคมีได้แก่ การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 7.5-10 กัดเป็นเวลา 2.5-20 นาที การใช้เจลเอพิเอฟความเข้มข้นร้อยละ 1.23 กัดเป็นเวลา 10 นาที แต่อย่างไรก็ตาม ผลในการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนนั้นยังคงมีข้อขัดแย้งว่าการปรับสภาพผิวด้วยวิธีใดที่ให้ผลดีกว่า ซึ่งปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องได้แก่ ขนาดของผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ชนิดของกรด ความเข้มข้นของกรด ระยะเวลาที่ใช้ เป็นต้น

นอกจากนี้ ปัจจัยหนึ่งที่มีผลในการเพิ่มการยึดติดของซินพอร์ซเลน ที่นำมาใช้ในการซ่อมแซมคือ ซีเมนต์ที่ใช้ ซึ่งการเลือกใช้ซีเมนต์นั้นควรจะต้องคำนึงถึงว่า เมื่อยึดแล้วให้ความสวยงาม เป็นที่พอใจและยอมรับของผู้ป่วย และเสริมความแข็งแรง เพื่อให้การซ่อมแซมนั้นสามารถคงประสิทธิภาพในการใช้งานตามที่ต้องการได้ ซึ่งทางเลือกของการยึดติดที่น่าสนใจที่สุดในทศวรรษนี้คือ เรซินซีเมนต์ เนื่องจากไม่เพียงแต่จะสามารถทำให้มีความโปร่งแสง เลือกลีได้ตามความต้องการ เพื่อบรรลุจุดประสงค์ในแง่ความสวยงามได้อย่างเต็มที่แล้ว เรซินซีเมนต์นั้นยังมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ดี ให้การยึดติดที่มีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความแข็งแรงอัดประมาณ 180-265 เมกะปาสคาล ค่าความแข็งแรงดึงประมาณ 34-37 เมกะปาสคาล และมีการละลายในช่องปากเพียงร้อยละ 0.13 ใน 24 ชั่วโมง นอกจากนี้มีค่าความหนา (film thickness) ประมาณ 13-20 ไมครอน (Craig, 1997)

โดยเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ แวริโอลิงก์ทู (Variolink® II, Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ซึ่งเป็นคอมโพสิตเรซินซีเมนต์ที่มีความสวยงามสูง (McComb, 1996) มีหลายสีให้เลือกได้แก่ สีโปร่งใส (transparent) สีขาว (white) เทียบได้กับสี A1 ของแผงเทียบสีวิตา (Vita® shade guide) สีเหลือง (yellow) เทียบได้กับสี A3 สีน้ำตาล (brown) เทียบได้กับสี A4 และสี



ขาวขุ่น (white opaque) จึงสามารถเลือกสีให้เข้ากับสีงานเดิม เพื่อให้สีงานที่ซ่อมแซมนั้นยังคงความสวยงามดั้งเดิม

แวลวอิโวลิงค์ทูนั้นประกอบด้วยส่วนพื้นฐาน (base paste) และส่วนเร่งปฏิกิริยา (catalyst paste) บรรจุอยู่ในหลอดสองหลอด ซึ่งส่วนเร่งปฏิกิริยาจะแยกตามความเข้มข้นเป็นชนิดมากที่สุด (ultra consistency) ชนิดมาก (high consistency) และชนิดน้อย (low consistency) โดยมีองค์ประกอบแต่ละส่วนของส่วนพื้นฐาน ส่วนเร่งปฏิกิริยาแบบชนิดมาก และส่วนเร่งปฏิกิริยาแบบชนิดน้อย ตามลำดับ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) (Research and development scientific service, 1997) ดังนี้ คือ บิสจีเอ็มเอ (Bis-GMA) ร้อยละ 13.1 11.0 และ 13.9 ยูธิดีเอ็มเอ (urethane dimethacrylate: UEDMA) ร้อยละ 6.6 5.5 และ 7.0 ทรีอีจีดีเอ็มเอ (triethyleneglycol dimethacrylate: TEGDMA) ร้อยละ 6.6 5.5 และ 7.0 สารอัดแทรกแก้วแบเรียม (barium glass filler) ร้อยละ 38.4 42.2 และ 36.2 อิตเตอเบียมไตรฟลูออไรด์ (ytterbium trifluoride) ร้อยละ 25.0 25.0 และ 25.0 ออกไซด์ผสม (mixed oxide) ร้อยละ 5.0 5.0 และ 5.0 แก้วแบเรียมอะลูมิเนียมฟลูออโรซิลิเกต (Ba-Al-Fluoro-Silicate glass) ร้อยละ 5.0 5.0 และ 5.0 สารเร่งปฏิกิริยาและสารคงสภาพ (catalysts and stabilizers) ร้อยละ 0.3 0.8 และ 0.9 และสารสี (pigments) ร้อยละ 0.1 0.1 และ 0.1 ซึ่งสามารถแยกเป็นสามกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มเมทริกซ์ โมโนเมอร์ ได้แก่ บิสจีเอ็มเอ ยูธิดีเอ็มเอ และทรีอีจีดีเอ็มเอ (ส่วนพื้นฐานมีร้อยละ 26.3 ส่วนเร่งปฏิกิริยาแบบชนิดมากร้อยละ 22.0 ส่วนเร่งปฏิกิริยาแบบชนิดน้อยร้อยละ 27.9 โดยน้ำหนัก) กลุ่มสารอัดแทรกอนินทรีย์ ได้แก่ สารอัดแทรกแก้วแบเรียม อิตเตอเบียมไตรฟลูออไรด์ ออกไซด์ผสม และแก้วแบเรียมอะลูมิเนียมฟลูออโรซิลิเกต (ส่วนพื้นฐานมีร้อยละ 73.4 ส่วนเร่งปฏิกิริยาแบบชนิดมากร้อยละ 77.2 ส่วนเร่งปฏิกิริยาแบบชนิดน้อยร้อยละ 71.2 โดยน้ำหนัก) ซึ่งมีขนาด 0.04-3.0 ไมครอน โดยมีขนาดเฉลี่ย 0.7 ไมครอน และกลุ่มองค์ประกอบที่เสริมเข้ามา ได้แก่ สารเร่งปฏิกิริยา สารคงสภาพ และสารสี

โดยแวลวอิโวลิงค์ทู เป็นเรซินซีเมนต์ที่มีการบ่มตัวแบบผสม (dual-cured resin cement) คือ บ่มตัวด้วยแสงและเคมี ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้มีเวลาทำงานเพิ่มมากขึ้นกว่าการบ่มตัวเอง และปฏิกิริยาการบ่มตัวนั้นจะมีการดำเนินไปแม้ในบริเวณที่การฉายแสงไม่ถึง อันเป็นข้อจำกัดของการบ่มตัวด้วยแสง (Peters and Meiers, 1996) ซึ่ง Nathanson และ Hassan (1987) รายงานว่า เรซินซีเมนต์ที่มีการบ่มตัวแบบผสมนั้น จะบ่มตัวภายใต้ชั้นฟอร์ซเลนที่หนาได้โดยตลอด มากกว่าเรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวด้วยแสง



แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานกล่าวว่าควรระมัดระวัง เมื่อใช้งานเวริโอดิงค์ในบริเวณที่ฉายแสงไม่ถึง ซึ่งอาจเนื่องมาจากซินพอร์ชเลนมีความหนาเกินไป โดย El-Mowafy Rubo และ El-Badrawy (1999) ได้รายงานว่ามีเมื่อเปรียบเทียบความแข็งผิว (Knoop hardness: KHN) ระหว่างการบ่มตัวทางเคมีกับการบ่มตัวแบบผสม พบว่าค่าความแข็งผิวจากการบ่มตัวทางเคมีน้อยกว่าการบ่มตัวแบบผสม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อทดสอบในหนึ่งชั่วโมง (7.7 และ 49.5) หนึ่งวัน (9.3 และ 50.1) และหนึ่งสัปดาห์ (10.0 และ 53.8)

เวริโอดิงค์ที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการได้แก่ มีความทึบแสงที่สูงกว่าเคลือบฟันและเนื้อฟัน เพื่อประโยชน์ในการตรวจหาส่วนเกินบริเวณขอบ (marginal overhang) ขอบอ้าออก (open margin) รวมทั้งการเกิดฟันผุซ้ำในบริเวณเหงือก โดย Rubo และ El Mowafy (1998) ได้ศึกษาความทึบแสงของเรซินซีเมนต์ชนิดการบ่มตัวแบบผสมแปดชนิด (Adherence M5<sup>®</sup> Choice<sup>®</sup> Duolink<sup>®</sup> Enforce<sup>®</sup> Geristore<sup>®</sup> Lute-It<sup>®</sup> Nexus<sup>®</sup> และ Variolink<sup>®</sup>) การบ่มตัวทางเคมีเก้าชนิด (Advance<sup>®</sup> Bromer<sup>®</sup> Cement-It<sup>®</sup> Dyract-Cem<sup>®</sup> C&B Metabond<sup>®</sup> Panavia 21<sup>®</sup> Scotchbond<sup>®</sup> Sealbond<sup>®</sup> และ Universal Port<sup>®</sup>) และแก้วไอโอโนเมอร์แบบปรับปรุงหนึ่งชนิด (Resinomer<sup>®</sup>) ด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นแบบส่งผ่าน (transmission densitometer) พบว่า เวริโอดิงค์มีความทึบแสงสูงสุด และมากกว่าเคลือบฟันและเนื้อฟัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Noack (1993) โดยสารที่ทำให้เกิดความทึบแสงในเวริโอดิงค์คือ แก้วแบเรียม คุณสมบัติที่ดีอีกประการหนึ่งของเวริโอดิงค์คือ สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์จากอิตเตอเบียมไตรฟลูออไรด์ได้ แต่จากการศึกษาของ Burgess Norling และ Cardenas (1996) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของเรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวเอง (Advance<sup>®</sup>) เรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวแบบผสม (Enforce<sup>®</sup>) และแก้วไอโอโนเมอร์สามชนิด (Fuji Duet Resinomer<sup>®</sup> และ Vitremer<sup>®</sup>) พบว่าเวริโอดิงค์ปลดปล่อยฟลูออไรด์น้อยที่สุด

นอกเหนือจากการเลือกใช้ซีเมนต์แล้ว ระบบพอร์ชเลนเป็นส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งในการเลือกใช้เพื่อนำมาซ่อมแซม ปัจจุบันระบบพอร์ชเลนได้พัฒนาขึ้นหลายระบบ การเลือกใช้ระบบพอร์ชเลนเพื่อนำมาซ่อมแซมนั้น ควรพิจารณาขั้นตอนกระบวนการทำให้ได้ชิ้นงานนั้นออกมา ซึ่งควรเลือกระบบพอร์ชเลนที่สามารถตกแต่งส่วนที่แตกหักด้วยซีเมนต์ เพื่อสามารถตกแต่งให้ขอบเรียบ แต่งรูปร่างได้สะดวก และนำซีเมนต์นั้นไปผ่านกระบวนการทางห้องปฏิบัติการ จนได้ชิ้นงานออกมา โดยพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า ไอพีเอสเอ็มเพรส เป็นอีกระบบหนึ่งที่พัฒนาขึ้นในปี 1988 โดย Wohlwend และ Scharer แห่งมหาวิทยาลัยซูริก

(University of Zurich, Dental School, Department of Crown and Bridge Prosthodontics and Dental Materials) ร่วมกับบริษัท Ivoclar ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ (Dong, *et al.*, 1992; Brodbeck, 1996)

เอ็มเพรสมีส่วนประกอบพื้นฐานของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ที่มีองค์ประกอบต่อไปนี้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) (Holand and Frank, 1994) คือ ซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 59.0-63.0 อะลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 19.0-23.5 โปแตสเซียมออกไซด์ร้อยละ 10.0-14.0 โซเดียมออกไซด์ร้อยละ 3.5-6.5 โบรอนออกไซด์ ( $B_2O_3$ ) ร้อยละ 0.0-1.0 ซีลีเนียมไดออกไซด์ ( $CeO_2$ ) ร้อยละ 0.0-1.0 แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ (CaO) 0.5-3.0 แบเรียมออกไซด์ (BaO) ร้อยละ 0.0-1.5 และไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $TiO_2$ ) ร้อยละ 0.0-0.5 ซึ่งส่วนประกอบพื้นฐานเหล่านี้จะถูกหลอมเข้าด้วยกัน จากนั้นให้ความร้อนเพื่อเริ่มต้นการเกิดนิวเคลียส และการเกิดผลึก โดยกลไกการควบคุมการเกิดผลึกที่ผิว (controlled surface crystallization) ในกระบวนการนี้การเกิดนิวเคลียสจะเริ่มต้นที่ขอบนอกของเกรน (Holand, and Frank, 1994)

จากนั้นทำให้เย็นลงแล้วบดเป็นผง นำมาเติมสารสี ฟลูออเรสเซนต์ (fluorescences) สารคงสภาพและแอดดิทีฟ (additives) แล้วอัดเป็นก้อนที่เรียกว่า อินกอต (ingot)

หลังจากนั้นนำอินกอตมาเผาอีกครั้งในช่วงอุณหภูมิประมาณ 900-1,200 องศาเซลเซียส ในช่วงที่ให้ความร้อนนี้จะเกิดผลึกลูไซต์ในแก้วเมทริก ขนาดประมาณ 1-3 ไมครอน ซึ่งมีสูตรโมเลกุลคือ  $K(AlSi_2O_6)$  หรือ  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$  ปริมาณร้อยละ 23.6 โดยมีอัตราส่วนของโปแตสเซียมต่ออะลูมิเนียมต่อซิลิกอน (K : Al : Si) เท่ากับ 1 : 1.02 : 2.07  $\pm$  0.06 (Denry, Rosenstiel and Holloway, 1994) และร้อยละ 41.3 (Mackert and Russel, 1996) และผลึกลูไซต์จะโตอย่างช้าๆ เหมือนดอกไม้ (a flower-liked design) ในช่วงที่ให้ความร้อนนี้ (Holand and Frank, 1994) โดยผลึกลูไซต์สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้เอ็มเพรส ด้วยกลไกสองประการคือ ประการแรก เกิดจากความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน ระหว่างลูไซต์ กับแก้วเมทริกซ์ โดยลูไซต์มีค่าเท่ากับ  $20-25 \times 10^{-6} / ^\circ C$  ในขณะที่แก้วเมทริกซ์มีค่าน้อยกว่า  $10 \times 10^{-6} / ^\circ C$  (Anusavice, 1996) ซึ่งการที่ลูไซต์มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่แตกต่างกับแก้วเมทริกซ์ ทำให้ส่วนของลูไซต์เกิดความเค้นดึง และในส่วนของแก้วเมทริกซ์เกิดความเค้นอัด ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นนี้สามารถต้านต่อแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักได้ ประการที่สอง ในกระบวนการอัดด้วยความร้อน (heat press) ในห้องปฏิบัติการ จะทำให้ผลึกลูไซต์มีการเรียงตัว และการกระจายตัวในส่วนของแก้วเมทริกซ์ที่เป็นเนื้อเดียวกัน มีผลด้านการแตกหักได้ (Dong, *et al.*, 1992; Seghi and

Sorensen, 1995; Nakomoto, *et al.*, 1996; Mackert and Russell, 1996; Mutobe, Murayama and Kataoka, 1997)

สำหรับเทคนิคการทำชิ้นงานเอ็มเพรสชั่นมีสองเทคนิค ได้แก่ เทคนิคทาสี (staining technique) และเทคนิคทำเป็นชั้น (layering technique) โดยเทคนิคทาสีนั้น หลังจากได้ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดแล้ว นำชิ้นงานมาลงสีจนกระทั่งได้สีตามต้องการ เผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส จากนั้นทาสีเคลือบแล้วเผาที่อุณหภูมิ 870 องศาเซลเซียสอีกครั้ง ซึ่งอินกอทที่ใช้ได้แก่ อินกอททึบแสง (opacity ingots) อินกอทชนิดนี้ยังแบ่งออกได้เป็นโอหนึ่ง (O1) สำหรับงานครอบฟันและวีเนียร์ในผู้ป่วยที่ฟันมีความทึบปกติ โอสอง (O2) สำหรับงานครอบฟันและวีเนียร์ในผู้ป่วยที่ฟันมีความทึบมาก และอินกอทสีโปร่งใส (transparent color ingot) ที่สีหนึ่ง (TC1) ถึงที่สีห้า (TC5) อีกเทคนิคหนึ่งคือเทคนิคทำเป็นชั้น ซึ่งเมื่อได้ชิ้นงานที่เป็นแกนแล้ว นำมาตัดส่วนปลายฟันด้วยหัวกรอกากเพชรลึกระมาณ 0.8 มิลลิเมตร แล้วเติมพอร์ซเลนปลายฟัน ซึ่งเป็นเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนที่ใกล้เคียงกับส่วนแกนนั้น เพื่อให้มีความใสและสีตามต้องการ แล้วเผาที่อุณหภูมิ 890 องศาเซลเซียส ซึ่งอินกอทที่ใช้ได้แก่ อินกอทโปร่งใส (transparency ingots) แบ่งได้เป็นทีหนึ่ง (T1) สำหรับงานอุดฟัน อุดครอบในผู้ป่วยสูงอายุ ทีสอง (T2) สำหรับงานอุดฟัน อุดครอบในผู้ป่วยอายุน้อย อินกอทเคนทีน และอินกอททีแอล (TL)

โดยเทคนิคทำเป็นชั้นนั้นใช้ในงานครอบฟันซึ่งเดียวในฟันหน้า และเทคนิคทาสีใช้ในงานอุดฟัน (inlays) อุดครอบ (onlays) และ วีเนียร์ (Wall and Cipra, 1992; Brodbeck, 1996) ซึ่ง Uctasil และ Wilson (1996) ได้ศึกษาผลการจำลองการเผาตามเทคนิคทาสีและเทคนิคทำเป็นชั้น ต่อความแข็งแรงต่อการแตกหัก (fracture strength) ของเอ็มเพรส โดยเตรียมพอร์ซเลนสามกลุ่ม กลุ่มแรกเป็นแกนที่ผ่านการอัดด้วยความร้อน (heat-pressed core) กลุ่มสองเป็นแกนที่ผ่านการอัดด้วยความร้อนและตามด้วยการเผาตามเทคนิคทาสี กลุ่มสามเป็นแกนที่ผ่านการอัดด้วยความร้อนแล้วตามด้วยการเผาตามเทคนิคทำเป็นชั้น ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างความแข็งแรงของทั้งสามกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเกิดการแตกรอบๆ ผลึกลูไซต์ที่ใกล้กับรอยต่อระหว่างลูไซต์และแก้วแมทริก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Luthy Dong และ Wohlwend (1992) ที่ศึกษาผลของการเผาตามเทคนิคทาสี และการเผาตามเทคนิคทำเป็นชั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกำลังคัดขวาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เช่นกัน

สำหรับผลทางคลินิกของเอ็มเพรสนั้น มีการศึกษาในหลายๆ ด้าน ได้แก่ ด้านความแข็งแรง โดย Dong และคณะ (1992) ศึกษาผลของการอัดด้วยความร้อน และการให้ความร้อนจำลอง (simulated firing) ต่อกำลังตัดขวางของเอ็มเพรส ทดสอบโดยใช้การทดสอบสามจุด (a three point bend test) หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที พบว่าการอัดด้วยความร้อนมีผลทำให้ความแข็งแรงของเอ็มเพรสมีค่าเพิ่มขึ้น (โดยค่าความแข็งแรงของอินกอทมีค่า 74 เมกะปาสคาล ในขณะที่ค่าความแข็งแรงของแท่งที่ผ่านการอัดด้วยความร้อนมีค่าสูงถึง 126 เมกะปาสคาล) และการอัดด้วยความร้อน แล้วตามด้วยการให้ความร้อน จะทำให้ความแข็งแรงของเอ็มเพรสเพิ่มขึ้นอีก (160-182 เมกะปาสคาล) และการให้ความร้อนที่ไม่มีการอัดด้วยความร้อน จะไม่มีผลต่อความแข็งแรง ซึ่งค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากลูโซทที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในแก้วเมทริกในช่วงการอัดด้วยความร้อน อีกประการหนึ่งคือ การมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนที่แตกต่างกันของแก้วเมทริกและลูโซท เป็นผลให้เกิดความเค้นอัดในแก้วเมทริกและความเค้นดึงในลูโซท ความเค้นอัดในแก้วเมทริกจะเพิ่มความต้านทานต่อการแตก ในขณะที่ Mackert และ Russell (1995, 1996) พบว่าการอัดด้วยความร้อนไม่ได้เพิ่มปริมาณของลูโซท แต่จะเพิ่มหลังจากการให้ความร้อน

ต่อมาในปี 1994 Yoshinari และ Derand ศึกษาเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงต่อการแตกหักของครอบฟันกรามน้อย 4 ชนิด (VitaDur-N<sup>®</sup> In-Ceram<sup>®</sup> Dicor<sup>®</sup> และ IPS Empress<sup>®</sup>) พบว่าอินซิแรมมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 1060 นิวตัน และแตกต่างจากสามกลุ่มที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 รองลงมาคือเอ็มเพรส (891 นิวตัน) ไคคอร์ (840 นิวตัน) และวิตาเคอร์เอ็น (770 นิวตัน)

หลังจากนั้นในปี 1996 Zeng Oden และ Rowcliffe ศึกษาค่ากำลังตัดขวางของฟอร์ซเลนสามชนิด (ProCera<sup>®</sup> In-Ceram<sup>®</sup> และ Empress<sup>®</sup>) โดยใช้การทดสอบสองแกน (biaxial test) ได้แก่ แก้วแหวนบนวงแหวน (ring on ring 2 สมการ) และการกดบนลูกกลมสามลูก (piston on three balls) พบว่าจากการทดสอบวงแหวนบนวงแหวน เอ็มเพรสมีค่า  $184.8 \pm 36.1$  และ  $122.8 \pm 24.1$  เมกะปาสคาล อินซิแรมมีค่า  $450.1 \pm 120.4$  และ  $301.1 \pm 80.7$  เมกะปาสคาล และโพชิรา มีค่า  $699.4 \pm 70.8$  และ  $469.0 \pm 48.2$  เมกะปาสคาล และจากการทดสอบการกดบนลูกกลมสามลูก พบว่า เอ็มเพรสมีค่า  $104.0 \pm 23.3$  เมกะปาสคาล อินซิแรมมีค่า  $439.2 \pm 48.2$  เมกะปาสคาล และโพชิรา มีค่า  $639.5 \pm 115.8$  เมกะปาสคาล ซึ่งโพชิรา มีค่าสูงกว่าสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ในปีเดียวกัน Wagner และ Chu (1996) ศึกษาค่าความแข็งแรงสองแกนของพอร์ซเลนสามชนิด (IPS Empress<sup>®</sup> In-Ceram<sup>®</sup> และ Procera<sup>®</sup>) พบว่าได้ค่าดังนี้คือ โพรซีรามีค่า 687 เมกะปาสคาล อินซีแรมมีค่า 352 เมกะปาสคาล และเอ็มเพรสมีค่า 134 เมกะปาสคาล ซึ่งโพรซีราและอินซีแรมมีค่าแตกต่างกับเอ็มเพรส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ต่อมา Kielbassa และคณะ (1996) ศึกษาค่าความแข็งแรงดึงของเอ็มเพรสต่อเนื้อฟัน โดยใช้เรซินซีเมนต์สองชนิด (Variolink<sup>®</sup> N และ Variolink<sup>®</sup> Ultra) และวิธีการยึดที่แตกต่างกัน โดยประกอบด้วย กลุ่มที่มีการใช้สารยึดเนื้อฟัน (Heliobond<sup>®</sup>) แต่ไม่ได้ฉายแสง กลุ่มที่มีการใช้สารยึดเนื้อฟันและฉายแสง และกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารยึดเนื้อฟัน พบว่าค่าความแข็งแรงดึงของกลุ่มที่มีการใช้สารยึดเนื้อฟันและฉายแสง และกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารยึดเนื้อฟันมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีการใช้สารยึดเนื้อฟันแต่ไม่ได้ฉายแสง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง  $5.3 \pm 1.7$  ถึง  $9.8 \pm 2.9$  เมกะปาสคาล

ในปีเดียวกัน Uctasil และคณะ (1996) ศึกษาค่าความแข็งแรงของเอ็มเพรส โดยการทดสอบเชลล์หรือดิสก์รัฟเจอร์ (shell, disc rupture test) โดยทำชิ้นงานจากพอร์ซเลนแกนและปลายฟัน (core และ incisal porcelain) สลับกันเป็นส่วนบนและส่วนล่าง และมีความหนาแตกต่างกัน พบว่ามีค่าความแข็งแรงตั้งแต่  $81 \pm 9$  ถึง  $167 \pm 18$  เมกะปาสคาล โดยมีค่าสูงสุดเมื่อส่วนพอร์ซเลนแกนอยู่ส่วนล่าง และมีค่าต่ำสุดเมื่อพอร์ซเลนปลายฟันอยู่ส่วนล่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดแรงดึง นั่นคือพอร์ซเลนปลายฟันทนต่อแรงดึงได้น้อยกว่าพอร์ซเลนแกน และความหนาที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรง

ต่อมาในปี 1997 Kanchanatawewat และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังคัดขวางของพอร์ซเลนหกชนิด (Vitadur Alpha<sup>®</sup> Dicor MGC<sup>®</sup> Vitablocs<sup>®</sup> IPS Empress<sup>®</sup> In-Ceram<sup>®</sup> และ Spinell blocks<sup>®</sup>) โดยใช้การทดสอบสามจุด พบว่าได้ค่าสูงสุดถึงต่ำสุด เรียงตามลำดับดังนี้คือ อินซีแรมมีค่า  $384.5 \pm 40.01$  เมกะปาสคาล สปีเนลมีค่า  $259.1 \pm 31.49$  เมกะปาสคาล ไดคอร์เอ็มจีซีมีค่า  $231.99 \pm 17.88$  เมกะปาสคาล วิตาบลอคมีค่า  $119.94 \pm 4.13$  เมกะปาสคาล เอ็มเพรสมีค่า  $98.30 \pm 14.00$  เมกะปาสคาล และวิตาเดอร์อัลฟามีค่า  $64.92 \pm 10.32$  เมกะปาสคาล

ในปีเดียวกัน Cattel Clarke และ Lynch (1997a, b) ศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังคัดขวางและค่าความแข็งแรงสองแกนของครอบฟันพอร์ซเลน 4 ชนิด (Empress<sup>®</sup> Cerinate<sup>®</sup> Corum<sup>®</sup> และ Alpha<sup>®</sup>) โดยค่ากำลังคัดขวางทดสอบโดยการทดสอบสามจุด และค่าความแข็งแรงสองแกนทดสอบโดยการกดบนลูกกลมสามลูก พบว่า เอ็มเพรสมีค่ากำลังคัดขวางเท่ากับ  $117.3 \pm 31.7$



เมกะปาสคาล เซอร์รีเน็ตมีค่าเท่ากับ  $118.2 \pm 8.7$  เมกะปาสคาล โคร้มมีค่าเท่ากับ  $92.9 \pm 13.3$  เมกะปาสคาล และอัลฟามีค่าเท่ากับ  $60.9 \pm 10.1$  เมกะปาสคาล ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นเอ็มเพรสและเซอร์รีเน็ต ในขณะที่ค่าความแข็งแรงสองแกนของเอ็มเพรสเท่ากับ  $133.5 \pm 21.5$  เมกะปาสคาล เซอร์รีเน็ตเท่ากับ  $109.1 \pm 11.3$  เมกะปาสคาล โคร้มเท่ากับ  $119.8 \pm 19.2$  เมกะปาสคาล และอัลฟาเท่ากับ  $68.2 \pm 9.9$  เมกะปาสคาล ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 Cattel และคณะสรุปว่า เอ็มเพรสมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับครอบฟันพอร์ซเลนชนิดอื่นๆ

โดยสรุปแล้วค่าความแข็งแรงของเอ็มเพรสมีค่าแตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการในแต่ละการทดลองนั้น ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ และสรุปค่าได้ดังนี้คือค่ากำลังดัดขวางมีค่าอยู่ระหว่าง 98.3-182 เมกะปาสคาล ค่าความแข็งแรงสองแกนมีค่าอยู่ระหว่าง 81-184.8 เมกะปาสคาล และค่าความแข็งแรงดึงมีค่าอยู่ระหว่าง 5.3-9.8 เมกะปาสคาล

ในด้านความแนบสนิทตามขอบนั้น มีรายงานการศึกษาโดย Krejci Krejci และ Lutz (1992) ศึกษาความแนบสนิทตามขอบของอุดฟ้งเอ็มเพรส ในฟันกรามน้อยจำนวน 10 ซี่นในผู้ป่วย 10 คน โดยวัดทันทีหลังจากใส่ และหลังจากนั้น 1.5 ปี พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของความแนบสนิทตามขอบหลังจากที่ใส่ครั้งแรกร้อยละ 97.4 เป็นร้อยละ 66.8 หลังจากนั้น 1.5 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $78.2 \pm 15.1$  ไมครอน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการส่งผ่านแรงบิดเคี้ยวไปสู่ขอบ จากการมีมอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ที่สูงของวัสดุ หรือเนื่องมาจากการสึกของซีเมนต์ ซึ่งมีความต้านทานต่อการสึกที่ต่ำกว่าวัสดุ อย่างไรก็ตามค่าของช่องว่างนี้ก็ยังสามารถรับได้ทางคลินิก

ต่อมาในปี 1993 Molin และ Karlsson ศึกษาความแนบสนิทตามขอบของอุดฟ้งโลหะผสมทอง และอุดฟ้งของพอร์ซเลนสามชนิด (Cerec I<sup>®</sup> Mirage<sup>®</sup> และ IPS Empress<sup>®</sup>) ในฟันกรามน้อย 35 ซี่น และฟันกราม 45 ซี่น รวม 80 ซี่น (Class II MOD) โดยวัดความแนบสนิทตามขอบด้านไกลกลาง ไกลกลาง ด้านบดเคี้ยว และความแนบสนิทด้านใน พบว่าอุดฟ้งโลหะผสมทองให้ความแนบสนิทตามขอบที่สูงกว่าอุดฟ้งชนิดอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และในระหว่างอุดฟ้งของพอร์ซเลนทั้งสามกลุ่มนั้น มิราจและเอ็มเพรสให้ความแนบสนิทตามขอบที่สูงกว่าซีเรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (โดยเอ็มเพรสมีช่องว่างตามขอบด้านไกลกลาง-ไกลกลางเท่ากับ 114.7 ไมครอน ด้านบดเคี้ยวเท่ากับ 93.8 ไมครอน และด้านในเท่ากับ 139.7 ไมครอน)

หลังจากนั้นในปี 1995 Sjogren ศึกษาความแนบสนิทตามขอบและด้านใน ของอุดฟัน พอร์ซเลนสี่ชนิด (Cerec I<sup>®</sup> Celay<sup>®</sup> In-Ceram spinell<sup>®</sup> และ Empress<sup>®</sup>) ในฟันกรามน้อยที่ถูกถอน ออกมาและเก็บในสารละลายเบนซัลโคเนียมคลอไรด์ (benzalconium chloride) ร้อยละ 0.5 แบ่ง ฟันเป็น 5 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกสำหรับซีเรคที่มีแองเว้าด้านข้างเป็นขอบแหลม (sharped proximal boxes) กลุ่มที่สองสำหรับซีเรคที่มีแองเว้าด้านข้างเป็นตัวยู (U-shaped proximal boxes) ที่เหลือ อีก 30 ซี่ เตรียมสำหรับช่องว่างคลาสทู (standard cavity class II) ที่ผนังด้านโพรงฟัน (pulpal wall) เรียบ และมุมทุกมุมเป็นมุมมน ความลึก 2.0 มิลลิเมตร ความกว้างในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นประมาณ ครึ่งหนึ่งของความกว้างระหว่างยอดฟัน และขอบอยู่บนเคลือบฟัน โดยวัดความแนบสนิทด้าน บดเคี้ยว ด้านประชิดฟัน ด้านใกล้เหงือก และด้านใน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งด้านใกล้เหงือก ด้านประชิดฟัน และด้านใน (อุดฟัน เอ็มเพรสมีค่าความแนบสนิทด้านประชิดฟันเท่ากับ  $161 \pm 58$  ไมครอน และความแนบสนิทด้าน ใกล้เหงือกเท่ากับ  $181 \pm 70$  ไมครอน) ส่วนด้านบดเคี้ยวจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยอุดฟันเอ็มเพรสจะมีความแนบสนิทด้านบดเคี้ยว ดีที่สุด ( $103 \pm 34$  ไมครอน) ส่วนความแนบสนิทด้านใน ซีเลย์จะดีที่สุด ส่วนอุดฟันอีกสามชนิดไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (อุดฟันเอ็มเพรส มีค่าความ แนบสนิทด้านในเท่ากับ  $235 \pm 63$  ไมครอน)

ในปีเดียวกัน Huls และ Rinke (1995) ศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทตามขอบของ ครอบฟันที่ทำด้วยวัสดุ และการทำชนิดต่างๆ ได้แก่ ครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน ครอบฟัน ที่ทำด้วยอิเล็กโทรเพลทติง ครอบฟันเอ็มเพรสและอินซิแรม ครอบฟันโลหะโคบอลต์-โครเมียม และครอบฟันไทเทเนียม พบว่าความแนบสนิทตามขอบของครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน และครอบฟันที่ทำด้วยอิเล็กโทรเพลทติง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความ เชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนกลุ่มอื่นๆ จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีค่าความแนบสนิทตามขอบดังนี้ ครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนมีค่าเท่ากับ 26 ไมครอน ครอบฟันที่ทำด้วยอิเล็กโทรเพลทติงเท่ากับ 26 ไมครอน ครอบฟันเอ็มเพรสเท่ากับ 45 ไมครอน ครอบฟันอินซิแรมเท่ากับ 38 ไมครอน ครอบฟันโลหะโคบอลต์-โครเมียมเท่ากับ 46 ไมครอน และครอบฟันไทเทเนียมเท่ากับ 52 ไมครอน

ต่อมาในปี 1996 Kanchanatawewat และคณะ ศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทตามขอบ ของอุดฟันซีเลย์ และเอ็มเพรส ในฟันกรามน้อยจำนวน 30 ซี่ โดยเอ็มเพรสจะทำในอินกอทที่สอง

(T2) และเอสอง (A2) วัดความแนบสนิทตามขอบทั้งด้านใน และขอบนอก ที่บริเวณใกล้กลาง และไกลกลาง ด้านบดเคี้ยวสำหรับขอบนอก และด้านใกล้ลิ้นสำหรับด้านใน พบว่าเอ็มเพรส อินกอทเอสองมีความแนบสนิทตามขอบนอกด้านไกลกลางดีกว่าอินกอทที่สอง และมีความแนบสนิทตามขอบด้านในด้านไกลกลางดีกว่าซีเลีย ส่วนจุดอื่นๆ นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความแนบสนิทตามขอบยังอยู่ในช่วงที่รับได้ทางคลินิก โดยค่าความแนบสนิทตามขอบของเอ็มเพรสอยู่ในช่วง  $15.56 \pm 7.9$  ถึง  $74.70 \pm 53.4$  ไมครอน

หลังจากนั้นในปี 1997 Sulaiman และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทตามขอบของครอบฟันสามชนิด (In-Ceram<sup>®</sup> IPS Empress<sup>®</sup> และ Procera<sup>®</sup>) โดยวัดที่ด้านต่างๆ ของครอบฟันได้แก่ ด้านใกล้กลาง ไกลกลาง ใกล้แก้ม และใกล้ลิ้น และวัดที่ระยะต่างๆ ของการทำคือ ขณะทำแกน หลังจากใส่ส่วนพอร์ซเลนปลายฟัน และหลังจากทาสารเคลือบ พบว่าเอ็มเพรส ให้ค่าน้อยที่สุด ( $62.77 \pm 37.32$  ไมครอน) โพรซีราให้ค่ามากขึ้น ( $82.88 \pm 41.45$  ไมครอน) และอินซิแรมจะมีค่ามากที่สุด ( $160.66 \pm 45.98$  ไมครอน) ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในความแนบสนิทตามขอบที่ระยะต่างๆ ของการทำ

ต่อมาในปี 1998 Torres และคณะ ศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทตามขอบ และความแนบสนิทด้านในของครอบฟันสองชนิด (In-Ceram<sup>®</sup> และ Empress<sup>®</sup> สองเทคนิค) โดยทำเป็นขอบโซเคอร์ (shoulder) และแชมเฟอร์ (chamfer) ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ พบว่าขอบโซเคอร์ให้ความแนบสนิทด้านในมากกว่าขอบแชมเฟอร์ และเมื่อพิจารณาความแนบสนิทตามขอบพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างขอบโซเคอร์และขอบแชมเฟอร์ และพอร์ซเลนทั้งสองชนิดนั้น ค่าความแนบสนิทตามขอบที่ได้จะน้อยกว่า 50 ไมครอน

ในปีเดียวกัน Peikert และคณะ (1998) ศึกษาผลของซีเมนต์ และชนิดของขอบ ต่อความแนบสนิทตามขอบของอุดครอบเอ็มเพรส ในฟันกราม 48 ซี่ โดยเตรียมฟันเป็นคลาสทูลร่วมกับ การกรอปุ่มฟันด้านใกล้แก้มทั้งสองปุ่ม โดยขอบเป็นแชมเฟอร์และแบนราบ และใช้ซีเมนต์สองชนิด (Sonocem<sup>®</sup> และ Duo Cement<sup>®</sup>) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของความแนบสนิทตามขอบต่อชนิดของซีเมนต์ และชนิดของขอบ โดยได้ค่าความแนบสนิทตามขอบระหว่าง  $88.6 \pm 72.7$  และ  $95.6 \pm 5.4$  ไมครอน

หลังจากนั้นในปี 1999 Audenino และคณะ ศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทตามขอบของอุดฟันสามชนิด (Empress® Colorlogic® และ Celay® ทั้งวิธีตรงและวิธีอ้อม) ในฟันจำนวน 40 ซี่ (ฟันกรามน้อย 20 ซี่และฟันกราม 20 ซี่) หลังจากยึดด้วยซีเมนต์ พบว่าเอ็มเพรสให้ความแนบสนิทตามขอบดีที่สุด (53 ไมครอน) ตามด้วยคัลเลอร์โลจิก (85 ไมครอน) และซีเลย์ (โดยวิธีตรง 129 ไมครอน โดยวิธีอ้อม 140 ไมครอน)

โดยสรุปค่าความแนบสนิทตามขอบของเอ็มเพรสนั้น ในแต่ละห้องปฏิบัติการ กระบวนการทดลอง มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละการทดลองไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้เช่นเดียวกับค่าความแข็งแรง และมีค่าระหว่าง 15.56-181 ไมครอน

ในด้านของผลการทำให้ฟันคู่สบสึกนั้น Krejci และคณะ (1993) ศึกษาอัตราการสึกของเคลือบฟันกับอุดฟันสามชนิด (Dicor® Biodent® (เฟลด์สปาติกพอร์ซเลน) และ IPS Empress®) ที่ขัด และทาสารเคลือบ พบว่าเอ็มเพรสที่ขัด และทาสารเคลือบ ทำให้เคลือบฟันมีการสึกน้อยกว่าไดคอรและไบโอเดนทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ต่อมา Ratledge Smith และ Wilson (1994) ศึกษาอัตราการสึกของเคลือบฟัน กับอะมัลกัมคอมโพสิต (Concise® และ SR-Isosit®) พอร์ซเลนวิตาเดอรเอนที่ทาสารเคลือบ และเอ็มเพรสที่ไม่ได้ทาสารเคลือบ โดยมีเคลือบฟันเป็นตัวควบคุม พบว่าวิตาเดอรเอนที่ทาสารเคลือบทำให้เคลือบฟันเกิดการสึกมากที่สุด รองลงมาคือเอ็มเพรสที่ไม่ได้ทาสารเคลือบ และตัวเคลือบฟันเอง แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หลังจากนั้น Ramp และคณะ (1997) ศึกษาอัตราการสึกของเคลือบฟัน เมื่อทดสอบกับโลหะผสมทองชนิดที่สาม ไดคอรเอ็มจีซี วิตามาร์คทู (Vita Mark II®) และเอ็มเพรสที่ไม่ได้ทาสารเคลือบ พบว่าไดคอรเอ็มจีซีและเอ็มเพรส ทำให้เคลือบฟันมีการสึกมากกว่าโลหะผสมทองชนิดที่สาม และวิตามาร์คทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในปีเดียวกัน Flessa และคณะ (1997) ศึกษาอัตราการสึกของอุดฟันเอ็มเพรสจำนวน 14 ซี่ ในฟันกรามน้อย 6 ซี่และฟันกราม 8 ซี่ ในผู้ป่วย 14 คน วัดอัตราการสึกหลังจาก 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี พบว่ามีการสึก 2.1 ไมครอน หลังจาก 1 ปี 6.8 ไมครอน หลังจาก 2 ปี และ 8.2 ไมครอน หลังจาก 3 ปี

ต่อมาในปี 1999 Imai Suzuki และ Fukushima ได้ศึกษาผลของพอร์ซเลนสี่ชนิด (Softspar® Finesse® Empress® และ Ceramco® II เป็นกลุ่มควบคุม) ที่มีผลต่อการสึกของเคลือบฟัน โดยใช้ฟันกรามที่ขัดด้านประชิดฟันจนผิวเคลือบฟันเรียบ แล้ววางประกบกับพอร์ซเลนแต่ละชนิด และ



ทดสอบความถี่ที่ 100 1,000 5,000 10,000 และ 50,000 รอบด้วยแรง 75 นิวตัน ที่ความถี่ 1.2 รอบต่อวินาที พบว่า เอ็มเพรสทำให้เคลือบฟันสึกน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และน้อยกว่าพอร์ซเลนกลุ่มอื่นๆ ซึ่งในการทดลองนี้ไม่ได้กล่าวว่พอร์ซเลนนั้นมีการขัดเรียบก่อนหรือไม่

โดยสรุปสำหรับการสึกของฟันคู่สบกับพอร์ซเลนนั้น การสึกมีมากขึ้นเมื่อพอร์ซเลนนั้นไม่ได้ขัดเรียบหรือทาสารเคลือบ ซึ่งในทางคลินิกจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการกรอแต่งจุดสบ แล้วไม่ได้ขัดเรียบ ทำให้พอร์ซเลนมีความหยาบ

ในด้านคุณสมบัติทางแสงนั้น Ahmad (1998) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางแสงของครอบฟันเอ็มเพรส เปรียบเทียบกับฟันธรรมชาติ และครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงฉาย แล้วเปรียบเทียบดูการกระจาย การทะลุผ่าน การสะท้อน ฟลูออเรสเซนซ์ พบว่าครอบฟันเอ็มเพรสให้คุณสมบัติทางแสงที่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ

ในด้านอัตราความสำเร็จของเอ็มเพรส เป็นปัจจัยหนึ่งในการเลือกใช้พอร์ซเลนชนิดนี้ มีรายงานการศึกษา โดย Studer Lehner และ Scharer (1992) ได้ศึกษาผลทางคลินิกของอุดฟันและอุดครอบของเอ็มเพรส เป็นอุดฟันจำนวน 107 ชิ้น อุดครอบ 23 ชิ้น รวม 130 ชิ้น ในผู้ป่วยจำนวน 35 คน ระยะเวลาเฉลี่ย  $18 \pm 6$  เดือน พบว่ามีอัตราความสำเร็จร้อยละ 98

ต่อมา Lehner Studer และ Scharer (1992) ศึกษาผลทางคลินิกของครอบฟันเอ็มเพรส เป็นครอบฟันหน้าจำนวน 41 ซี่ ครอบฟันหลังจำนวน 37 ซี่ รวม 78 ซี่ ในผู้ป่วยจำนวน 32 คน ระยะเวลาเฉลี่ย  $20 \pm 8$  เดือน พบว่ามีอัตราความสำเร็จร้อยละ 95

หลังจากนั้นในปี 1995 Tidehag และ Gunne ได้ศึกษาผลทางคลินิกของอุดฟันเอ็มเพรสจำนวน 62 ชิ้น (ฟันกรามน้อย 40 ชิ้น ฟันกราม 22 ชิ้น) ในผู้ป่วย 18 คน ประเมินผลในช่วง 7 และ 26 เดือน พบว่ามีการแตกหัก 1 ชิ้น มีการสึกตามขอบร้อยละ 13 มีสีที่ไม่เข้ากับฟันร้อยละ 23 ในขณะที่ร้อยละ 63 มีสีสวย ร้อยละ 100 มีผิวเรียบ ร้อยละ 82 มีรูปร่างดี และร้อยละ 84 มีขอบที่แนบสนิท

ต่อมาในปี 1997 Krame และคณะ ทำการศึกษาอุดฟัน และอุดครอบเอ็มเพรสจำนวน 96 ชิ้น โดยเป็นอุดฟันจำนวน 73 ชิ้น และอุดครอบ 23 ชิ้น ในฟันกรามน้อย 37 ซี่ และฟันกราม 57 ซี่ ในผู้ป่วย 34 คน พบว่ามีอัตราความสำเร็จเท่ากับร้อยละ 90 ส่วนที่ล้มเหลวเนื่องจากต้องรักษารากและแตกหัก



ในปีเดียวกัน Fredeani Aquilano และ Bassein (1997) ได้ศึกษาผลทางคลินิกของอูดฟัง เอ็มเพรส ที่ใส่ในผู้ป่วยจำนวน 29 คน จำนวน 125 ชิ้น ในช่วงระยะเวลา 7-55 เดือน (ค่าเฉลี่ย 40.3 เดือน) โดยอูดฟัง ทุกชิ้นจะทำที่ห้องปฏิบัติการเดียวกัน พบว่ามีอัตราความสำเร็จหลังจาก 4.5 ปีเท่ากับร้อยละ 95.63 ส่วนที่ล้มเหลวเนื่องจากการมีการเปลี่ยนสีและการสึกตามขอบ

หลังจากนั้น Fredeani และ Aquilano (1997) ทำการศึกษาผลทางคลินิกของครอบฟัน เอ็มเพรสจำนวน 144 ชิ้น เป็นฟันหน้า 101 ชิ้น และฟันหลัง 43 ชิ้น ในช่วงระยะเวลา 6-68 เดือน (ค่าเฉลี่ย 37 เดือน) พบว่ามีอัตราความสำเร็จเท่ากับร้อยละ 95.35 มีความล้มเหลวจำนวน 5 ชิ้น โดย 2 ชิ้น (ฟันหน้า 1 ชิ้นและฟันหลัง 1 ชิ้น) ล้มเหลวจากการแตกหักของแกนคอมโพสิต และอีก 3 ชิ้น (ฟันหน้า 1 ชิ้นและฟันหลัง 2 ชิ้น) ล้มเหลวจากการแตกหักของชิ้นงาน และไม่มีความแตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างฟันหน้าและฟันหลัง

ต่อมาในปี 1998 Fradeani ได้ศึกษาอัตราอยู่รอดของเอ็มเพรสวีเนียร์ ในฟันหน้าจำนวน 38 ชิ้น จากผู้ป่วย 21 คน ที่ใส่ระหว่างเดือนมกราคม 1991 ถึง ธันวาคม 1996 (โดยในปี 1991 ใส่จำนวน 11 ชิ้น ปี 1992 ใส่จำนวน 25 ชิ้น ปี 1993 ใส่จำนวน 12 ชิ้น ในปี 1994 ใส่จำนวน 13 ชิ้น ในปี 1995 ใส่จำนวน 11 ชิ้น และในปี 1996 ใส่จำนวน 11 ชิ้น) และประเมินผลในช่วงเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน 1997 พบว่ามีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 98.8

ในปีเดียวกัน Studer Lechner และ Scharer (1998) ศึกษาอัตราการอยู่รอดของเอ็มเพรส อูดฟัง และอูดครอบ ในผู้ป่วยจำนวน 44 คน โดยเป็นอูดฟังจำนวน 144 ชิ้น และอูดครอบจำนวน 19 ชิ้น (รวมทั้งหมด 163 ชิ้น) มีค่าเฉลี่ยการใส่เท่ากับ  $5.3 \pm 1.3$  ปี ผลพบว่ามีอัตราการอยู่รอดในช่วง 5 ปีเท่ากับร้อยละ 95.5 และศึกษาต่อในระยะ 7 ปี มีอัตราการอยู่รอดเท่ากับร้อยละ 91.1

จากรายงานที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า เอ็มเพรสมีอัตราความสำเร็จค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการทำเป็นวีเนียร์ ดังนั้น การเลือกใช้เอ็มเพรสซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตกนั้น น่าจะเป็นไปได้

จากการปริทัศน์วรรณกรรมทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ยังไม่มีรายงานใดที่กล่าวถึง การนำพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง หรือระบบพอร์ซเลนภายใต้เครื่องหมายการค้าว่าเอ็มเพรส นั้น มาใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตก ไม่ว่าชิ้นงานนั้นจะเป็นโลหะเคลือบพอร์ซเลน ซึ่งพอร์ซเลนที่นิยมใช้คือเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรือครอบฟันอะลูมินัสปอร์ซเลน และจาก คุณสมบัติที่ดีของเอ็มเพรสหลายประการ นั่นคือมีความแนบสนิทตามขอบที่ดี มีอัตราการอยู่รอดเมื่อทำเป็นวีเนียร์สูง มีความแข็งแรงสูง และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถในการกลมกลืน สีของเอ็มเพรสเข้ากับชิ้นงานเดิมหรือฟันข้างเคียง ซึ่งให้ประโยชน์ในด้านความสวยงาม และความ

แบบสนิทที่ติ่แก่ชิ้นงานที่ซ่อมแซมด้วยเอมเพรส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเอมเพรสมาซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตก ร่วมกับการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนด้วยวิธีต่างๆ แต่ค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างเอมเพรสกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนหรืออะลูมินัสปอร์ซเลนนั้น จะสามารถทนต่อแรงบดเคี้ยวได้หรือไม่นั้นยังเป็นที่สงสัยอยู่ จึงได้ทำการทดลองนี้ขึ้น เพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ด้วยเรซินซีเมนต์ และค่าความแตกต่างของความแข็งแรงพันธะเนื้อ เมื่อมีการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนต่างกัน ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร และคาดหมายว่า จะสามารถนำผลที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก ในการซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตก โดยไม่ต้องทำใหม่

อนึ่งการทดลองนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) เท่านั้น สภาพแวดล้อมของชิ้นงานตัวอย่าง จึงมีความแตกต่างจากสภาพความเป็นจริงบางอย่างในช่องปาก เช่น ความเป็นกรดและด่าง อุณหภูมิ แรงบดเคี้ยวของแต่ละบุคคลซึ่งไม่เท่ากัน ดังนั้นผลของการทดลองในครั้งนี้ อาจต้องมีการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในคลินิกต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทที่ 3

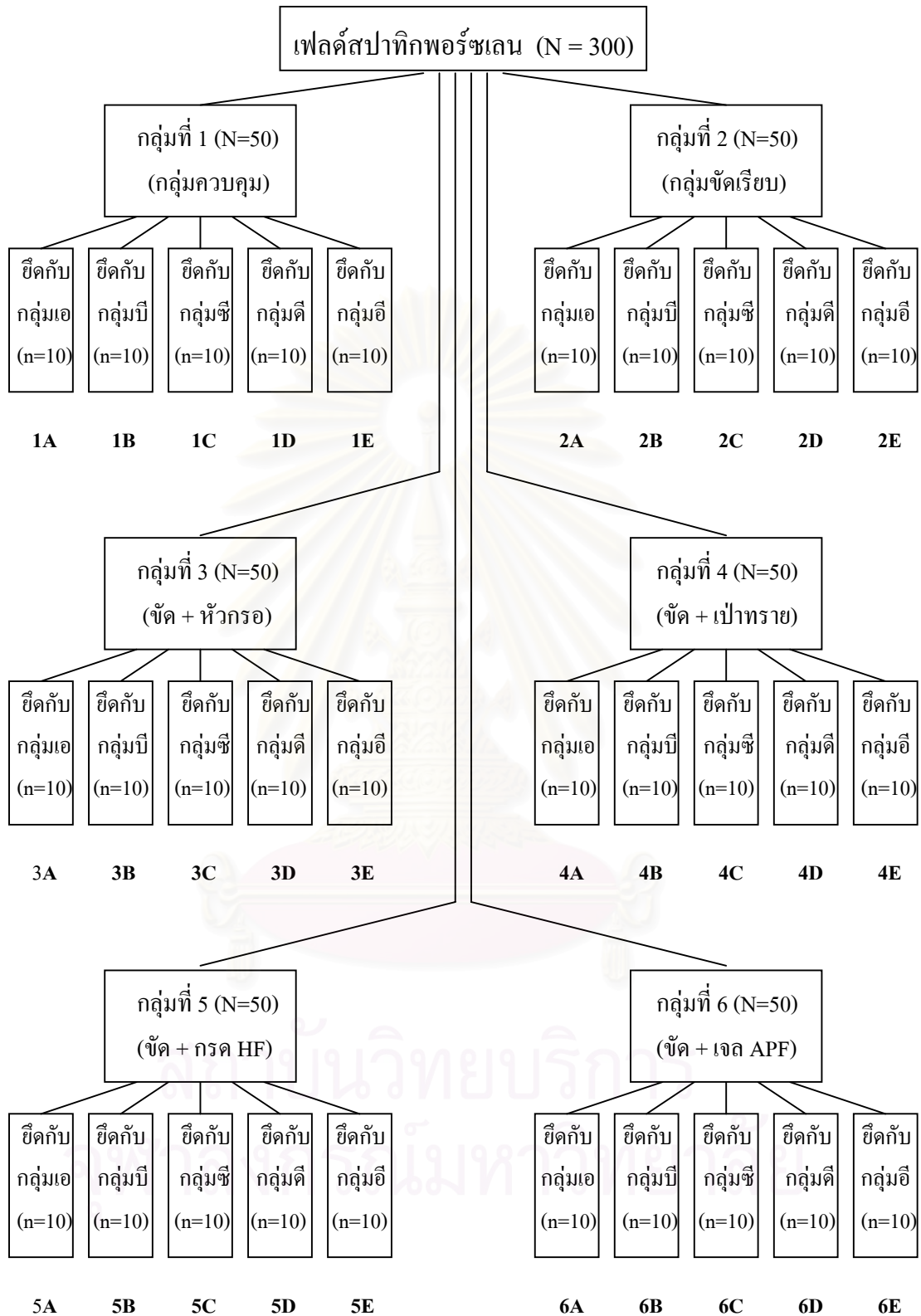
#### ระเบียบวิธีการวิจัย

จุดประสงค์ของการทดลองนี้คือ เพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อระหว่างพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง ซึ่งยึดติดกับกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลนด้วยเรซินซีเมนต์ และค่าความแตกต่างของความแข็งแรงพันธะเนื้อ เมื่อมีการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนต่างกัน

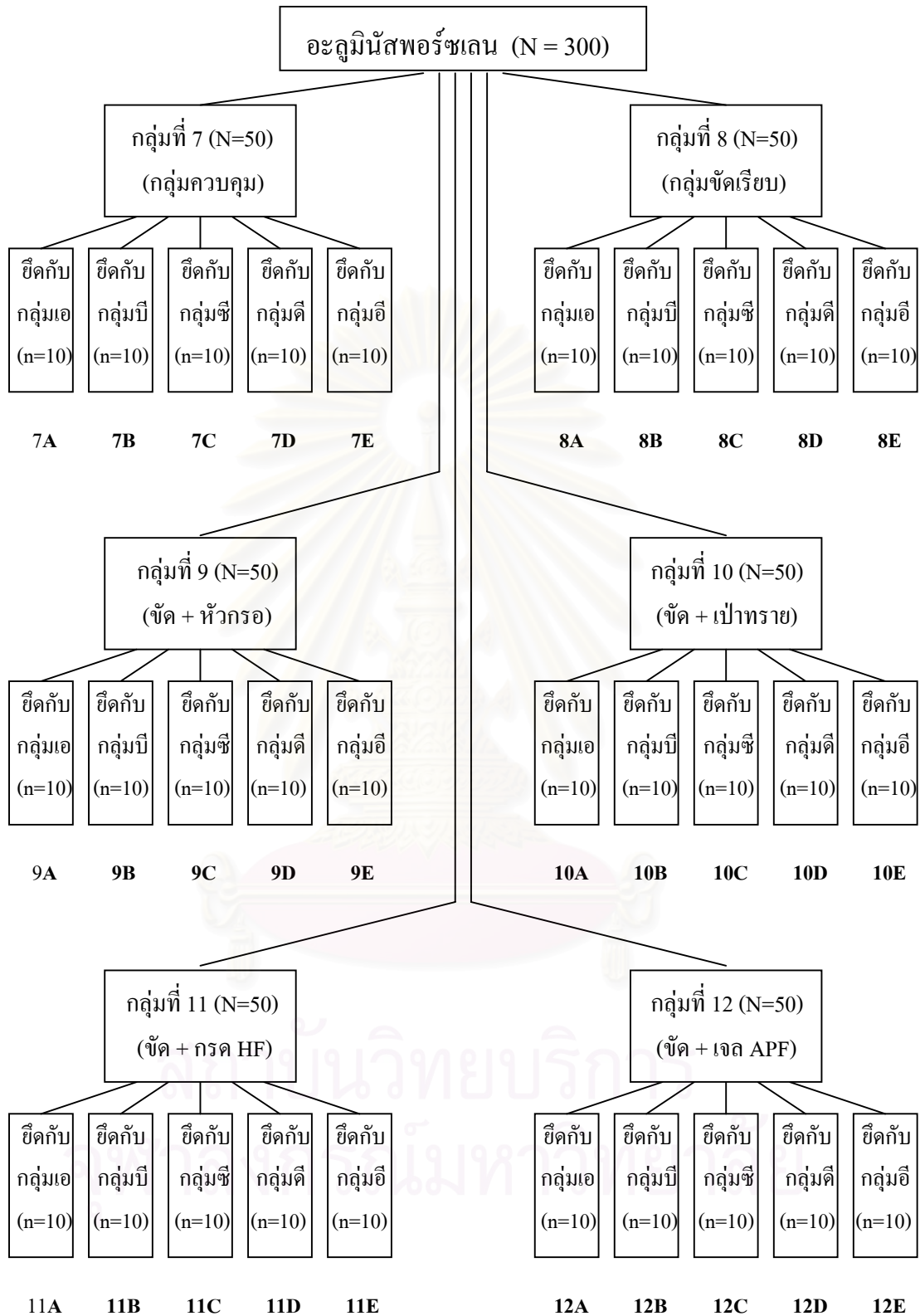
ดังนั้น ในการทดลองนี้ได้เตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลนทั้งหมดตัวอย่างละ 300 ชิ้น โดยแบ่งชิ้นงานของพอร์ซเลนแต่ละชนิดออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 50 ชิ้น ตามความแตกต่างของการปรับสภาพผิว และในแต่ละกลุ่มจะแบ่งเป็น 5 กลุ่มย่อย กลุ่มย่อยละ 10 ชิ้น เพื่อนำไปยึดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงที่ได้รับการปรับสภาพผิวต่างกัน 5 กลุ่มเช่นเดียวกัน ด้วยเรซินซีเมนต์ (รูปที่ 1 และ 2)

ภายหลังจากที่ได้ยึดเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน กับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงแล้ว นำชิ้นตัวอย่างไปเก็บไว้ในภาชนะที่มีความชื้นร้อยละ 60 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อ ด้วยเครื่องทดสอบสากล (universal testing machine) ที่มีหัวทดสอบเป็นชนิดใบมีดเดี่ยว (single blade type) น้ำหนักสูงสุดของหัวกดเท่ากับ 5 กิโลนิวตัน และมีความเร็วในการเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งของหัวตัดเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งชิ้นงานหลุดออกจากกัน จึงบันทึกค่าแรงนั้นเป็นนิวตัน แล้วนำมาคำนวณหาความแข็งแรงพันธะเนื้อ หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร ( $N/m^2$ ) หรือปาสคาล จากนั้นจึงนำมาหาความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่มโดยวิธีการทดสอบทูกีย์ (Tukey's test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 การขัดเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง



รูปที่ 2 การยึดอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกับฟอรัชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง



### การเตรียมเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน

เตรียมตัวอย่างเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลนอย่างละ 300 ชิ้น โดยนำผงเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน<sup>1</sup> (สี A3 Dentine) (รูปที่ 3) สำหรับการเตรียมชิ้นตัวอย่างเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน<sup>2</sup> (สี A3 Dentine) (รูปที่ 4) สำหรับการเตรียมชิ้นตัวอย่างอะลูมินัสปอร์ซเลน ผสมกับน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) อัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 1.4 กรัมต่อ 0.2 มิลลิลิตร อัดแน่นเป็นแผ่นกลมและแห้ง จนเต็มแม่พิมพ์ซิลิโคน<sup>3</sup> รูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 5 และ 6) นำแผ่นกลมพอร์ซเลนที่อัดได้รูปร่างตามต้องการ (รูปที่ 7) ไปเผาในเตาเผา<sup>4</sup> (porcelain furnace) (รูปที่ 8) โดยแผ่นกลมจะถูกปล่อยให้แห้งหน้าเตาเผาเป็นเวลา 2 นาที แล้วเผาโดยเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง จนถึง 600 องศาเซลเซียสในสภาวะอากาศ และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปถึง 960 องศาเซลเซียสในภาวะสุญญากาศ สำหรับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และ 980 องศาเซลเซียสในภาวะสุญญากาศ สำหรับอะลูมินัสปอร์ซเลน โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 38 องศาเซลเซียสต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัท แผ่นกลมพอร์ซเลนภายหลังการเผามีขนาดใกล้เคียงกันคือ เส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 13.45-14.16 มิลลิเมตร ซึ่งมีการหดตัวร้อยละ 5.6-10.33 (รูปที่ 9 และ 10)

### การเตรียมพอร์ซเลนที่มีลิวซ์ที่ปริมาณสูง

สร้างแม่แบบแผ่นกลมจากขี้ผึ้งสีน้ำเงิน<sup>5</sup> (รูปที่ 11) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 600 ชิ้น คีรูเท (sprue) (รูปที่ 12) จากนั้นนำไปลงในวัสดุทำบ้ำฟอสเฟต<sup>6</sup> (phosphate-bonded investment) ตามกรรมวิธีเทคนิคลอสท์แว๊กซ์ (lost-wax technique) อัตราส่วนผงต่อน้ำ เท่ากับผง 100 กรัมต่อน้ำ 29 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำบ้ำ อินกอท (TC 1<sup>7</sup>) และ

<sup>1</sup> Vita VMK 95, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany

<sup>2</sup> Vitadur Alpha, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany

<sup>3</sup> Provil, Haraeus Kulzer, Dental Product Division, USA

<sup>4</sup> Tru-Fire, Jelenko, Armonk, New York, USA

<sup>5</sup> Dental Wax Sheets, Mizzy Inc., Cherry Hill, NJ, USA

<sup>6</sup> IPS Empress, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein

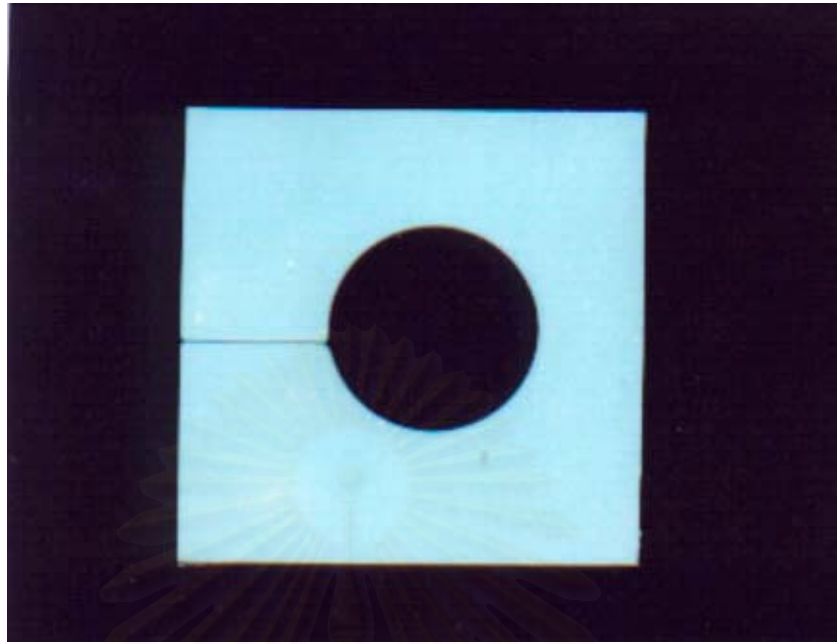
<sup>7</sup> IPS Empress, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein



รูปที่ 3 เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน



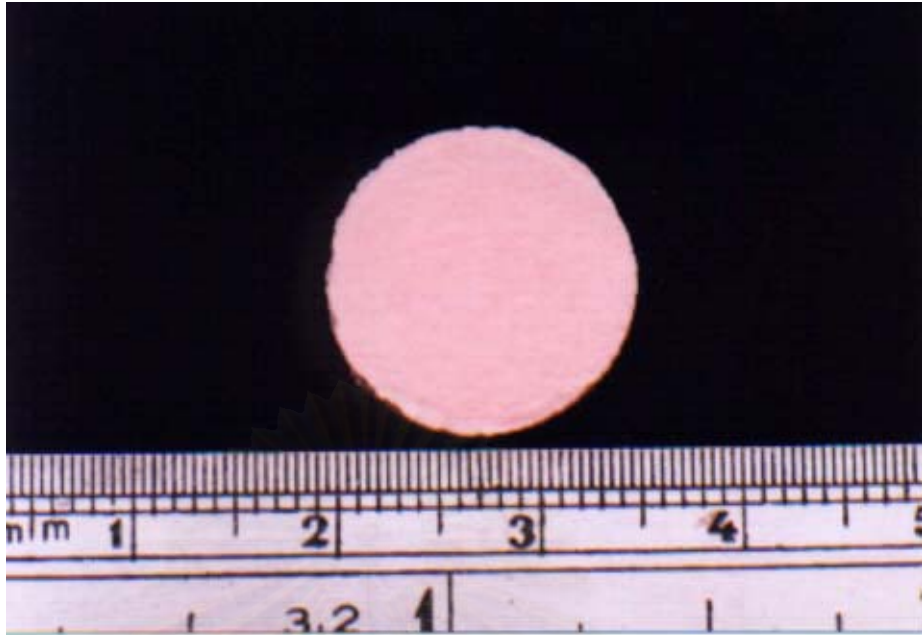
รูปที่ 4 อะลูมินัสปอร์ซเลน



รูปที่ 5 แม่พิมพ์ซิลิโคน



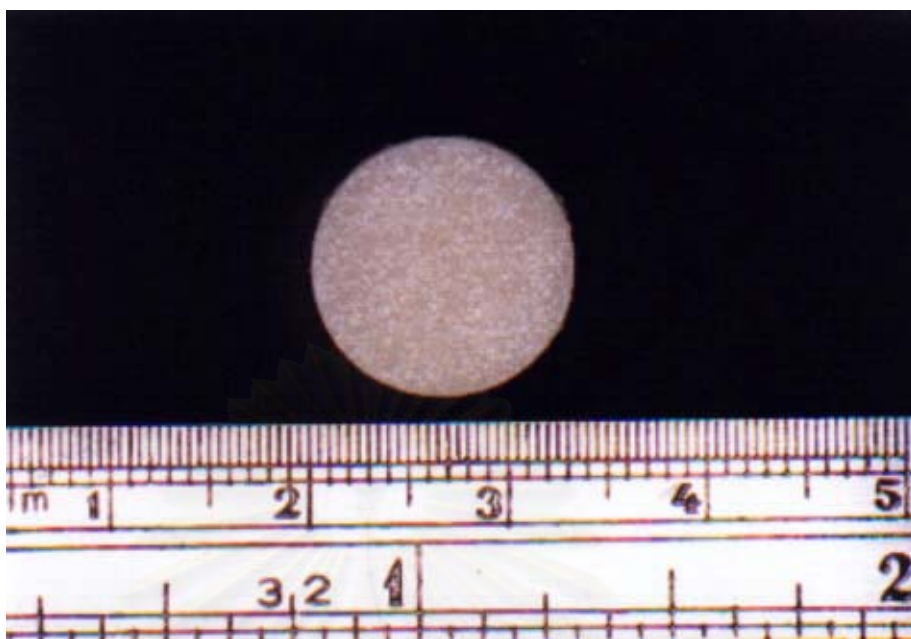
รูปที่ 6 ผงพอร์ซเลนที่ถูกอัดลงแม่พิมพ์ซิลิโคน



รูปที่ 7 แผ่นกลมพอร์ซเลนก่อนเข้าเตาเผา



รูปที่ 8 เตาเผาพอร์ซเลน

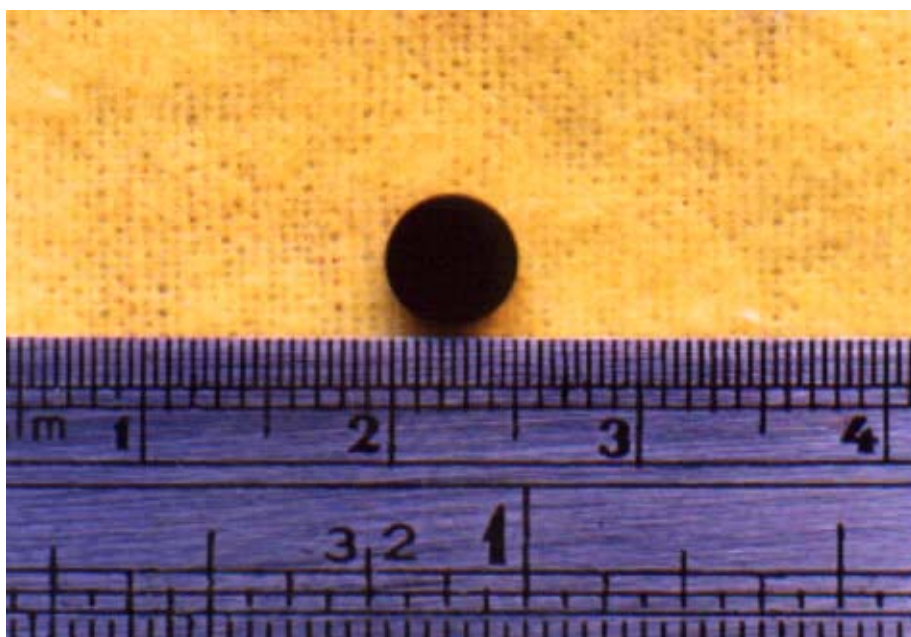


รูปที่ 9 แผ่นกลมเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนภายหลังการเผา

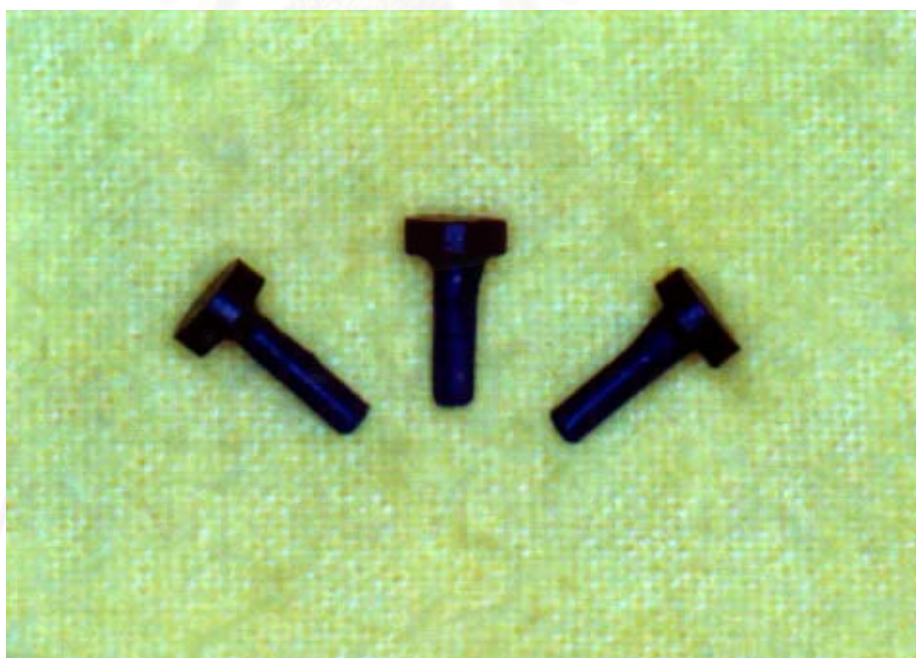


รูปที่ 10 แผ่นกลมอะลูมินัสพอร์ซเลนภายหลังการเผา





รูปที่ 11 แม่แบบขี้ผึ้งของพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง



รูปที่ 12 แม่แบบขี้ผึ้งที่ติดรูเท

แท่งกด (plunger) ไปเข้าเตาเผา<sup>8</sup> (burn-out furnace) เพื่อเผาอินกอท แท่งกดและไล่ขี้ผึ้ง โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้อง (23 องศาเซลเซียส) จนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้ไว้ 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 850 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาอย่างน้อย 90 นาที โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียสต่อนาที (รวมเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 45 นาที) เมื่อเผาไล่ขี้ผึ้งแล้ว นำเบ้า อินกอทและแท่งกดออกจากเตาเผา โดยใส่อินกอทลงในเบ้า แล้วตามด้วยแท่งกด จากนั้นนำไปเข้าเตาอัด<sup>9</sup> แล้วเพิ่มอุณหภูมิจาก 560 องศาเซลเซียสจนถึง 1180 องศาเซลเซียส แท่งกดจะกดอัดอินกอทเข้าแทนที่ส่วนที่เป็นขี้ผึ้ง ด้วยความดัน 5 บาร์ (bar) (0.5 เมกะปาสคาล) เมื่อกระบวนการอัดสิ้นสุดลงนำเบ้าออก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิประมาณ 23 องศาเซลเซียส) จนเย็น ใช้เวลาประมาณ 60 นาที จากนั้นแยกชิ้นงานออกจากวัสดุทำเบ้าโดยตัดด้วยแผ่นกลม ๓ ตำแหน่งความยาวของแท่งกดก่อน จากนั้นเป่าด้วยเม็ดแก้ว<sup>10</sup> (glass beads) ขนาด 90 ไมครอน (รูปที่ 13) โดยมีระยะห่างระหว่างหัวพ่นถึงชิ้นงานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความดัน 4 บาร์ (0.4 เมกะปาสคาล) จนเห็นชิ้นงาน และพ่นต่อด้วยความดัน 2 บาร์ (0.2 เมกะปาสคาล) จนได้ชิ้นงานที่ติดกับรูเทอออกมา ตัดชิ้นงานออกจากรูเท ด้วยแผ่นกลมกากเพชรชนิดบาง<sup>11</sup> ได้ชิ้นงานแผ่นกลมพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง (รูปที่ 14)

### การเตรียมตัวอย่างพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง

กลุ่มพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง จำนวน 600 ชิ้น แบ่งเป็น 5 กลุ่ม โดยเลือกตัวอย่างในแต่ละกลุ่มอย่างสุ่ม กลุ่มละ 120 ตัวอย่าง คือ

กลุ่มเอ ไมซ์คิฟ (กลุ่มควบคุม) สภาพผิวได้จากการเป่าทรายด้วยเม็ดแก้วขนาด 90 ไมครอน จากขั้นตอนการการแยกชิ้นงาน

<sup>8</sup> KDF, Japan

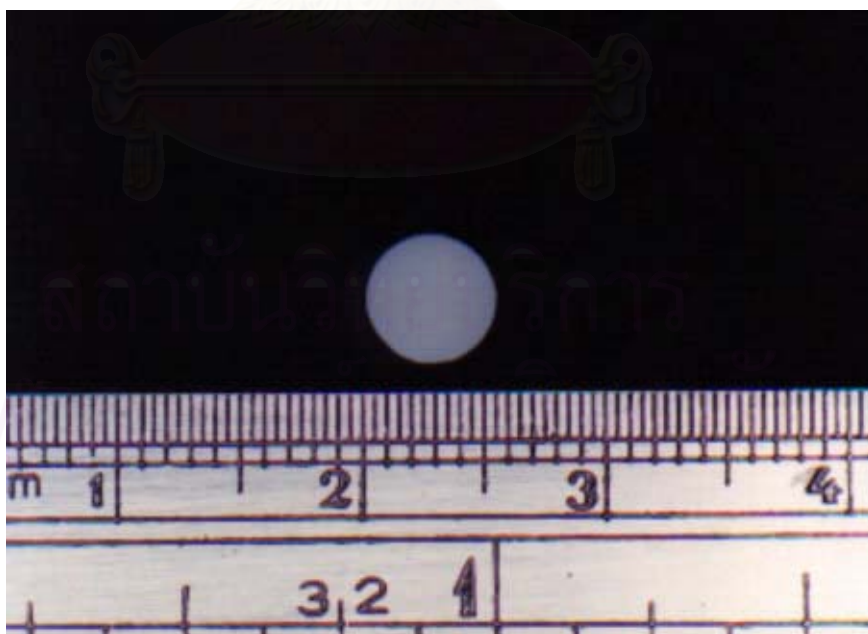
<sup>9</sup> EP 500 Press Furnace, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein

<sup>10</sup> Microblast 90 my, Dentalfarm, Italy

<sup>11</sup> Jota, Switzerland



รูปที่ 13 ก๋ล่องเม็ดแก้ว ขนาด 90 ไมครอน



รูปที่ 14 แผ่นกลมพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง

**กลุ่มบี** ขัดผิวด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์<sup>12</sup> (ขัดเปียก) (รูปที่ 15) ดังนี้ ครั้งแรก ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ขนาด 100 กริท ขัดในทิศทางเดียว ต่อมาขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ขนาด 320 กริท โดยหมุนชิ้นงาน 90 องศา จนหมดรอยจากการขัดครั้งแรก จากนั้นขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ขนาด 600 กริทโดยหมุนชิ้นงานอีก 90 องศาจนหมดรอยจากการขัดครั้งที่สอง ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ขนาด 800 กริทโดยหมุนชิ้นงานอีก 90 องศาจนหมดรอยจากการขัดครั้งที่สาม แล้วขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ขนาด 1200 กริทโดยหมุนชิ้นงานอีก 90 องศาจนผิวเรียบ ทำความสะอาดด้วยเครื่องเขย่าความถี่เหนือเสียง<sup>13</sup> (ultrasonic cleaner) ในน้ำกลั่น (distilled water) เป็นเวลา 5 นาที เป่าลม 30 วินาทีให้แห้ง

**กลุ่มซี** ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์เหมือนกลุ่มบี จากนั้นกรอผิวพอร์ซเลน ด้วยเข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบ<sup>14</sup> รูปทรงสอบปลายมน (รูปที่ 16) ผงกากเพชรมีขนาด 88-105 ไมครอน ด้วยเครื่องกรอความเร็วสูง 200,000 รอบต่อนาที ในสภาวะมีน้ำ กรอต่อเนื่องเป็นจังหวะในทิศทางเดียวกัน เป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่นจากหัวฉีด (triple syringe) แก้อี้อ่าฟัน 20 วินาที แล้วเป่าลมให้แห้ง 30 วินาที

**กลุ่มดี** ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์เหมือนกลุ่มบี จากนั้นกัดด้วยกรด ไฮโดรฟลูออริก<sup>15</sup> ร้อยละ 9.6 (รูปที่ 17) เป็นเวลา 5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นจากหัวฉีดแก้อี้อ่าฟัน 20 วินาที แล้วเป่าลมให้แห้ง 30 วินาที

**กลุ่มอี** ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์เหมือนกลุ่มบี จากนั้นกัดด้วยเจลเอพิเอฟ<sup>16</sup> ร้อยละ 1.23 (รูปที่ 18) เป็นเวลา 10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นจากหัวฉีดแก้อี้อ่าฟัน 20 วินาที แล้วเป่าลมให้แห้ง 30 วินาที

<sup>12</sup> 3M, USA

<sup>13</sup> PC3, L&R Mfg. Co., NJ, USA

<sup>14</sup> Jota, Switzerland

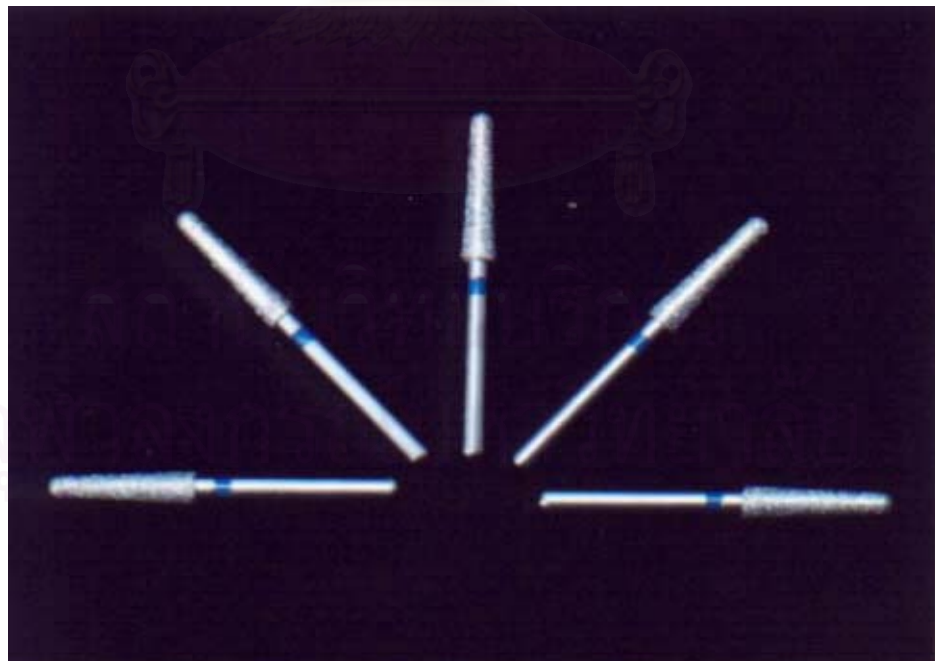
<sup>15</sup> Porcelain Etch Gel, Pulpdent Corporation, USA

<sup>16</sup> Topical Fluoride Gel, Pascal Corp., WA, USA





รูปที่ 15 กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์



รูปที่ 16 เข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบ รูปทรงสอบปลายมน





รูปที่ 17 กรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 9.6



รูปที่ 18 เจลเอฟิเอฟ ความเข้มข้นร้อยละ 1.23

## การเตรียมตัวอย่างเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน

ในแต่ละกลุ่มของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน จะถูกแบ่งเป็น 6 กลุ่ม โดยเลือกตัวอย่างในแต่ละกลุ่มอย่างสุ่ม กลุ่มละ 50 ตัวอย่าง ดังนี้

**กลุ่มที่หนึ่ง** เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่ไม่ได้ขัดผิว (กลุ่มควบคุม) สภาพผิวได้จากการ ปาดเรียบด้วยใบมีดและปิดด้วยฟูกัน

**กลุ่มที่สอง** ขัดผิวด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ วิธีการขัดเช่นเดียวกับการเตรียม พอร์ซเลนกลุ่มที่มีลูไลท์ปริมาณสูง

**กลุ่มที่สาม** การเตรียมเช่นเดียวกับกลุ่มสี่ ในกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง

**กลุ่มที่สี่** ขัดผิวด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์เช่นเดียวกับกลุ่มที่สอง จากนั้น เป่าทรายด้วยเครื่องเป่าทราย<sup>17</sup> (รูปที่ 19) ด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์<sup>18</sup> ขนาด 50 ไมครอน (รูปที่ 20) เป็นเวลา 15 วินาที พ่นห่างจากผิวพอร์ซเลน 20 มิลลิเมตร หัวพ่นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร ความดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) (0.68 เมกะปาสกาล) ล้างด้วยน้ำกลั่นจาก หัวฉีดแก๊สทำฟอง 20 วินาที แล้วเป่าลมให้แห้ง 30 วินาที

**กลุ่มที่ห้า** การเตรียมเช่นเดียวกับกลุ่มสี่ ในกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง

**กลุ่มที่หก** การเตรียมเช่นเดียวกับกลุ่มสี่ ในกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง

**กลุ่มที่เจ็ดถึงกลุ่มที่สิบสอง** เป็นกลุ่มของอะลูมินัสปอร์ซเลน โดยเตรียมเช่นเดียวกับ กลุ่มที่หนึ่งถึงหกของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน

สรุปการเตรียมสภาพผิวในกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง กลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน ดังตารางที่ 1-3

จากนั้นตรวจสอบสภาพผิวพอร์ซเลนทั้งสามกลุ่ม ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิด ส่องกราด<sup>19</sup> เพื่อศึกษาสภาพผิวหลังจากการปรับสภาพผิวด้วยวิธีต่างกัน

<sup>17</sup> Miniblaster, Deldent Ltd., Petach Tikva, Israel

<sup>18</sup> Deldent Ltd., Petach Tikva, Israel

<sup>19</sup> JSM-5800LV Scanning Microscope, JEOL, Japan



รูปที่ 19 เครื่องเป่าทราย



รูปที่ 20 ขวดผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน

ตารางที่ 1 การปรับสภาพผิวในกลุ่มพอร์ซเลนที่อุณหภูมิต่ำ

กลุ่ม	การปรับสภาพผิวพอร์ซเลน
A	ไม่ได้ขัดผิว (กลุ่มควบคุม) สภาพผิวได้จากการเป่าทรายด้วยเม็ดแก้ว ขนาด 90 ไมครอน จากขั้นตอนการแยกชิ้นงาน
B	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท
C	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วกรอด้วยเข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบ รูปทรงสอบปลายมน
D	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.6 เป็นเวลา 5 นาที
E	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วกัดด้วยเจลเอพีเอฟร้อยละ 1.23 เป็นเวลา 10 นาที

ตารางที่ 2 การปรับสภาพผิวในกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (กลุ่ม 1-6) และอะลูมินัสปอร์ซเลน (กลุ่ม 8-12)

กลุ่ม	การปรับสภาพผิวพอร์ซเลน
1, 7	ไม่ได้ขัดผิว (กลุ่มควบคุม) สภาพผิวได้จากการปิดเรียบด้วยใบมีดและฟูกัน
2, 8	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท
3, 9	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วกรอด้วยเข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบ รูปทรงสอบปลายมน
4, 10	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วเป่าทรายด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน 15 วินาที
5, 11	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.6 เป็นเวลา 5 นาที
6, 12	ขัดด้วยกระดาษซลิทคอนคาร์ไบด์ ขนาด 100 320 600 800 และ 1200 กริท แล้วกัดด้วยเจลเอพีเอฟร้อยละ 1.23 เป็นเวลา 10 นาที

## การยึดพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน

นำกลุ่มที่หนึ่งถึงสิบสองของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน ยึดกับอะคริลิเกรซินไส<sup>20</sup> ด้วยแม่แบบพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร โดยเทอะคริลิเกรซินไสหนา 30 มิลลิเมตร (รูปที่ 21-25) ซึ่งแม่แบบพลาสติกนี้มีขนาดพอดีกับเครื่องมือจับในการทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อ แล้วตั้งบนเครื่องกด (รูปที่ 26) โดยตั้งหน้าตัดของพอร์ซเลนให้ขนานกับแนวราบ จากนั้นนำกลุ่มเอถึงอีของพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง มายึดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนและอะลูมินัสปอร์ซเลน (กลุ่มที่หนึ่งถึงกลุ่มที่สิบสอง) แต่ละกลุ่ม ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นกลมพอร์ซเลน โดยผิวของพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง (กลุ่มเอถึงอี) เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน จะเตรียมเหมือนกันคือ ทาไซเลน<sup>21</sup> (รูปที่ 27) 60 วินาที เป่าแห้ง ทาเรซินที่ไม่มีสารอัดแทรก<sup>22</sup> (รูปที่ 28) โดยแปรงเป็นชั้นบางๆ เป่าส่วนเกินออกด้วยลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมัน จากนั้นผสมเรซินซีเมนต์<sup>23</sup> (รูปที่ 29) สี 210/A3 ด้วยพายผสม โดยผสมส่วนพื้นฐาน กับส่วนเร่งปฏิกิริยาความหนืดต่ำ ในอัตราส่วน 1:1 บนกระดาษผสม ภายในเวลา 10 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัท ใส่เรซินซีเมนต์ลงบนพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง และพอร์ซเลนกลุ่มที่หนึ่งถึงกลุ่มที่สิบสอง ทีละกลุ่ม นำมายึดด้วยกัน โดยใช้แรงกด 200 กรัม ในแนวตั้ง จนผิวของพอร์ซเลนทั้งสองแนบสนิทกัน (รูปที่ 30 และ 31) ใช้ฟุ้งกันป้ายเรซินซีเมนต์ส่วนเกินออก แล้วฉายแสง<sup>24</sup> (แสงที่ตาคนมองเห็นได้ (visible light) ความยาวคลื่นแสง 400-500 นาโนเมตร) ทั้งสี่ด้าน ด้านละ 1 นาที จากนั้นเอาออกจากเครื่องกด แล้วฉายแสงซ้ำอีก 2 นาที เพื่อให้เรซินซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ได้ชิ้นงานดังรูปที่ 32

หลังจากนั้น นำตัวอย่างทั้งหมดมาเก็บในตู้ที่มีความชื้นร้อยละ 60 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>20</sup> Takilon, Rodont s.r.l., USA

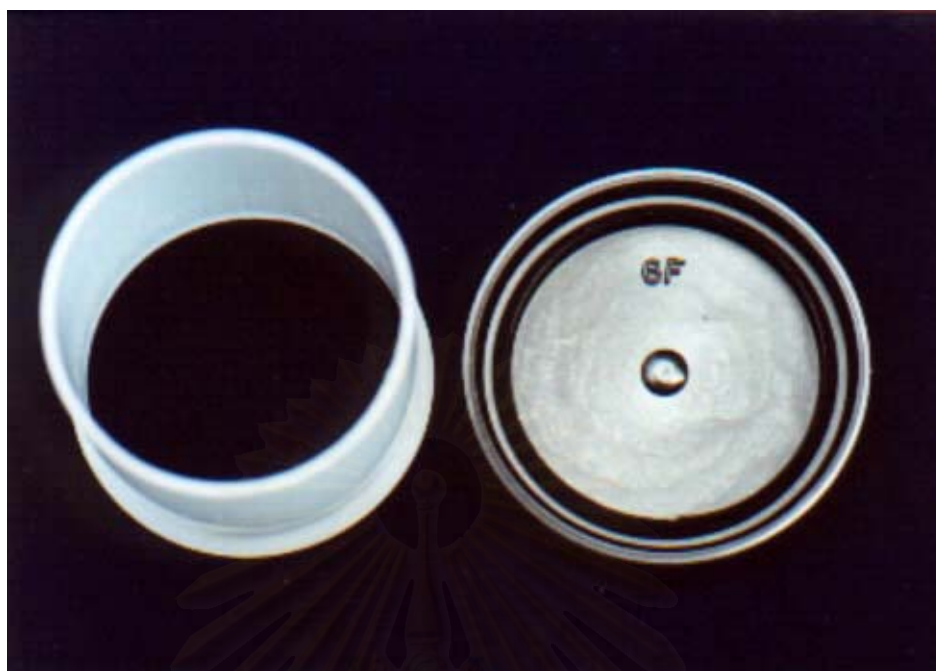
<sup>21</sup> Monobond-S, Vivadent, Schaan, Liechtenstein

<sup>22</sup> Heliobond, Vivadent, Schaan, Liechtenstein

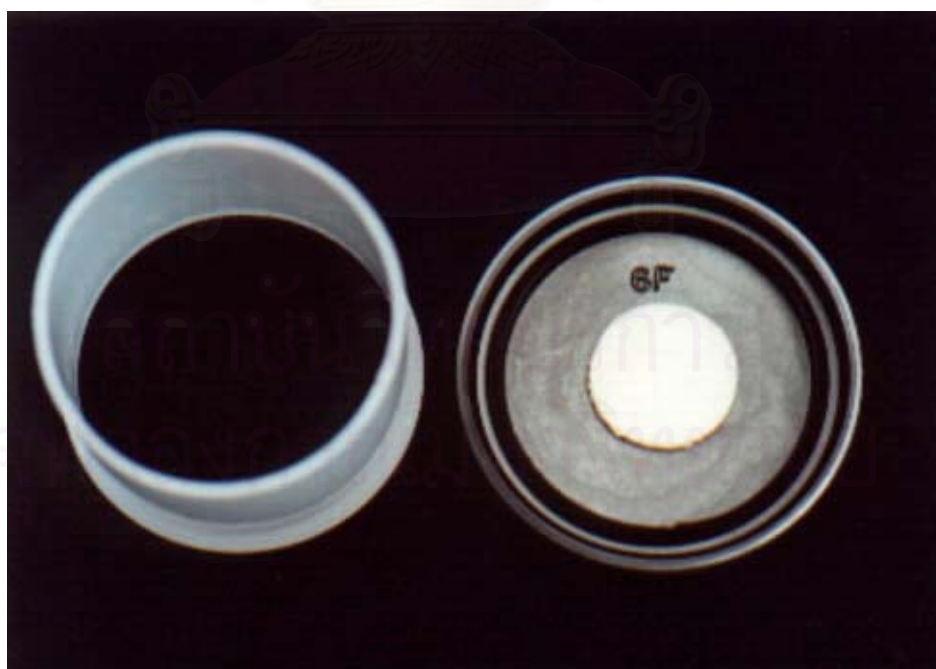
<sup>23</sup> Variolink II, Vivadent, Schaan, Liechtenstein

<sup>24</sup> Translux EC, Kulzer & Co GmbH, Germany





รูปที่ 21 แม่แบบพลาสติกที่ใช้ยึดพอร์ชเลน



รูปที่ 22 แผ่นกลมพอร์ชเลนวางที่ฝาแม่แบบพลาสติก



รูปที่ 23 การนำส่วนแม่แบบพลาสติกวางบนฝาแม่แบบพลาสติก



รูปที่ 24 การเทอะคริลิกเรซินใส่ลงในแม่แบบพลาสติก



รูปที่ 25 ชิ้นงานหลังจากยึดด้วยอะคริลิกเรซินใส



รูปที่ 26 เครื่องกด



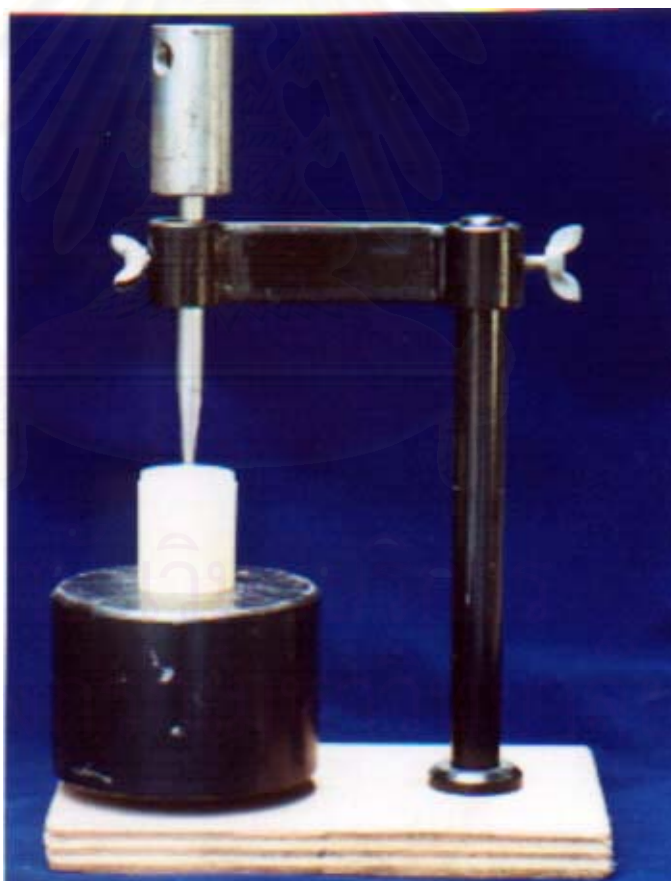
รูปที่ 27 ไซเลน



รูปที่ 28 เรซินที่ไม่มีสารอัดแทรก

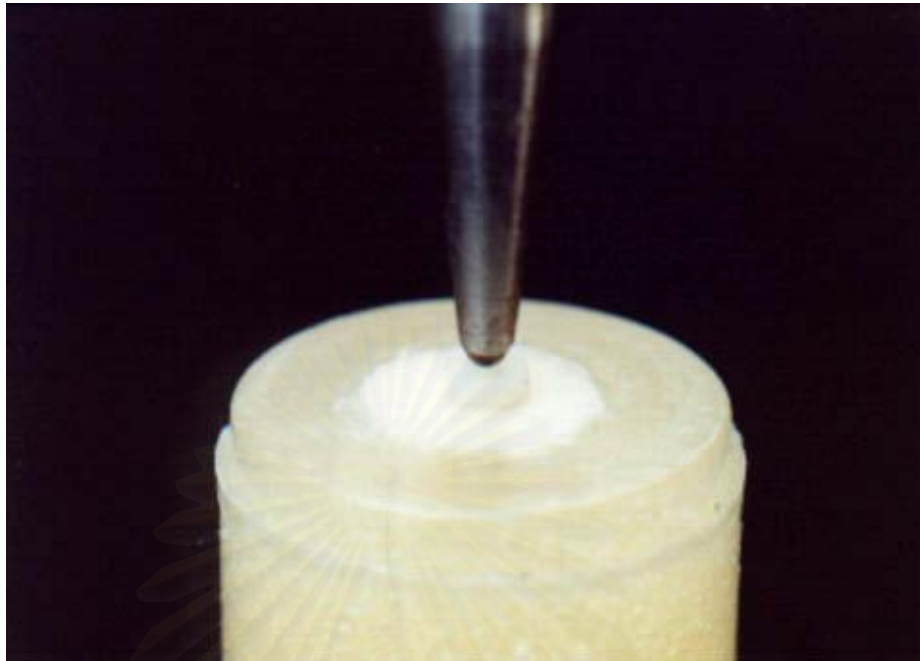


รูปที่ 29 เรซินซีเมนต์



รูปที่ 30 การยึดพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน  
หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน





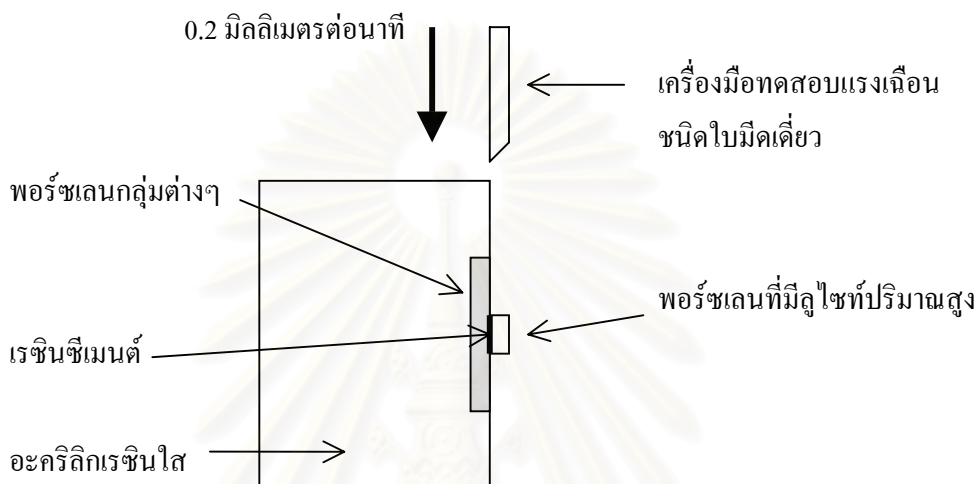
รูปที่ 31 การยึดพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน  
หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน



รูปที่ 32 ชิ้นงานหลังจากยึดพอร์ซเลนทั้งสองชนิด

### การทดสอบความแข็งแรงพันธะฉนวน

นำตัวอย่างทั้งหมดไปทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะฉนวน ด้วยเครื่องทดสอบสากล<sup>25</sup> ชนิดไบมิตเดียว ด้วยความเร็วตัดขวาง 0.2 มิลลิเมตรต่อนาที วัดค่าแรงที่ทำให้พอร์ซเลนทั้งสองชิ้น หลุดออกจากกัน หน่วยเป็นนิวตัน ดังรูปที่ 33 และ 34



รูปที่ 33 การทดสอบความแข็งแรงพันธะฉนวน

นำค่าแรงที่ได้มาคำนวณหาค่าความแข็งแรงพันธะฉนวน โดยใช้สูตร

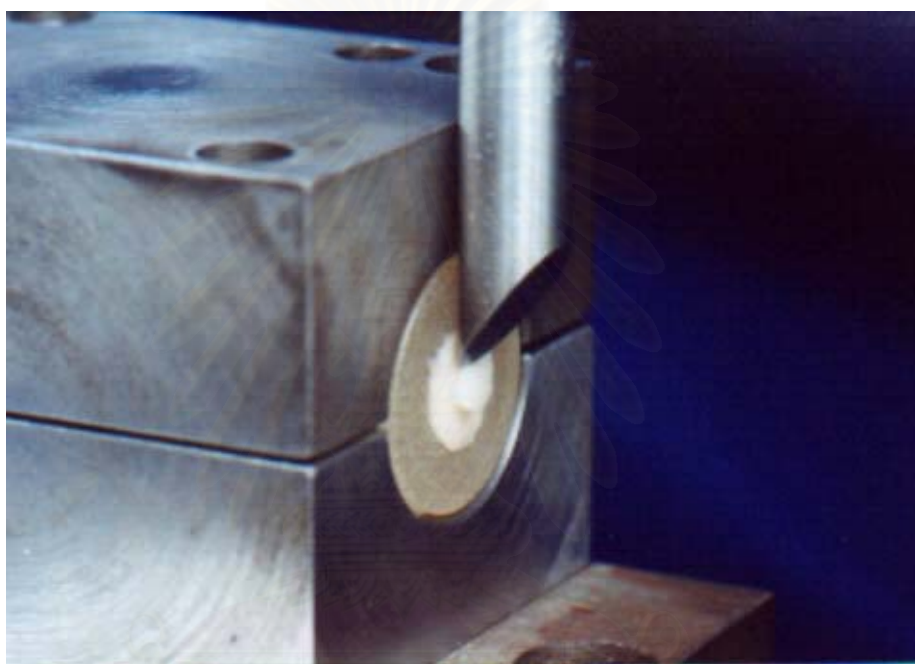
$$\begin{aligned} \text{ความแข็งแรงพันธะฉนวน} &= \frac{\text{แรง}}{\text{พื้นที่หน้าตัด}} \\ &= \frac{F}{\pi r^2} \end{aligned}$$

F คือค่าแรงที่ใช้ทำให้พอร์ซเลนสองชิ้นหลุดออกจากกัน หน่วยเป็นนิวตัน

r คือรัศมีของชิ้นพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูง (วัดค่าแต่ละชิ้น) หน่วยเป็นเมตร

หน่วยของความแข็งแรงพันธะฉนวนคือ นิวตันต่อตารางเมตร ( $\text{N/m}^2$ ) หรือปาสคาล หรือแปลงเป็นเมกะปาสคาล

<sup>25</sup> Instron, model 5583, Instron Corp., Canton, MA, USA



รูปที่ 34 การทดสอบความแข็งแรงพันธะเชื่อม ด้วยเครื่องทดสอบสากล

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาตรวจหาการแตกหัก ด้วยกล้องสเตอริโอสโคป<sup>26</sup> (stereoscope) กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อตรวจสอบสภาพการแตกหัก ตามการจำแนกการแตก

#### การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าความแข็งแรงพันธะเดือนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และการทดสอบทูกีย์ (Tukey's test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (confidence level 95%,  $\alpha = 0.05$ )



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

<sup>26</sup> Olympus SZ4045TR, model 8M00733, Japan

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จุดประสงค์ของการทดลองนี้คือ เพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อระหว่างพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน ซึ่งยึดติดกันด้วยเรซินซีเมนต์ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มแรกคือกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ซึ่งยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง และแบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อย ตามการปรับสภาพผิว (กลุ่มที่ 1-6) และอีกกลุ่มคือกลุ่มอะลูมินัสพอร์ซเลน ซึ่งยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง และแบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อย ตามการปรับสภาพผิวเช่นกัน (กลุ่มที่ 7-12) โดยการยึดติดกันในพอร์ซเลนแต่ละกลุ่มนั้นมีการปรับสภาพผิวที่แตกต่างกันคือ พอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง มี 5 แบบคือ กลุ่มควบคุม (เป่าทรายด้วยเม็ดแก้วขนาด 90 ไมครอน) กลุ่มขัดเรียบด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ส่วนกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสพอร์ซเลน มี 6 แบบ คือ กลุ่มควบคุม (ปาดผิวให้เรียบด้วยใบมีดและปัดด้วยฟู่กัน) กลุ่มขัดเรียบด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร กลุ่มเป่าทราย กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด และศึกษาถึงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อ ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกันด้วย จากนั้นนำชิ้นงานมาทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อด้วยเครื่องทดสอบสากล ที่มีน้ำหนักสูงสุดของหัวกดเท่ากับ 5 กิโลนิวตัน หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.2 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่าแรงที่ใช้ทำให้ชิ้นงานพอร์ซเลนแยกออกจากกัน เป็นนิวตัน แล้วคำนวณเป็นค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแต่ละกลุ่มเป็นเมกะปาสคาล จากนั้นนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่มด้วยวิธีทดสอบทูกีย์ (Tukey's test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (confidence level 95%,  $\alpha = 0.05$ ) ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้



## ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลการทดลองในแต่ละกลุ่มใหญ่

กลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง  
ผลการทดลองในกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1A 1B 1C 1D 1E ตารางที่ 3 และ 4 รูปที่  
35)

กลุ่มที่ 1 คือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุมยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง 5 แบบคือ กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1A =  $16.665 \pm 3.635$  MPa) กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 1B =  $15.926 \pm 1.827$  MPa) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 1C =  $20.170 \pm 2.288$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 1D =  $18.256 \pm 1.959$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 1E =  $17.546 \pm 2.063$  MPa) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 2 กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2A 2B 2C 2D 2E ตารางที่ 5 และ 6 รูปที่  
36)

กลุ่มที่ 2 คือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง 5 แบบ คือ กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 2A =  $18.551 \pm 3.614$  MPa) กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2B =  $16.688 \pm 2.845$  MPa) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 2C =  $22.294 \pm 3.093$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 2D =  $20.191 \pm 2.425$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 2E =  $19.573 \pm 3.401$  MPa) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 3 ค่าความแข็งแรงพันธะเหนือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	1A	1B	1C	1D	1E
	19.915	18.249	19.075	19.325	18.043
	12.670	15.140	18.145	15.088	16.507
	12.740	14.289	19.788	16.421	16.847
	13.065	16.043	21.677	18.502	19.055
	19.818	15.651	16.024	18.677	20.493
	14.627	15.436	18.798	21.774	19.357
	17.438	14.493	22.954	19.119	14.638
	17.591	13.851	20.516	18.342	19.689
	23.491	19.726	23.552	19.377	15.157
	15.297	16.387	21.171	15.939	15.676
ค่าเฉลี่ย	16.665	15.926	20.170	18.256	17.546
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	3.635	1.827	2.288	1.959	2.063

กลุ่ม 1A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 1B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียง

กลุ่ม 1C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย

เพิ่มกรอกากเพชร

กลุ่ม 1D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด

ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 1E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้

เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 4 ค่าทางสถิติของเฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	1A	1B	1C	1D	1E
1A	-				
1B	NS	-			
1C	NS	NS	-		
1D	NS	NS	NS	-	
1E	NS	NS	NS	NS	-

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1A – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 1B – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 1C – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 1D – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 1E – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- รูปที่ 35 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหล็กเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน
- กลุ่ม 1A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 1B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ
- กลุ่ม 1C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรอกกากเพชร
- กลุ่ม 1D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด
- กลุ่ม 1E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

ตารางที่ 5 ค่าความแข็งแรงพันธะเลื่อน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซ่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	2A	2B	2C	2D	2E
	14.178	21.526	25.809	19.625	14.878
	18.940	15.516	17.129	23.195	18.499
	25.584	15.386	24.670	22.499	22.306
	18.126	16.410	19.637	19.904	19.223
	16.993	11.647	22.438	16.588	20.019
	13.910	19.101	21.879	17.620	13.967
	21.061	17.379	21.076	22.261	18.888
	17.090	13.604	27.402	17.779	24.544
	22.369	17.527	23.063	23.001	19.779
	17.257	18.780	19.841	19.438	23.629
ค่าเฉลี่ย	18.551	16.688	22.294	20.191	19.573
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	3.614	2.845	3.093	2.425	3.401

กลุ่ม 2A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซ่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 2B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซ่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 2C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซ่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 2D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซ่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 2E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซ่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด



ตารางที่ 6 ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มจัดเรียง (กลุ่ม 2) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มี  
 ฤทธิ์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	2A	2B	2C	2D	2E
2A	-				
2B	NS	-			
2C	NS	NS	-		
2D	NS	NS	NS	-	
2E	NS	NS	NS	NS	-

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 2A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

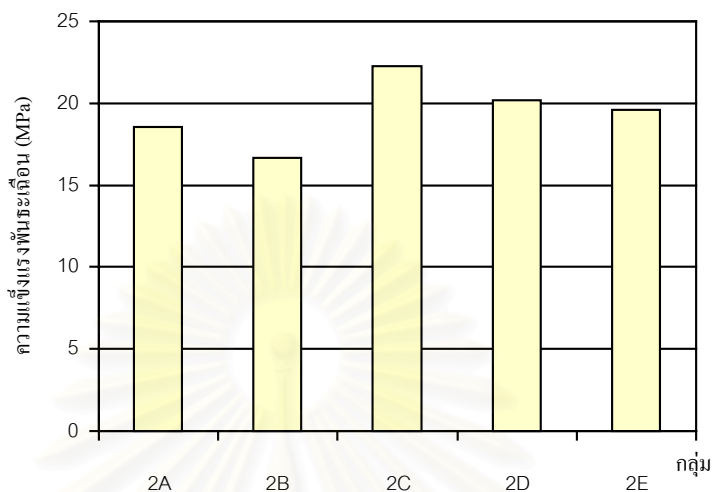
กลุ่ม 2B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียง

กลุ่ม 2C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
 เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 2D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
 ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 2E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
 เจลเอพีเอฟกัด

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- รูปที่ 36 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มจัดเรียง (กลุ่ม 2) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน
- กลุ่ม 2A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม  
ควบคุม
- กลุ่ม 2B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม  
จัดเรียง
- กลุ่ม 2C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม  
กรอด้วยเข็มกรอกากเพชร
- กลุ่ม 2D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่  
ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด
- กลุ่ม 2E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่  
ใช้เจลเอพิเอฟกัด

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 3 กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3A 3B 3C 3D 3E ตารางที่ 7 และ 8 รูปที่ 37)

กลุ่มที่ 3 คือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (3A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (3C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (3D) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด(3E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3C =  $30.102 \pm 3.738$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 3A =  $28.622 \pm 5.072$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 3D =  $28.531 \pm 3.545$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 3E =  $28.049 \pm 4.613$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 3B =  $19.905 \pm 4.129$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 4 กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4A 4B 4C 4D 4E ตารางที่ 9 และ 10 รูปที่ 38)

กลุ่มที่ 4 คือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (4A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (4C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (4D) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (4E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 4C =  $28.819 \pm 3.611$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 4D =  $27.605 \pm 4.138$  MPa) กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 4A =  $27.539 \pm 4.017$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 4E =  $27.068 \pm 2.759$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 4B =  $19.095 \pm 2.745$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 7 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	3A	3B	3C	3D	3E
	34.693	21.648	31.742	28.807	31.137
	25.227	28.179	32.381	27.470	24.619
	20.532	15.323	24.379	31.647	34.862
	32.050	19.873	24.312	32.087	25.340
	23.277	17.327	27.428	30.929	24.033
	30.643	20.440	29.737	27.511	29.187
	32.629	17.888	35.412	22.936	24.147
	22.944	16.661	29.918	24.179	35.491
	31.542	25.195	32.165	33.675	22.786
	32.681	16.519	33.545	26.066	28.895
ค่าเฉลี่ย	28.622	19.905	30.102	28.531	28.049
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.072	4.129	3.738	3.545	4.613

กลุ่ม 3A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 3B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 3C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 3D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 3E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด

ตารางที่ 8 ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาติกพอร์ชเลน กลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	3A	3B	3C	3D	3E
3A	-				
3B	*	-			
3C	NS	*	-		
3D	NS	*	NS	-	
3E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 3A – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

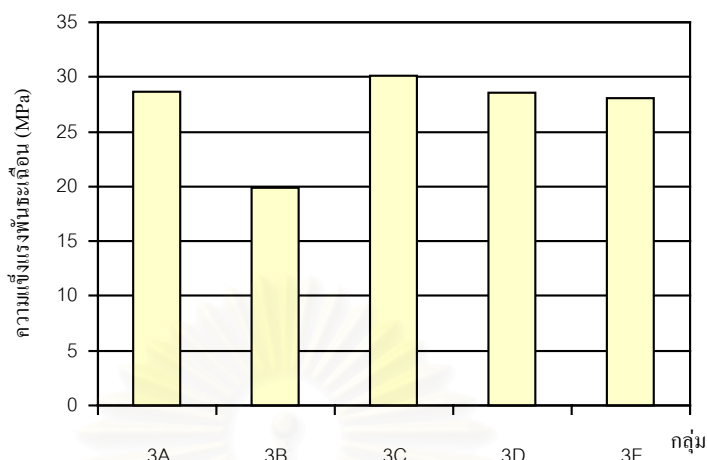
กลุ่ม 3B – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 3C – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 3D – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 3E – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลาเอพิเอฟกัก





รูปที่ 37 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเลื่อนเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 3A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 3B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 3C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 3D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 3E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด

ตารางที่ 9 ค่าความแข็งแรงพันธะเหนือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	4A	4B	4C	4D	4E
	35.159	19.765	26.710	27.082	27.405
	21.407	19.741	25.834	26.601	30.319
	24.997	23.812	26.714	29.585	24.007
	31.548	20.032	26.945	30.143	21.447
	27.056	20.836	36.887	34.308	27.136
	28.840	13.806	31.240	27.709	25.868
	28.986	16.561	32.481	27.375	29.957
	26.133	17.052	25.730	22.149	29.367
	28.700	18.799	27.522	20.107	28.383
	23.101	20.549	28.133	30.993	26.786
ค่าเฉลี่ย	27.593	19.095	28.819	27.605	27.068
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	4.017	2.745	3.611	4.138	2.759

กลุ่ม 4A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 4B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 4C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เพิ่มกรอกากเพชร

กลุ่ม 4D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 4E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 10 ค่าทางสถิติของเฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลน กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มี  
 ฤทธิ์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	4A	4B	4C	4D	4E
4A	-				
4B	*	-			
4C	NS	*	-		
4D	NS	*	NS	-	
4E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 4A – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

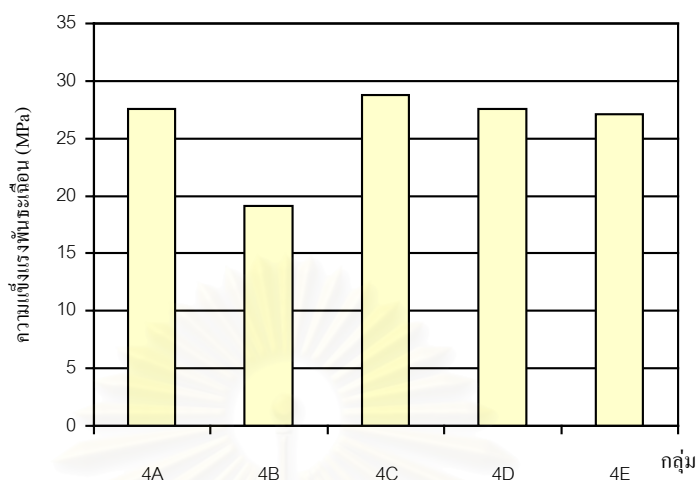
กลุ่ม 4B – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 4C – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
 เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 4D – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
 ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 4E – เฟลด์ส์ปาติกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีฤทธิ์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
 เจลเอพีเอฟกัด

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 38 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเดิมเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 4A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม  
ควบคุม

กลุ่ม 4B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม  
ขัดเรียบ

กลุ่ม 4C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม  
กรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 4D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม  
ที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 4E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม  
ที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 5 กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5A 5B 5C 5D 5E ตารางที่ 11 และ 12 รูปที่ 39)

กลุ่มที่ 5 คือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (5A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (5C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (5D) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (5E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 5C =  $29.169 \pm 4.394$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5D =  $28.722 \pm 3.413$  MPa) กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 5A =  $27.008 \pm 4.095$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 5E =  $26.898 \pm 4.324$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 5B =  $20.042 \pm 4.095$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 6 กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 6A 6B 6C 6D 6E ตารางที่ 13 และ 14 รูปที่ 40)

กลุ่มที่ 6 คือ เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (6A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (6C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (6D) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (6E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 6C =  $29.129 \pm 3.579$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 6D =  $27.389 \pm 3.439$  MPa) กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 6E =  $26.669 \pm 6.092$  MPa) และกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 6A =  $26.720 \pm 3.373$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 6B =  $19.423 \pm 4.519$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



ตารางที่ 11 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	5A	5B	5C	5D	5E
	30.832	16.318	31.056	28.820	23.220
	24.479	20.256	26.962	27.965	20.619
	24.854	23.619	33.267	32.450	26.867
	27.879	15.412	22.269	25.752	28.251
	23.424	19.879	30.744	33.561	28.103
	20.184	24.024	31.547	29.968	35.252
	24.293	12.756	33.809	28.752	21.425
	31.926	24.163	21.311	26.011	30.038
	31.216	24.137	28.540	22.330	28.457
	30.989	19.853	32.184	31.615	26.747
ค่าเฉลี่ย	27.008	20.042	29.169	28.722	26.898
ส่วนเบี่ยงเบน	4.095	4.095	4.394	3.413	4.324
มาตรฐาน					

กลุ่ม 5A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 5B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 5C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 5D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 5E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรอไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 12 ค่าทางสถิติของเฟลด์สปาติกพอร์ชเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	5A	5B	5C	5D	5E
5A	-				
5B	*	-			
5C	NS	*	-		
5D	NS	*	NS	-	
5E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 5A – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 5B – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 5C – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 5D – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 5E – เฟลด์สปาติกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 39 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเยื่อของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (กลุ่ม 5) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 5A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 5B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 5C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 5D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก

กลุ่ม 5E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค

ตารางที่ 13 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟ กัด (กลุ่ม 6) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	6A	6B	6C	6D	6E
	22.346	23.444	31.732	29.457	29.665
	27.475	23.477	33.463	26.122	33.148
	21.648	13.178	31.160	25.980	21.011
	28.868	14.946	22.279	26.827	18.853
	23.995	23.751	33.181	24.851	35.723
	29.735	20.074	28.594	33.500	23.999
	29.693	22.811	28.822	23.596	22.459
	30.863	15.423	30.200	24.368	21.401
	24.114	13.872	26.338	26.345	34.102
	28.466	23.258	25.530	32.853	26.329
ค่าเฉลี่ย	26.720	19.423	29.129	27.389	26.669
ส่วนเบี่ยงเบน	3.373	4.519	3.579	3.439	6.092
มาตรฐาน					

กลุ่ม 6A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 6B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 6C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 6D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 6E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 14 ค่าทางสถิติของเฟลด์สปากทิกพอร์ชเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด (กลุ่ม 6) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	6A	6B	6C	6D	6E
6A	-				
6B	*	-			
6C	NS	*	-		
6D	NS	*	NS	-	
6E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 6A – เฟลด์สปากทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 6B – เฟลด์สปากทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

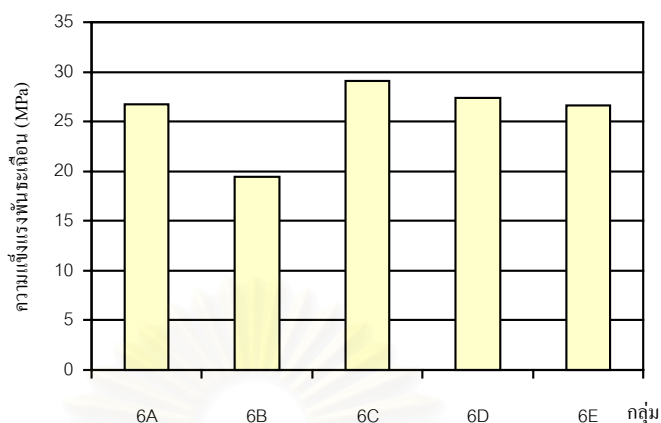
กลุ่ม 6C – เฟลด์สปากทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 6D – เฟลด์สปากทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด

กลุ่ม 6E – เฟลด์สปากทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกั๊ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 40 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 6) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 6A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 6B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 6C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 6D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด

กลุ่ม 6E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน

ผลการทดลองในกลุ่ม A (กลุ่ม 1A 2A 3A 4A 5A 6A ตารางที่ 15 และ 16 รูปที่ 41)

กลุ่มนี้คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3A) กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4A) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5A) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 6A) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3A =  $28.622 \pm 5.072$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4A =  $27.593 \pm 4.017$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5A =  $27.008 \pm 4.095$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 6A =  $26.720 \pm 3.373$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1A =  $16.665 \pm 3.635$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2A =  $18.551 \pm 3.614$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่ม B (กลุ่ม 1B 2B 3B 4B 5B 6B ตารางที่ 17 และ 18 รูปที่ 42)

กลุ่มนี้คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน คือ กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1B =  $15.926 \pm 1.827$  MPa) กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2B =  $16.688 \pm 2.845$  MPa) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3B =  $19.905 \pm 4.129$  MPa) กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4B =  $19.095 \pm 2.745$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5B =  $20.042 \pm 4.095$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 6B =  $19.423 \pm 4.519$  MPa) จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ทั้ง 6 กลุ่มมีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 15 ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อ (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	1A	2A	3A	4A	5A	6A
	19.915	14.178	34.693	35.159	30.832	22.346
	12.670	18.940	25.227	21.407	24.479	27.475
	12.740	25.584	20.532	24.997	24.854	21.648
	13.065	18.126	32.050	31.548	27.879	28.868
	19.818	16.993	23.277	27.056	23.424	23.995
	14.627	13.910	30.643	28.840	20.184	29.735
	17.438	21.061	32.629	28.986	24.293	29.693
	17.591	17.090	22.944	26.133	31.926	30.863
	23.491	22.369	31.542	28.700	31.216	24.114
	15.297	17.257	32.681	23.101	30.989	28.466
ค่าเฉลี่ย	16.665	18.551	28.622	27.593	27.008	26.720
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	3.635	3.614	5.072	4.017	4.095	3.373

กลุ่ม 1A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 2A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 3A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 4A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 5A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 6A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

ตารางที่ 16 ค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	1A	2A	3A	4A	5A	6A
1A	-					
2A	NS	-				
3A	*	*	-			
4A	*	*	NS	-		
5A	*	*	NS	NS	-	
6A	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 2A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

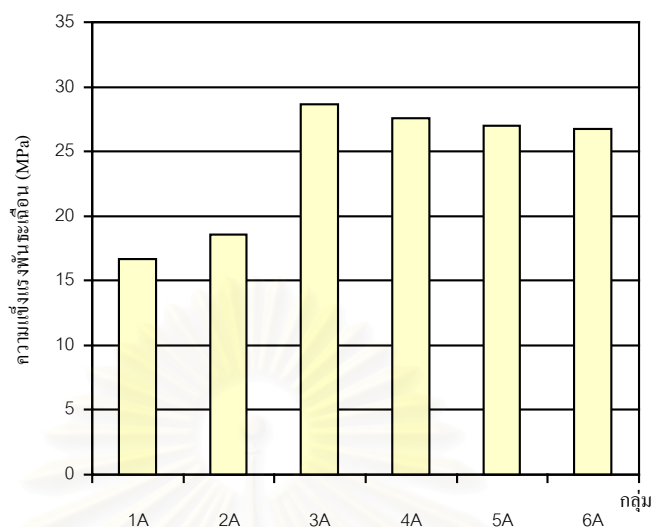
กลุ่ม 3A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 4A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 5A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 6A – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- รูปที่ 41 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน
- กลุ่ม 1A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 2A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 3A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรออากาศเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 4A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 5A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 6A – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม



ตารางที่ 17 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	1B	2B	3B	4B	5B	6B
	18.249	21.526	21.648	19.765	16.318	23.444
	15.140	15.516	28.179	19.741	20.256	23.477
	14.289	15.386	15.323	23.812	23.619	13.178
	16.043	16.410	19.873	20.032	15.412	14.946
	15.651	11.647	17.327	20.836	19.879	23.751
	15.436	19.101	20.440	13.806	24.024	20.074
	14.493	17.379	17.888	16.561	12.756	22.811
	13.851	13.604	16.661	17.052	24.163	15.423
	19.726	17.527	25.195	18.799	24.137	13.872
	16.387	18.780	16.519	20.549	19.853	23.258
ค่าเฉลี่ย	15.926	16.688	19.905	19.095	20.042	19.423
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	1.827	2.845	4.129	2.745	4.095	4.519

กลุ่ม 1B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 2B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 3B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรวดกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 4B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 5B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 6B – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มจัดเรียบ

ตารางที่ 18 ค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	1B	2B	3B	4B	5B	6B
1B	-					
2B	NS	-				
3B	NS	NS	-			
4B	NS	NS	NS	-		
5B	NS	NS	NS	NS	-	
6B	NS	NS	NS	NS	NS	-

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 2B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

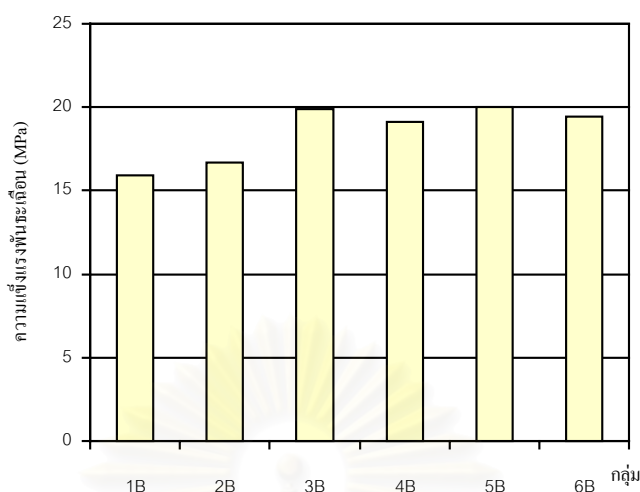
กลุ่ม 3B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรวดกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 4B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 5B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 6B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัลด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 42 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเคียนเฉลี่ยของพอร์ชเลนที่มีลูไซท์ ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 1B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม จัดเรียบ

กลุ่ม 2B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม จัดเรียบ

กลุ่ม 3B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มี ลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 4B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่ม จัดเรียบ

กลุ่ม 5B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มี ลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 6B – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไซท์ ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

ผลการทดลองในกลุ่ม C (กลุ่ม 1C 2C 3C 4C 5C 6C ตารางที่ 19 และ 20 รูปที่ 43)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3C =  $30.102 \pm 3.738$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5C =  $29.169 \pm 4.394$  MPa) กลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 6C =  $29.129 \pm 3.579$  MPa) และกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4C =  $28.819 \pm 3.611$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ และทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1C =  $20.170 \pm 2.288$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2C =  $22.294 \pm 3.093$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่ม D (กลุ่ม 1D 2D 3D 4D 5D 6D ตารางที่ 21 และ 22 รูปที่ 44)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5D =  $28.722 \pm 3.413$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3D =  $28.531 \pm 3.545$  MPa) กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4D =  $27.605 \pm 4.138$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลาเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 6D =  $27.389 \pm 3.439$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ และทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1D =  $18.256 \pm 1.959$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2D =  $20.191 \pm 2.424$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 19 ค่าความแข็งแรงพันธะเลื่อน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
 เข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	1C	2C	3C	4C	5C	6C
	19.075	25.809	31.742	26.710	31.056	31.732
	18.145	17.129	32.381	25.834	26.962	33.463
	19.788	24.670	24.379	26.714	33.267	31.160
	21.677	19.637	24.312	26.945	22.269	22.279
	16.024	22.438	27.428	36.887	30.744	33.181
	18.798	21.879	29.737	31.240	31.547	28.594
	22.954	21.076	35.412	32.481	33.809	28.822
	20.516	27.402	29.918	25.730	21.311	30.200
	23.552	23.063	32.165	27.522	28.540	26.338
	21.171	19.841	33.545	28.133	32.184	25.530
ค่าเฉลี่ย	20.170	22.294	30.102	28.819	29.169	29.129
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	2.288	3.093	3.738	3.611	4.394	3.579

กลุ่ม 1C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 2C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 3C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
 กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 4C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
 เข็มกรอ

กลุ่ม 5C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
 กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 6C – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
 กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ



ตารางที่ 20 ค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	1C	2C	3C	4C	5C	6C
1C	-					
2C	NS	-				
3C	*	*	-			
4C	*	*	NS	-		
5C	*	*	NS	NS	-	
6C	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

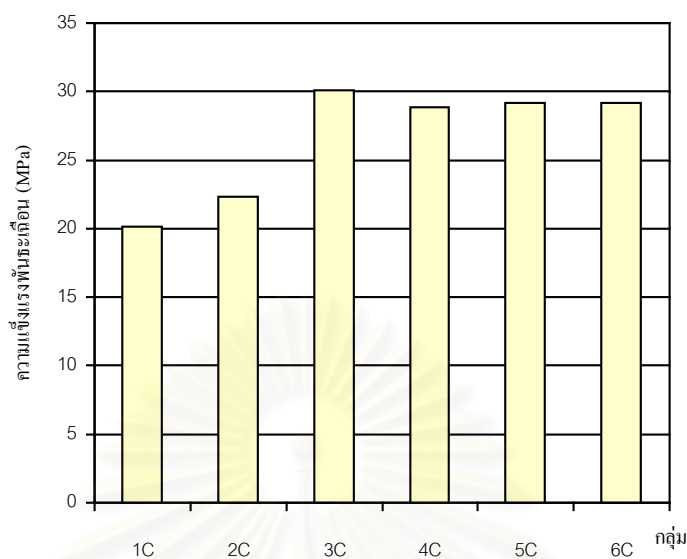
กลุ่ม 2C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 3C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 4C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 5C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 6C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยหัวกรอกากเพชร



รูปที่ 43 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 1C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 2C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 3C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 4C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 5C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 6C – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอดด้วยหัวกรอกากเพชร

ตารางที่ 21 ค่าความแข็งแรงพันธะเหนือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	1D	2D	3D	4D	5D	6D
	19.325	19.625	28.807	27.082	28.820	29.457
	15.088	23.195	27.470	26.601	27.965	26.122
	16.421	22.499	31.647	29.585	32.450	25.980
	18.502	19.904	32.087	30.143	25.752	26.827
	18.677	16.588	30.929	34.308	33.561	24.851
	21.774	17.620	27.511	27.709	29.968	33.500
	19.119	22.261	22.936	27.375	28.752	23.596
	18.342	17.779	24.179	22.149	26.011	24.368
	19.377	23.001	33.675	20.107	22.330	26.345
	15.939	19.438	26.066	30.993	31.615	32.853
ค่าเฉลี่ย	18.256	20.191	28.531	27.605	28.722	27.389
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.959	2.424	3.545	4.138	3.413	3.439

กลุ่ม 1D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 2D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 3D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 4D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 5D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 6D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

ตารางที่ 22 ค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	1D	2D	3D	4D	5D	6D
1D	-					
2D	NS	-				
3D	*	*	-			
4D	*	*	NS	-		
5D	*	*	NS	NS	-	
6D	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

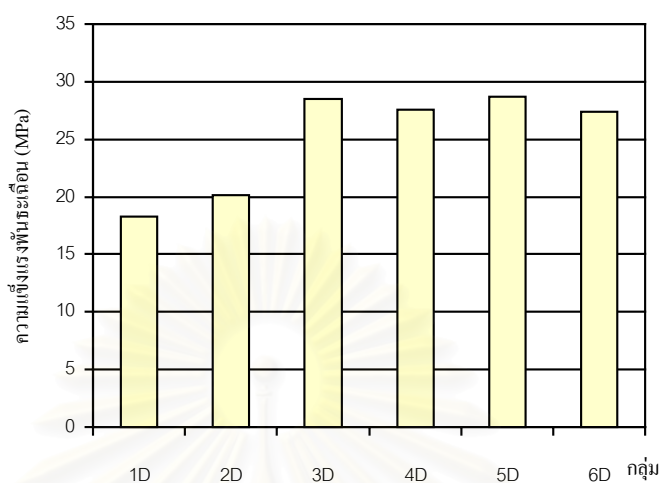
กลุ่ม 2D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 3D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 4D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 5D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 6D – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด



รูปที่ 44 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 1D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 2D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 3D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 4D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 5D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 6D – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัลด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด



ผลการทดลองในกลุ่ม E (กลุ่ม 1E 2E 3E 4E 5E 6E ตารางที่ 23 และ 24 รูปที่ 45)

กลุ่มนี้คือกลุ่มพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัดยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 3E =  $28.049 \pm 4.613$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 4E =  $27.068 \pm 2.759$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 5E =  $26.898 \pm 4.324$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัดยึด (กลุ่ม 6E =  $26.669 \pm 6.092$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ และทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1E =  $17.546 \pm 2.063$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 2E =  $19.573 \pm 3.401$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

กลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน เมื่อพิจารณาทุกกลุ่ม (ตารางที่ 25 และ 26 รูปที่ 46)

เมื่อพิจารณากลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนทุกกลุ่ม พบว่าเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ซึ่งยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (3C) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด และกลุ่มที่มีค่ารองลงมาตามลำดับคือ กลุ่ม 5C 6C 4C 5D 3A 3D 3E 4D 4A 6D 4E 5A 5E 6A และ 6E โดยทั้ง 16 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ซึ่งยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ (1B) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำที่สุด และกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนต่ำรองขึ้นมาคือ กลุ่ม 1A 2B 1E 1D 2A 4B 6B 2E 3B 5B 1C และ 2D โดยทั้ง 13 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนในระดับสูงทั้ง 16 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และกลุ่ม 2C มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนแตกต่างจากกลุ่ม 1B 3D 3A 5D 4C 6C 5C และ 3C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 23 ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อ (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม E) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	1E	2E	3E	4E	5E	6E
	18.043	14.878	31.137	27.405	23.220	29.665
	16.507	18.499	24.619	30.319	20.619	33.148
	16.847	22.306	34.862	24.007	26.867	21.011
	19.055	19.223	25.340	21.447	28.251	18.853
	20.493	20.019	24.033	27.136	28.103	35.723
	19.357	13.967	29.187	25.868	35.252	23.999
	14.638	18.888	24.147	29.957	21.425	22.459
	19.689	24.544	35.491	29.367	30.038	21.401
	15.157	19.779	22.786	28.383	28.457	34.102
	15.676	23.629	28.895	26.786	26.747	26.329
ค่าเฉลี่ย	17.546	19.573	28.049	27.068	26.898	26.669
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.063	3.401	4.613	2.759	4.324	6.092

กลุ่ม 1E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 2E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 3E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 4E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 5E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 6E – เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

ตารางที่ 24 ค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม E) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	1E	2E	3E	4E	5E	6E
1E	-					
2E	NS	-				
3E	*	*	-			
4E	*	*	NS	-		
5E	*	*	NS	NS	-	
6E	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด

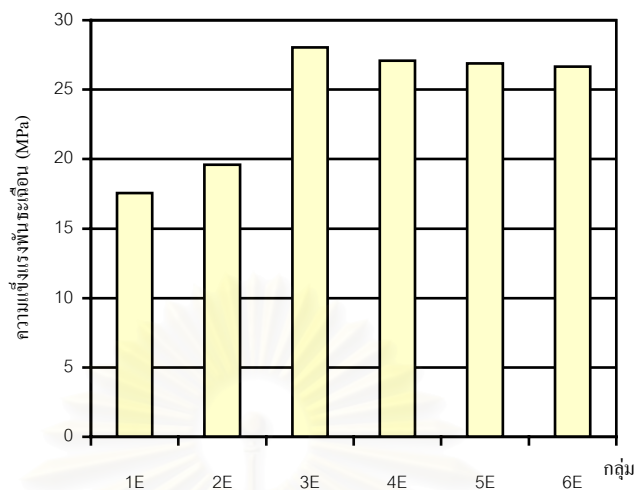
กลุ่ม 2E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด

กลุ่ม 3E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด

กลุ่ม 4E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด

กลุ่ม 5E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด

กลุ่ม 6E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซ่ที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด



รูปที่ 45 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยของพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค (กลุ่ม E) ยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 1E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค

กลุ่ม 2E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค

กลุ่ม 3E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค

กลุ่ม 4E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค

กลุ่ม 5E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค

กลุ่ม 6E – เฟลด์สปาทิกพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุใช้เจลเอพิเอฟกัค

ตารางที่ 25 ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเยื่อและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนทุกกลุ่ม (กลุ่มที่หนึ่งถึงกลุ่มที่หก)

กลุ่มที่	การปรับสภาพผิว	ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเยื่อ (MPa)				
		$(\bar{X} \pm SD)$				
		พอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง				
		กลุ่ม A ctr	กลุ่ม B SiC	กลุ่ม C SiC + DB	กลุ่ม D SiC + HF	กลุ่ม E SiC + APF
1	เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ctr	16.665	15.926	20.170	18.256	17.546
		$\pm 3.634$	$\pm 1.827$	$\pm 2.288$	$\pm 1.958$	$\pm 2.063$
2	SiC	18.551	16.688	22.294	20.191	19.573
		$\pm 3.614$	$\pm 2.845$	$\pm 3.093$	$\pm 2.424$	$\pm 3.401$
3	SiC + DB	28.621	19.905	30.102	28.531	28.049
		$\pm 5.072$	$\pm 4.129$	$\pm 3.738$	$\pm 3.545$	$\pm 4.613$
4	SiC + SB	27.593	19.095	28.819	27.605	27.068
		$\pm 4.017$	$\pm 2.745$	$\pm 3.611$	$\pm 4.137$	$\pm 2.759$
5	SiC + HF	27.008	20.0421	29.169	28.722	26.898
		$\pm 4.095$	$\pm 4.095$	$\pm 4.394$	$\pm 3.413$	$\pm 4.324$
6	SiC + APF	26.720	19.423	29.129	27.389	26.669
		$\pm 3.373$	$\pm 4.519$	$\pm 3.579$	$\pm 3.439$	$\pm 6.092$

ctr = กลุ่มควบคุม

SiC = ขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์

DB = กรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

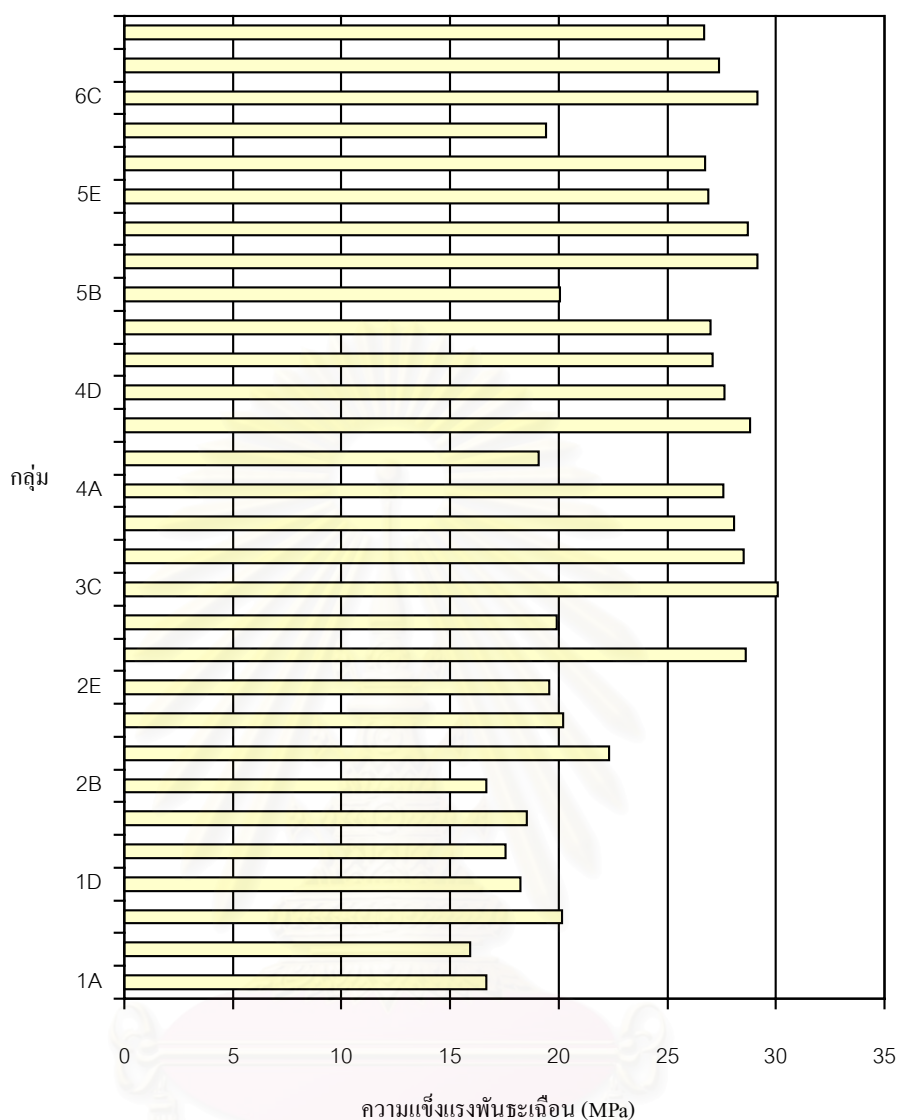
SB = เป่าทราย

HF = กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

APF = เจลเอพีเอฟกัด







รูปที่ 46 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนทุกกลุ่ม กลุ่ม 1A-E เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน กลุ่ม 2A-E เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน กลุ่ม 3A-E เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน กลุ่ม 4A-E เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน กลุ่ม 5A-E เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน กลุ่ม 6A-E เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่มอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลน เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของฟอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
ผลการทดลองในกลุ่มที่ 7 กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7A 7B 7C 7D 7E ตารางที่ 27 และ 28  
 รูปที่ 47)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับฟอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง 5  
 แบบ คือ กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7A =  $17.723 \pm 2.352$  MPa) กลุ่ม ชัดเรียบ (กลุ่ม 7B =  $15.978 \pm$   
 $3.603$  MPa) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 7C =  $21.298 \pm 4.569$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรด  
 ไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 7D =  $19.379 \pm 3.274$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กลุ่ม 7E =  
 $19.008 \pm 3.121$  MPa) จากการวิเคราะห์ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งแรง  
 พันธะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 8 กลุ่มชัดเรียบ (กลุ่ม 8A 8B 8C 8D 8E ตารางที่ 29 และ 30  
 รูปที่ 48)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มชัดเรียบ ยึดติดกับฟอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง 5  
 แบบ คือ กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 8A =  $18.163 \pm 2.626$  MPa) กลุ่ม ชัดเรียบ (กลุ่ม 8B =  $17.746 \pm$   
 $2.073$  MPa) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 8C =  $21.713 \pm 3.961$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรด  
 ไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 8D =  $20.233 \pm 2.507$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กลุ่ม 8E =  
 $20.141 \pm 3.059$  MPa) จากการวิเคราะห์ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งแรง  
 พันธะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 27 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	7A	7B	7C	7D	7E
	18.324	19.745	15.798	24.995	15.992
	15.821	18.195	21.706	24.344	23.441
	15.357	20.158	23.328	18.674	22.453
	18.370	13.005	17.133	14.988	19.455
	18.731	11.947	28.392	17.548	17.034
	19.549	12.279	26.403	17.019	22.138
	22.586	17.337	26.341	20.922	20.045
	17.703	14.949	17.430	20.514	19.267
	14.705	11.694	18.655	17.300	14.145
	16.079	20.475	17.789	17.488	16.115
ค่าเฉลี่ย	17.723	15.978	21.298	19.379	19.008
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	2.352	3.603	4.569	3.274	3.121

กลุ่ม 7A – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 7B – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 7C – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เพิ่มกรอกากเพชร

กลุ่ม 7D – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 7E – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 28 ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มี  
ลูไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	7A	7B	7C	7D	7E
7A	-				
7B	NS	-			
7C	NS	NS	-		
7D	NS	NS	NS	-	
7E	NS	NS	NS	NS	-

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7A – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 7B – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียง

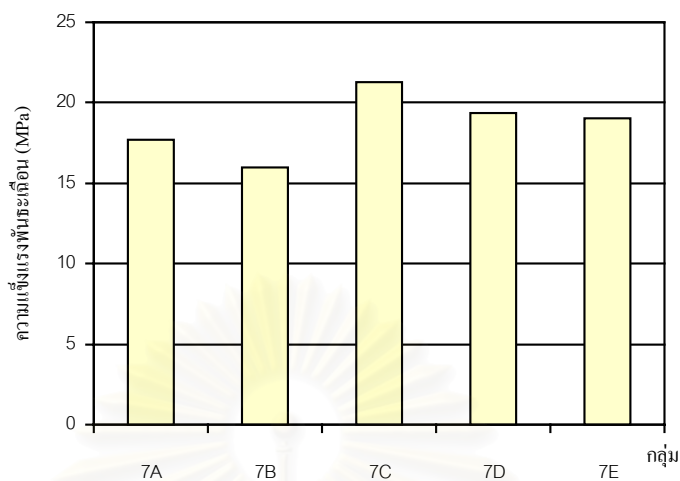
กลุ่ม 7C – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 7D – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 7E – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 47 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเดิมเฉลี่ยของอะลูมินัสนิยพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 7A – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 7B – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 7C – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 7D – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 7E – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอพกัด

ตารางที่ 29 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลน กลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม 8) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	8A	8B	8C	8D	8E
	22.331	19.749	20.297	19.659	22.448
	20.037	18.842	24.555	15.998	22.894
	15.261	19.492	16.842	22.304	21.568
	18.575	18.569	21.843	22.969	23.540
	16.803	16.030	27.634	18.754	16.871
	20.169	15.311	23.141	16.488	14.866
	18.583	15.743	17.671	21.960	23.217
	14.876	18.872	20.241	19.949	20.077
	14.770	14.653	27.484	22.359	18.333
	20.221	20.202	17.417	21.885	17.598
ค่าเฉลี่ย	18.163	17.746	21.713	20.233	20.141
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	2.626	2.073	3.961	2.507	3.059

กลุ่ม 8A – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 8B – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 8C – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 8D – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 8E – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 30 ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน กลุ่มจัดเรียง (กลุ่ม 8) ซึ่งยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	8A	8B	8C	8D	8E
8A	-				
8B	NS	-			
8C	NS	NS	-		
8D	NS	NS	NS	-	
8E	NS	NS	NS	NS	-

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 8A – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

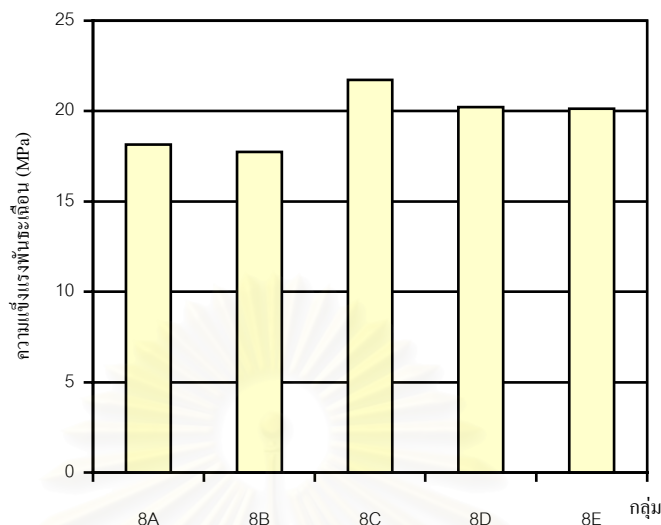
กลุ่ม 8B – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียง

กลุ่ม 8C – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 8D – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 8E – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มจัดเรียง ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 48 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงpressiveเฉลี่ยของอะลูมิเนียมสฟอรซ์เลน กลุ่ม  
จัดเรียบ (กลุ่ม 8) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 8A – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม  
ควบคุม

กลุ่ม 8B – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม  
จัดเรียบ

กลุ่ม 8C – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอ  
ด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 8D – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 8E – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 9 กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9A 9B 9C 9D 9E ตารางที่ 31 และ 32 รูปที่ 49)

กลุ่มที่ 9 คือ กลุ่มอะลูมิเนียมสพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (9A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (9C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (9D) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (9E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9C =  $30.197 \pm 1.946$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 3A =  $28.871 \pm 2.864$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (กลุ่ม 9D =  $28.592 \pm 3.654$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 9E =  $28.261 \pm 4.100$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 9B =  $19.274 \pm 3.639$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 10 กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10A 10B 10C 10D 10E ตารางที่ 33 และ 34 รูปที่ 50)

กลุ่มที่ 10 คือกลุ่มอะลูมิเนียมสพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีรูไซท์ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (10A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (10C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (10D) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (10E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 10C =  $28.248 \pm 3.215$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 10A =  $25.908 \pm 4.589$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (กลุ่ม 10D =  $26.330 \pm 2.959$  MPa) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 10E =  $26.021 \pm 3.116$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 10B =  $19.168 \pm 2.690$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



ตารางที่ 31 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลน กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	9A	9B	9C	9D	9E
	29.441	21.740	31.216	25.984	33.021
	28.775	11.201	32.947	33.258	22.795
	32.834	17.467	32.210	33.453	29.065
	30.515	21.085	26.152	27.021	28.565
	33.125	20.625	31.024	27.349	22.242
	30.080	23.999	30.436	24.455	32.505
	26.342	17.345	28.881	34.272	31.301
	25.767	21.883	29.370	25.939	31.413
	26.927	19.697	28.944	25.863	23.303
	24.908	22.197	30.787	28.330	28.400
ค่าเฉลี่ย	28.871	19.724	30.197	28.592	28.261
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.864	3.639	1.946	3.654	4.100

กลุ่ม 9A – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 9B – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 9C – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 9D – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 9E – อะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด

ตารางที่ 32 ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน กลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	9A	9B	9C	9D	9E
9A	-				
9B	*	-			
9C	NS	*	-		
9D	NS	*	NS	-	
9E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 9A – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

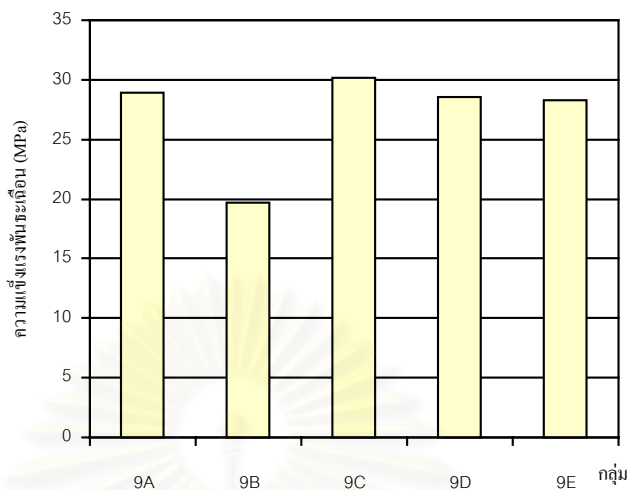
กลุ่ม 9B – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 9C – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 9D – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 9E – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 49 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของอะลูมินัสปอร์ซเลน กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 9A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 9B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 9C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 9D – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 9E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอทีเอฟกัด

ตารางที่ 33 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	10A	10B	10C	10D	10E
	32.120	14.985	27.795	28.203	23.850
	20.504	16.647	22.446	28.147	28.723
	25.765	20.461	32.135	28.176	26.127
	23.576	17.658	25.344	27.111	27.958
	22.292	15.741	25.531	27.644	31.894
	30.152	21.180	30.826	22.684	25.497
	26.057	20.680	27.344	20.019	21.652
	31.923	21.916	28.698	28.700	22.239
	27.574	22.506	32.477	28.252	24.828
	19.112	19.910	29.879	24.368	27.447
ค่าเฉลี่ย	25.908	19.168	28.248	26.330	26.022
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.589	2.690	3.215	2.959	3.116

กลุ่ม 10A – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 10B – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 10C – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 10D – พอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 10E – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอทีเอฟกัด

ตารางที่ 34 ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอรซ์เลน กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10) ยึดติดกับพอรซ์เลนที่มี  
ลูไซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	10A	10B	10C	10D	10E
10A	-				
10B	*	-			
10C	NS	*	-		
10D	NS	*	NS	-	
10E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 10A – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอรซ์เลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 10B – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอรซ์เลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

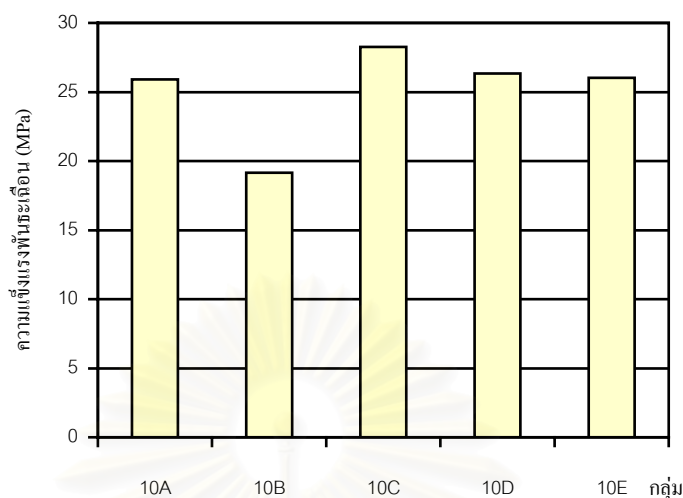
กลุ่ม 10C – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอรซ์เลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เพิ่มกรอกากเพชร

กลุ่ม 10D – พอรซ์เลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอรซ์เลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรด  
ไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 10E – อะลูมิเนียมสฟอรซ์เลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอรซ์เลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 50 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยของอะลูมินัสนิยพอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 10A – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 10B – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 10C – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 10D – พอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 10E – อะลูมินัสนิยพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่ไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 11 กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11A 11B 11C 11D 11E ตารางที่ 35 และ 36 รูปที่ 51)

กลุ่มที่ 11 คือ กลุ่มอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มควบคุม (11A) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (11C) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (11D) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (11E) มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนอยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 11C =  $29.286 \pm 2.923$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนสูงสุด กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 11E =  $28.456 \pm 4.702$  MPa) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11D =  $28.406 \pm 2.777$  MPa) และกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 11A =  $25.167 \pm 3.818$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 11B =  $20.723 \pm 3.459$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนอยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 11C) กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 11E) และกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11D) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 11A) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 12 กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 12A 12B 12C 12D 12E ตารางที่ 37 และ 38 รูปที่ 52)

กลุ่มที่ 12 คือ กลุ่มอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับฟอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 12C =  $27.519 \pm 4.722$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนสูงสุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 12D =  $27.444 \pm 2.456$  MPa) กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 12E =  $27.066 \pm 3.523$  MPa) และกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 12A =  $25.461 \pm 1.346$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 12B =  $20.774 \pm 4.722$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนอยู่ในระดับต่ำ และต่ำกว่ากลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 12C) กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 12E) และกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 12D) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 12A) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 35 ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อ (MPa) ของอะลูมิเนียมสฟอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	11A	11B	11C	11D	11E
	19.583	15.745	32.311	25.791	27.337
	20.709	24.862	26.009	27.590	35.695
	26.809	23.605	28.527	30.116	26.910
	24.054	16.494	30.517	31.022	23.487
	25.555	22.258	30.312	28.846	28.239
	28.146	20.062	28.214	26.139	20.138
	24.365	16.575	32.142	26.946	27.359
	29.556	21.740	33.047	23.966	34.083
	31.138	20.868	27.811	32.722	28.857
	21.759	25.025	23.973	30.920	32.453
ค่าเฉลี่ย	25.167	20.723	29.286	28.406	28.456
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.818	3.459	2.923	2.777	4.702

กลุ่ม 11A – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 11B – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 11C – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 11D – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 11E – อะลูมิเนียมสฟอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอทีเอฟกัด

ตารางที่ 36 ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	11A	11B	11C	11D	11E
11A	-				
11B	NS	-			
11C	NS	*	-		
11D	NS	*	NS	-	
11E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 11A – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

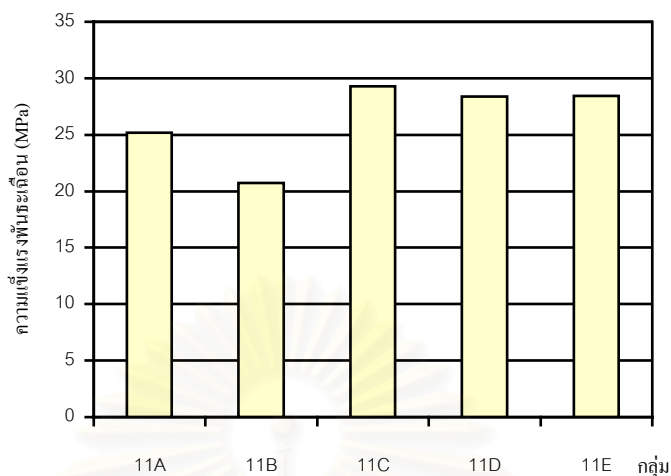
กลุ่ม 11B – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 11C – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 11D – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 11E – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอทีเอฟกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 51 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเคียนเฉลี่ยของอะลูมินัสนพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด (กลุ่ม 11) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 11A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 11B – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 11C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 11D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด

กลุ่ม 11E – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกักด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟักด



ตารางที่ 37 ค่าความแข็งแรงพันธะเลื่อน (MPa) ของอะลูมิเนียมสพอร์ชเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟ กัด (กลุ่ม 12) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	12A	12B	12C	12D	12E
	24.967	20.402	26.913	27.933	30.467
	23.410	15.389	25.093	29.833	29.147
	26.525	25.452	24.488	28.389	30.980
	23.482	15.355	22.743	26.966	26.321
	26.734	19.452	26.474	22.865	31.185
	27.259	20.157	30.542	26.960	24.630
	26.038	24.229	28.227	24.690	20.803
	26.069	29.106	32.072	26.264	28.496
	24.379	15.149	26.649	31.003	23.748
	25.743	23.050	31.992	29.536	24.882
ค่าเฉลี่ย	25.461	20.774	27.519	27.444	27.066
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	1.346	4.722	3.171	2.456	3.523

กลุ่ม 12A – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 12B – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 12C – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 12D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 12E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกัด

ตารางที่ 38 ค่าทางสถิติของอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด (กลุ่ม 12) ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	12A	12B	12C	12D	12E
12A	-				
12B	NS	-			
12C	NS	*	-		
12D	NS	*	NS	-	
12E	NS	*	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 12A – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

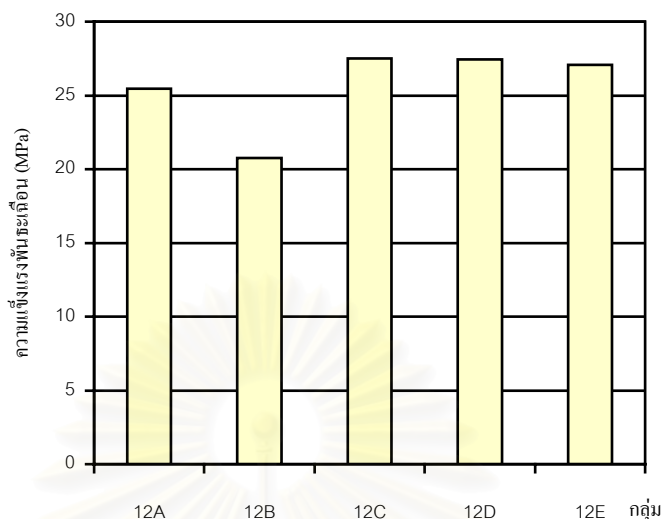
กลุ่ม 12B – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 12C – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 12D – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
กรดไฮโดรฟลูออริก

กลุ่ม 12E – อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้  
เจลเอพีเอฟกั๊ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 52 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเคียนเฉลี่ยของอะลูมินัสนพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 12) ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 12A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 12B – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ

กลุ่ม 12C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 12D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด

กลุ่ม 12E – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่มอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลน เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลน

ผลการทดลองในกลุ่ม A (กลุ่ม 7A 8A 9A 10A 11A 12A ตารางที่ 39 และ 40 รูปที่ 53)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9A) กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10A) กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11A) และกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กลุ่ม 12A) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับสูง โดยกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9A =  $28.871 \pm 2.864$  MPa) มีความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10A =  $25.908 \pm 4.589$  MPa) กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กลุ่ม 12A =  $25.461 \pm 1.346$  MPa) และกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11A =  $25.167 \pm 3.818$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ โดยทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7A =  $17.723 \pm 2.352$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับต่ำที่สุด และต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8A =  $18.163 \pm 2.626$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่ม B (กลุ่ม 7B 8B 9B 10B 11B 12B ตารางที่ 41 และ 42 รูปที่ 54)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับอะลูมิเนียมสฟอร์ชเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน คือกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กลุ่ม 12B =  $20.774 \pm 4.722$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11B =  $20.723 \pm 3.459$  MPa) กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9B =  $19.724 \pm 3.639$  MPa) กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10B =  $19.168 \pm 2.690$  MPa) กลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8B =  $17.746 \pm 2.073$  MPa) และกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7B =  $15.978 \pm 3.603$  MPa) จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าทั้ง 6 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 39 ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับอะลูมินัสนพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	7A	8A	9A	10A	11A	12A
	18.324	22.331	29.441	32.120	19.583	24.967
	15.821	20.037	28.775	20.504	20.709	23.410
	15.357	15.261	32.834	25.765	26.809	26.525
	18.370	18.575	30.515	23.576	24.054	23.482
	18.731	16.803	33.125	22.292	25.555	26.734
	19.549	20.169	30.080	30.152	28.146	27.259
	22.586	18.583	26.342	26.057	24.365	26.038
	17.703	14.876	25.767	31.923	29.556	26.069
	14.705	14.770	26.927	27.574	31.138	24.379
	16.079	20.221	24.908	19.112	21.759	25.743
ค่าเฉลี่ย	17.723	18.163	28.871	25.908	25.167	25.461
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	2.352	2.626	2.864	4.589	3.818	1.346

กลุ่ม 7A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 8A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 9A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 10A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 11A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม

กลุ่ม 12A – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มควบคุม



ตารางที่ 40 ค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับอะลูมินัสพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	7A	8A	9A	10A	11A	12A
7A	-					
8A	NS	-				
9A	*	*	-			
10A	*	*	NS	-		
11A	*	*	NS	NS	-	
12A	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7A – อะลูมินัสพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

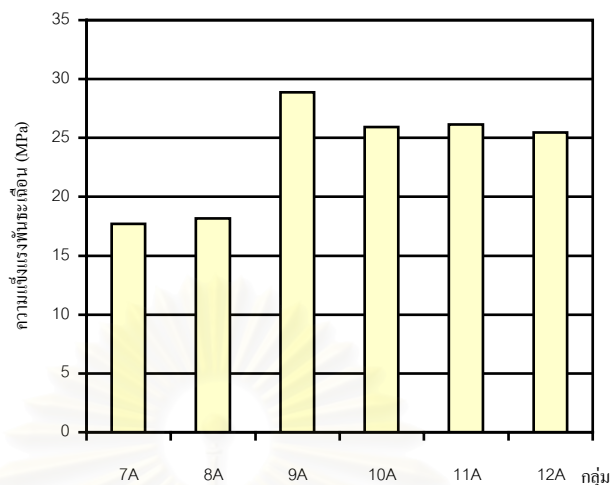
กลุ่ม 8A – อะลูมินัสพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 9A – อะลูมินัสพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 10A – อะลูมินัสพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 11A – อะลูมินัสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 12A – อะลูมินัสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม



- รูปที่ 53 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (กลุ่ม A) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน
- กลุ่ม 7A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม ควบคุม
- กลุ่ม 8A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่ม ควบคุม
- กลุ่ม 9A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 10A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 11A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม
- กลุ่ม 12A – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 41 แสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหนือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	7B	8B	9B	10B	11B	12B
	19.745	19.749	21.740	14.985	15.745	20.402
	18.195	18.842	11.201	16.647	24.862	15.389
	20.158	19.492	17.467	20.461	23.605	25.452
	13.005	18.569	21.085	17.658	16.494	15.355
	11.947	16.030	20.065	15.741	22.258	19.452
	12.279	15.311	23.999	21.180	20.062	20.157
	17.337	15.743	17.345	20.680	16.575	24.229
	14.949	18.872	21.883	21.916	21.740	29.106
	11.694	14.653	19.697	22.506	20.868	15.149
	20.475	20.202	22.197	19.910	25.025	23.050
ค่าเฉลี่ย	15.978	17.746	19.724	19.168	20.723	20.774
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.603	2.073	3.639	2.690	3.459	4.722

กลุ่ม 7B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 8B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 9B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 10B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 11B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 12B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

ตารางที่ 42 แสดงค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติดกับอะลูมิเนียมพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	7B	8B	9B	10B	11B	12B
7B	-					
8B	NS	-				
9B	NS	NS	-			
10B	NS	NS	NS	-		
11B	NS	NS	NS	NS	-	
12B	NS	NS	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7B – อะลูมิเนียมพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

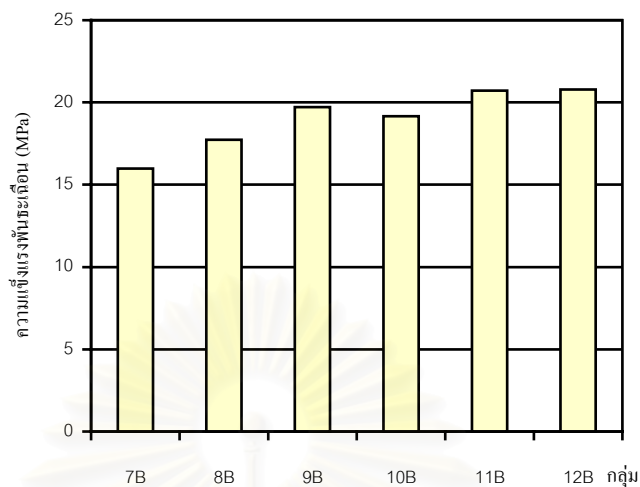
กลุ่ม 8B – อะลูมิเนียมพอร์ชเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 9B – อะลูมิเนียมพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 10B – อะลูมิเนียมพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 11B – อะลูมิเนียมพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 12B – อะลูมิเนียมพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ



รูปที่ 54 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ (กลุ่ม B) ยึดติด กับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 7B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 8B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มจัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 9B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 10B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 11B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

กลุ่ม 12B – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพียูอีพียูกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มจัดเรียบ

ผลการทดลองในกลุ่ม C (กลุ่ม 7C 8C 9C 10C 11C 12C ตารางที่ 43 และ 44 รูปที่ 55)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลิวไรท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับ อะลูมินัสนพอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9C =  $30.197 \pm 1.946$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11C =  $29.286 \pm 2.923$  MPa) กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10C =  $28.248 \pm 3.215$  MPa) และกลุ่มที่ใช้ เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 12C =  $27.519 \pm 3.171$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ และทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่า ความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7C =  $21.298 \pm 4.569$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม ขัดเรียบ (กลุ่ม 8C =  $21.713 \pm 3.960$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้ มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการทดลองในกลุ่ม D (กลุ่ม 7D 8D 9D 10D 11D 12D ตารางที่ 45 และ 46 รูปที่ 56)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีลิวไรท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับ อะลูมินัสนพอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9D =  $28.592 \pm 3.654$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม 11D =  $28.406 \pm 2.777$  MPa) กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (กลุ่ม 12D =  $27.444 \pm 2.456$  MPa) และกลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10D =  $26.330 \pm 2.959$  MPa) และ มีค่ารองลงมาตามลำดับ และทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วน กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 7D =  $19.379 \pm 3.274$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำที่สุด แต่ไม่ แตกต่างกับกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8D =  $20.233 \pm 2.507$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ใน ระดับสูงทั้ง 4 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



ตารางที่ 43 แสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	7C	8C	9C	10C	11C	12C
	15.798	20.297	31.216	27.795	32.311	26.913
	21.706	24.555	32.947	22.446	26.009	25.093
	23.328	16.842	32.210	32.135	28.527	24.488
	17.133	21.843	26.152	25.344	30.517	22.743
	28.392	27.634	31.024	25.531	30.312	26.474
	26.403	23.141	30.436	30.826	28.214	30.542
	26.341	17.671	28.881	27.344	32.142	28.227
	17.430	20.241	29.370	28.698	33.047	32.072
	18.655	27.484	28.944	32.477	27.811	26.649
	17.789	17.417	30.787	29.879	23.973	31.992
ค่าเฉลี่ย	21.298	21.713	30.197	28.248	29.286	27.519
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.569	3.961	1.946	3.215	2.923	3.171

กลุ่ม 7C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 8C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 9C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอ

ด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 10C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 11C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง

กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

กลุ่ม 12C – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง

กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอ

ตารางที่ 44 แสดงค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	7C	8C	9C	10C	11C	12C
7C	-					
8C	NS	-				
9C	*	*	-			
10C	*	*	NS	-		
11C	*	*	NS	NS	-	
12C	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7C – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

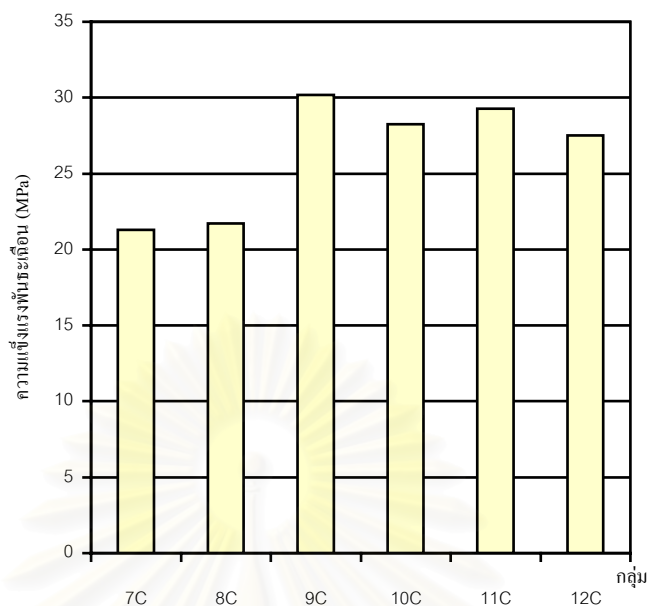
กลุ่ม 8C – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 9C – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 10C – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วย  
เข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 11C – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 12C – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร



รูปที่ 55 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม C) ยึดติดกับอะลูมินัสนพอร์ซเลน ภายใต้การ ปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 7C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอ ด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 8C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มกรอ ด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 9C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 10C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่ม กรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 11C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

กลุ่ม 12C – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยหัวกรอกากเพชร

ตารางที่ 45 แสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับอะลูมินัสนพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	7D	8D	9D	10D	11D	12D
	24.995	19.659	25.984	28.203	25.791	27.933
	24.344	15.998	33.258	28.147	27.590	29.833
	18.674	22.304	33.453	28.176	30.116	28.389
	14.988	22.969	27.021	27.111	31.022	26.966
	17.548	18.754	27.349	27.644	28.846	22.865
	17.059	16.488	24.455	22.684	26.139	26.960
	20.922	21.960	34.272	20.019	26.946	24.690
	20.514	19.949	25.939	28.700	23.966	26.264
	17.300	22.359	25.863	28.252	32.722	31.003
	17.488	21.885	28.330	24.368	30.920	29.536
ค่าเฉลี่ย	19.379	20.233	28.592	26.330	28.406	27.444
ส่วนเบี่ยงเบน	3.274	2.507	3.654	2.959	2.777	2.456
มาตรฐาน						

กลุ่ม 7D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 8D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 9D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 10D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 11D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 12D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัค ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

ตารางที่ 46 แสดงค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	7D	8D	9D	10D	11D	12D
7D	-					
8D	NS	-				
9D	*	*	-			
10D	*	*	NS	-		
11D	*	*	NS	NS	-	
12D	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

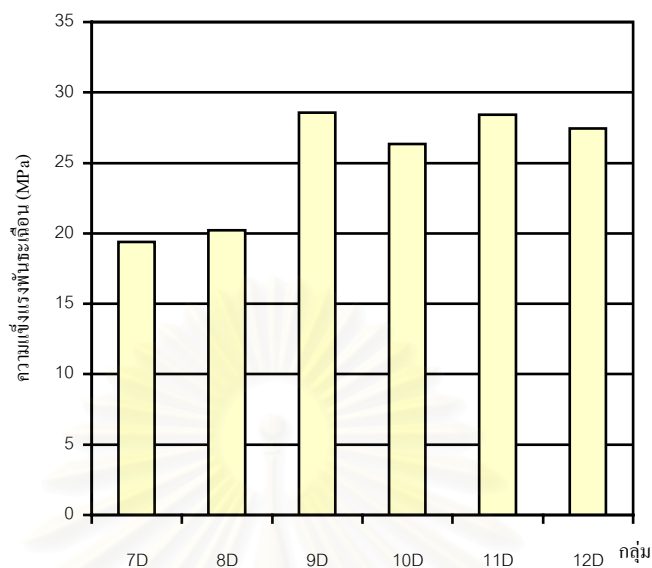
กลุ่ม 8D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 9D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรออากาศเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 10D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 11D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 12D – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัทยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด



รูปที่ 56 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนเฉลี่ยของพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กลุ่ม D) ยึดติดกับอะลูมินัสนพอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 7D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 8D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 9D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 10D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 11D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

กลุ่ม 12D – อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลู่วัสดุปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด



ผลการทดลองในกลุ่ม E (กลุ่ม 7E 8E 9E 10E 11E 12E ตารางที่ 47 และ 48 รูปที่ 57)

กลุ่มนี้ คือกลุ่มพอร์ซเลนที่มีรูปร่างที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับอะลูมินั๊ต พอร์ซเลนที่มีการปรับสภาพผิวต่างกัน พบว่า กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กลุ่ม 9E =  $28.261 \pm 4.100$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อสูงที่สุด กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด (กลุ่ม 11E =  $28.456 \pm 4.702$  MPa) กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม 12E =  $27.066 \pm 3.523$  MPa) และ กลุ่มเป่าทราย (กลุ่ม 10E =  $26.023 \pm 3.116$  MPa) และ มีค่ารองลงมาตามลำดับ และทั้ง 4 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่ม ควบคุม (กลุ่ม 7E =  $19.008 \pm 3.121$  MPa) มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มขัดเรียบ (กลุ่ม 8E =  $20.141 \pm 3.059$  MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนื้ออยู่ในระดับสูงทั้ง 4 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 47 แสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (MPa) ของพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด (กลุ่ม E) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ซเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

	7E	8E	9E	10E	11E	12E
	15.992	22.448	33.021	23.850	27.337	30.467
	23.441	22.894	22.795	28.723	35.695	29.147
	22.453	21.568	29.065	26.127	26.910	30.980
	19.455	23.540	28.565	27.958	23.487	26.321
	17.034	16.871	22.242	31.894	28.239	31.185
	22.138	14.866	32.505	25.497	20.138	24.630
	20.045	23.217	31.301	21.652	27.359	20.803
	19.267	20.007	31.413	22.239	34.083	28.496
	14.145	18.333	23.303	24.828	28.857	23.748
	16.115	17.598	28.400	27.447	32.453	24.882
ค่าเฉลี่ย	19.008	20.141	28.261	26.022	28.456	27.066
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.121	3.059	4.100	3.116	4.702	3.523

กลุ่ม 7E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 8E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 9E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 10E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 11E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

กลุ่ม 12E – อะลูมินัสปอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด

ตารางที่ 48 แสดงค่าทางสถิติของพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด (กลุ่ม E) ยึดติดกับอะลูมินัสปอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม	7E	8E	9E	10E	11E	12E
7E	-					
8E	NS	-				
9E	*	*	-			
10E	*	*	NS	-		
11E	*	*	NS	NS	-	
12E	*	*	NS	NS	NS	-

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7E – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

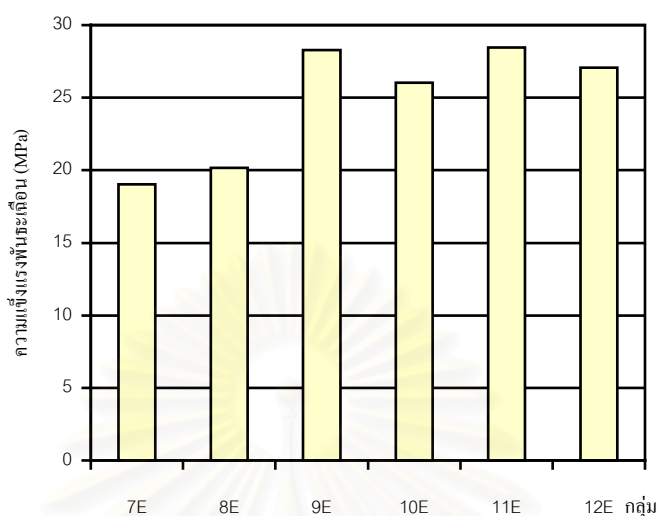
กลุ่ม 8E – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 9E – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอากาเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 10E – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 11E – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 12E – อะลูมินัสปอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง  
กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด



รูปที่ 57 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเหล็กเฉลี่ยของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด (กลุ่ม E) ยึดติดกับอะลูมิเนียมสพอร์ชเลน ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 7E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 8E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 9E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 10E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 11E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่ม 12E – อะลูมิเนียมสพอร์ชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกั๊ด

กลุ่มอะลูมิเนียมสพอร์ซเลน เมื่อพิจารณาทุกกลุ่ม (ตารางที่ 49 และ 50 รูปที่ 58)

เมื่อพิจารณากลุ่มอะลูมิเนียมสพอร์ซเลนทุกกลุ่ม พบว่ากลุ่มอะลูมิเนียมสพอร์ซเลนกลุ่มกรอด้วย เข็มกรอกากเพชร ซึ่งยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (9C) มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงที่สุด และกลุ่มที่มีค่ารองลงมาคือ กลุ่ม 11C 9A 9D 11E 11D 9E 10C 12C 12D 12E 10D 10E 10A 12A และ 11A โดยทั้ง 16 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรง พันธะเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนอะลูมิเนียมสพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม ซึ่งยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงกลุ่มขีดเรียบ (7B) มีค่าความแข็งแรง พันธะเฉือนต่ำที่สุด และกลุ่มที่มีค่ารองขึ้นมาคือ 7A 8B 8A 7E 10B 7D 9B 8E 8D 11B 12B และ 7C โดยทั้ง 13 กลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากกลุ่ม 9A 9C 9D 9E 10C 11C 11D 11E 12C 12D และ 12E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กลุ่ม 7A 7D 7E 8A 8B และ 10B มีค่าความแข็งแรง พันธะเฉือน แตกต่างจากกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนในระดับสูงทั้ง 16 กลุ่ม อย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กลุ่ม 9B มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน แตกต่างจากกลุ่ม 9A 9C 9D 9E 10A 10C 10D 10E 11C 11D 11E 12A 12C 12D และ 12E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กลุ่ม 8D และ 8E มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน แตกต่างจากกลุ่ม 9A 9C 9D 9E 10A 10C 10D 10E 11C 11D 11E 12C 12D และ 12E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กลุ่ม 11B มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน แตกต่างจากกลุ่ม 9A 9C 9D 9E 10C 10D 11C 11D 11E 12C 12D และ 12E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กลุ่ม 7C และ 12B มีค่าความแข็งแรง พันธะเฉือน แตกต่างจากกลุ่ม 9A 9C 9D 9E 10C 11C 11D 11E 12C 12D และ 12E อย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กลุ่ม 8C มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน แตกต่างจากกลุ่ม 7B 9A 9C 9D 9E 10C 11C 11D 11E 12C และ 12D อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 49 แสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเยื่อและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอะลูมินัส พอร์ซเลนทุกกลุ่ม (กลุ่มที่เจ็ดถึงสิบสอง)

กลุ่มที่	การปรับสภาพผิว	ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเยื่อ (MPa)				
		$(\bar{X} \pm SD)$				
		พอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง				
		กลุ่ม A ctr	กลุ่ม B SiC	กลุ่ม C SiC + DB	กลุ่ม D SiC + HF	กลุ่ม E SiC + APF
7	อะลูมินัส พอร์ซเลน ctr	17.723	15.978	21.298	19.379	19.008
		$\pm 2.352$	$\pm 3.603$	$\pm 4.569$	$\pm 3.274$	$\pm 3.121$
8	SiC	18.163	17.746	21.713	20.233	20.141
		$\pm 2.626$	$\pm 2.073$	$\pm 3.961$	$\pm 2.507$	$\pm 3.059$
9	SiC + DB	28.871	19.724	30.197	28.592	28.261
		$\pm 2.864$	$\pm 3.639$	$\pm 1.946$	$\pm 3.654$	$\pm 4.100$
10	SiC + SB	25.908	19.168	28.248	26.330	26.022
		$\pm 4.589$	$\pm 2.690$	$\pm 3.215$	$\pm 2.959$	$\pm 3.116$
11	SiC + HF	25.167	20.723	29.286	28.406	28.456
		$\pm 3.818$	$\pm 3.459$	$\pm 2.923$	$\pm 2.777$	$\pm 4.702$
12	SiC + APF	25.461	20.774	27.519	27.444	27.066
		$\pm 1.346$	$\pm 4.722$	$\pm 3.171$	$\pm 2.456$	$\pm 3.523$

ctr = กลุ่มควบคุม

SiC = ขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์

DB = กรอด้วยเข็มกรอกากเพชร

SB = เป่าทราย

HF = กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

APF = เจลเอพีเอฟกัด



ตารางที่ 50 แสดงค่าทางสถิติกลุ่มอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนทุกกลุ่ม

Mean	กลุ่ม	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	8E	9A	9B	9C	9D	9E	10A	10B	10C	10D	10E	11A	11B	11C	11D	11E	12A	12B	12C	12D	12E	
17.723	7A	-																														
15.978	7B	NS	-																													
21.298	7C	NS	NS	-																												
19.379	7D	NS	NS	NS	-																											
19.008	7E	NS	NS	NS	NS	-																										
18.163	8A	NS	NS	NS	NS	NS	-																									
17.746	8B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-																								
21.713	8C	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	-																							
20.233	8D	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-																						
20.141	8E	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-																					
28.871	9A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-																				
19.724	9B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	-																			
30.197	9C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	-																		
28.592	9D	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	-																	
28.261	9E	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	-																
25.908	10A	*	*	NS	*	*	*	*	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS	-															
19.168	10B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*	*	*	-														
28.248	10C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	-												
26.330	10D	*	*	NS	*	*	*	*	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	-											
26.022	10E	*	*	NS	*	*	*	*	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	-										
25.167	11A	*	*	NS	*	*	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	-									
20.723	11B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*	*	NS	NS	*	*	NS	NS	-									
29.286	11C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	-							
28.406	11D	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	-						
28.456	11E	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	-					
25.461	12A	*	*	NS	*	*	*	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-				
20.774	12B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*	NS	-			
27.519	12C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	-		
27.444	12D	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	-	
27.066	12E	*	*	*	*	*	*	*	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	-	

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 7A-E อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

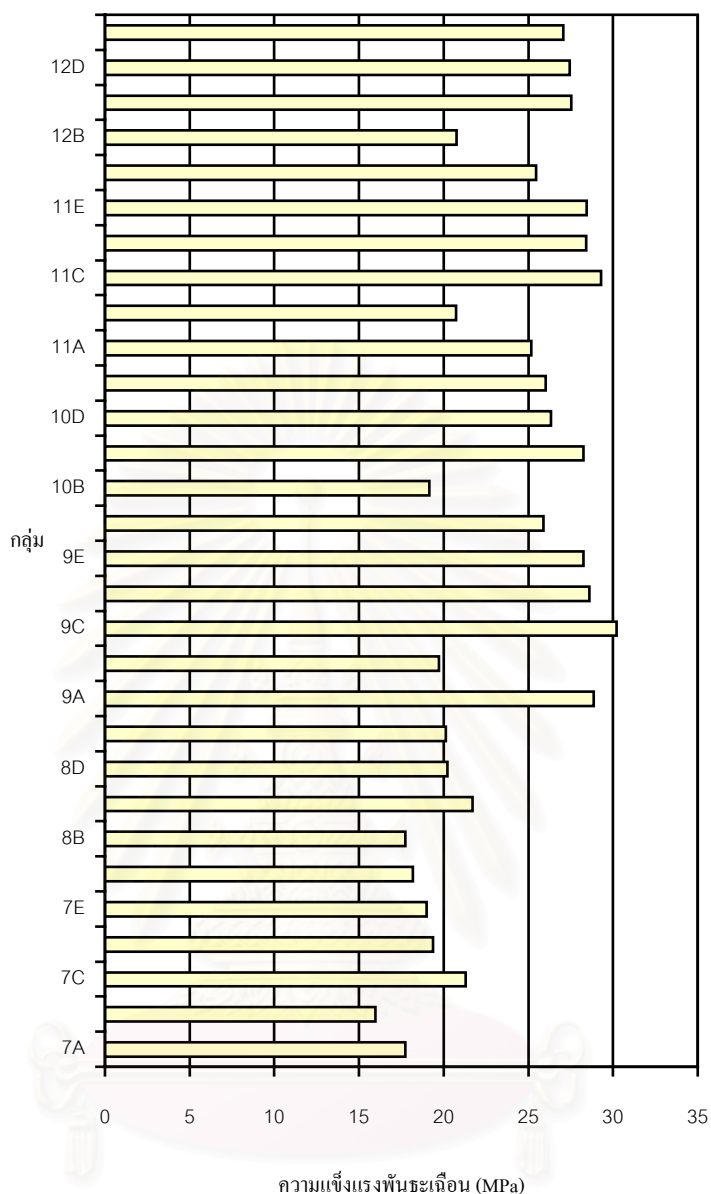
กลุ่ม 8A-E อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 9A-E อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 10A-E อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 11A-E อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 12A-E อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเฟกต์ ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน



รูปที่ 58 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อเฉลี่ยของอะลูมินัสนพอร์ซเลนทุกกลุ่ม

กลุ่ม 7A-E อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มควบคุม ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 8A-E อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มขัดเรียบ ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 9A-E อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มกรวดด้วยเข็มกรอกากเพชร ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 10A-E อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มเป่าทราย ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 11A-E อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

กลุ่ม 12A-E อะลูมินัสนพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัลด ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซไลท์ปริมาณสูง ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

## ตอนที่ 2 ผลการตรวจสภาพผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

### กลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน

#### กลุ่มควบคุม (รูปที่ 59)

จากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบลักษณะโดยทั่วไปผิวก่อนข้างเรียบ ร่วมกับมีรอยแตกเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะธรรมชาติของพอร์ซเลน

#### กลุ่มขัดเรียบ (รูปที่ 60)

พบลักษณะผิวโดยทั่วไปเรียบ มีฟองอากาศบ้างเล็กน้อย และมีร่องยาวที่หลงเหลือ อันเป็นผลจากการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์

#### กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (รูปที่ 61)

พบลักษณะผิวที่มีความขรุขระ มีลักษณะเป็นหลุมโดยทั่วไป อันเป็นผลจากผงกากเพชรกระทำกับผิวพอร์ซเลน เป็นคลื่นตามแนวการกรอ

#### กลุ่มเป่าทราย (รูปที่ 62)

ลักษณะผิวมีความขรุขระกระจายทั่วไป ร่วมกับมีหลุมมีรูปร่างไม่แน่นอน บางตำแหน่งเป็นหลุมลึกบ้าง ตื้นบ้าง

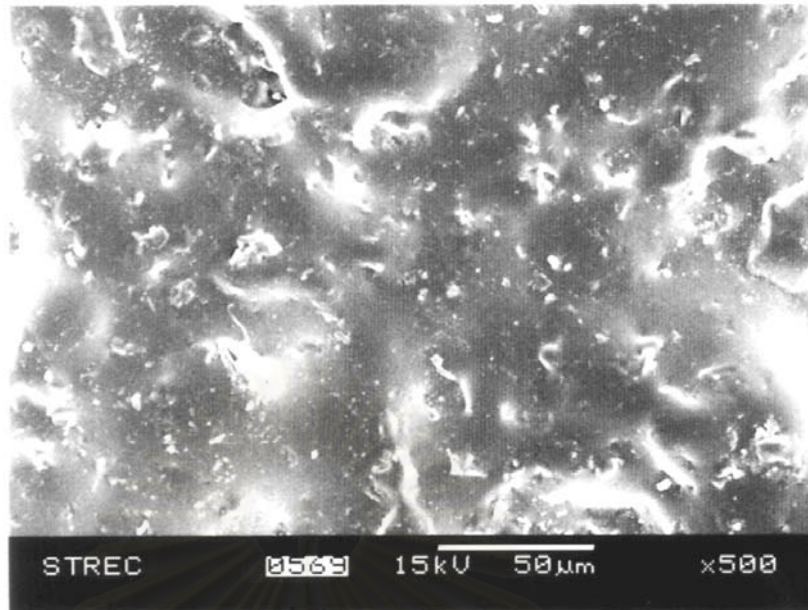
#### กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (รูปที่ 63)

ลักษณะผิวพบหลุมขอบมนกระจายอยู่ทั่วไป บางตำแหน่งเป็นหลุมค่อนข้างกว้าง ซึ่งเกิดจากหลุมเล็กๆ เชื่อมต่อกัน บางตำแหน่งเป็นหลุมคอดเว้าเข้าไปในเนื้อพอร์ซเลน

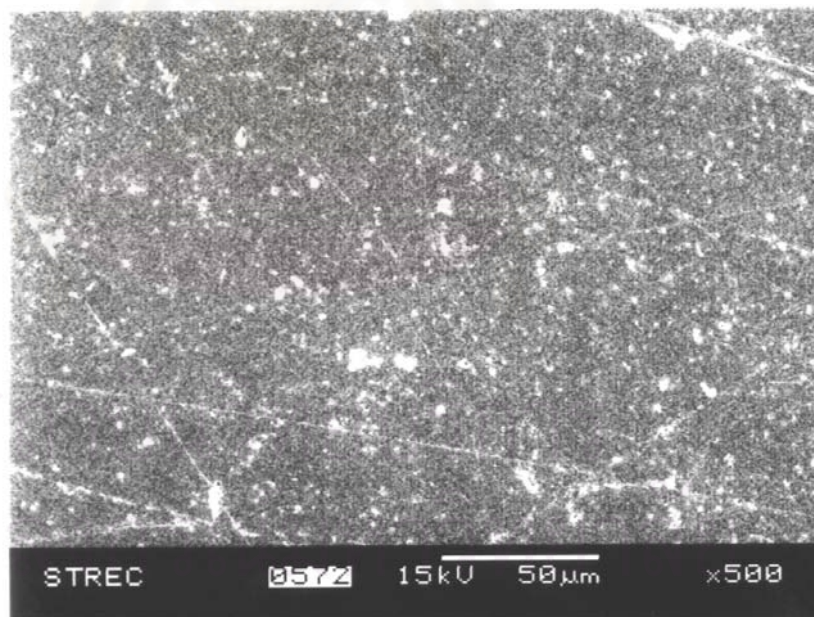
#### กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (รูปที่ 64)

ลักษณะผิวมีความขรุขระ มีลักษณะเหมือนแผ่นคราบลอยกระจายอยู่ทั่วไป ล้อมรอบด้วยจุดเล็กๆ ไม่มีลักษณะเป็นหลุมเหมือนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

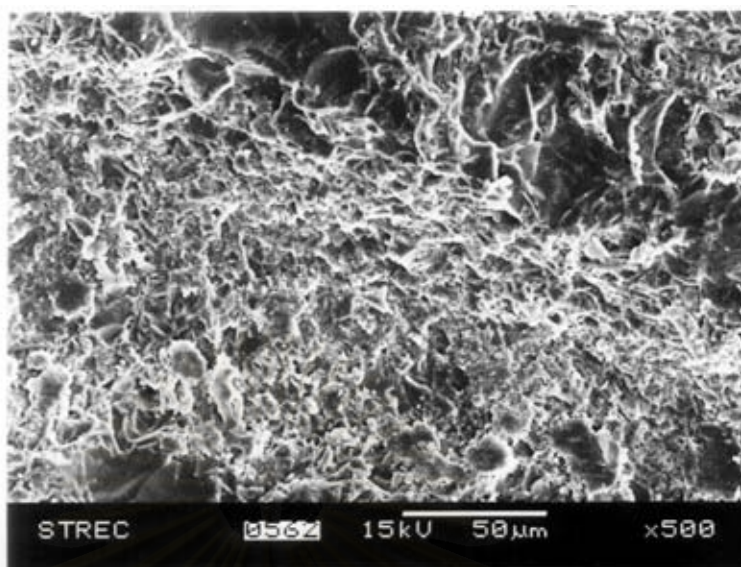


รูปที่ 59 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิว  
เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม (กำลังขยาย 500 เท่า)

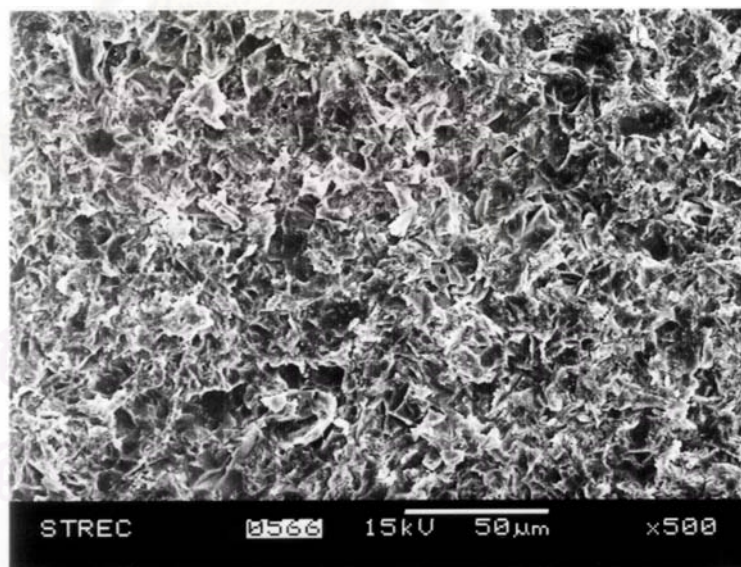


รูปที่ 60 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิว  
เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มจัดเรียง (กำลังขยาย 500 เท่า)

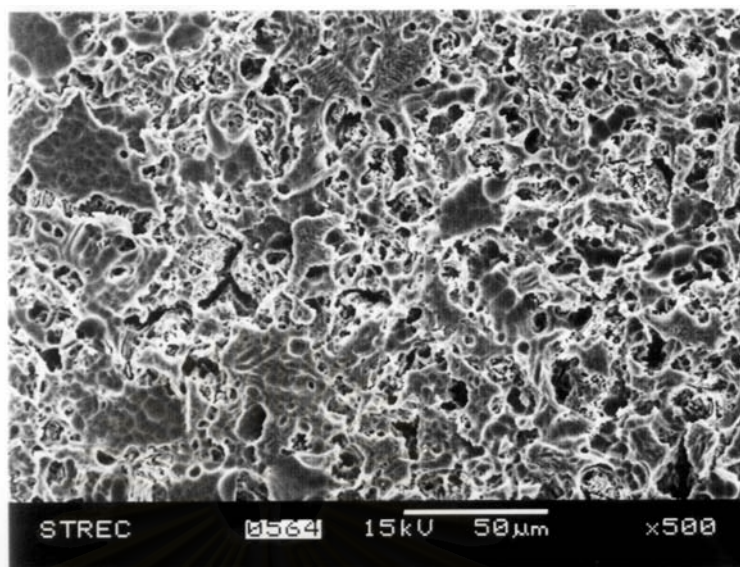




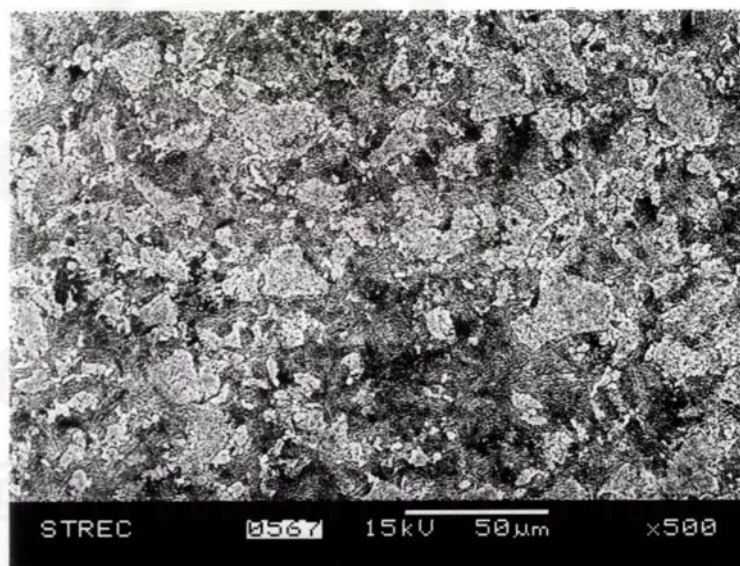
รูปที่ 61 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิว  
 เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กำลังขยาย 500 เท่า)



รูปที่ 62 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิว  
 เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มเป่าทราย (กำลังขยาย 500 เท่า)



รูปที่ 63 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิว  
เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กำลังขยาย 500 เท่า)



รูปที่ 64 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิว  
เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กำลังขยาย 500 เท่า)



### กลุ่มอะลูมิเนียมฟอรัลเลน

#### กลุ่มควบคุม (รูปที่ 65)

จากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบลักษณะผิวโดยทั่วไปค่อนข้างเรียบ ร่วมกับมีฟองอากาศ และรอยแตกกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะธรรมชาติของฟอรัลเลน

#### กลุ่มขัดเรียบ (รูปที่ 66)

พบลักษณะผิวเรียบ มีฟองอากาศบ้างเล็กน้อย และมีร่องยาวที่หลงเหลือ อันเป็นผลจากการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์

#### กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (รูปที่ 67)

พบลักษณะผิวที่มีความขรุขระ มีลักษณะเป็นหลุมโดยทั่วไป อันเป็นผลจากผงกากเพชรกระทำกับผิวฟอรัลเลน เป็นคลื่นตามแนวการกรอ

#### กลุ่มเป่าทราย (รูปที่ 68)

ลักษณะผิวโดยทั่วไปมีความขรุขระ ร่วมกับมีหลุมมีรูปร่างไม่แน่นอน บางตำแหน่งเป็นหลุมลึกบ้าง ตื้นบ้าง บางตำแหน่งเป็นหลุมคอดเว้าเข้าไปในเนื้อฟอรัลเลน

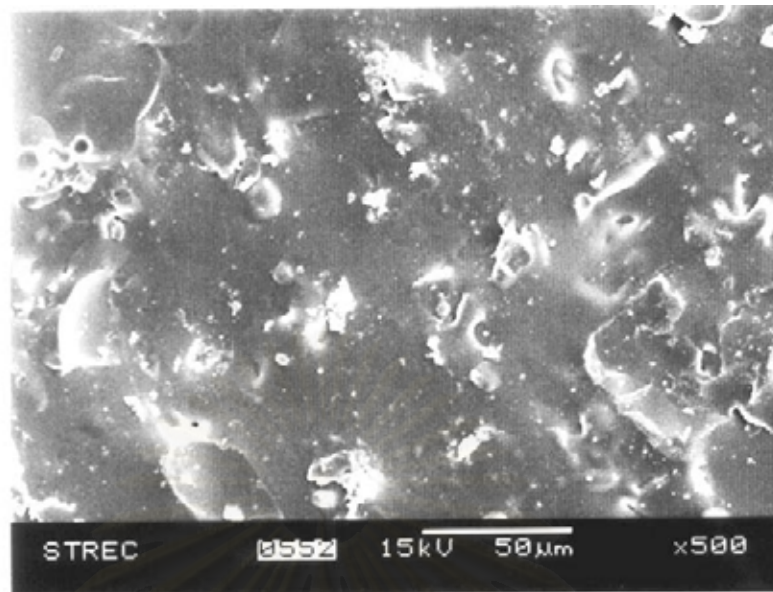
#### กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (รูปที่ 69)

ลักษณะผิวโดยทั่วไปขรุขระเล็กน้อย ร่วมกับมีหลุมตื้นๆ ต่อกันเป็นร่อง กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป และมีรอยแตกเล็กๆ กระจัดกระจาย

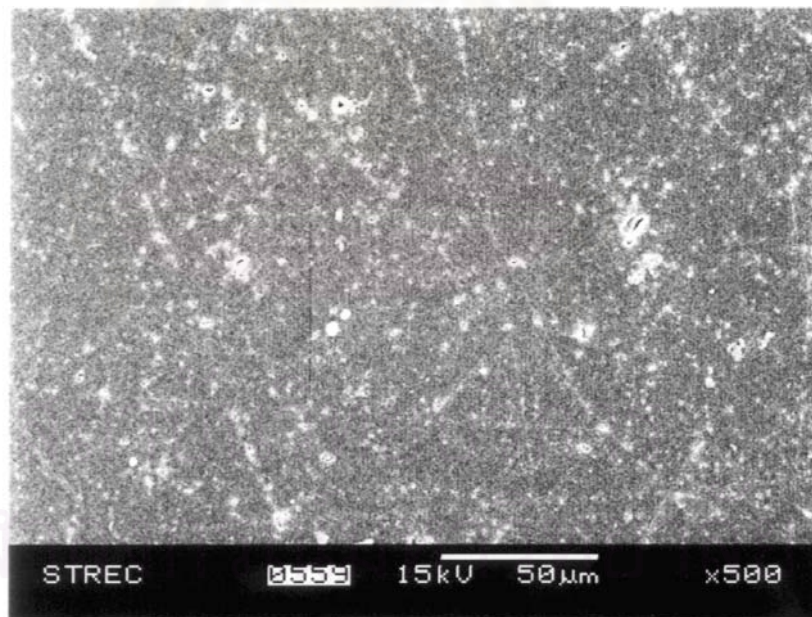
#### กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัด (รูปที่ 70)

ลักษณะผิวโดยทั่วไปมีความขรุขระเล็กน้อย มีลักษณะเหมือนแผ่นคราบลอยกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ล้อมรอบด้วยหลุมตื้นๆ

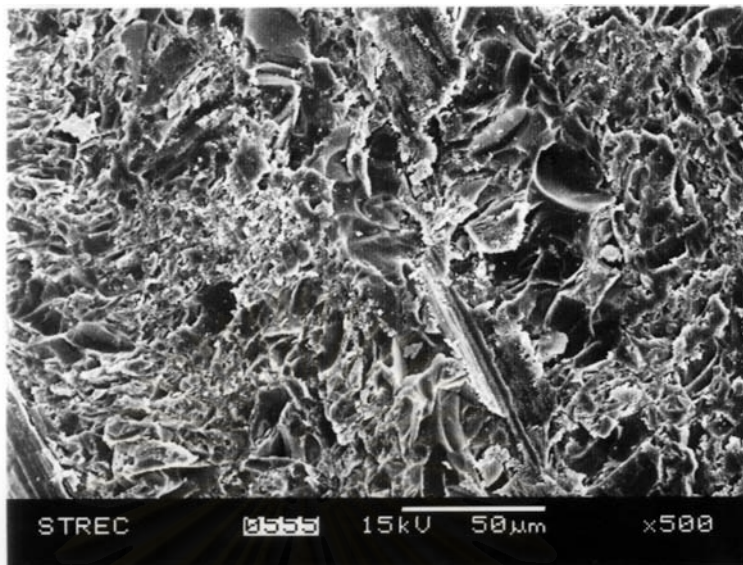
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



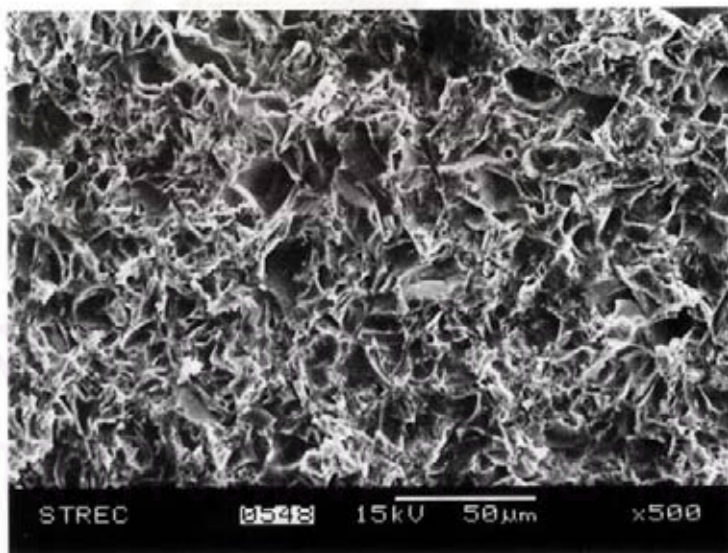
รูปที่ 65 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมิเนียมฟอสฟอเรสเซนต์  
กลุ่มควบคุ่ม (กำลังขยาย 500 เท่า)



รูปที่ 66 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมิเนียมฟอสฟอเรสเซนต์  
กลุ่มจัดเรียบ (กำลังขยาย 500 เท่า)

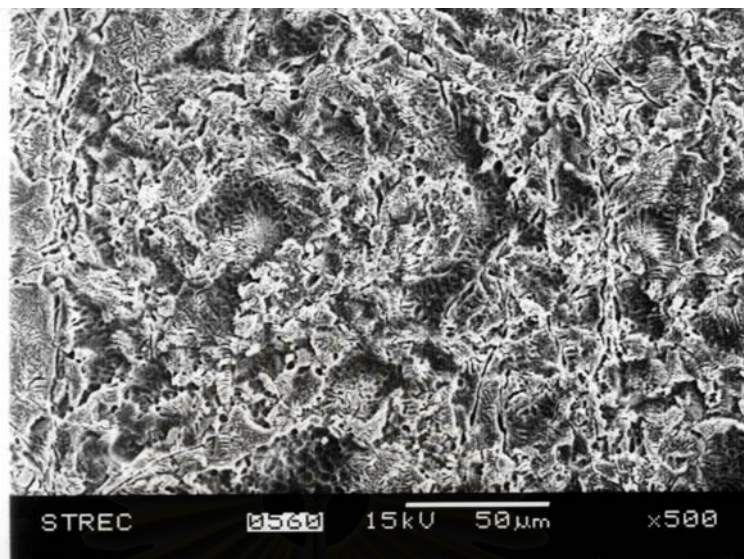


รูปที่ 67 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมิเนียมฟอสฟอเรสเซนต์  
กลุ่มกรอดด้วยเข็มกรอกกากเพชร (กำลังขยาย 500 เท่า)

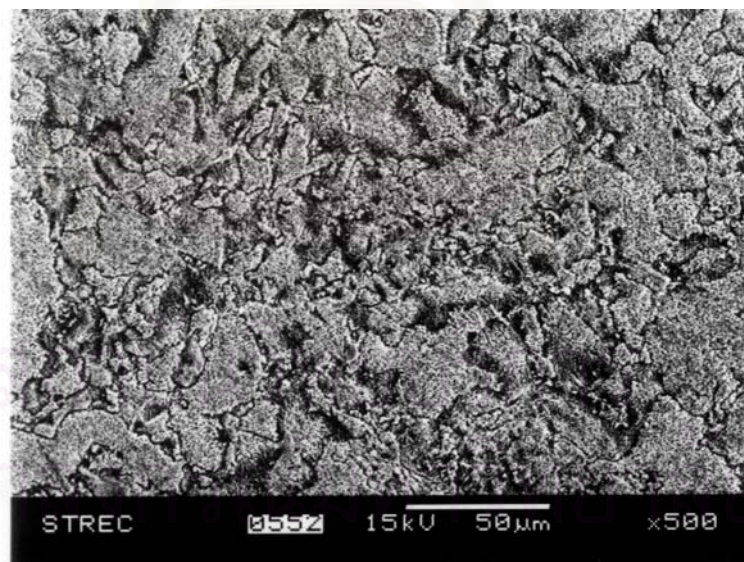


รูปที่ 68 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมิเนียมฟอสฟอเรสเซนต์  
กลุ่มเป่าทราย (กำลังขยาย 500 เท่า)





รูปที่ 69 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมิเนียมฟอสฟอเรสเซน กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (กำลังขยาย 500 เท่า)



รูปที่ 70 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวอะลูมิเนียมฟอสฟอเรสเซน กลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกัด (กำลังขยาย 500 เท่า)

กลุ่มพอร์ซเลนที่มีลวดลายที่ปริมาณสูง

กลุ่มควบคุม (รูปที่ 71)

จากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบลักษณะโดยทั่วไปผิวขรุขระเล็กน้อย เป็นหลุมตื้น อันเป็นผลจากการเป่าด้วยเม็ดแก้วจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน

กลุ่มขีดเรียบ (รูปที่ 72)

พบลักษณะโดยทั่วไปผิวเรียบ มีฟองอากาศบ้างเล็กน้อย และมีร่องยาวที่หลงเหลือ อันเป็นผลจากการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์

กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (รูปที่ 73)

พบลักษณะผิวโดยทั่วไปที่มีความขรุขระมาก มีลักษณะเป็นหลุมโดยทั่วไป อันเป็นผลจากผงกากเพชรกระทำกับผิวพอร์ซเลน เป็นคลื่นตามแนวการกรอ

กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด (รูปที่ 74A และ B)

เมื่อมองด้วยกำลังขยาย 500 เท่า จะมีลักษณะเป็นจุดเล็กๆ กระจัดกระจาย บางตำแหน่งเหมือนหลุมขนาดใหญ่

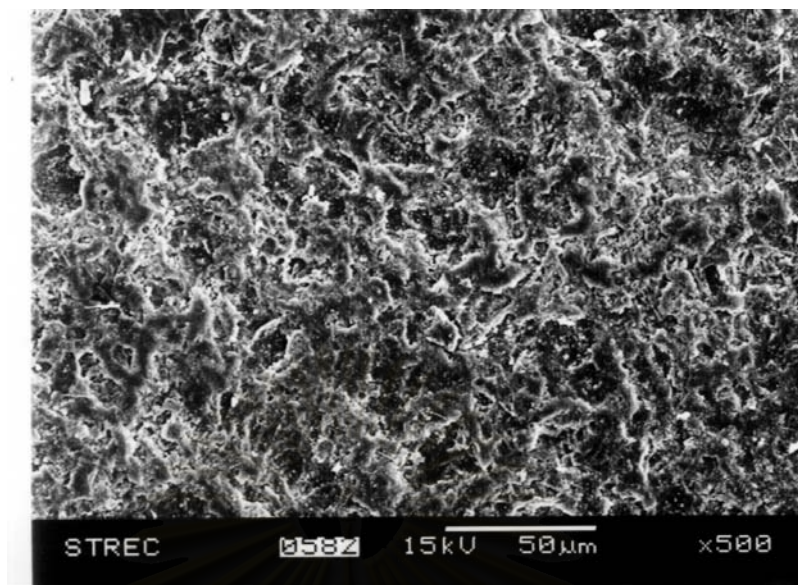
เมื่อมองด้วยกำลังขยาย 2000 เท่า พบลักษณะหลุมกลมขนาดเล็ก และบางตำแหน่งหลุมเล็กเชื่อมต่อกันเป็นหลุมขนาดใหญ่คอดเว้าเข้าไปในเนื้อพอร์ซเลน

กลุ่มที่ใช้เจลาอีเอฟกัด (รูปที่ 75A และ B)

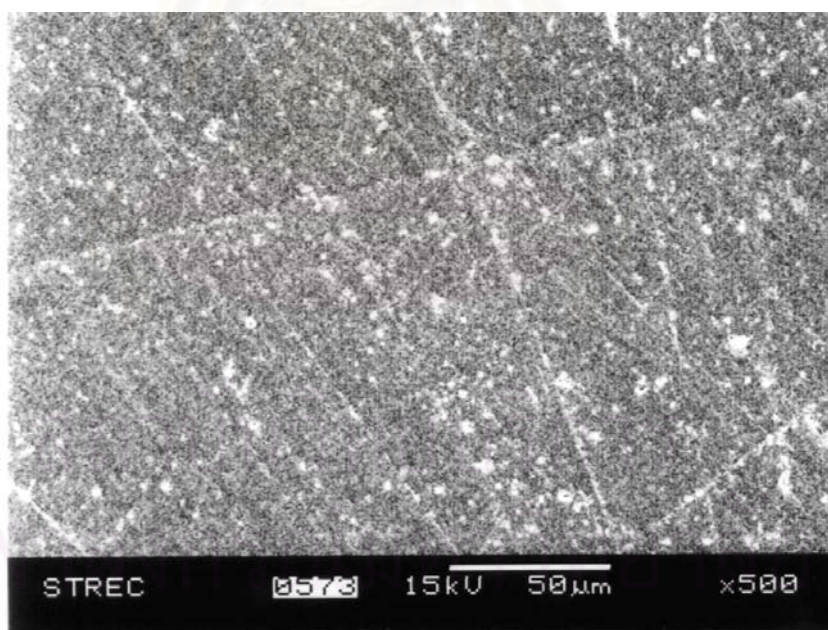
เมื่อมองด้วยกำลังขยาย 500 เท่า พบลักษณะก้อนกลม และยาวรี ลอยกระจัดกระจาย รอบๆ เป็นหลุมลึกลงไป

เมื่อมองด้วยกำลังขยาย 2000 เท่า พบลักษณะก้อนกลมและยาวรีที่ชัดเจนขึ้น รอบๆ เป็นหลุมลึกคอดเว้าเข้าไปในเนื้อพอร์ซเลน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

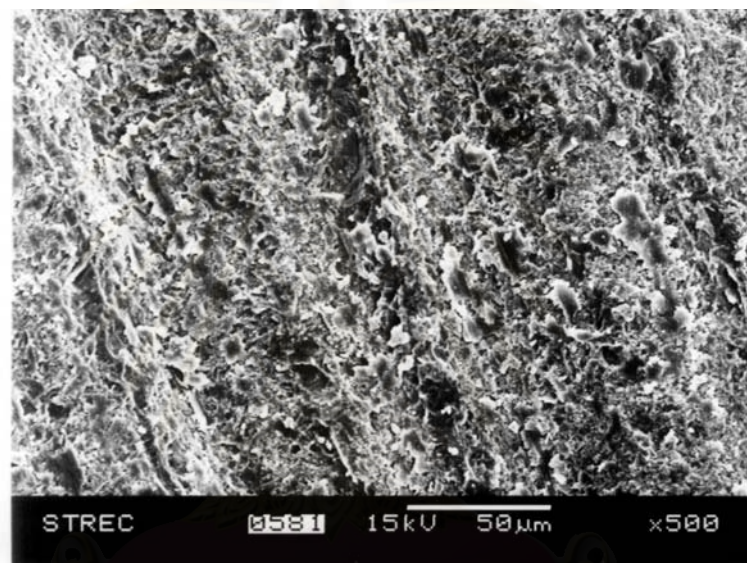


รูปที่ 71 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูง กลุ่มควบคุม (กำลังขยาย 500 เท่า)



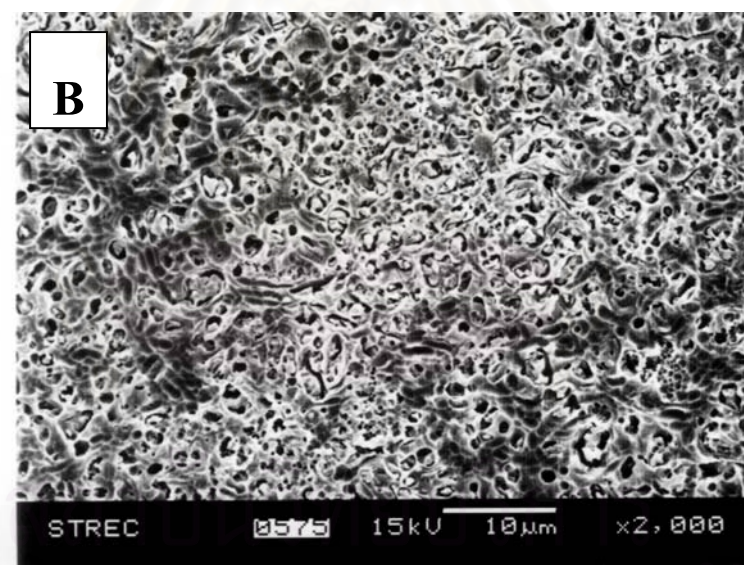
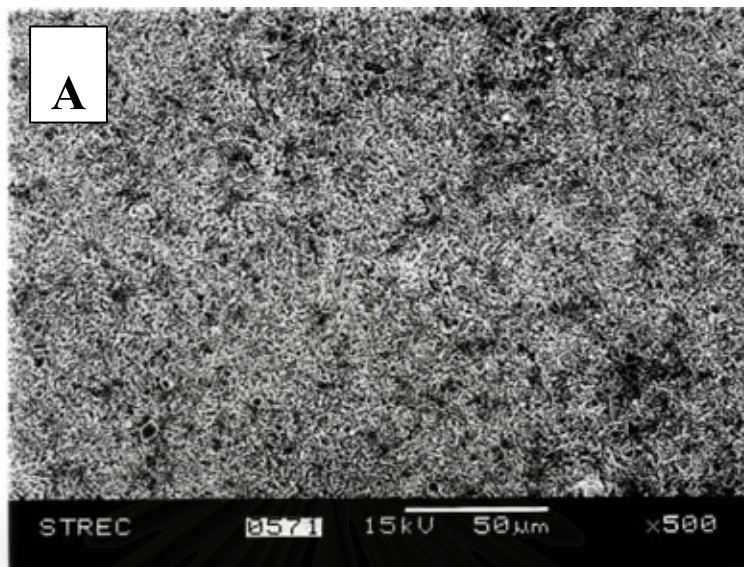
รูปที่ 72 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูโซท์ ปริมาณสูง กลุ่มจัดเรียง (กำลังขยาย 500 เท่า)





รูปที่ 73 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีรูไซท์  
ปริมาณสูง กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร (กำลังขยาย 500 เท่า)

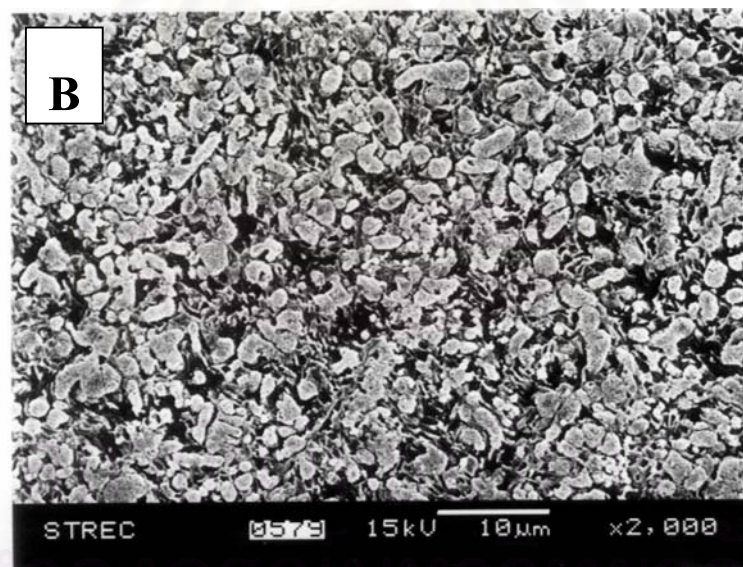
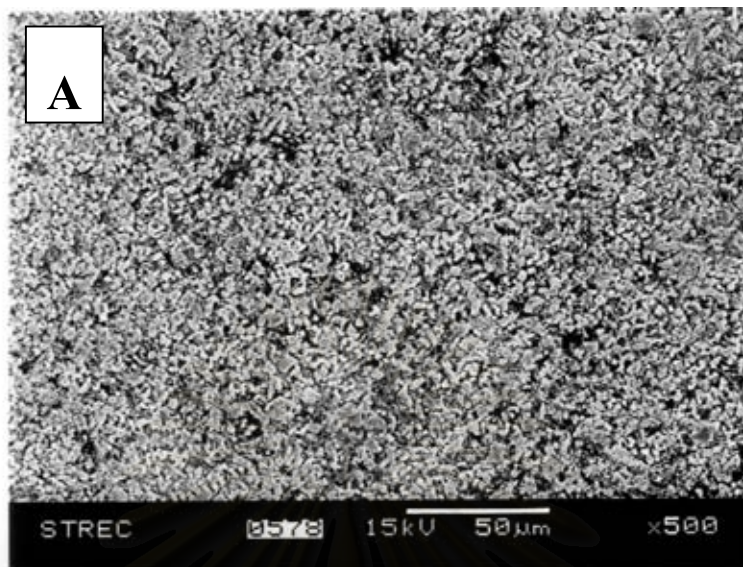
สถาบันนวัตกรรมการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 74 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูโซท์  
ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด

A กำลังขยาย 500 เท่า

B กำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 75 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงพื้นผิวพอร์ซเลนที่มีลูโซท์  
ปริมาณสูง กลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกัค

A กำลังขยาย 500 เท่า

B กำลังขยาย 2000 เท่า



### ตอนที่ 3 ผลการตรวจรูปแบบการแตกด้วยกล้องสเตอริโอโคป

เมื่อพิจารณารูปแบบการแตกของชิ้นตัวอย่างด้วยกล้องสเตอริโอโคป สามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

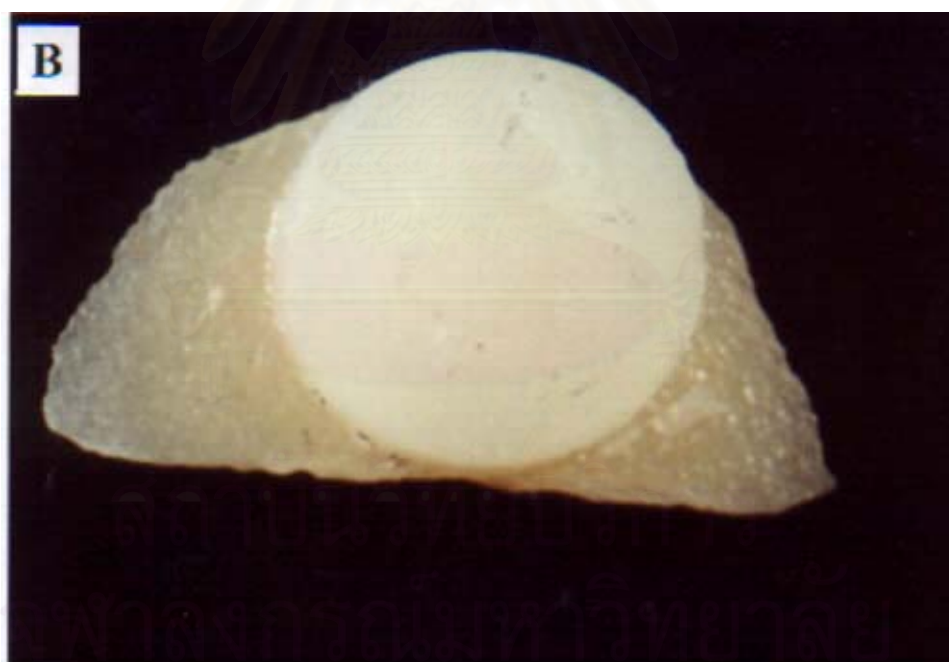
1. แบบโคฮีซีฟในเนื้อเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน และส่วนที่แตกออกมานั้น จะติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง (รูปที่ 76A และ B)

2. แบบโคฮีซีฟร่วมกับแอคฮีซีฟ โดยแตกแบบโคฮีซีฟในเนื้อเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน และแบบแอคฮีซีฟ ระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน (รูปที่ 77A และ B)

3. แบบแอคฮีซีฟ เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน (รูปที่ 78A และ B)

4. แบบแอคฮีซีฟ เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์บางส่วนติดอยู่กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน และบางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง (รูปที่ 79A และ B)

ซึ่งรูปแบบการแตกในกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน และอะลูมินัสปอร์ซเลน แสดงในตารางที่ 51 และ 52

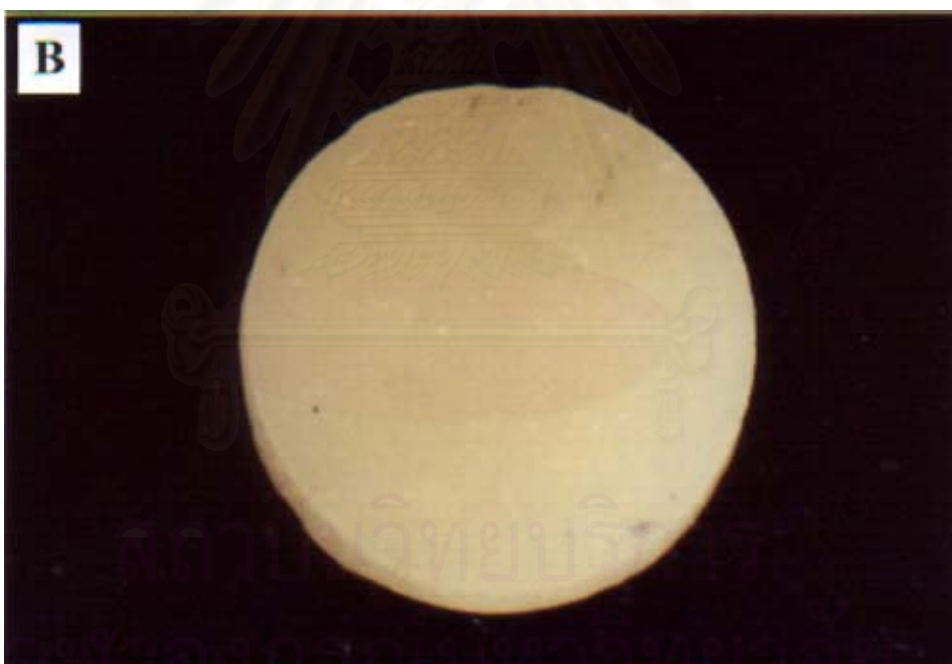


รูปที่ 76 การแตกแบบโคฮีซีฟในเนื้อพอร์ซเลน

A ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน

B ที่พอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง แสดงให้เห็นชั้นส่วนของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ที่ติดกับพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง



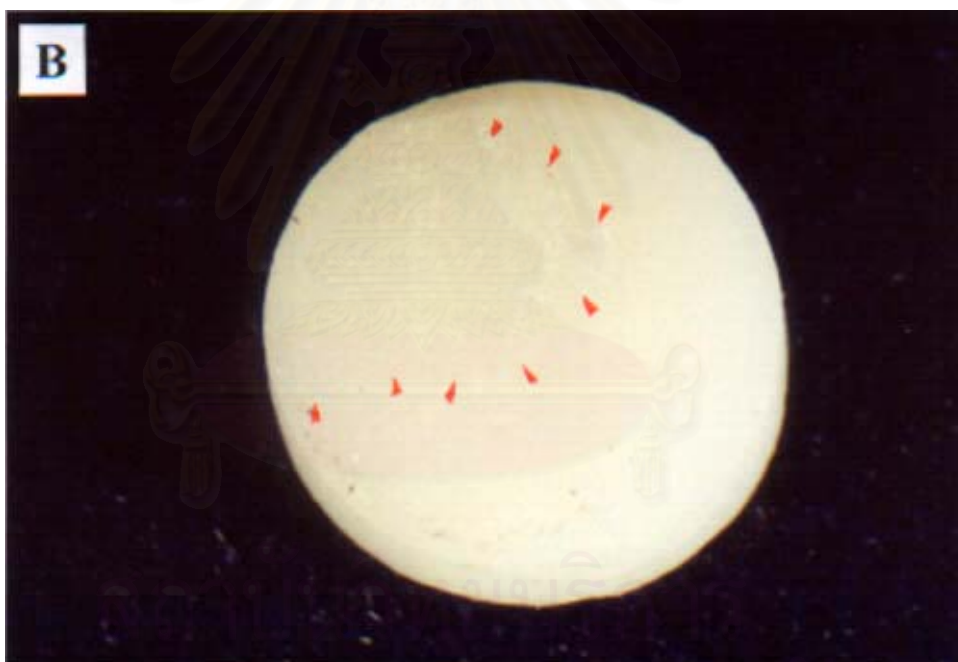


รูปที่ 77 แสดงการแตกแบบโคฮีซีฟร่วมกับแบบแอคฮีซีฟ

- A ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์  
ที่ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน)
- B ที่พอร์ซเลนที่มีลูไซท์ปริมาณสูง ไม่มีส่วนเรซินซีเมนต์ติดอยู่



- รูปที่ 78 การแตกแบบแอคซิซฟิที่เรซินซีเมนต์และพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง
- A ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์ที่ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน)
- B ที่พอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูง ไม่มีส่วนของเรซินซีเมนต์ติดอยู่



รูปที่ 79 การแตกแบบแอคซีซีฟที่เรซินซีเมนต์ โดยที่บางส่วนติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน และบางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง

- A ที่เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์บางส่วนติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน)
- B ที่พอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง (ลูกศรสีแดงแสดงเรซินซีเมนต์บางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง)

ตารางที่ 51 รูปแบบการแตกในกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน

กลุ่ม	รูปแบบการแตก				กลุ่ม	รูปแบบการแตก			
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
1A	10	-	-	-	4A	10	-	-	-
1B	6	4	-	-	4B	1	4	4	1
1C	10	-	-	-	4C	10	-	-	-
1D	10	-	-	-	4D	10	-	-	-
1E	10	-	-	-	4E	10	-	-	-
2A	10	-	-	-	5A	10	-	-	-
2B	2	7	-	1	5B	2	4	4	-
2C	10	-	-	-	5C	10	-	-	-
2D	10	-	-	-	5D	10	-	-	-
2E	10	-	-	-	5E	10	-	-	-
3A	10	-	-	-	6A	10	-	-	-
3B	1	5	4	-	6B	3	4	3	-
3C	10	-	-	-	6C	10	-	-	-
3D	10	-	-	-	6D	10	-	-	-
3E	10	-	-	-	6E	10	-	-	-

แบบที่ 1. แบบโคฮีซีฟในเนื้อเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน และส่วนที่แตกออกมานั้น จะติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง

แบบที่ 2. แบบโคฮีซีฟร่วมกับแอคฮีซีฟ โดยแตกแบบโคฮีซีฟในเนื้อเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน และแบบแอคฮีซีฟ ระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรือ อะลูมินัสปอร์ซเลน

แบบที่ 3. แบบแอคฮีซีฟ เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรือ อะลูมินัสปอร์ซเลน

แบบที่ 4. แบบแอคฮีซีฟ เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์บางส่วนติดอยู่กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน และบางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง

ตารางที่ 52 รูปแบบการแตกในกลุ่มอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน

กลุ่ม	รูปแบบการแตก				กลุ่ม	รูปแบบการแตก			
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
7A	10	-	-	-	10A	10	-	-	-
7B	5	5	-	-	10B	2	5	3	-
7C	10	-	-	-	10C	10	-	-	-
7D	10	-	-	-	10D	10	-	-	-
7E	10	-	-	-	10E	10	-	-	-
8A	10	-	-	-	11A	10	-	-	-
8B	1	6	2	1	11B	2	5	3	-
8C	10	-	-	-	11C	10	-	-	-
8D	10	-	-	-	11D	10	-	-	-
8E	10	-	-	-	11E	10	-	-	-
9A	10	-	-	-	12A	10	-	-	-
9B	2	5	3	-	12B	3	4	3	-
9C	10	-	-	-	12C	10	-	-	-
9D	10	-	-	-	12D	10	-	-	-
9E	10	-	-	-	12E	10	-	-	-

แบบที่ 1. แบบโคฮีซีฟในเนื้อเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมิเนียมสฟอรัชเลน และส่วนที่แตกออกมานั้น จะติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง

แบบที่ 2. แบบโคฮีซีฟร่วมกับแอคฮีซีฟ โดยแตกแบบโคฮีซีฟในเนื้อเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมิเนียมสฟอรัชเลน และแบบแอคฮีซีฟ ระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรือ อะลูมิเนียมสฟอรัชเลน

แบบที่ 3. แบบแอคฮีซีฟ เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์ติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรือ อะลูมิเนียมสฟอรัชเลน

แบบที่ 4. แบบแอคฮีซีฟ เป็นการแตกระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยเรซินซีเมนต์บางส่วนติดอยู่กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมิเนียมสฟอรัชเลน และบางส่วนติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง



## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการวิจัย

พอร์ชเลนเป็นวัสดุบูรณะทางทันตกรรมที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เพราะมีคุณสมบัติในการสนองตอบรับแสง ให้ได้สีเหมือนสีฟันธรรมชาติ แต่มีข้อด้อยที่สำคัญคือ เปราะ และแตกง่าย เมื่อต้องรับแรงบดเคี้ยว เมื่อเกิดสถานการณ์เช่นนี้ การรีดทำใหม่นั้น ไม่อาจทำได้ในทุกรณี เนื่องจากขั้นตอนในการทำมีหลายวิธี เสียเวลา และเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น เมื่อมีการแตกของพอร์ชเลน การซ่อมแซมจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ถ้าสามารถซ่อมแซมชิ้นงานนั้นด้วยวิธีที่ง่าย สะดวก ประหยัด ให้ความสวยงามและความคงทน ย่อมเป็นผลดีสำหรับผู้ป่วย โดยเฉพาะในภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยขณะนี้ ซึ่งวัสดุที่น่าจะนำมาใช้ซ่อมแซมได้คือ พอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง เนื่องจากเป็นพอร์ชเลนที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ได้แก่ ให้ความสวยงาม มีความแข็งแรงสูง นอกจากนี้กรรมวิธีในการขึ้นรูปนั้น อาศัยเทคนิคการทำบ่าหลอมจากจีพี้ จึงให้ความแนบสนิทตามขอบที่ดี ซึ่งเป็นข้อดีที่ทำให้พอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงนี้แนบสนิทกับชิ้นงานเดิม ประกอบกับมีความสามารถในการกลมกลืนสีเข้ากับชิ้นงานเดิม ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้พอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงนี้น่าจะนำมาประยุกต์ใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่มีพอร์ชเลนแตกได้

ซึ่งจากการทดลองในกลุ่มเฟลด์สปากติกพอร์ชเลน ที่ยึดกับพอร์ชเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการปรับสภาพผิวของพอร์ชเลนทั้งสองชนิดที่นำมายึดติดกันให้เกิดความขรุขระ ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อที่สูงกว่าเมื่อมีการปรับสภาพผิวพอร์ชเลนที่ไม่ก่อให้เกิดความขรุขระ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และจากการตรวจสภาพผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าการปรับสภาพผิวนั้น จะเกิดพื้นผิวที่ขรุขระ มีหลุมลึก และส่วนคอดที่พอเหมาะในการยึดติดทางเชิงกลของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึด (Stangel, *et al.*, 1987; Simonsen and Calamia, 1993; van Noort, 1994)

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวที่ก่อให้เกิดความขรุขระ พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อระหว่างกลุ่มนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้เป็นไปในแนวเดียวกับการทดลองของ Suliman Swift และ Perdiago (1993) ที่ได้ประเมินผลการปรับสภาพผิวเฟลด์สปากติกพอร์ชเลน (VITA VMK<sup>®</sup> 68) จากการกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และการเป่าทราย ได้ผลสรุปว่า

การปรับสภาพผิวทั้งสามแบบนี้ ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเงื่อนไขที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ซึ่งเมื่อพิจารณาสภาพผิวหลังการปรับสภาพโดยวิธีต่างกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าการใช้เจลเอพิเอฟกั๊ด พื้นผิวพอร์ซเลนโดยทั่วไปจะมีความขรุขระเพียงเล็กน้อย มีหลุมตื้นๆ และมีความคอดเว้าลึกเข้าไปในเนื้อผิวเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเจลเอพิเอฟทำปฏิกิริยากับส่วนแก้วเมทริกซ์ได้น้อย (Della Bona and van Noort, 1998) ทำให้ค่าความแข็งแรงพันธะเงื่อนไขที่ได้ กลับไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการปรับสภาพผิวแบบอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Al Edris และคณะ (1990) ที่ศึกษารูปแบบการใช้กรดกัดของกรดสามชนิด (Super Etch<sup>®</sup> ประกอบด้วยกรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดไฮโดรฟลูออริก ใช้เวลา 90 วินาที Stripit<sup>®</sup> ประกอบด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกและกรดซัลฟูริก ใช้เวลา 2 นาที และเจลเอพิเอฟ ประกอบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ กรดไฮโดรฟลูออริก และกรดฟอสฟอริก pH 3.6 ใช้เวลา 10 นาที) บนพอร์ซเลนสามชนิด (Mirage<sup>®</sup> Vita VMK<sup>®</sup> และ Ceramco II<sup>®</sup>) แล้วต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเจลเอพิเอฟทำให้ผิวพอร์ซเลนเป็นหลุม ร่องน้อยกว่าซูเปอร์เอชและสทริปอิท โดย Al Edris และคณะรายงานว่าความขรุขระ และความหยาบจากการใช้กรดกัดของผิวพอร์ซเลน ไม่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงพันธะระหว่างคอมโพสิตเรซินกับพอร์ซเลน

ถึงแม้ว่า ผลจากการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Della Bona และ van Noort (1995) และ Lacy และคณะ (1988) ที่ให้ข้อสรุปว่า ค่าความแข็งแรงพันธะเงื่อนไขระหว่างการใช้เจลเอพิเอฟ และกรดไฮโดรฟลูออริกนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองของผู้วิจัยเหล่านั้นมุ่งประเมินถึงผลของกรดไฮโดรฟลูออริก และเจลเอพิเอฟเท่านั้น ไม่ได้เปรียบเทียบร่วมกับการปรับสภาพผิวโดยวิธีอื่น เช่น การกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร หรือการเป่าทราย เหมือนการทดลองนี้

นอกจากนี้ การทดลองในกลุ่มอะลูมินัสพอร์ซเลน ที่ยึดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง โดยปรับสภาพผิวพอร์ซเลนทั้งสองชนิดที่นำมายึดติดกันให้เกิดความขรุขระ ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดๆ ก็ตาม ค่าความแข็งแรงพันธะเงื่อนไข จะสูงกว่าเมื่อมีการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนเพียงชนิดหนึ่งชนิดใดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้นอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (11A) กับอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ (11B) และอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพิเอฟกั๊ดยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (12A) กับ

อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มที่ใช้เจลเอพีเอฟกักยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มชุดเรียบ (12B) (เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง) ที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เหตุที่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากการเตรียมพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง เมื่อผ่านกระบวนการอัดเข้าเบ้าแล้ว ต้องผ่านขั้นตอนการแยกชั้นงานด้วยการเป่าด้วยเม็ดแก้วขนาด 90 ไมครอน ดังนั้นผิวเริ่มต้นของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง จึงเป็นผิวที่ได้รับการเป่าด้วยเม็ดแก้ว ไม่ใช่ผิวเรียบ มีความหยาบเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว พื้นผิวมีลักษณะเป็นหลุมตื้น ไม่เกิดเป็นร่องลึก ไม่มีส่วนคอดเว้าลึกเข้าไปในเนื้อผิวพอร์ชเลน จึงไม่ก่อให้เกิดการยึดติดที่ดี ประกอบกับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก และเจลเอพีเอฟกักอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนนั้น จะได้ลักษณะพื้นผิวที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน เนื่องจากกรดไฮโดรฟลูออริก และเจลเอพีเอฟจะทำปฏิกิริยากับซิลิกาได้ดีกว่า ในขณะที่อะลูมิเนียมสฟอรัชเลนนั้น ประกอบด้วย อะลูมินาเป็นส่วนใหญ่ ประมาณร้อยละ 40-50 (McLean, 1980) แต่มีซิลิกาเป็นส่วนน้อย ดังนั้นกรดไฮโดรฟลูออริกและเจลเอพีเอฟ จึงทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนได้น้อย (Yen, Blacknan and Baez, 1993) ลักษณะพื้นผิวที่ได้ไม่ก่อให้เกิดการยึดติดที่ดี (Lu, *et al.*, 1992) การยึดติดระหว่างอะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบกับกลุ่มชุดเรียบ จึงมีค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนที่ไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวเพื่อให้เกิดความขรุขระ ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเหมือนระหว่างกลุ่มนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

นอกจากนี้เมื่อพิจารณารูปแบบการแตก พบว่า การแตกส่วนใหญ่เป็นการแตกในส่วนของเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน หรืออะลูมิเนียมสฟอรัชเลน มากกว่าที่จะเป็นการแตกในส่วนของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง แสดงให้เห็นว่า พอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงนั้น มีกำลังคัดขวางสูงกว่าเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน และอะลูมิเนียมสฟอรัชเลน เนื่องจากขั้นตอนการทำพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงนั้น จะก่อให้เกิดการกระจายตัวของลูโซท์ไปทั่วทั้งชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอ และกอบปรกับบริเวณอัตรอบๆ ลูโซท์ อันเกิดจากความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนระหว่างลูโซท์และแก้วเมทริกซ์ ซึ่งมีผลต้านทานต่อการแตกได้ (Cattel, *et al.*, 2000) ดังนั้น จึงไม่พบการแตกในส่วนของพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูง

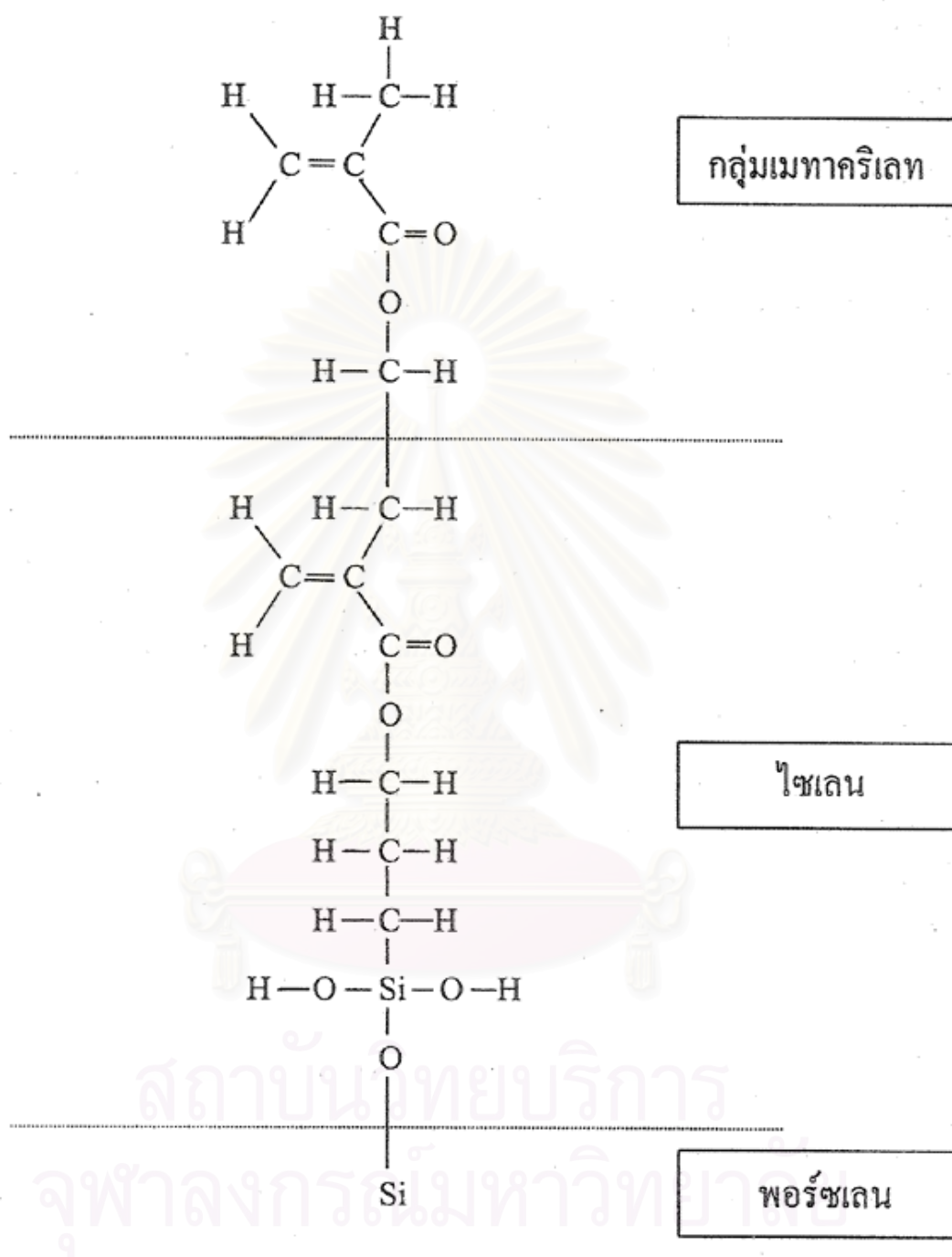
อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการแตกในกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ชเลน หรืออะลูมิเนียมสฟอรัชเลนกลุ่มชุดเรียบ ที่ยึดติดกับพอร์ชเลนที่มีลูโซท์ปริมาณสูงกลุ่มต่างๆ (2A-E หรือ 8A-E) กลับพบว่า มีเพียงกลุ่ม 2B และ 8B เท่านั้น ที่มีการแตกในแบบที่สอง (การแตกในส่วนของเฟลด์สปาทิก

พอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ร่วมกับการแตกตรงรอยต่อของเรซินซีเมนต์ กับพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง) เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่กลุ่มอื่นนั้น มีการแตกในแบบที่หนึ่ง (การแตกในส่วนของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน) ทั้งสิ้น เนื่องจาก การจัดเรียงในการทดลองนี้ไม่ได้ก่อให้เกิดพื้นผิวที่เรียบสนิท แต่ยังคงมีร่องยาวตักข้างจากการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ ประกอบกับเมื่อนำมายึดติดพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง ที่ได้รับการปรับสภาพผิวให้เกิดความหยาบด้วยเรซินซีเมนต์ ร่วมกับการใช้ไซเลน ทำให้เกิดการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลน เป็นการยึดติดทั้งเชิงกลและทางเคมี โดยทางเชิงกลเกิดจากไซเลนสามารถเพิ่มความเปียกบนผิวพอร์ซเลน ทำให้เรซินซีเมนต์ไหลเข้าสู่ผิวพอร์ซเลน และเกิดการยึดติดได้ดีขึ้น และทางเคมีเกิดจาก ไซเลนจะยึดกับคอมโพสิตเรซิน โดยแขนข้างหนึ่งของไซเลนจะจับกับซิลิกอนในพอร์ซเลน ด้วยพันธะโควาเลนต์ และแขนอีกข้างหนึ่งจับกับกลุ่มเมทาคริลเทในคอมโพสิตเรซิน ด้วยพันธะโควาเลนต์ (รูปที่ 80) (Lu, *et al.*, 1992; Major, *et al.*, 1995) ดังนั้น พอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงจึงยังคงยึดติดได้ดีกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ทำให้เกิดการแตกในแบบที่หนึ่ง

ถึงแม้ว่า กลุ่ม 1 และ 2 ของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่ม 7 และ 8 ของอะลูมินัสปอร์ซเลน และกลุ่ม B ของพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงนั้น จะไม่พบในทางคลินิก แต่ในการทดลองนี้ได้ทำขึ้นเพื่อให้ได้งานวิจัยที่สมบูรณ์ โดยมีกลุ่มควบคุม และชิ้นงานทุกชิ้นมีมาตรฐานเดียวกัน

เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ที่ยึดกับพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูงพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการปรับสภาพผิวให้เกิดความขรุขระ มีรูปแบบการแตกที่เหมือนกัน นั่นคือ เป็นการแตกในส่วนของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน ในขณะที่ค่าความแข็งแรงพันธะเนื้อนั้นแตกต่างกัน เหตุที่เป็นเช่นนี้ อธิบายได้ว่าเนื่องจากสภาพผิวในกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดนั้นพบว่า มีรอยแตกเล็กๆ (surface flaws) กระจุกกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งรอยแตกเล็กๆ เหล่านี้ เป็นลักษณะธรรมชาติของพอร์ซเลน (van Noort, 1994) ดังนั้นในกลุ่มควบคุม จึงเสมือนมีความผิดปกติที่ผิวอยู่แล้ว ซึ่งก่อให้เกิดการแตกที่แผ่ขยายได้ง่าย จึงให้รูปแบบการแตกที่เหมือนกับในกลุ่มอื่น

จะเห็นได้ว่า จากการวิเคราะห์ผลการทดลองดังที่ได้กล่าวมา จะได้แนวทางในการนำพอร์ซเลนที่มีลูไลท์ปริมาณสูง มาใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่มีพอร์ซเลนแตก นั่นคือควรปรับสภาพผิว



รูปที่ 80 การยึดระหว่างไซเลนกับพอร์ซเลนและกลุ่มเมทาคริเลท



พอร์ชเลนที่จะนำมายึดติดกันให้เกิดความหยาบ ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นให้ค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมไม่แตกต่างกัน และจากผลการทดลอง พบว่าการกรอด้วยเข็มกรออากาศเพชรให้ค่าความแข็งแรงพันธะเชื่อมสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม การกรอโดยไม่ระมัดระวังนั้น ทำให้ชิ้นงานไม่แนบสนิท นอกจากนี้ การเป่าทรายอาจมีข้อจำกัดทางคลินิก ซึ่งบางคลินิกอาจไม่มีเครื่องเป่าทราย และถ้าใช้ไม่ระมัดระวัง อาจทำลายผิวพอร์ชเลน และขอบได้ (Kern and Thompson, 1994) ดังนั้น การเลือกใช้กรดไฮโดรฟลูออริก หรือเจลาเอพีเอฟปรับสภาพผิวพอร์ชเลน น่าจะเป็นวิธีการที่ค่อนข้างเหมาะสมในทางปฏิบัติมากที่สุด เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย ราคาไม่แพง ปลอดภัย เนื่องจากใช้ในช่องปากอยู่แล้ว และทำได้ทั่วผิวพอร์ชเลน ซึ่งก่อให้เกิดการปรับสภาพผิวที่สม่ำเสมอ แต่การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกนั้น ควรใช้แผ่นยางกั้นน้ำลายทุกครั้ง เพื่อป้องกันอันตรายต่อเนื้อเยื่อในช่องปาก (Jochen, 1973; Barbosa, *et al.*, 1995)

นอกจากนี้ ควรตรวจสอบการสบฟันในทุกตำแหน่ง ซึ่งแม้ว่าค่าแรงที่ได้จากการทดลองนี้ (กลุ่ม 4C มีค่าแรงสูงสุดคือ 801.5 นิวตัน) จะใกล้เคียงกับค่าแรงบดเคี้ยวในฟันหลัง ซึ่งศึกษาโดย Waltimo และ Kononen (1993) ว่ามีค่าประมาณ 847 นิวตัน ซึ่งน่าจะเพียงพอในการทนต่อแรงบดเคี้ยว แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่ได้ตรวจสอบการสบฟันในทุกตำแหน่ง ให้มีการสบในตำแหน่งที่พอร์ชเลนแตกเพียงเล็กน้อย (light contact) แรงบดเคี้ยวที่กระทำซ้ำๆ นั้น อาจทำให้พอร์ชเลนหลุด หรือแตกซ้ำได้ และการแตกครั้งที่สองนี้ จะเป็นการแตกในส่วนของชิ้นงานเดิม ไม่ได้แตกในส่วนของพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุไฮดรอกซีฟอสเฟตปริมาณสูง ดังผลการทดลองที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งการซ่อมแซมนั้นจะทำได้ยากขึ้น

จากการทดลองนี้ เป็นความพยายามในการหาวิธีซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ชเลนแตกหัก เพื่อลดขั้นตอนจากการทำใหม่ ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายแก่ผู้ป่วย ซึ่งในปัจจุบันการทำสะพานฟันใหม่นั้น ราคาอย่างน้อยคือ ประมาณ 15,000 บาท สำหรับสะพานฟันสามซี่ แต่การซ่อมแซมด้วยพอร์ชเลนที่มีลู่วัสดุไฮดรอกซีฟอสเฟตปริมาณสูงนั้น ค่าชิ้นงานประมาณ 1,000-1,500 บาท และเมื่อคิดรวมราคาค่ายึดติดแล้ว ผู้ป่วยจะเสียค่าใช้จ่ายเพียง 2,000-2,500 บาท ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 13-16 ของราคาที่ทำใหม่ เมื่อเปรียบเทียบแล้ว นับว่าก่อให้เกิดผลดีต่อผู้ป่วยอย่างสูง

ซึ่งระบบพอร์ชเลนที่นำมาเลือกใช้ในการทดลองนี้คือ เอ็มเพรส เนื่องจากการทำชิ้นงานนั้นสะดวก และง่าย โดยเมื่อทันตแพทย์พบชิ้นงานที่พอร์ชเลนแตก ก็สามารถพิมพ์ชิ้นงานนั้นออกมาเทพลาสติกเรซิน แล้วตกแต่งส่วนที่พอร์ชเลนแตกหักด้วยซีเมนต์ จากนั้นนำซีเมนต์นั้นไปผ่านกระบวนการทางห้องปฏิบัติการ ก็จะได้ชิ้นงานออกมา และนำชิ้นงานไปยึดติดกับชิ้นงานที่

พอร์ซเลนแตก ด้วยเรซินซีเมนต์ต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีพอร์ซเลนระบบอื่นที่สามารถทำได้ เช่นเดียวกับเอ็มเพรส นั่นคือ ออพติมอล เพรสเซเบิล เซรามิก หรือโอพีซี (Optimal Pressable Ceramic: OPC) ซึ่งผลการยึดติดนั้น ยังคงต้องมีการศึกษาต่อไปว่าให้ผลเป็นเช่นไร

นอกจากนี้ผลการทดลองนี้ ไม่ได้ครอบคลุมเรซินซีเมนต์ทั้งหมด เรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ แวริโอลิงค์ทู ซึ่งเป็นคอมโพสิตเรซินซีเมนต์ แต่เรซินซีเมนต์ในทางทันตกรรมนั้น ยังมีกลุ่มฟอสฟอเนต หรือคาร์บอกซิล เช่น Panavia F<sup>®</sup> Super-Bond<sup>®</sup> ซึ่งควรศึกษาผลของซีเมนต์เหล่านี้ว่าสามารถให้การยึดติดได้ดีเพียงใด

อนึ่ง แม้ว่าจากผลการทดลองนี้ ค่าความแข็งแรงพันธะเงื่อนไขได้ค่อนข้างสูง แต่การทดลองนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพความเป็นจริงในช่องปากแล้ว พบว่ายังเทียบกันไม่ได้ เนื่องจากสภาพในช่องปากนั้น มีน้ำและความชื้น สภาพความเป็นกรดและด่าง ที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ซึ่งย่อมมีผลต่อการยึดติดของชิ้นงานได้ ดังนั้นหากจะพิจารณาถึงความคงทนในการซ่อมแซมชิ้นงานพอร์ซเลนที่แตกหักด้วยพอร์ซเลนที่มีลูโซที่ปริมาณสูงนี้แล้ว ควรจะต้องมีการศึกษาถึงผลเหล่านี้ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

### บทสรุป

การออกแบบการทดลองทั้งหมดนี้ เป็นความพยายามที่จะศึกษาความแข็งแรงพันธะเนียนของพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง ซึ่งยึดติดกับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลนด้วยเรซินซีเมนต์ ภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน โดยพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูงมี 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม สภาพผิวได้จากการเป่าด้วยเม็ดแก้วขนาด 90 ไมครอน กลุ่มขัดเรียบด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชรชนิดหยาบ กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และกลุ่มที่ใช้เจลาเทียเฟกต์ ส่วนกลุ่มเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลนมี 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม สภาพผิวได้จากการทำให้เรียบด้วยใบมีดและฟูกัน กลุ่มขัดเรียบด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ กลุ่มกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร กลุ่มเป่าทราย กลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และกลุ่มที่ใช้เจลาเทียเฟกต์

จากการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การยึดติดระหว่างพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง กับเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน หรืออะลูมินัสพอร์ซเลน เมื่อมีการปรับสภาพผิวของพอร์ซเลนทั้งสองชนิด ไม่ว่าจะด้วยการกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การเป่าทราย การใช้กรดไฮโดรฟลูออริก และเจลาเทียเฟกต์ จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะเนียนที่สูงกว่าเมื่อมีการปรับสภาพผิวของพอร์ซเลนแบบอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ที่ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (11A) กับอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด ที่ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ (11B) และอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลาเทียเฟกต์ ที่ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูงกลุ่มควบคุม (12A) กับอะลูมินัสพอร์ซเลนกลุ่มที่ใช้เจลาเทียเฟกต์ ที่ยึดติดกับพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูงกลุ่มขัดเรียบ (12B) (เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของพอร์ซเลนที่มีลิวไซต์ปริมาณสูง) ที่มีค่าความแข็งแรงพันธะเนียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. การปรับสภาพผิว ไม่ว่าจะด้วยการกรอด้วยเข็มกรอกากเพชร การเป่าทราย การใช้กรดไฮโดรฟลูออริก และเจลาเทียเฟกต์ จะให้ค่าความแข็งแรงพันธะเนียนที่ไม่แตกต่างกัน

- อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาตามการปรับสภาพผิวของเฟลด์สปาทิก  
พอร์ซเลน หรืออะลูมินัสปอร์ซเลน หรือพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง
3. พอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง สามารถนำมาใช้ซ่อมแซมชิ้นงานที่พอร์ซเลนแตกได้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

- Ahmad, I. 1998. Optical properties of the IPS Empress system. **Quintessence Dent Tech** 21: 133-147.
- Al Edris, A., Al Jabr, A., Cooley, R. L., and Barghi, N. 1990. SEM evaluation of etch patterns by three etchants on three porcelains. **J Prosthet Dent** 64(6): 734-739.
- Anusavice, K. J. 1996. **Philips' science of dental materials**. 10<sup>th</sup> ed. Pennsylvania: W. B. Saunders.
- Audenino, G., Bresciano, M., Bassi, F., and Carossa, S. 1998. In vitro evaluation of fit of adhesively luted ceramic inlays. **Int J Prosthodont** 12(4): 342-347.
- Bailey, J. H. 1989. Porcelain-to-composite bond strength using four organosilane materials. **J Prosthet Dent** 61(1): 174-177.
- Barbosa, V. L. T., Almeida, M. A., Chevitaresh, D., and Keith, O. 1995. Direct bonding to porcelain. **Am J Orthod Dentofac Orthop** 107: 159-164.
- Bello, J. A., Myers, M. L., Graser, G. N., and Jarvis, R. H. 1985. Bond strength and microleakage of porcelain repair materials. **J Prosthet Dent** 54(6): 788-791.
- Berksun, S., Kedici, P. S., and Saglam, S. 1993. Repair of fractured porcelain restorations with composite bonded porcelain laminate contours. **J Prosthet Dent** 69(5): 457-458.
- Binns, D. 1983. The chemical and physical properties of dental porcelain. In J. W. McLean (ed.), **Dental ceramics: proceeding of the first international symposium on ceramics**, pp. 41-82. Chicago: Quintessence.
- Brodbeck, R. 1996. Six years of clinical experience with an all-ceramic system. **Signature**, 8-14.
- Burgess, J. O., Norling, B. K., and Cardenas, H. L. 1996. Fluoride release and flexural strength of five fluoride releasing luting agents. **J Dent Res** 75: 70.
- Burke, F. J. T., and Grey, N. J. A. 1994. Repair of fractured porcelain units: alternative approaches. **Br Dent J** 164(9): 251-256.



- Cattel, M. J., Clarke, R. L., and Lynch, E. J. R. 1997a. The transverse strength, reliability and microstructural features of four dental ceramics - part I. **J Dent** 25(5) : 399-407.
- Cattel, M. J., Clarke, R. L., and Lynch, E. J. R. 1997b. The biaxial flexural strength and reliability of four dental ceramics - part II. **J Dent** 25(5): 409-414.
- Cattel, M. J., Chadwick, T. C., Knowles, J. C., Clarke, R. L., and Lynch, E. 2001. Flexural strength optimisation of a leucite reinforced glass ceramic. **Dent Mat** 17: 21-33.
- Chung, K. H., and Hwang, Y. C. 1997. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. **J Prosthet Dent** 78(2): 267-274.
- Cochran, D., O'Keefe, K. L., Turner, D. T., and Powers, J. M. 1997. Bond strength of orthodontic composite cement to treated porcelain. **Am J Orthod Dentofac Orthop** 111: 297-300.
- Cochran, M. A., Carlson, T. J., Moore, B. K., Richmond, N. L., and Brackett, W. W. 1988. Tensile bond strengths of five porcelain repair systems. **Oper Dent** 13: 162-167.
- Copps, D. P., Lacy, A. M., Curtis, T., and Carman, J. E. 1984. Effect of topical fluorides on five low-fusing dental porcelains. **J Prosthet Dent** 52(3): 340-343.
- Craig, R. G. 1997. **Restorative dental materials**. 10<sup>th</sup> ed. Missouri: Mosby-Year Book.
- Della Bona, A., and van Noort, R. 1995. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. **J Dent Res** 74(9): 1591-1596.
- Della Bona, A., and van Noort, R. 1998. Ceramic surface preparations for resin bonding. **Am J Dent** 11: 276-280.
- Denry, I. L., Rosenthal, S. F., and Holloway, J. A. 1994. Characterization of crystalline leucite in feldspathic porcelains. **J Dent Res** 73: 369.
- Dong, J. K., Luthy, H., Wohlwend, A., and Scharer, P. 1992. Heat-pressed ceramics: technology and strength. **Int J Prosthodont** 5: 9-16.
- Eames, W. B., Rogers, L. B., Feller, P. R., and Price, W. R. 1977. Bonding agents for repairing porcelain and gold: an evaluation. **Oper Dent** 2: 118-124.
- El-Mowafy, O. M., Rubo, M. H., and El-Badrawy, W. A. 1999. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. **Oper Dent** 24: 38-44.

- Ferrando, J. M. P., Graser, G. N., Tallents, R. H., and Jarvis, R. H. 1983. Tensile strength and microleakage of porcelain repair materials. **J Prosthet Dent** 50(1): 44-50.
- Flessa, H. P., Kunzelmann, K. H., Kramer, N., Mehl, M., Petschelt, A., and Hickel, R. 1997. Quantitative in vivo wear measurement of a ceramic inlay system. **J Dent Res** 76: 163.
- Fradeani, M., and Aquilano, A. 1997. Clinical experience with empress crown. **Int J Prosthodont** 10: 241-247.
- Fradeani, M., Aquilano, A., and Bassein, L. 1997. Longitudinal study of pressed glass-ceramic inlays for four and a half years. **J Prosthet Dent** 78(4): 346-353.
- Fradeani, M. 1998. Six-year follow-up with Empress veneers. **Int J Periodontics Restorative Dent** 18(3): 217-225.
- Gau, D. J., and Krause, E. A. 1973. Etching effect of topical fluorides on dental porcelains: a preliminary study. **J Can Dent Assoc** 6: 410-415.
- Giordano, R. A., Pelletier, C., Campbell, S., and Pober, R. 1995. Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic, and feldspathic porcelain. **J Prosthet Dent** 73(2): 411-418.
- Giordano, R. A. 1996. Dental ceramic restorative systems. **Compend Contin Educ Dent** 17 (8): 779-794.
- Gregory, W. A., Hagen, C. A., and Powers, J. M. 1988. Composite resin repair of porcelain using different bonding materials. **Oper Dent** 13: 162-167.
- Groten, M., and Probst, L. 1997. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. **Int J Prosthodont** 10(2): 169-177.
- Holand, W., and Frank, M. 1994. Material science of Empress glass-ceramics. **Ivoclar-Vivadent Report** 10: 3-8.
- Huls, A., and Rinke, S. 1995. Marginal fidelity of crowns produced with six different fabrication techniques. **J Dent Res** 74: 421.
- Imai, Y., Suzuki, S., and Fukushima, S. 1999. In vitro enamel wear of modified porcelains. **J Dent Res** 78: 112.
- Jochen, D. G. 1973. Repair of fractured porcelain denture teeth. **J Prosthet Dent** 29(2): 228-230.

- Jochen, D. G., and Caputo, A. A. 1977. Composite resin repair of porcelain denture teeth. **J Prosthet Dent** 38(6): 673-379.
- Jones, D. A. 1985. Effect of topical fluoride preparations on glazed porcelain surfaces. **J Prosthet Dent** 53(4): 483-484.
- Jones, D. W. 1985. Development of dental ceramics. **Dent Clin North Am** 29(4): 621-645.
- Kanchanatawewat, K., Giordano, R., and Nathanson, D. 1996. Marginal adaptation of celay and IPS-Empress restorations. **J Dent Res** 75: 248
- Kanchanatawewat, K., Giordano, R. A., Pober, R. L., and Nathanson, D. 1997. Evaluation of flexural strength of materials for all-ceramic restorations. **CU Dent J** 20: 1-7.
- Kato, H., Matsumura, H., Tanaki, I., and Atsuta, M. 1996. Bond strength and durability of porcelain bonding system. **J Prosthet Dent** 75(4): 163-168.
- Kern, M., and Thompson, V. P. 1994. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. **J Prosthet Dent** 71: 453-461.
- Kielbassa, A. M., Attin, T., Wrabs, K. T. H., Stosseck, M., and Hellwig., E. 1996. Tensile bond strength of glass-ceramic to dentin. **J Dent Res** 75: 392.
- Krame, N., Frankenberger, R., Dettenhofer, G., Ebert, J., Pelka, M., and Petschelt, A. 1997. Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays after four years. **J Dent Res** 76: 271.
- Krejci, I., Krejci, D., and Lutz, F. 1992. Clinical evaluation of a new pressed glass ceramic inlay material over 1.5 years. **Quintessence Int** 23(3): 181-186.
- Krejci, I., Lutz, F., Reimer, M., and Heinzmann, J. L. 1993. Wear of ceramic inlays, their enamel antagonists, and luting cements. **J Prosthet Dent** 69(4): 425-430.
- Kupiec, K. A., Wuertz, K. M., Barkmeier, W. W., and Wilwerding, T. M. 1996. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. **J Prosthet Dent** 76(2): 119-124.
- Lacy, A. M., LaLuz, J., Watanabe, L. G., and Dellinges, M. 1988. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. **J Prosthet Dent** 60(3): 288-291.

- Lehner, C., Studer, S., and Scharer, P. 1992. Full porcelain crowns made by IPS-Empress: first clinical results. **J Dent Res** 71: 658.
- Lu, R., Harcourt, J. K., Tyas, M. J., and Alexander, B. 1992. An investigation of the composite resin/porcelain interface. **Aust Dent J** 37(1): 12-19.
- Luthy, H., Dong, J. K., Wohlwend, A., and Scharer, P. 1992. Heat-Pressed ceramics: influence of veneering, and glazing on strength. **J Dent Res** 71: 567.
- Mackert, Jr., and Russel, C. M. 1996. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. **Int J Prosthodont** 9(3): 261-265.
- Major, P. W., Koehler, J. R., and Manning, K. E. 1995. 24-hour shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to porcelain using various adhesion promoters. **Am J Orthod Dentofac Orthop** 108: 322-329.
- McComb, D. 1996. Adhesive luting cements-class, criterias, and usage. **Compend Contin Educ Dent** 17(8): 759-773.
- McLean, J. W., and Hughes, T. H. 1965. The reinforced of dental porcelain with ceramic oxide. **Br Dent J** 119(6): 251-267.
- McLean, J. W. 1967. The alumina reinforced porcelain jacket crown. **J Am Dent Assoc** 75: 621-628.
- McLean, J. W. 1980. **The science and art of dental ceramics volume II: bridge design and laboratory procedures in dental ceramics**. Chicago: Quintessence.
- McLean, J. W. 1990. The failed restoration: causes of failure and how to prevent them. **Int Dent J** 40: 354-358.
- McLean, J. W. 1991. The science and art of dental ceramics. **Oper Dent** 16: 149-156.
- Millar, B. J. 1987, November. Porcelain veneers. **Dent Update**, 381-390.
- Molin, M., and Karlsson, S. 1993. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems: a clinical and in vitro study. **Acta Odontol Scand** 51: 201-206.
- Mutobe, Y., Maruyama, T., and Kataoka, S. 1997. In harmony with nature: esthetic restoration of a nonvital tooth with IPS-Empress all-ceramic material. **Quintessence Dent Tech** 20: 83-106.

- Nakamoto, H., *et al.* 1996. Microstructure of etched “IPS Empress” heat-pressed ceramics observed by SEM. **J Nihon Univ Sch Dent** 38: 31-36.
- Nathanson, D., and Hasson, F. 1987. Effect of etched porcelain thickness on resin-porcelain bond strength. **J Dent Res** 66: 245.
- Nelson, E., and Barghi, N. 1989. Effect of APF etching time on resin bonded porcelain. **J Dent Res** 68: 27.
- Newburg, R., and Pameijer, C. H. 1978. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. **J Am Dent Assoc** 96: 288-291.
- Noack, M. J. 1993. The radiopacity of tooth-colored inlay materials and luting composites. **J Dent Res** 72: 178.
- Noel, L. G., and Mitchell, W. C. 1997, March-April. Porcelain veneer repair of prostheses. **Gen Dent**, 182-185.
- Noonan, J. E., Webb, L., and Goldfogel, M. 1985. Replacement of the esthetic veneer of porcelain fused to metal crowns and bridges. **Gerodontics** 1: 236-239.
- Nowlin, T. P., Barghi, N., and Norling, B. K. 1981. Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems. **J Prosthet Dent** 46(5): 516-518.
- O’Brien, W. J. 1997. **Dental materials and their selection**. 2<sup>nd</sup> ed. Chicago: Quintessence.
- Palletire, L. B., Giordano, R. A., Campbell, S. D., and Pober, R. L. 1992. Dimensional and compositional analysis of In-Ceram alumina and die material. **J Dent Res** 71: 253.
- Peikert, A., Schuckar, M., and Geurtsen, W. 1998. Marginal adaptation of ceramic overlays in vitro. **J Dent Res** 77: 128.
- Peters, A. D., and Meiers, J. C. 1996. Effect of polymerization mode of a dual-cured resin cement on time-dependent shear bond strength to porcelain. **Am J Dent** 9: 264-268.
- Pratt, R. C., Burgess, J. O., Schwartz, R. S., and Smith, J. H. 1989. Evaluation of bond strength of six porcelain repair systems. **J Prosthet Dent** 62(1): 11-13.
- Probster, L., and Diehl, J. 1992. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. **Quintessence Int** 23(1): 25-31.



- Ramp, M. H., Suzuki, S., Cox, C. F., Lacefield, W. R., and Koth, D. L. 1997. Evaluation of wear: enamel opposing three ceramic materials and a gold alloy. **J Prosthet Dent** 77 (5): 523-530.
- Ratledge, D. K., Smith, B. G. N., and Wilson, R. F. 1994. The effect of restorative materials on the wear of human enamel. **J Prosthet Dent** 72(1): 194-203.
- Research and development scientific service. 1997. **Variolink® II: scientific documentation**. Liechtenstein: Ivoclar. (Mimeographed)
- Rosenblum, M. A., and Schulman, A. 1997. A review of all-ceramic restorations. **J Am Dent Assoc** 128: 297-307.
- Rubo, M. H. M., and El-Mowafy, O. 1998. Radiopacity of dual-cured and chemical-cured resin-bonded cements. **Int J Prosthodont** 18(1): 70-74.
- Scotti, R. 1995. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. **Int J Prosthodont** 8(4) 320-323.
- Seghi, R. R., Sorensen, J. A., Engleman, M. J., Roumanas, E., and Torres, T. J. 1990. Flexural strength of new ceramic materials. **J Dent Res** 69: 299.
- Senda, A., Suzuki, M., and Jordan, R. E. 1989. The effect of fluorides and hydrofluoric acid on porcelain surfaces. **J Dent Res** 68: 236.
- Simonsen, R. J., and Calamia, J. R. 1983. Tensile bond strength of etched porcelain. **J Dent Res** 62: 297.
- Sjogren, G. 1995. Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting: an in vitro study. **Acta Odontol Scand** 53: 24-28.
- Sorensen, J. A., Torres, T. J., Kang, S. K., and Avera, S. P. 1990. Marginal fidelity of ceramics crown after different margin designs. **J Dent Res** 69: 279.
- Sorensen, J. A., Kang, S. K., Kyomen, S. M., Avera, S. P., and Faulkner, R. 1991. Marginal fidelity of all-ceramic bridges. **J Dent Res** 70: 540.
- Sorensen, J. A., Knode, H., and Torres, T. J. 1992. In-Ceram all-ceramic bridge technology. **Quintessence Dent Tech** 15: 41-46.
- Sposetti, V. J., Shen, C., and Levin, A. C. 1986. The effect of topical fluoride application on porcelain restorations. **J Prosthet Dent** 55(6): 677-682.

- Stangel, I., Nathanson, D., and Hsu, C. S. 1987. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. **J Dent Res** 66(9): 1460-1465.
- Studer, S., Lehner, C., and Scharer, P. 1992. Glass-Ceramic inlays and onlays made by IPS-Empress: first clinical results. **J Dent Res** 71: 658.
- Studer, S., Lehner, C., and Scharer, P. 1998. Seven-year results of leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays. **J Dent Res** 77:803.
- Sulaiman, F., Chai, J., Jameson, L. M., and Wozniak, W. T. 1997. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress and Procera crowns. **Int J Prosthodont** 10(5): 478-484.
- Suliman, A. H. A., Swift, E. J., and Perdigao, J. 1993. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. **J Prosthet Dent** 70 (2): 118-120.
- Tidehag, P., and Gunne, J. 1995. A 2-year clinical follow-up study of IPS Empress ceramic inlays. **Int J Prosthodont** 8(5): 456-460.
- Torres, A. J., Moore, B. K., Andres, C. J., and Naylor, W. P. 1998. IPS-Empress and In-Ceram: comparison of internal adaptation and marginal fit. **J Dent Res** 77: 233.
- Tyas, M. J. 1994. Dental amalgam-what are the alternatives? **Int Dent J** 44: 303-308.
- Tylka, D. F., and Stewart, G. P. 1994. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. **J Prosthet Dent** 72(2): 121-127.
- Uctasil, S., and Wilson, H. J. 1996. Influence of layer and stain firing on the fracture strength of heat-pressed ceramics. **J Oral Rehabil** 23: 170-174.
- Uctasil, S., Wilson, H. J., Unterbrink, G., and Zaimoglu, A. 1996. The strength of heat-pressed all-ceramic restorative material. **J Oral Rehabil** 23: 257-261.
- van Noort, R. 1994. **Introduction of dental materials**. London: Mosby
- Wagner, W. C., and Chu, T. M. 1996. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness on three new dental core ceramics. **J Prosthet Dent** 76(1): 140-144.

- Wall, J. G. and Cipra, D. L. 1992. Alternative crown system: is the metal-ceramic always the restoration of choice? **Dent Clin North Am** 36: 765-781.
- Waltimo, A., and Kononen, M. 1993. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. **Scand J Dent Res** 101: 171-175.
- Walton, J. N., Gardner, F. M., and Agar, J. R. 1986. A survey of crown and fixed partial denture failures: length of service and reasons for replacement. **J Prosthet Dent** 56(4): 416-421.
- Whitlock, B. O. 3<sup>rd</sup>, Eick, J. D. S., Ackerman, R. J., Glaros, A. G., and Cappell, R. P. 1995. Shear strength of ceramic brackets bonded to porcelain. **Am J Orthod Dentofac Orthop** 106: 358-364.
- Wolf, D. M., Powers, J. M., and O'Keefe, K. L. 1992. Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agents. **Dent Mat** 8: 158-161.
- Wolf, D. M., Powers, J. M., and O'Keefe, K. L. 1993. Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. **Am J Dent** 6: 155-158.
- Wunderlich, R. C., and Yaman, P. 1986. In vitro effect of topical fluoride on dental porcelain. **J Prosthet Dent** 55(3): 385-388.
- Yamamoto, M. 1985. **Metal-ceramic: principles and method of Makoto Yamamoto.** Chicago: Quintessence.
- Yen, T. W., Blackman, R. B., and Baez, R. J. 1993. Effect of acid etching on the flexural strength of a feldspathic porcelain and a castable ceramic. **J Prosthet Dent** 70: 224-233.
- Yoshinari, M., and Derand, T. 1994. Fracture strength of all-ceramic crowns. **Int J Prosthodont** 7(4): 329-338.
- Zeng, K., Oden, A., and Rowcliffe, D. 1996. Flexure tests on dental ceramics. **Int J Prosthodont** 9(5): 434-439.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าทางสถิติจากการคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS for Windows: version 7.5

**Test of Normality: All groups**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		shear bond strength
N		300
Normal Parameters <sup>a, b</sup>	Mean	23.766781
	Std. Deviation	5.369437
Most Extreme Differences	Absolute	.054
	Positive	.051
	Negative	-.054
Kolmogorov-Smirnov Z		.928
Asymp. Sig. (2-tailed)		.355

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**Descriptives: All groups**

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for mean		Min.	Max.	
					Lower Bound	Upper Bound			
shear groups bond strength	1A	10	16.665200	3.634766	1.149414	14.065046	19.265354	12.67	23.49
	1B	10	15.926500	1.826805	.577686	14.619683	17.233317	13.85	19.73
	1C	10	20.170000	2.287614	.723407	18.533540	21.806460	16.02	23.55
	1D	10	18.256400	1.958956	.619476	16.855048	19.657752	15.09	21.77
	1E	10	17.546200	2.063166	.652430	16.070301	19.022099	14.64	20.49
	2A	10	18.550800	3.614332	1.142952	15.965264	21.136336	13.91	25.58
	2B	10	16.687600	2.845181	.899725	14.652281	18.722919	11.65	21.53
	2C	10	22.294400	3.093258	.978174	20.081618	24.507182	17.13	27.40
	2D	10	20.191000	2.424665	.766746	18.456500	21.925500	16.59	23.20
	2E	10	19.573200	3.400786	1.075423	17.140426	22.005974	13.97	24.54
	3A	10	28.621800	5.072074	1.603931	24.993459	32.250141	20.53	34.69
	3B	10	19.905300	4.129381	1.305825	16.951320	22.859280	15.32	28.18
	3C	10	30.101900	3.738448	1.182201	27.427577	32.776223	24.31	35.41
	3D	10	28.530700	3.545391	1.121151	25.994481	31.066919	22.94	33.67
	3E	10	28.049700	4.612826	1.458704	24.749885	31.349515	22.79	35.49
	4A	10	27.592700	4.016786	1.270219	24.719266	30.466134	21.41	35.16
4B	10	19.095300	2.744603	.867920	17.131930	21.058670	13.81	23.81	
4C	10	28.819600	3.611092	1.141927	26.236382	31.402818	25.73	36.89	
4D	10	27.605200	4.137952	1.308535	24.645089	30.565311	20.11	34.31	



Descriptives (contonued)

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for mean		Min.	Max.
						Lower Bound	Upper Bound		
shear groups bond strength	4E	10	27.067500	2.759489	.872627	25.093481	29.041519	21.45	30.32
	5A	10	27.007600	4.095292	1.295045	24.078006	29.937194	20.18	31.93
	5B	10	20.041700	4.094737	1.294870	17.112503	22.970897	12.76	24.16
	5C	10	29.168900	4.393611	1.389382	26.025902	32.311898	21.31	33.81
	5D	10	28.722400	3.413169	1.079339	26.280767	31.164033	22.33	33.56
	5E	10	26.897900	4.324260	1.367451	23.804512	29.991288	20.62	35.25
	6A	10	26.720300	3.373092	1.066665	24.307336	29.133264	21.65	30.86
	6B	10	19.423400	4.519116	1.429070	16.190621	22.656179	13.18	23.75
	6C	10	29.129900	3.579189	1.131839	26.569504	31.690296	22.28	33.46
	6D	10	27.389900	3.438787	1.087440	24.929941	29.849859	23.60	33.50
	6E	10	26.669000	6.091899	1.926428	22.311120	31.026880	18.85	35.72
	7A	10	17.722500	2.352444	.743908	16.039664	19.405336	14.71	22.59
	7B	10	15.978400	3.602922	1.139344	13.401026	18.555774	11.69	20.48
	7C	10	21.297500	4.569978	1.445154	18.028337	24.566663	15.80	28.39
	7D	10	19.379200	3.273767	1.035256	17.037289	21.721111	14.99	25.00
	7E	10	19.007500	3.120915	.986920	16.774933	21.240067	14.15	23.44
	8A	10	18.162600	2.626313	.830513	16.283850	20.041350	14.77	22.33
	8B	10	17.746300	2.073414	.655671	16.263070	19.229530	14.65	20.20
	8C	10	21.712500	3.960746	1.252498	18.879154	24.545846	16.84	27.63
	8D	10	20.232500	2.506970	.792773	18.439123	22.025877	16.00	22.97
	8E	10	20.141200	3.058883	.967304	17.953008	22.329392	14.87	23.54
	9A	10	28.871400	2.863866	.905634	26.822714	30.920086	24.91	33.13
	9B	10	19.723900	3.638940	1.150734	17.120760	22.327040	11.20	24.00
	9C	10	30.196700	1.946221	.615449	28.804458	31.588942	26.15	32.95
	9D	10	28.592400	3.653724	1.155409	25.978685	31.206115	24.46	34.27
	9E	10	28.261000	4.100017	1.296539	25.328026	31.193974	22.24	33.02
	10A	10	25.907500	4.588650	1.451059	22.624979	29.190021	19.11	32.12
	10B	10	19.168400	2.690060	.850672	17.244048	21.092752	14.99	22.51
	10C	10	28.247500	3.214600	1.016546	25.947915	30.547085	22.45	32.48
	10D	10	26.330400	2.959661	.935927	24.213187	28.447613	20.02	28.70
10E	10	26.021500	3.116129	.985407	23.792356	28.250644	21.65	31.89	
11A	10	25.167400	3.817919	1.207332	22.436227	27.898573	19.58	31.14	
11B	10	20.723400	3.458705	1.093738	18.249193	23.197607	15.75	25.03	
11C	10	29.286300	2.922862	.924290	27.195411	31.377189	23.97	33.05	
11D	10	28.405800	2.776844	.878115	26.419366	30.392234	23.97	32.72	
11E	10	28.455800	4.701961	1.486891	25.092222	31.819378	20.14	35.70	
12A	10	25.460600	1.345996	.425641	24.497733	26.423467	23.41	27.26	
12B	10	20.774100	4.722220	1.493297	17.396029	24.152171	15.15	29.11	
12C	10	27.519300	3.170631	1.002642	25.251168	29.787432	22.74	32.07	
12D	10	27.443900	2.456043	.776669	25.686954	29.200846	22.87	31.00	
12E	10	27.065900	3.523273	1.114157	24.545503	29.586297	20.80	31.19	
Total		600	23.757090	5.639483	.230231	23.304932	24.209248	11.20	36.89

### Oneway: Feldspathic porcelains

#### Test of Normality

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		shear bond strength
N		300
Normal Parameters <sup>a, b</sup>	Mean	23.747400
	Std. Deviation	5.906171
Most Extreme Differences	Absolute	.061
	Positive	.061
	Negative	-.044
Kolmogorov-Smirnov Z		1.060
Asymp. Sig. (2-tailed)		.212

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

#### Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
shear bond strength	1.935	29	270	.004

#### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
shear bond strength	Between Groups	6768.486	29	233.396	17.211	.000
	Within Groups	3661.487	270	13.561		
	Total	10429.973	299			

#### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1A	1B	.738700	1.647	1.000	-5.434758	6.912158
	1C	-3.504800	1.647	.955	-9.678258	2.668658
	1D	-1.591200	1.647	1.000	-7.764658	4.582258

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	1A	1E	-.881000	1.647	1.000	-7.054458	5.292458
		2A	-1.885600	1.647	1.000	-8.059058	4.287858
		2B	-2.24E-02	1.647	1.000	-6.195858	6.151058
		2C	-5.629200	1.647	.140	-11.802658	.544258
		2D	-3.525800	1.647	.951	-9.699258	2.647658
		2E	-2.908000	1.647	.997	-9.081458	3.265458
		3A	-11.956600*	1.647	.000	-18.130058	-5.783142
		3B	-3.240100	1.647	.983	-9.413558	2.933358
		3C	-13.436700*	1.647	.000	-19.610158	-7.263242
		3D	-11.865500*	1.647	.000	-18.038958	-5.692042
		3E	-11.384500*	1.647	.000	-17.557958	-5.211042
		4A	-10.927500*	1.647	.000	-17.100958	-4.754042
		4B	-2.430100	1.647	1.000	-8.603558	3.743358
		4C	-12.154400*	1.647	.000	-18.327858	-5.980942
		4D	-10.940000*	1.647	.000	-17.113458	-4.766542
		4E	-10.402300*	1.647	.000	-16.575758	-4.228842
		5A	-10.342400*	1.647	.000	-16.515858	-4.168942
		5B	-3.376500	1.647	.971	-9.549958	2.796958
		5C	-12.503700*	1.647	.000	-18.677158	-6.330242
		5D	-12.057200*	1.647	.000	-18.230658	-5.883742
		5E	-10.232700*	1.647	.000	-16.406158	-4.059242
		6A	-10.055100*	1.647	.000	-16.228558	-3.881642
		6B	-2.758200	1.647	.999	-8.931658	3.415258
		6C	-12.464700*	1.647	.000	-18.638158	-6.291242
		6D	-10.724700*	1.647	.000	-16.898158	-4.551242
		6E	-10.003800*	1.647	.000	-16.177258	-3.830342
	1B	1A	-.738700	1.647	1.000	-6.912158	5.434758
		1C	-4.243500	1.647	.726	-10.416958	1.929958
		1D	-2.329900	1.647	1.000	-8.503358	3.843558
		1E	-1.619700	1.647	1.000	-7.793158	4.553758
		2A	-2.624300	1.647	.999	-8.797758	3.549158
		2B	-.761100	1.647	1.000	-6.934558	5.412358
		2C	-6.367900*	1.647	.033	-12.541358	-.194442
		2D	-4.264500	1.647	.716	-10.437958	1.908958
		2E	-3.646700	1.647	.929	-9.820158	2.526758
		3A	-12.695300*	1.647	.000	-18.868758	-6.521842
		3B	-3.978800	1.647	.835	-10.152258	2.194658
		3C	-14.175400*	1.647	.000	-20.348858	-8.001942
		3D	-12.604200*	1.647	.000	-18.777658	-6.430742
		3E	-12.123200*	1.647	.000	-18.296658	-5.949742
		4A	-11.666200*	1.647	.000	-17.839658	-5.492742
		4B	-3.168800	1.647	.988	-9.342258	3.004658

Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	1B	4C	-12.893100*	1.647	.000	-19.066558	-6.719642
		4D	-11.678700*	1.647	.000	-17.852158	-5.505242
		4E	-11.141000*	1.647	.000	-17.314458	-4.967542
		5A	-11.081100*	1.647	.000	-17.254558	-4.907642
		5B	-4.115200	1.647	.782	-10.288658	2.058258
		5C	-13.242400*	1.647	.000	-19.415858	-7.068942
		5D	-12.795900*	1.647	.000	-18.969358	-6.622442
		5E	-10.971400*	1.647	.000	-17.144858	-4.797942
		6A	-10.793800*	1.647	.000	-16.967258	-4.620342
		6B	-3.496900	1.647	.956	-9.670358	2.676558
		6C	-13.203400*	1.647	.000	-19.376858	-7.029942
		6D	-11.463400*	1.647	.000	-17.636858	-5.289942
		6E	-10.742500*	1.647	.000	-16.915958	-4.569042
1C		1A	3.504800	1.647	.955	-2.668658	9.678258
		1B	4.243500	1.647	.726	-1.929958	10.416958
		1D	1.913600	1.647	1.000	-4.259858	8.087058
		1E	2.623800	1.647	.999	-3.549658	8.797258
		2A	1.619200	1.647	1.000	-4.554258	7.792658
		2B	3.482400	1.647	.958	-2.691058	9.655858
		2C	-2.124400	1.647	1.000	-8.297858	4.049058
		2D	-2.10E-02	1.647	1.000	-6.194458	6.152458
		2E	.596800	1.647	1.000	-5.576658	6.770258
		3A	-8.451800*	1.647	.000	-14.625258	-2.278342
		3B	.264700	1.647	1.000	-5.908758	6.438158
		3C	-9.931900*	1.647	.000	-16.105358	-3.758442
		3D	-8.360700*	1.647	.000	-14.534158	-2.187242
		3E	-7.879700*	1.647	.001	-14.053158	-1.706242
		4A	-7.422700*	1.647	.002	-13.596158	-1.249242
		4B	1.074700	1.647	1.000	-5.098758	7.248158
		4C	-8.649600*	1.647	.000	-14.823058	-2.476142
		4D	-7.435200*	1.647	.002	-13.608658	-1.261742
		4E	-6.897500*	1.647	.010	-13.070958	-.724042
		5A	-6.837600*	1.647	.011	-13.011058	-.664142
		5B	.128300	1.647	1.000	-6.045158	6.301758
		5C	-8.998900*	1.647	.000	-15.172358	-2.825442
		5D	-8.552400*	1.647	.000	-14.725858	-2.378942
		5E	-6.727900*	1.647	.015	-12.901358	-.554442
		6A	-6.550300*	1.647	.022	-12.723758	-.376842
		6B	.746600	1.647	1.000	-5.426858	6.920058
		6C	-8.959900*	1.647	.000	-15.133358	-2.786442
		6D	-7.219900*	1.647	.004	-13.393358	-1.046442
		6E	-6.499000*	1.647	.025	-12.672458	-.325542

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1D	1A	1.591200	1.647	1.000	-4.582258	7.764658
	1B	2.329900	1.647	1.000	-3.843558	8.503358
	1C	-1.913600	1.647	1.000	-8.087058	4.259858
	1E	.710200	1.647	1.000	-5.463258	6.883658
	2A	-.294400	1.647	1.000	-6.467858	5.879058
	2B	1.568800	1.647	1.000	-4.604658	7.742258
	2C	-4.038000	1.647	.813	-10.211458	2.135458
	2D	-1.934600	1.647	1.000	-8.108058	4.238858
	2E	-1.316800	1.647	1.000	-7.490258	4.856658
	3A	-10.365400*	1.647	.000	-16.538858	-4.191942
	3B	-1.648900	1.647	1.000	-7.822358	4.524558
	3C	-11.845500*	1.647	.000	-18.018958	-5.672042
	3D	-10.274300*	1.647	.000	-16.447758	-4.100842
	3E	-9.793300*	1.647	.000	-15.966758	-3.619842
	4A	-9.336300*	1.647	.000	-15.509758	-3.162842
	4B	-.838900	1.647	1.000	-7.012358	5.334558
	4C	-10.563200*	1.647	.000	-16.736658	-4.389742
	4D	-9.348800*	1.647	.000	-15.522258	-3.175342
	4E	-8.811100*	1.647	.000	-14.984558	-2.637642
	5A	-8.751200*	1.647	.000	-14.924658	-2.577742
	5B	-1.785300	1.647	1.000	-7.958758	4.388158
	5C	-10.912500*	1.647	.000	-17.085958	-4.739042
	5D	-10.466000*	1.647	.000	-16.639458	-4.292542
	5E	-8.641500*	1.647	.000	-14.814958	-2.468042
	6A	-8.463900*	1.647	.000	-14.637358	-2.290442
	6B	-1.167000	1.647	1.000	-7.340458	5.006458
	6C	-10.873500*	1.647	.000	-17.046958	-4.700042
	6D	-9.133500*	1.647	.000	-15.306958	-2.960042
	6E	-8.412600*	1.647	.000	-14.586058	-2.239142
	1E	1A	.881000	1.647	1.000	-5.292458
1B		1.619700	1.647	1.000	-4.553758	7.793158
1C		-2.623800	1.647	.999	-8.797258	3.549658
1D		-.710200	1.647	1.000	-6.883658	5.463258
2A		-1.004600	1.647	1.000	-7.178058	5.168858
2B		.858600	1.647	1.000	-5.314858	7.032058
2C		-4.748200	1.647	.477	-10.921658	1.425258
2D		-2.644800	1.647	.999	-8.818258	3.528658
2E		-2.027000	1.647	1.000	-8.200458	4.146458
3A		-11.075600*	1.647	.000	-17.249058	-4.902142
3B		-2.359100	1.647	1.000	-8.532558	3.814358
3C		-12.555700*	1.647	.000	-18.729158	-6.382242
3D		-10.984500*	1.647	.000	-17.157958	-4.811042



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1E	3E	-10.503500*	1.647	.000	-16.676958	-4.330042
	4A	-10.046500*	1.647	.000	-16.219958	-3.873042
	4B	-1.549100	1.647	1.000	-7.722558	4.624358
	4C	-11.273400*	1.647	.000	-17.446858	-5.099942
	4D	-10.059000*	1.647	.000	-16.232458	-3.885542
	4E	-9.521300*	1.647	.000	-15.694758	-3.347842
	5A	-9.461400*	1.647	.000	-15.634858	-3.287942
	5B	-2.495500	1.647	1.000	-8.668958	3.677958
	5C	-11.622700*	1.647	.000	-17.796158	-5.449242
	5D	-11.176200*	1.647	.000	-17.349658	-5.002742
	5E	-9.351700*	1.647	.000	-15.525158	-3.178242
	6A	-9.174100*	1.647	.000	-15.347558	-3.000642
	6B	-1.877200	1.647	1.000	-8.050658	4.296258
	6C	-11.583700*	1.647	.000	-17.757158	-5.410242
	6D	-9.843700*	1.647	.000	-16.017158	-3.670242
	6E	-9.122800*	1.647	.000	-15.296258	-2.949342
	2A	1A	1.885600	1.647	1.000	-4.287858
1B		2.624300	1.647	.999	-3.549158	8.797758
1C		-1.619200	1.647	1.000	-7.792658	4.554258
1D		.294400	1.647	1.000	-5.879058	6.467858
1E		1.004600	1.647	1.000	-5.168858	7.178058
2B		1.863200	1.647	1.000	-4.310258	8.036658
2C		-3.743600	1.647	.907	-9.917058	2.429858
2D		-1.640200	1.647	1.000	-7.813658	4.533258
2E		-1.022400	1.647	1.000	-7.195858	5.151058
3A		-10.071000*	1.647	.000	-16.244458	-3.897542
3B		-1.354500	1.647	1.000	-7.527958	4.818958
3C		-11.551100*	1.647	.000	-17.724558	-5.377642
3D		-9.979900*	1.647	.000	-16.153358	-3.806442
3E		-9.498900*	1.647	.000	-15.672358	-3.325442
4A		-9.041900*	1.647	.000	-15.215358	-2.868442
4B		-.544500	1.647	1.000	-6.717958	5.628958
4C		-10.268800*	1.647	.000	-16.442258	-4.095342
4D	-9.054400*	1.647	.000	-15.227858	-2.880942	
4E	-8.516700*	1.647	.000	-14.690158	-2.343242	
5A	-8.456800*	1.647	.000	-14.630258	-2.283342	
5B	-1.490900	1.647	1.000	-7.664358	4.682558	
5C	-10.618100*	1.647	.000	-16.791558	-4.444642	
5D	-10.171600*	1.647	.000	-16.345058	-3.998142	
5E	-8.347100*	1.647	.000	-14.520558	-2.173642	
6A	-8.169500*	1.647	.000	-14.342958	-1.996042	
6B	-.872600	1.647	1.000	-7.046058	5.300858	
6C	-10.579100*	1.647	.000	-16.752558	-4.405642	

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	2A	6D	-8.839100*	1.647	.000	-15.012558	-2.665642
		6E	-8.118200*	1.647	.000	-14.291658	-1.944742
	2B	1A	2.240E-02	1.647	1.000	-6.151058	6.195858
		1B	.761100	1.647	1.000	-5.412358	6.934558
		1C	-3.482400	1.647	.958	-9.655858	2.691058
		1D	-1.568800	1.647	1.000	-7.742258	4.604658
		1E	-.858600	1.647	1.000	-7.032058	5.314858
		2A	-1.863200	1.647	1.000	-8.036658	4.310258
		2C	-5.606800	1.647	.146	-11.780258	.566658
		2D	-3.503400	1.647	.955	-9.676858	2.670058
		2E	-2.885600	1.647	.997	-9.059058	3.287858
		3A	-11.934200*	1.647	.000	-18.107658	-5.760742
		3B	-3.217700	1.647	.985	-9.391158	2.955758
		3C	-13.414300*	1.647	.000	-19.587758	-7.240842
		3D	-11.843100*	1.647	.000	-18.016558	-5.669642
		3E	-11.362100*	1.647	.000	-17.535558	-5.188642
		4A	-10.905100*	1.647	.000	-17.078558	-4.731642
		4B	-2.407700	1.647	1.000	-8.581158	3.765758
		4C	-12.132000*	1.647	.000	-18.305458	-5.958542
		4D	-10.917600*	1.647	.000	-17.091058	-4.744142
		4E	-10.379900*	1.647	.000	-16.553358	-4.206442
		5A	-10.320000*	1.647	.000	-16.493458	-4.146542
		5B	-3.354100	1.647	.973	-9.527558	2.819358
		5C	-12.481300*	1.647	.000	-18.654758	-6.307842
		5D	-12.034800*	1.647	.000	-18.208258	-5.861342
		5E	-10.210300*	1.647	.000	-16.383758	-4.036842
		6A	-10.032700*	1.647	.000	-16.206158	-3.859242
		6B	-2.735800	1.647	.999	-8.909258	3.437658
		6C	-12.442300*	1.647	.000	-18.615758	-6.268842
		6D	-10.702300*	1.647	.000	-16.875758	-4.528842
		6E	-9.981400*	1.647	.000	-16.154858	-3.807942
	2C	1A	5.629200	1.647	.140	-.544258	11.802658
		1B	6.367900*	1.647	.033	.194442	12.541358
		1C	2.124400	1.647	1.000	-4.049058	8.297858
		1D	4.038000	1.647	.813	-2.135458	10.211458
		1E	4.748200	1.647	.477	-1.425258	10.921658
		2A	3.743600	1.647	.907	-2.429858	9.917058
		2B	5.606800	1.647	.146	-.566658	11.780258
		2D	2.103400	1.647	1.000	-4.070058	8.276858
		2E	2.721200	1.647	.999	-3.452258	8.894658
		3A	-6.327400*	1.647	.036	-12.500858	-.153942
		3B	2.389100	1.647	1.000	-3.784358	8.562558

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	2C	3C	-7.807500*	1.647	.001	-13.980958	-1.634042
		3D	-6.236300*	1.647	.044	-12.409758	-6.28E-02
		3E	-5.755300	1.647	.112	-11.928758	.418158
		4A	-5.298300	1.647	.238	-11.471758	.875158
		4B	3.199100	1.647	.986	-2.974358	9.372558
		4C	-6.525200*	1.647	.023	-12.698658	-.351742
		4D	-5.310800	1.647	.234	-11.484258	.862658
		4E	-4.773100	1.647	.464	-10.946558	1.400358
		5A	-4.713200	1.647	.494	-10.886658	1.460258
		5B	2.252700	1.647	1.000	-3.920758	8.426158
		5C	-6.874500*	1.647	.010	-13.047958	-.701042
		5D	-6.428000*	1.647	.029	-12.601458	-.254542
		5E	-4.603500	1.647	.549	-10.776958	1.569958
		6A	-4.425900	1.647	.639	-10.599358	1.747558
		6B	2.871000	1.647	.997	-3.302458	9.044458
		6C	-6.835500*	1.647	.011	-13.008958	-.662042
		6D	-5.095500	1.647	.316	-11.268958	1.077958
		6E	-4.374600	1.647	.664	-10.548058	1.798858
2D		1A	3.525800	1.647	.951	-2.647658	9.699258
		1B	4.264500	1.647	.716	-1.908958	10.437958
		1C	2.10E-02	1.647	1.000	-6.152458	6.194458
		1D	1.934600	1.647	1.000	-4.238858	8.108058
		1E	2.644800	1.647	.999	-3.528658	8.818258
		2A	1.640200	1.647	1.000	-4.533258	7.813658
		2B	3.503400	1.647	.955	-2.670058	9.676858
		2C	-2.103400	1.647	1.000	-8.276858	4.070058
		2E	.617800	1.647	1.000	-5.555658	6.791258
		3A	-8.430800*	1.647	.000	-14.604258	-2.257342
		3B	.285700	1.647	1.000	-5.887758	6.459158
		3C	-9.910900*	1.647	.000	-16.084358	-3.737442
		3D	-8.339700*	1.647	.000	-14.513158	-2.166242
		3E	-7.858700*	1.647	.001	-14.032158	-1.685242
		4A	-7.401700*	1.647	.003	-13.575158	-1.228242
		4B	1.095700	1.647	1.000	-5.077758	7.269158
		4C	-8.628600*	1.647	.000	-14.802058	-2.455142
		4D	-7.414200*	1.647	.003	-13.587658	-1.240742
		4E	-6.876500*	1.647	.010	-13.049958	-.703042
		5A	-6.816600*	1.647	.012	-12.990058	-.643142
		5B	.149300	1.647	1.000	-6.024158	6.322758
		5C	-8.977900*	1.647	.000	-15.151358	-2.804442
		5D	-8.531400*	1.647	.000	-14.704858	-2.357942
		5E	-6.706900*	1.647	.015	-12.880358	-.533442

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	2D	6A	-6.529300*	1.647	.023	-12.702758	-.355842
		6B	.767600	1.647	1.000	-5.405858	6.941058
		6C	-8.938900*	1.647	.000	-15.112358	-2.765442
		6D	-7.198900*	1.647	.004	-13.372358	-1.025442
		6E	-6.478000*	1.647	.026	-12.651458	-.304542
	2E	1A	2.908000	1.647	.997	-3.265458	9.081458
		1B	3.646700	1.647	.929	-2.526758	9.820158
		1C	-.596800	1.647	1.000	-6.770258	5.576658
		1D	1.316800	1.647	1.000	-4.856658	7.490258
		1E	2.027000	1.647	1.000	-4.146458	8.200458
		2A	1.022400	1.647	1.000	-5.151058	7.195858
		2B	2.885600	1.647	.997	-3.287858	9.059058
		2C	-2.721200	1.647	.999	-8.894658	3.452258
		2D	-.617800	1.647	1.000	-6.791258	5.555658
		3A	-9.048600*	1.647	.000	-15.222058	-2.875142
		3B	-.332100	1.647	1.000	-6.505558	5.841358
		3C	-10.528700*	1.647	.000	-16.702158	-4.355242
		3D	-8.957500*	1.647	.000	-15.130958	-2.784042
		3E	-8.476500*	1.647	.000	-14.649958	-2.303042
		4A	-8.019500*	1.647	.000	-14.192958	-1.846042
		4B	.477900	1.647	1.000	-5.695558	6.651358
		4C	-9.246400*	1.647	.000	-15.419858	-3.072942
		4D	-8.032000*	1.647	.000	-14.205458	-1.858542
		4E	-7.494300*	1.647	.002	-13.667758	-1.320842
		5A	-7.434400*	1.647	.002	-13.607858	-1.260942
		5B	-.468500	1.647	1.000	-6.641958	5.704958
		5C	-9.595700*	1.647	.000	-15.769158	-3.422242
		5D	-9.149200*	1.647	.000	-15.322658	-2.975742
		5E	-7.324700*	1.647	.003	-13.498158	-1.151242
		6A	-7.147100*	1.647	.005	-13.320558	-.973642
		6B	.149800	1.647	1.000	-6.023658	6.323258
		6C	-9.556700*	1.647	.000	-15.730158	-3.383242
		6D	-7.816700*	1.647	.001	-13.990158	-1.643242
		6E	-7.095800*	1.647	.006	-13.269258	-.922342
	3A	1A	11.956600*	1.647	.000	5.783142	18.130058
		1B	12.695300*	1.647	.000	6.521842	18.868758
		1C	8.451800	1.647	.000	2.278342	14.625258
		1D	10.365400*	1.647	.000	4.191942	16.538858
		1E	11.075600*	1.647	.000	4.902142	17.249058
		2A	10.071000*	1.647	.000	3.897542	16.244458
		2B	11.934200*	1.647	.000	5.760742	18.107658
		2C	6.327400*	1.647	.036	.153942	12.500858

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	3A	2D	8.430800*	1.647	.000	2.257342	14.604258
		2E	9.048600*	1.647	.000	2.875142	15.222058
		3B	8.716500*	1.647	.000	2.543042	14.889958
		3C	-1.480100	1.647	1.000	-7.653558	4.693358
		3D	9.110E-02	1.647	1.000	-6.082358	6.264558
		3E	.572100	1.647	1.000	-5.601358	6.745558
		4A	1.029100	1.647	1.000	-5.144358	7.202558
		4B	9.526500*	1.647	.000	3.353042	15.699958
		4C	-.197800	1.647	1.000	-6.371258	5.975658
		4D	1.016600	1.647	1.000	-5.156858	7.190058
		4E	1.554300	1.647	1.000	-4.619158	7.727758
		5A	1.614200	1.647	1.000	-4.559258	7.787658
		5B	8.580100*	1.647	.000	2.406642	14.753558
		5C	-.547100	1.647	1.000	-6.720558	5.626358
		5D	-.100600	1.647	1.000	-6.274058	6.072858
		5E	1.723900	1.647	1.000	-4.449558	7.897358
		6A	1.901500	1.647	1.000	-4.271958	8.074958
		6B	9.198400*	1.647	.000	3.024942	15.371858
		6C	-.508100	1.647	1.000	-6.681558	5.665358
		6D	1.231900	1.647	1.000	-4.941558	7.405358
		6E	1.952800	1.647	1.000	-4.220658	8.126258
	3B	1A	3.240100	1.647	.983	-2.933358	9.413558
		1B	3.978800	1.647	.835	-2.194658	10.152258
		1C	-.264700	1.647	1.000	-6.438158	5.908758
		1D	1.648900	1.647	1.000	-4.524558	7.822358
		1E	2.359100	1.647	1.000	-3.814358	8.532558
		2A	1.354500	1.647	1.000	-4.818958	7.527958
		2B	3.217700	1.647	.985	-2.955758	9.391158
		2C	-2.389100	1.647	1.000	-8.562558	3.784358
		2D	-.285700	1.647	1.000	-6.459158	5.887758
		2E	.332100	1.647	1.000	-5.841358	6.505558
		3A	-8.716500*	1.647	.000	-14.889958	-2.543042
		3C	-10.196600*	1.647	.000	-16.370058	-4.023142
		3D	-8.625400*	1.647	.000	-14.798858	-2.451942
		3E	-8.144400*	1.647	.000	-14.317858	-1.970942
		4A	-7.687400*	1.647	.001	-13.860858	-1.513942
		4B	.810000	1.647	1.000	-5.363458	6.983458
		4C	-8.914300*	1.647	.000	-15.087758	-2.740842
		4D	-7.699900*	1.647	.001	-13.873358	-1.526442
		4E	-7.162200*	1.647	.005	-13.335658	-.988742
		5A	-7.102300*	1.647	.006	-13.275758	-.928842
		5B	-.136400	1.647	1.000	-6.309858	6.037058



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	3B	5C	-9.263600*	1.647	.000	-15.437058	-3.090142
		5D	-8.817100*	1.647	.000	-14.990558	-2.643642
		5E	-6.992600*	1.647	.008	-13.166058	-.819142
		6A	-6.815000*	1.647	.012	-12.988458	-.641542
		6B	.481900	1.647	1.000	-5.691558	6.655358
		6C	-9.224600*	1.647	.000	-15.398058	-3.051142
		6D	-7.484600*	1.647	.002	-13.658058	-1.311142
		6E	-6.763700*	1.647	.013	-12.937158	-.590242
3C		1A	13.436700*	1.647	.000	7.263242	19.610158
		1B	14.175400*	1.647	.000	8.001942	20.348858
		1C	9.931900*	1.647	.000	3.758442	16.105358
		1D	11.845500*	1.647	.000	5.672042	18.018958
		1E	12.555700*	1.647	.000	6.382242	18.729158
		2A	11.551100*	1.647	.000	5.377642	17.724558
		2B	13.414300*	1.647	.000	7.240842	19.587758
		2C	7.807500*	1.647	.001	1.634042	13.980958
		2D	9.910900*	1.647	.000	3.737442	16.084358
		2E	10.528700*	1.647	.000	4.355242	16.702158
		3A	1.480100	1.647	1.000	-4.693358	7.653558
		3B	10.196600*	1.647	.000	4.023142	16.370058
		3D	1.571200	1.647	1.000	-4.602258	7.744658
		3E	2.052200	1.647	1.000	-4.121258	8.225658
		4A	2.509200	1.647	1.000	-3.664258	8.682658
		4B	11.006600*	1.647	.000	4.833142	17.180058
		4C	1.282300	1.647	1.000	-4.891158	7.455758
		4D	2.496700	1.647	1.000	-3.676758	8.670158
		4E	3.034400	1.647	.993	-3.139058	9.207858
		5A	3.094300	1.647	.991	-3.079158	9.267758
		5B	10.060200*	1.647	.000	3.886742	16.233658
		5C	.933000	1.647	1.000	-5.240458	7.106458
		5D	1.379500	1.647	1.000	-4.793958	7.552958
		5E	3.204000	1.647	.986	-2.969458	9.377458
		6A	3.381600	1.647	.971	-2.791858	9.555058
		6B	10.678500*	1.647	.000	4.505042	16.851958
		6C	.972000	1.647	1.000	-5.201458	7.145458
		6D	2.712000	1.647	.999	-3.461458	8.885458
		6E	3.432900	1.647	.965	-2.740558	9.606358
3D		1A	11.865500*	1.647	.000	5.692042	18.038958
		1B	12.604200*	1.647	.000	6.430742	18.777658
		1C	8.360700*	1.647	.000	2.187242	14.534158
		1D	10.274300*	1.647	.000	4.100842	16.447758
		1E	10.984500*	1.647	.000	4.811042	17.157958

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound
3D	2A	9.979900*	1.647	.000	3.806442	16.153358
	2B	11.843100*	1.647	.000	5.669642	18.016558
	2C	6.236300*	1.647	.044	6.289E-02	12.409758
	2D	8.339700*	1.647	.000	2.166242	14.513158
	2E	8.957500*	1.647	.000	2.784042	15.130958
	3A	-9.11E-02	1.647	1.000	-6.264558	6.082358
	3B	8.625400*	1.647	.000	2.451942	14.798858
	3C	-1.571200	1.647	1.000	-7.744658	4.602258
	3E	.481000	1.647	1.000	-5.692458	6.654458
	4A	.938000	1.647	1.000	-5.235458	7.111458
	4B	9.435400*	1.647	.000	3.261942	15.608858
	4C	-.288900	1.647	1.000	-6.462358	5.884558
	4D	.925500	1.647	1.000	-5.247958	7.098958
	4E	1.463200	1.647	1.000	-4.710258	7.636658
	5A	1.523100	1.647	1.000	-4.650358	7.696558
	5B	8.489000*	1.647	.000	2.315542	14.662458
	5C	-.638200	1.647	1.000	-6.811658	5.535258
	5D	-.191700	1.647	1.000	-6.365158	5.981758
	5E	1.632800	1.647	1.000	-4.540658	7.806258
	3E	6A	1.810400	1.647	1.000	-4.363058
6B		9.107300*	1.647	.000	2.933842	15.280758
6C		-.599200	1.647	1.000	-6.772658	5.574258
6D		1.140800	1.647	1.000	-5.032658	7.314258
6E		1.861700	1.647	1.000	-4.311758	8.035158
1A		11.384500*	1.647	.000	5.211042	17.557958
1B		12.123200*	1.647	.000	5.949742	18.296658
1C		7.879700*	1.647	.001	1.706242	14.053158
1D		9.793300*	1.647	.000	3.619842	15.966758
1E		10.503500*	1.647	.000	4.330042	16.676958
2A		9.498900*	1.647	.000	3.325442	15.672358
2B		11.362100*	1.647	.000	5.188642	17.535558
2C		5.755300	1.647	.112	-.418158	11.928758
2D		7.858700*	1.647	.001	1.685242	14.032158
2E		8.476500*	1.647	.000	2.303042	14.649958
3A		-.572100	1.647	1.000	-6.745558	5.601358
3B		8.144400*	1.647	.000	1.970942	14.317858
3C		-2.052200	1.647	1.000	-8.225658	4.121258
3D		-.481000	1.647	1.000	-6.654458	5.692458
4A		.457000	1.647	1.000	-5.716458	6.630458
4B	8.954400*	1.647	.000	2.780942	15.127858	
4C	-.769900	1.647	1.000	-6.943358	5.403558	
4D	.444500	1.647	1.000	-5.728958	6.617958	

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	3E	4E	.982200	1.647	1.000	-5.191258	7.155658
		5A	1.042100	1.647	1.000	-5.131358	7.215558
		5B	8.008000*	1.647	.000	1.834542	14.181458
		5C	-1.119200	1.647	1.000	-7.292658	5.054258
		5D	-.672700	1.647	1.000	-6.846158	5.500758
		5E	1.151800	1.647	1.000	-5.021658	7.325258
		6A	1.329400	1.647	1.000	-4.844058	7.502858
		6B	8.626300*	1.647	.000	2.452842	14.799758
		6C	-1.080200	1.647	1.000	-7.253658	5.093258
		6D	.659800	1.647	1.000	-5.513658	6.833258
		6E	1.380700	1.647	1.000	-4.792758	7.554158
4A		1A	10.927500*	1.647	.000	4.754042	17.100958
		1B	11.666200*	1.647	.000	5.492742	17.839658
		1C	7.422700*	1.647	.002	1.249242	13.596158
		1D	9.336300*	1.647	.000	3.162842	15.509758
		1E	10.046500*	1.647	.000	3.873042	16.219958
		2A	9.041900*	1.647	.000	2.868442	15.215358
		2B	10.905100*	1.647	.000	4.731642	17.078558
		2C	5.298300	1.647	.238	-.875158	11.471758
		2D	7.401700*	1.647	.003	1.228242	13.575158
		2E	8.019500*	1.647	.000	1.846042	14.192958
		3A	-1.029100	1.647	1.000	-7.202558	5.144358
		3B	7.687400*	1.647	.001	1.513942	13.860858
		3C	-2.509200	1.647	1.000	-8.682658	3.664258
		3D	-.938000	1.647	1.000	-7.111458	5.235458
		3E	-.457000	1.647	1.000	-6.630458	5.716458
		4B	8.497400*	1.647	.000	2.323942	14.670858
		4C	-1.226900	1.647	1.000	-7.400358	4.946558
		4D	-1.25E-02	1.647	1.000	-6.185958	6.160958
		4E	.525200	1.647	1.000	-5.648258	6.698658
		5A	.585100	1.647	1.000	-5.588358	6.758558
		5B	7.551000*	1.647	.002	1.377542	13.724458
		5C	-1.576200	1.647	1.000	-7.749658	4.597258
		5D	-1.129700	1.647	1.000	-7.303158	5.043758
		5E	.694800	1.647	1.000	-5.478658	6.868258
		6A	.872400	1.647	1.000	-5.301058	7.045858
		6B	8.169300*	1.647	.000	1.995842	14.342758
		6C	-1.537200	1.647	1.000	-7.710658	4.636258
		6D	.202800	1.647	1.000	-5.970658	6.376258
		6E	.923700	1.647	1.000	-5.249758	7.097158
4B		1A	2.430100	1.647	1.000	-3.743358	8.603558
		1B	3.168800	1.647	.988	-3.004658	9.342258

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	4B	1C	-1.074700	1.647	1.000	-7.248158	5.098758
		1D	.838900	1.647	1.000	-5.334558	7.012358
		1E	1.549100	1.647	1.000	-4.624358	7.722558
		2A	.544500	1.647	1.000	-5.628958	6.717958
		2B	2.407700	1.647	1.000	-3.765758	8.581158
		2C	-3.199100	1.647	.986	-9.372558	2.974358
		2D	-1.095700	1.647	1.000	-7.269158	5.077758
		2E	-.477900	1.647	1.000	-6.651358	5.695558
		3A	-9.526500*	1.647	.000	-15.699958	-3.353042
		3B	-.810000	1.647	1.000	-6.983458	5.363458
		3C	-11.006600*	1.647	.000	-17.180058	-4.833142
		3D	-9.435400*	1.647	.000	-15.608858	-3.261942
		3E	-8.954400*	1.647	.000	-15.127858	-2.780942
		4A	-8.497400*	1.647	.000	-14.670858	-2.323942
		4C	-9.724300*	1.647	.000	-15.897758	-3.550842
		4D	-8.509900*	1.647	.000	-14.683358	-2.336442
		4E	-7.972200*	1.647	.001	-14.145658	-1.798742
		5A	-7.912300*	1.647	.001	-14.085758	-1.738842
		5B	-.946400	1.647	1.000	-7.119858	5.227058
		5C	-10.073600*	1.647	.000	-16.247058	-3.900142
		5D	-9.627100*	1.647	.000	-15.800558	-3.453642
		5E	-7.802600*	1.647	.001	-13.976058	-1.629142
		6A	-7.625000*	1.647	.001	-13.798458	-1.451542
		6B	-.328100	1.647	1.000	-6.501558	5.845358
		6C	-10.034600*	1.647	.000	-16.208058	-3.861142
		6D	-8.294600*	1.647	.000	-14.468058	-2.121142
		6E	-7.573700*	1.647	.002	-13.747158	-1.400242
	4C	1A	12.154400	1.647	.000	5.980942	18.327858
		1B	12.893100*	1.647	.000	6.719642	19.066558
		1C	8.649600*	1.647	.000	2.476142	14.823058
		1D	10.563200*	1.647	.000	4.389742	16.736658
		1E	11.273400*	1.647	.000	5.099942	17.446858
		2A	10.268800*	1.647	.000	4.095342	16.442258
		2B	12.132000*	1.647	.000	5.958542	18.305458
		2C	6.525200*	1.647	.023	.351742	12.698658
		2D	8.628600*	1.647	.000	2.455142	14.802058
		2E	9.246400*	1.647	.000	3.072942	15.419858
		3A	.197800	1.647	1.000	-5.975658	6.371258
		3B	8.914300*	1.647	.000	2.740842	15.087758
		3C	-1.282300	1.647	1.000	-7.455758	4.891158
		3D	.288900	1.647	1.000	-5.884558	6.462358
		3E	.769900	1.647	1.000	-5.403558	6.943358

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	4C	4A	1.226900	1.647	1.000	-4.946558	7.400358
		4B	9.724300*	1.647	.000	3.550842	15.897758
		4D	1.214400	1.647	1.000	-4.959058	7.387858
		4E	1.752100	1.647	1.000	-4.421358	7.925558
		5A	1.812000	1.647	1.000	-4.361458	7.985458
		5B	8.777900*	1.647	.000	2.604442	14.951358
		5C	-.349300	1.647	1.000	-6.522758	5.824158
		5D	9.720E-02	1.647	1.000	-6.076258	6.270658
		5E	1.921700	1.647	1.000	-4.251758	8.095158
		6A	2.099300	1.647	1.000	-4.074158	8.272758
		6B	9.396200*	1.647	.000	3.222742	15.569658
		6C	-.310300	1.647	1.000	-6.483758	5.863158
		6D	1.429700	1.647	1.000	-4.743758	7.603158
		6E	2.150600	1.647	1.000	-4.022858	8.324058
4D		1A	10.940000*	1.647	.000	4.766542	17.113458
		1B	11.678700*	1.647	.000	5.505242	17.852158
		1C	7.435200*	1.647	.002	1.261742	13.608658
		1D	9.348800*	1.647	.000	3.175342	15.522258
		1E	10.059000*	1.647	.000	3.885542	16.232458
		2A	9.054400*	1.647	.000	2.880942	15.227858
		2B	10.917600*	1.647	.000	4.744142	17.091058
		2C	5.310800	1.647	.234	-.862658	11.484258
		2D	7.414200*	1.647	.003	1.240742	13.587658
		2E	8.032000*	1.647	.000	1.858542	14.205458
		3A	-1.016600	1.647	1.000	-7.190058	5.156858
		3B	7.699900*	1.647	.001	1.526442	13.873358
		3C	-2.496700	1.647	1.000	-8.670158	3.676758
		3D	-.925500	1.647	1.000	-7.098958	5.247958
		3E	-.444500	1.647	1.000	-6.617958	5.728958
		4A	1.25E-02	1.647	1.000	-6.160958	6.185958
		4B	8.509900*	1.647	.000	2.336442	14.683358
		4C	-1.214400	1.647	1.000	-7.387858	4.959058
		4E	.537700	1.647	1.000	-5.635758	6.711158
		5A	.597600	1.647	1.000	-5.575858	6.771058
		5B	7.563500*	1.647	.002	1.390042	13.736958
		5C	-1.563700	1.647	1.000	-7.737158	4.609758
		5D	-1.117200	1.647	1.000	-7.290658	5.056258
		5E	.707300	1.647	1.000	-5.466158	6.880758
		6A	.884900	1.647	1.000	-5.288558	7.058358
		6B	8.181800*	1.647	.000	2.008342	14.355258
		6C	-1.524700	1.647	1.000	-7.698158	4.648758
		6D	.215300	1.647	1.000	-5.958158	6.388758



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound	
4D	6E	.936200	1.647	1.000	-5.237258	7.109658	
4E	1A	10.402300*	1.647	.000	4.228842	16.575758	
	1B	11.141000*	1.647	.000	4.967542	17.314458	
	1C	6.897500*	1.647	.010	.724042	13.070958	
	1D	8.811100*	1.647	.000	2.637642	14.984558	
	1E	9.521300*	1.647	.000	3.347842	15.694758	
	2A	8.516700*	1.647	.000	2.343242	14.690158	
	2B	10.379900*	1.647	.000	4.206442	16.553358	
	2C	4.773100	1.647	.464	-1.400358	10.946558	
	2D	6.876500*	1.647	.010	.703042	13.049958	
	2E	7.494300*	1.647	.002	1.320842	13.667758	
	3A	-1.554300	1.647	1.000	-7.727758	4.619158	
	3B	7.162200*	1.647	.005	.988742	13.335658	
	3C	-3.034400	1.647	.993	-9.207858	3.139058	
	3D	-1.463200	1.647	1.000	-7.636658	4.710258	
	3E	-.982200	1.647	1.000	-7.155658	5.191258	
	4A	-.525200	1.647	1.000	-6.698658	5.648258	
	4B	7.972200*	1.647	.001	1.798742	14.145658	
	4C	-1.752100	1.647	1.000	-7.925558	4.421358	
	4D	-.537700	1.647	1.000	-6.711158	5.635758	
	5A	5.99E-02	1.647	1.000	-6.113558	6.233358	
	5A	5B	7.025800*	1.647	.007	.852342	13.199258
		5C	-2.101400	1.647	1.000	-8.274858	4.072058
		5D	-1.654900	1.647	1.000	-7.828358	4.518558
5E		.169600	1.647	1.000	-6.003858	6.343058	
6A		.347200	1.647	1.000	-5.826258	6.520658	
6B		7.644100*	1.647	.001	1.470642	13.817558	
6C		-2.062400	1.647	1.000	-8.235858	4.111058	
6D		-.322400	1.647	1.000	-6.495858	5.851058	
6E		.398500	1.647	1.000	-5.774958	6.571958	
1A		10.342400*	1.647	.000	4.168942	16.515858	
1B		11.081100*	1.647	.000	4.907642	17.254558	
1C		6.837600*	1.647	.011	.664142	13.011058	
1D		8.751200*	1.647	.000	2.577742	14.924658	
1E		9.461400*	1.647	.000	3.287942	15.634858	
2A		8.456800*	1.647	.000	2.283342	14.630258	
2B		10.320000*	1.647	.000	4.146542	16.493458	
2C		4.713200	1.647	.494	-1.460258	10.886658	
2D	6.816600*	1.647	.012	.643142	12.990058		
2E	7.434400*	1.647	.002	1.260942	13.607858		
3A	-1.614200	1.647	1.000	-7.787658	4.559258		
3B	7.102300*	1.647	.006	.928842	13.275758		

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	5A	3C	-3.094300	1.647	.991	-9.267758	3.079158
		3D	-1.523100	1.647	1.000	-7.696558	4.650358
		3E	-1.042100	1.647	1.000	-7.215558	5.131358
		4A	-.585100	1.647	1.000	-6.758558	5.588358
		4B	7.912300*	1.647	.001	1.738842	14.085758
		4C	-1.812000	1.647	1.000	-7.985458	4.361458
		4D	-.597600	1.647	1.000	-6.771058	5.575858
		4E	-5.99E-02	1.647	1.000	-6.233358	6.113558
		5B	6.965900*	1.647	.008	.792442	13.139358
		5C	-2.161300	1.647	1.000	-8.334758	4.012158
		5D	-1.714800	1.647	1.000	-7.888258	4.458658
		5E	.109700	1.647	1.000	-6.063758	6.283158
		6A	.287300	1.647	1.000	-5.886158	6.460758
		6B	7.584200*	1.647	.002	1.410742	13.757658
		6C	-2.122300	1.647	1.000	-8.295758	4.051158
		6D	-.382300	1.647	1.000	-6.555758	5.791158
		6E	.338600	1.647	1.000	-5.834858	6.512058
	5B	1A	3.376500	1.647	.971	-2.796958	9.549958
		1B	4.115200	1.647	.782	-2.058258	10.288658
		1C	-.128300	1.647	1.000	-6.301758	6.045158
		1D	1.785300	1.647	1.000	-4.388158	7.958758
		1E	2.495500	1.647	1.000	-3.677958	8.668958
		2A	1.490900	1.647	1.000	-4.682558	7.664358
		2B	3.354100	1.647	.973	-2.819358	9.527558
		2C	-2.252700	1.647	1.000	-8.426158	3.920758
		2D	-.149300	1.647	1.000	-6.322758	6.024158
		2E	.468500	1.647	1.000	-5.704958	6.641958
		3A	-8.580100*	1.647	.000	-14.753558	-2.406642
		3B	.136400	1.647	1.000	-6.037058	6.309858
		3C	-10.060200*	1.647	.000	-16.233658	-3.886742
		3D	-8.489000*	1.647	.000	-14.662458	-2.315542
		3E	-8.008000*	1.647	.000	-14.181458	-1.834542
		4A	-7.551000*	1.647	.002	-13.724458	-1.377542
		4B	.946400	1.647	1.000	-5.227058	7.119858
		4C	-8.777900*	1.647	.000	-14.951358	-2.604442
		4D	-7.563500*	1.647	.002	-13.736958	-1.390042
		4E	-7.025800*	1.647	.007	-13.199258	-.852342
		5A	-6.965900*	1.647	.008	-13.139358	-.792442
		5C	-9.127200*	1.647	.000	-15.300658	-2.953742
		5D	-8.680700*	1.647	.000	-14.854158	-2.507242
		5E	-6.856200*	1.647	.011	-13.029658	-.682742
		6A	-6.678600*	1.647	.016	-12.852058	-.505142

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	5B	6B	.618300	1.647	1.000	-5.555158	6.791758
		6C	-9.088200*	1.647	.000	-15.261658	-2.914742
		6D	-7.348200*	1.647	.003	-13.521658	-1.174742
		6E	-6.627300*	1.647	.018	-12.800758	-.453842
	5C	1A	12.503700*	1.647	.000	6.330242	18.677158
		1B	13.242400*	1.647	.000	7.068942	19.415858
		1C	8.998900*	1.647	.000	2.825442	15.172358
		1D	10.912500*	1.647	.000	4.739042	17.085958
		1E	11.622700*	1.647	.000	5.449242	17.796158
		2A	10.618100*	1.647	.000	4.444642	16.791558
		2B	12.481300*	1.647	.000	6.307842	18.654758
		2C	6.874500*	1.647	.010	.701042	13.047958
		2D	8.977900*	1.647	.000	2.804442	15.151358
		2E	9.595700*	1.647	.000	3.422242	15.769158
		3A	.547100	1.647	1.000	-5.626358	6.720558
		3B	9.263600*	1.647	.000	3.090142	15.437058
		3C	-.933000	1.647	1.000	-7.106458	5.240458
		3D	.638200	1.647	1.000	-5.535258	6.811658
		3E	1.119200	1.647	1.000	-5.054258	7.292658
		4A	1.576200	1.647	1.000	-4.597258	7.749658
		4B	10.073600*	1.647	.000	3.900142	16.247058
		4C	.349300	1.647	1.000	-5.824158	6.522758
		4D	1.563700	1.647	1.000	-4.609758	7.737158
		4E	2.101400	1.647	1.000	-4.072058	8.274858
		5A	2.161300	1.647	1.000	-4.012158	8.334758
		5B	9.127200*	1.647	.000	2.953742	15.300658
		5D	.446500	1.647	1.000	-5.726958	6.619958
		5E	2.271000	1.647	1.000	-3.902458	8.444458
		6A	2.448600	1.647	1.000	-3.724858	8.622058
		6B	9.745500*	1.647	.000	3.572042	15.918958
		6C	3.90E-02	1.647	1.000	-6.134458	6.212458
		6D	1.779000	1.647	1.000	-4.394458	7.952458
		6E	2.499900	1.647	1.000	-3.673558	8.673358
	5D	1A	12.057200*	1.647	.000	5.883742	18.230658
		1B	12.795900*	1.647	.000	6.622442	18.969358
		1C	8.552400*	1.647	.000	2.378942	14.725858
		1D	10.466000*	1.647	.000	4.292542	16.639458
		1E	11.176200*	1.647	.000	5.002742	17.349658
		2A	10.171600*	1.647	.000	3.998142	16.345058
		2B	12.034800*	1.647	.000	5.861342	18.208258
		2C	6.428000*	1.647	.029	.254542	12.601458
		2D	8.531400*	1.647	.000	2.357942	14.704858

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	5D	2E	9.149200*	1.647	.000	2.975742	15.322658
		3A	.100600	1.647	1.000	-6.072858	6.274058
		3B	8.817100*	1.647	.000	2.643642	14.990558
		3C	-1.379500	1.647	1.000	-7.552958	4.793958
		3D	.191700	1.647	1.000	-5.981758	6.365158
		3E	.672700	1.647	1.000	-5.500758	6.846158
		4A	1.129700	1.647	1.000	-5.043758	7.303158
		4B	9.627100*	1.647	.000	3.453642	15.800558
		4C	-9.72E-02	1.647	1.000	-6.270658	6.076258
		4D	1.117200	1.647	1.000	-5.056258	7.290658
		4E	1.654900	1.647	1.000	-4.518558	7.828358
		5A	1.714800	1.647	1.000	-4.458658	7.888258
		5B	8.680700*	1.647	.000	2.507242	14.854158
		5C	-.446500	1.647	1.000	-6.619958	5.726958
		5E	1.824500	1.647	1.000	-4.348958	7.997958
		6A	2.002100	1.647	1.000	-4.171358	8.175558
		6B	9.299000*	1.647	.000	3.125542	15.472458
		6C	-.407500	1.647	1.000	-6.580958	5.765958
		6D	1.332500	1.647	1.000	-4.840958	7.505958
		6E	2.053400	1.647	1.000	-4.120058	8.226858
	5E	1A	10.232700*	1.647	.000	4.059242	16.406158
		1B	10.971400*	1.647	.000	4.797942	17.144858
		1C	6.727900*	1.647	.015	.554442	12.901358
		1D	8.641500*	1.647	.000	2.468042	14.814958
		1E	9.351700*	1.647	.000	3.178242	15.525158
		2A	8.347100*	1.647	.000	2.173642	14.520558
		2B	10.210300*	1.647	.000	4.036842	16.383758
		2C	4.603500	1.647	.549	-1.569958	10.776958
		2D	6.706900*	1.647	.015	.533442	12.880358
		2E	7.324700*	1.647	.003	1.151242	13.498158
		3A	-1.723900	1.647	1.000	-7.897358	4.449558
		3B	6.992600*	1.647	.008	.819142	13.166058
		3C	-3.204000	1.647	.986	-9.377458	2.969458
		3D	-1.632800	1.647	1.000	-7.806258	4.540658
		3E	-1.151800	1.647	1.000	-7.325258	5.021658
		4A	-.694800	1.647	1.000	-6.868258	5.478658
		4B	7.802600*	1.647	.001	1.629142	13.976058
		4C	-1.921700	1.647	1.000	-8.095158	4.251758
		4D	-.707300	1.647	1.000	-6.880758	5.466158
		4E	-.169600	1.647	1.000	-6.343058	6.003858
		5A	-.109700	1.647	1.000	-6.283158	6.063758
		5B	6.856200*	1.647	.011	.682742	13.029658

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound
5E	5C	-2.271000	1.647	1.000	-8.444458	3.902458
	5D	-1.824500	1.647	1.000	-7.997958	4.348958
	6A	.177600	1.647	1.000	-5.995858	6.351058
	6B	7.474500*	1.647	.002	1.301042	13.647958
	6C	-2.232000	1.647	1.000	-8.405458	3.941458
	6D	-.492000	1.647	1.000	-6.665458	5.681458
6A	6E	.228900	1.647	1.000	-5.944558	6.402358
	1A	10.055100*	1.647	.000	3.881642	16.228558
	1B	10.793800*	1.647	.000	4.620342	16.967258
	1C	6.550300*	1.647	.022	.376842	12.723758
	1D	8.463900*	1.647	.000	2.290442	14.637358
	1E	9.174100*	1.647	.000	3.000642	15.347558
	2A	8.169500*	1.647	.000	1.996042	14.342958
	2B	10.032700*	1.647	.000	3.859242	16.206158
	2C	4.425900	1.647	.639	-1.747558	10.599358
	2D	6.529300*	1.647	.023	.355842	12.702758
	2E	7.147100*	1.647	.005	.973642	13.320558
	3A	-1.901500	1.647	1.000	-8.074958	4.271958
	3B	6.815000*	1.647	.012	.641542	12.988458
	3C	-3.381600	1.647	.971	-9.555058	2.791858
	3D	-1.810400	1.647	1.000	-7.983858	4.363058
	3E	-1.329400	1.647	1.000	-7.502858	4.844058
	4A	-.872400	1.647	1.000	-7.045858	5.301058
	4B	7.625000*	1.647	.001	1.451542	13.798458
	4C	-2.099300	1.647	1.000	-8.272758	4.074158
	4D	-.884900	1.647	1.000	-7.058358	5.288558
	4E	-.347200	1.647	1.000	-6.520658	5.826258
	5A	-.287300	1.647	1.000	-6.460758	5.886158
	5B	6.678600*	1.647	.016	.505142	12.852058
	5C	-2.448600	1.647	1.000	-8.622058	3.724858
5D	-2.002100	1.647	1.000	-8.175558	4.171358	
5E	-.177600	1.647	1.000	-6.351058	5.995858	
6B	6B	7.296900*	1.647	.003	1.123442	13.470358
6B	6C	-2.409600	1.647	1.000	-8.583058	3.763858
	6D	-.669600	1.647	1.000	-6.843058	5.503858
	6E	5.13E-02	1.647	1.000	-6.122158	6.224758
	1A	2.758200	1.647	.999	-3.415258	8.931658
	1B	3.496900	1.647	.956	-2.676558	9.670358
	1C	-.746600	1.647	1.000	-6.920058	5.426858
1D	1.167000	1.647	1.000	-5.006458	7.340458	
1E	1.877200	1.647	1.000	-4.296258	8.050658	
2A	.872600	1.647	1.000	-5.300858	7.046058	



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	6B	2B	2.735800	1.647	.999	-3.437658	8.909258
		2C	-2.871000	1.647	.997	-9.044458	3.302458
		2D	-.767600	1.647	1.000	-6.941058	5.405858
		2E	-.149800	1.647	1.000	-6.323258	6.023658
		3A	-9.198400*	1.647	.000	-15.371858	-3.024942
		3B	-.481900	1.647	1.000	-6.655358	5.691558
		3C	-10.678500*	1.647	.000	-16.851958	-4.505042
		3D	-9.107300*	1.647	.000	-15.280758	-2.933842
		3E	-8.626300*	1.647	.000	-14.799758	-2.452842
		4A	-8.169300*	1.647	.000	-14.342758	-1.995842
		4B	.328100	1.647	1.000	-5.845358	6.501558
		4C	-9.396200*	1.647	.000	-15.569658	-3.222742
		4D	-8.181800*	1.647	.000	-14.355258	-2.008342
		4E	-7.644100*	1.647	.001	-13.817558	-1.470642
		5A	-7.584200*	1.647	.002	-13.757658	-1.410742
		5B	-.618300	1.647	1.000	-6.791758	5.555158
		5C	-9.745500*	1.647	.000	-15.918958	-3.572042
		5D	-9.299000*	1.647	.000	-15.472458	-3.125542
		5E	-7.474500*	1.647	.002	-13.647958	-1.301042
		6A	-7.296900*	1.647	.003	-13.470358	-1.123442
		6C	-9.706500*	1.647	.000	-15.879958	-3.533042
		6D	-7.966500*	1.647	.001	-14.139958	-1.793042
		6E	-7.245600*	1.647	.004	-13.419058	-1.072142
	6C	1A	12.464700*	1.647	.000	6.291242	18.638158
		1B	13.203400*	1.647	.000	7.029942	19.376858
		1C	8.959900*	1.647	.000	2.786442	15.133358
		1D	10.873500*	1.647	.000	4.700042	17.046958
		1E	11.583700*	1.647	.000	5.410242	17.757158
		2A	10.579100*	1.647	.000	4.405642	16.752558
		2B	12.442300*	1.647	.000	6.268842	18.615758
		2C	6.835500*	1.647	.011	.662042	13.008958
		2D	8.938900*	1.647	.000	2.765442	15.112358
		2E	9.556700*	1.647	.000	3.383242	15.730158
		3A	.508100	1.647	1.000	-5.665358	6.681558
		3B	9.224600*	1.647	.000	3.051142	15.398058
		3C	-.972000	1.647	1.000	-7.145458	5.201458
		3D	.599200	1.647	1.000	-5.574258	6.772658
		3E	1.080200	1.647	1.000	-5.093258	7.253658
		4A	1.537200	1.647	1.000	-4.636258	7.710658
		4B	10.034600*	1.647	.000	3.861142	16.208058
		4C	.310300	1.647	1.000	-5.863158	6.483758
		4D	1.524700	1.647	1.000	-4.648758	7.698158

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	6C	4E	2.062400	1.647	1.000	-4.111058	8.235858
		5A	2.122300	1.647	1.000	-4.051158	8.295758
		5B	9.088200*	1.647	.000	2.914742	15.261658
		5C	-3.9E-02	1.647	1.000	-6.212458	6.134458
		5D	.407500	1.647	1.000	-5.765958	6.580958
		5E	2.232000	1.647	1.000	-3.941458	8.405458
		6A	2.409600	1.647	1.000	-3.763858	8.583058
		6B	9.706500*	1.647	.000	3.533042	15.879958
		6D	1.740000	1.647	1.000	-4.433458	7.913458
	6D	6E	2.460900	1.647	1.000	-3.712558	8.634358
		1A	10.724700*	1.647	.000	4.551242	16.898158
		1B	11.463400*	1.647	.000	5.289942	17.636858
		1C	7.219900	1.647	.004	1.046442	13.393358
		1D	9.133500	1.647	.000	2.960042	15.306958
		1E	9.843700	1.647	.000	3.670242	16.017158
		2A	8.839100	1.647	.000	2.665642	15.012558
		2B	10.702300*	1.647	.000	4.528842	16.875758
		2C	5.095500	1.647	.316	-1.077958	11.268958
		2D	7.198900	1.647	.004	1.025442	13.372358
		2E	7.816700*	1.647	.001	1.643242	13.990158
		3A	-1.231900	1.647	1.000	-7.405358	4.941558
		3B	7.484600*	1.647	.002	1.311142	13.658058
		3C	-2.712000	1.647	.999	-8.885458	3.461458
		3D	-1.140800	1.647	1.000	-7.314258	5.032658
		3E	-.659800	1.647	1.000	-6.833258	5.513658
		4A	-.202800	1.647	1.000	-6.376258	5.970658
		4B	8.294600*	1.647	.000	2.121142	14.468058
		4C	-1.429700	1.647	1.000	-7.603158	4.743758
		4D	-.215300	1.647	1.000	-6.388758	5.958158
		4E	.322400	1.647	1.000	-5.851058	6.495858
		5A	.382300	1.647	1.000	-5.791158	6.555758
		5B	7.348200*	1.647	.003	1.174742	13.521658
		5C	-1.779000	1.647	1.000	-7.952458	4.394458
		5D	-1.332500	1.647	1.000	-7.505958	4.840958
		5E	.492000	1.647	1.000	-5.681458	6.665458
		6A	.669600	1.647	1.000	-5.503858	6.843058
		6B	7.966500*	1.647	.001	1.793042	14.139958
		6C	-1.740000	1.647	1.000	-7.913458	4.433458
		6E	.720900	1.647	1.000	-5.452558	6.894358
	6E	1A	10.003800*	1.647	.000	3.830342	16.177258
		1B	10.742500*	1.647	.000	4.569042	16.915958
		1C	6.499000*	1.647	.025	.325542	12.672458

**Multiple Comparisons (continued)**

Dependent Variable: shear bond strength

Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	6E	1D	8.412600*	1.647	.000	2.239142	14.586058
		1E	9.122800*	1.647	.000	2.949342	15.296258
		2A	8.118200*	1.647	.000	1.944742	14.291658
		2B	9.981400*	1.647	.000	3.807942	16.154858
		2C	4.374600	1.647	.664	-1.798858	10.548058
		2D	6.478000*	1.647	.026	.304542	12.651458
		2E	7.095800*	1.647	.006	.922342	13.269258
		3A	-1.952800	1.647	1.000	-8.126258	4.220658
		3B	6.763700*	1.647	.013	.590242	12.937158
		3C	-3.432900	1.647	.965	-9.606358	2.740558
		3D	-1.861700	1.647	1.000	-8.035158	4.311758
		3E	-1.380700	1.647	1.000	-7.554158	4.792758
		4A	-.923700	1.647	1.000	-7.097158	5.249758
		4B	7.573700*	1.647	.002	1.400242	13.747158
		4C	-2.150600	1.647	1.000	-8.324058	4.022858
		4D	-.936200	1.647	1.000	-7.109658	5.237258
		4E	-.398500	1.647	1.000	-6.571958	5.774958
		5A	-.338600	1.647	1.000	-6.512058	5.834858
		5B	6.627300*	1.647	.018	.453842	12.800758
		5C	-2.499900	1.647	1.000	-8.673358	3.673558
		5D	-2.053400	1.647	1.000	-8.226858	4.120058
		5E	-.228900	1.647	1.000	-6.402358	5.944558
		6A	-5.13E-02	1.647	1.000	-6.224758	6.122158
		6B	7.245600*	1.647	.004	1.072142	13.419058
		6C	-2.460900	1.647	1.000	-8.634358	3.712558
		6D	-.720900	1.647	1.000	-6.894358	5.452558

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

## Homogeneous Subsets

## shear bond strength

Tukey HSD<sup>a</sup>

groups	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1B	10	15.926500			
1A	10	16.665200	16.665200		
2B	10	16.687600	16.687600		
1E	10	17.546200	17.546200		
1D	10	18.256400	18.256400		
2A	10	18.550800	18.550800		
4B	10	19.095300	19.095300		
6B	10	19.423400	19.423400		
2E	10	19.573200	19.573200		
3B	10	19.905300	19.905300		
5B	10	20.041700	20.041700		
1C	10	20.170000	20.170000		
2D	10	20.191000	20.191000		
2C	10		22.294400	22.294400	
6E	10			26.669000	26.669000
6A	10			26.720300	26.720300
5E	10			26.897900	26.897900
5A	10			27.007600	27.007600
4E	10			27.067500	27.067500
6D	10			27.389900	27.389900
4A	10			27.592700	27.592700
4D	10			27.605200	27.605200
3E	10			28.049700	28.049700
3D	10				28.530700
3A	10				28.621800
5D	10				28.722400
4C	10				28.819600
6C	10				29.129900
5C	10				29.168900
3C	10				30.101900
Sig.		.716	.140	.112	.965

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000

**Oneway: Aluminous porcelains****Test of Normality****One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		shear bond strength
N		300
Normal Parameters <sup>a, b</sup>	Mean	23.766781
	Std. Deviation	5.369437
Most Extreme Differences	Absolute	.054
	Positive	.051
	Negative	-.054
Kolmogorov-Smirnov Z		.928
Asymp. Sig. (2-tailed)		.355

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**Test of Homogeneity of Variances**

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
shear bond strength	1.464	29	270	.064

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
shear bond strength	Between Groups	5628.996	29	194.103	17.519	.000
	Within Groups	2991.430	270	11.079		
	Total	8620.427	299			

**Post Hoc Tests****Multiple Comparisons**Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
7A	7B	1.744100	1.489	1.000	-3.835964	7.324164
	7C	-3.575000	1.489	.843	-9.155064	2.005064
	7D	-1.656700	1.489	1.000	-7.236764	3.923364
	7E	-1.285000	1.489	1.000	-6.865064	4.295064
	8A	-.440100	1.489	1.000	-6.020164	5.139964



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	7A	8B	-2.38000E-02	1.489	1.000	-5.603864	5.556264
		8C	-3.990000	1.489	.645	-9.570064	1.590064
		8D	-2.510000	1.489	.998	-8.090064	3.070064
		8E	-2.418700	1.489	.999	-7.998764	3.161364
		9A	-11.148900*	1.489	.000	-16.728964	-5.568836
		9B	-2.001400	1.489	1.000	-7.581464	3.578664
		9C	-12.474200*	1.489	.000	-18.054264	-6.894136
		9D	-10.869900*	1.489	.000	-16.449964	-5.289836
		9E	-10.538500*	1.489	.000	-16.118564	-4.958436
		10A	-8.185000*	1.489	.000	-13.765064	-2.604936
		10B	-1.445900	1.489	1.000	-7.025964	4.134164
		10C	-10.525000*	1.489	.000	-16.105064	-4.944936
		10D	-8.607900*	1.489	.000	-14.187964	-3.027836
		10E	-8.299000*	1.489	.000	-13.879064	-2.718936
		11A	-7.444900*	1.489	.000	-13.024964	-1.864836
		11B	-3.000900	1.489	.977	-8.580964	2.579164
		11C	-11.563800*	1.489	.000	-17.143864	-5.983736
		11D	-10.683300*	1.489	.000	-16.263364	-5.103236
		11E	-10.733300*	1.489	.000	-16.313364	-5.153236
		12A	-7.738100*	1.489	.000	-13.318164	-2.158036
		12B	-3.051600	1.489	.971	-8.631664	2.528464
		12C	-9.796800*	1.489	.000	-15.376864	-4.216736
		12D	-9.721400*	1.489	.000	-15.301464	-4.141336
		12E	-9.343400*	1.489	.000	-14.923464	-3.763336
	7B	7A	-1.744100	1.489	1.000	-7.324164	3.835964
		7C	-5.319100	1.489	.088	-10.899164	.260964
		7D	-3.400800	1.489	.902	-8.980864	2.179264
		7E	-3.029100	1.489	.974	-8.609164	2.550964
		8A	-2.184200	1.489	1.000	-7.764264	3.395864
		8B	-1.767900	1.489	1.000	-7.347964	3.812164
		8C	-5.734100*	1.489	.035	-11.314164	-.154036
		8D	-4.254100	1.489	.498	-9.834164	1.325964
		8E	-4.162800	1.489	.548	-9.742864	1.417264
		9A	-12.893000*	1.489	.000	-18.473064	-7.312936
		9B	-3.745500	1.489	.770	-9.325564	1.834564
		9C	-14.218300*	1.489	.000	-19.798364	-8.638236
		9D	-12.614000*	1.489	.000	-18.194064	-7.033936
		9E	-12.282600*	1.489	.000	-17.862664	-6.702536
		10A	-9.929100*	1.489	.000	-15.509164	-4.349036
		10B	-3.190000	1.489	.951	-8.770064	2.390064
		10C	-12.269100*	1.489	.000	-17.849164	-6.689036
		10D	-10.352000*	1.489	.000	-15.932064	-4.771936
		10E	-10.043100*	1.489	.000	-15.623164	-4.463036

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound	
7B	11A	-9.189000*	1.489	.000	-14.769064	-3.608936	
	11B	-4.745000	1.489	.256	-10.325064	.835064	
	11C	-13.307900*	1.489	.000	-18.887964	-7.727836	
	11D	-12.427400*	1.489	.000	-18.007464	-6.847336	
	11E	-12.477400*	1.489	.000	-18.057464	-6.897336	
	12A	-9.482200*	1.489	.000	-15.062264	-3.902136	
	12B	-4.795700	1.489	.235	-10.375764	.784364	
	12C	-11.540900*	1.489	.000	-17.120964	-5.960836	
	12D	-11.465500*	1.489	.000	-17.045564	-5.885436	
	12E	-11.087500*	1.489	.000	-16.667564	-5.507436	
	7C	7A	3.575000	1.489	.843	-2.005064	9.155064
		7B	5.319100	1.489	.088	-.260964	10.899164
		7D	1.918300	1.489	1.000	-3.661764	7.498364
		7E	2.290000	1.489	1.000	-3.290064	7.870064
		8A	3.134900	1.489	.960	-2.445164	8.714964
8B		3.551200	1.489	.852	-2.028864	9.131264	
8C		-.415000	1.489	1.000	-5.995064	5.165064	
8D		1.065000	1.489	1.000	-4.515064	6.645064	
8E		1.156300	1.489	1.000	-4.423764	6.736364	
9A		-7.573900*	1.489	.000	-13.153964	-1.993836	
9B		1.573600	1.489	1.000	-4.006464	7.153664	
9C		-8.899200*	1.489	.000	-14.479264	-3.319136	
9D		-7.294900*	1.489	.000	-12.874964	-1.714836	
9E		-6.963500*	1.489	.001	-12.543564	-1.383436	
10A		-4.610000	1.489	.314	-10.190064	.970064	
10B	2.129100	1.489	1.000	-3.450964	7.709164		
10C	-6.950000*	1.489	.001	-12.530064	-1.369936		
10D	-5.032900	1.489	.156	-10.612964	.547164		
10E	-4.724000	1.489	.264	-10.304064	.856064		
11A	-3.869900	1.489	.709	-9.449964	1.710164		
11B	.574100	1.489	1.000	-5.005964	6.154164		
11C	-7.988800*	1.489	.000	-13.568864	-2.408736		
11D	-7.108300*	1.489	.001	-12.688364	-1.528236		
11E	-7.158300*	1.489	.001	-12.738364	-1.578236		
12A	-4.163100	1.489	.548	-9.743164	1.416964		
12B	.523400	1.489	1.000	-5.056664	6.103464		
12C	-6.221800*	1.489	.010	-11.801864	-.641736		
12D	-6.146400*	1.489	.012	-11.726464	-.566336		
12E	-5.768400*	1.489	.032	-11.348464	-.188336		
7D	7A	1.656700	1.489	1.000	-3.923364	7.236764	
	7B	3.400800	1.489	.902	-2.179264	8.980864	
	7C	-1.918300	1.489	1.000	-7.498364	3.661764	

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	7D	7E	.371700	1.489	1.000	-5.208364	5.951764
		8A	1.216600	1.489	1.000	-4.363464	6.796664
		8B	1.632900	1.489	1.000	-3.947164	7.212964
		8C	-2.333300	1.489	1.000	-7.913364	3.246764
		8D	-.853300	1.489	1.000	-6.433364	4.726764
		8E	-.762000	1.489	1.000	-6.342064	4.818064
		9A	-9.492200*	1.489	.000	-15.072264	-3.912136
		9B	-.344700	1.489	1.000	-5.924764	5.235364
		9C	-10.817500*	1.489	.000	-16.397564	-5.237436
		9D	-9.213200*	1.489	.000	-14.793264	-3.633136
		9E	-8.881800*	1.489	.000	-14.461864	-3.301736
		10A	-6.528300*	1.489	.004	-12.108364	-.948236
		10B	.210800	1.489	1.000	-5.369264	5.790864
		10C	-8.868300*	1.489	.000	-14.448364	-3.288236
		10D	-6.951200*	1.489	.001	-12.531264	-1.371136
		10E	-6.642300*	1.489	.003	-12.222364	-1.062236
		11A	-5.788200*	1.489	.031	-11.368264	-.208136
		11B	-1.344200	1.489	1.000	-6.924264	4.235864
		11C	-9.907100*	1.489	.000	-15.487164	-4.327036
		11D	-9.026600*	1.489	.000	-14.606664	-3.446536
		11E	-9.076600*	1.489	.000	-14.656664	-3.496536
		12A	-6.081400*	1.489	.015	-11.661464	-.501336
		12B	-1.394900	1.489	1.000	-6.974964	4.185164
		12C	-8.140100*	1.489	.000	-13.720164	-2.560036
		12D	-8.064700*	1.489	.000	-13.644764	-2.484636
		12E	-7.686700*	1.489	.000	-13.266764	-2.106636
	7E	7A	1.285000	1.489	1.000	-4.295064	6.865064
		7B	3.029100	1.489	.974	-2.550964	8.609164
		7C	-2.290000	1.489	1.000	-7.870064	3.290064
		7D	-.371700	1.489	1.000	-5.951764	5.208364
		8A	.844900	1.489	1.000	-4.735164	6.424964
		8B	1.261200	1.489	1.000	-4.318864	6.841264
		8C	-2.705000	1.489	.995	-8.285064	2.875064
		8D	-1.225000	1.489	1.000	-6.805064	4.355064
		8E	-1.133700	1.489	1.000	-6.713764	4.446364
		9A	-9.863900*	1.489	.000	-15.443964	-4.283836
		9B	-.716400	1.489	1.000	-6.296464	4.863664
		9C	-11.189200*	1.489	.000	-16.769264	-5.609136
		9D	-9.584900*	1.489	.000	-15.164964	-4.004836
		9E	-9.253500*	1.489	.000	-14.833564	-3.673436
		10A	-6.900000*	1.489	.001	-12.480064	-1.319936
		10B	-.160900	1.489	1.000	-5.740964	5.419164

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
7E	10C	-9.240000*	1.489	.000	-14.820064	-3.659936	
	10D	-7.322900*	1.489	.000	-12.902964	-1.742836	
	10E	-7.014000*	1.489	.001	-12.594064	-1.433936	
	11A	-6.159900*	1.489	.012	-11.739964	-.579836	
	11B	-1.715900	1.489	1.000	-7.295964	3.864164	
	11C	-10.278800*	1.489	.000	-15.858864	-4.698736	
	11D	-9.398300*	1.489	.000	-14.978364	-3.818236	
	11E	-9.448300*	1.489	.000	-15.028364	-3.868236	
	12A	-6.453100*	1.489	.005	-12.033164	-.873036	
	12B	-1.766600	1.489	1.000	-7.346664	3.813464	
	12C	-8.511800*	1.489	.000	-14.091864	-2.931736	
	12D	-8.436400*	1.489	.000	-14.016464	-2.856336	
	12E	-8.058400*	1.489	.000	-13.638464	-2.478336	
	8A	7A	.440100	1.489	1.000	-5.139964	6.020164
		7B	2.184200	1.489	1.000	-3.395864	7.764264
		7C	-3.134900	1.489	.960	-8.714964	2.445164
		7D	-1.216600	1.489	1.000	-6.796664	4.363464
		7E	-.844900	1.489	1.000	-6.424964	4.735164
		8B	.416300	1.489	1.000	-5.163764	5.996364
		8C	-3.549900	1.489	.853	-9.129964	2.030164
8D		-2.069900	1.489	1.000	-7.649964	3.510164	
8E		-1.978600	1.489	1.000	-7.558664	3.601464	
9A		-10.708800*	1.489	.000	-16.288864	-5.128736	
9B		-1.561300	1.489	1.000	-7.141364	4.018764	
9C		-12.034100*	1.489	.000	-17.614164	-6.454036	
9D		-10.429800*	1.489	.000	-16.009864	-4.849736	
9E		-10.098400*	1.489	.000	-15.678464	-4.518336	
10A		-7.744900*	1.489	.000	-13.324964	-2.164836	
10B		-1.005800	1.489	1.000	-6.585864	4.574264	
10C		-10.084900*	1.489	.000	-15.664964	-4.504836	
10D		-8.167800*	1.489	.000	-13.747864	-2.587736	
10E		-7.858900*	1.489	.000	-13.438964	-2.278836	
11A		-7.004800*	1.489	.001	-12.584864	-1.424736	
11B	-2.560800	1.489	.998	-8.140864	3.019264		
11C	-11.123700*	1.489	.000	-16.703764	-5.543636		
11D	-10.243200*	1.489	.000	-15.823264	-4.663136		
11E	-10.293200*	1.489	.000	-15.873264	-4.713136		
12A	-7.298000*	1.489	.000	-12.878064	-1.717936		
12B	-2.611500	1.489	.997	-8.191564	2.968564		
12C	-9.356700*	1.489	.000	-14.936764	-3.776636		
12D	-9.281300*	1.489	.000	-14.861364	-3.701236		
12E	-8.903300*	1.489	.000	-14.483364	-3.323236		

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	8B	7A	2.3800E-02	1.489	1.000	-5.556264	5.603864
		7B	1.767900	1.489	1.000	-3.812164	7.347964
		7C	-3.551200	1.489	.852	-9.131264	2.028864
		7D	-1.632900	1.489	1.000	-7.212964	3.947164
		7E	-1.261200	1.489	1.000	-6.841264	4.318864
		8A	-.416300	1.489	1.000	-5.996364	5.163764
		8C	-3.966200	1.489	.658	-9.546264	1.613864
		8D	-2.486200	1.489	.999	-8.066264	3.093864
		8E	-2.394900	1.489	.999	-7.974964	3.185164
		9A	-11.125100*	1.489	.000	-16.705164	-5.545036
		9B	-1.977600	1.489	1.000	-7.557664	3.602464
		9C	-12.450400*	1.489	.000	-18.030464	-6.870336
		9D	-10.846100*	1.489	.000	-16.426164	-5.266036
		9E	-10.514700*	1.489	.000	-16.094764	-4.934636
		10A	-8.161200*	1.489	.000	-13.741264	-2.581136
		10B	-1.422100	1.489	1.000	-7.002164	4.157964
		10C	-10.501200*	1.489	.000	-16.081264	-4.921136
		10D	-8.584100*	1.489	.000	-14.164164	-3.004036
		10E	-8.275200*	1.489	.000	-13.855264	-2.695136
		11A	-7.421100*	1.489	.000	-13.001164	-1.841036
		11B	-2.977100	1.489	.979	-8.557164	2.602964
		11C	-11.540000*	1.489	.000	-17.120064	-5.959936
		11D	-10.659500*	1.489	.000	-16.239564	-5.079436
		11E	-10.709500*	1.489	.000	-16.289564	-5.129436
		12A	-7.714300*	1.489	.000	-13.294364	-2.134236
		12B	-3.027800	1.489	.974	-8.607864	2.552264
		12C	-9.773000*	1.489	.000	-15.353064	-4.192936
		12D	-9.697600*	1.489	.000	-15.277664	-4.117536
		12E	-9.319600*	1.489	.000	-14.899664	-3.739536
	8C	7A	3.990000	1.489	.645	-1.590064	9.570064
		7B	5.734100*	1.489	.035	.15403	11.314164
		7C	.415000	1.489	1.000	-5.165064	5.995064
		7D	2.333300	1.489	1.000	-3.246764	7.913364
		7E	2.705000	1.489	.995	-2.875064	8.285064
		8A	3.549900	1.489	.853	-2.030164	9.129964
		8B	3.966200	1.489	.658	-1.613864	9.546264
		8D	1.480000	1.489	1.000	-4.100064	7.060064
		8E	1.571300	1.489	1.000	-4.008764	7.151364
		9A	-7.158900*	1.489	.001	-12.738964	-1.578836
		9B	1.988600	1.489	1.000	-3.591464	7.568664
		9C	-8.484200*	1.489	.000	-14.064264	-2.904136
		9D	-6.879900*	1.489	.001	-12.459964	-1.299836



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	8C	9E	-6.548500*	1.489	.004	-12.128564	-.968436
		10A	-4.195000	1.489	.530	-9.775064	1.385064
		10B	2.544100	1.489	.998	-3.035964	8.124164
		10C	-6.535000*	1.489	.004	-12.115064	-.954936
		10D	-4.617900	1.489	.311	-10.197964	.962164
		10E	-4.309000	1.489	.467	-9.889064	1.271064
		11A	-3.454900	1.489	.885	-9.034964	2.125164
		11B	.989100	1.489	1.000	-4.590964	6.569164
		11C	-7.573800*	1.489	.000	-13.153864	-1.993736
		11D	-6.693300*	1.489	.003	-12.273364	-1.113236
		11E	-6.743300*	1.489	.002	-12.323364	-1.163236
		12A	-3.748100	1.489	.769	-9.328164	1.831964
		12B	.938400	1.489	1.000	-4.641664	6.518464
		12C	-5.806800*	1.489	.029	-11.386864	-.226736
		12D	-5.731400*	1.489	.035	-11.311464	-.151336
		12E	-5.353400	1.489	.082	-10.933464	.226664
	8D	7A	2.510000	1.489	.998	-3.070064	8.090064
		7B	4.254100	1.489	.498	-1.325964	9.834164
		7C	-1.065000	1.489	1.000	-6.645064	4.515064
		7D	.853300	1.489	1.000	-4.726764	6.433364
		7E	1.225000	1.489	1.000	-4.355064	6.805064
		8A	2.069900	1.489	1.000	-3.510164	7.649964
		8B	2.486200	1.489	.999	-3.093864	8.066264
		8C	-1.480000	1.489	1.000	-7.060064	4.100064
		8E	9.1300E-02	1.489	1.000	-5.488764	5.671364
		9A	-8.638900*	1.489	.000	-14.218964	-3.058836
		9B	.508600	1.489	1.000	-5.071464	6.088664
		9C	-9.964200*	1.489	.000	-15.544264	-4.384136
		9D	-8.359900*	1.489	.000	-13.939964	-2.779836
		9E	-8.028500*	1.489	.000	-13.608564	-2.448436
		10A	-5.675000*	1.489	.040	-11.255064	-9.49359E-02
		10B	1.064100	1.489	1.000	-4.515964	6.644164
		10C	-8.015000*	1.489	.000	-13.595064	-2.434936
		10D	-6.097900*	1.489	.014	-11.677964	-.517836
		10E	-5.789000*	1.489	.031	-11.369064	-.208936
		11A	-4.934900	1.489	.186	-10.514964	.645164
		11B	-.490900	1.489	1.000	-6.070964	5.089164
		11C	-9.053800*	1.489	.000	-14.633864	-3.473736
		11D	-8.173300*	1.489	.000	-13.753364	-2.593236
		11E	-8.223300*	1.489	.000	-13.803364	-2.643236
		12A	-5.228100	1.489	.107	-10.808164	.351964
		12B	-.541600	1.489	1.000	-6.121664	5.038464

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
8D	12C	-7.286800*	1.489	.000	-12.866864	-1.706736
	12D	-7.211400*	1.489	.001	-12.791464	-1.631336
	12E	-6.833400*	1.489	.002	-12.413464	-1.253336
8E	7A	2.418700	1.489	.999	-3.161364	7.998764
	7B	4.162800	1.489	.548	-1.417264	9.742864
	7C	-1.156300	1.489	1.000	-6.736364	4.423764
	7D	.762000	1.489	1.000	-4.818064	6.342064
	7E	1.133700	1.489	1.000	-4.446364	6.713764
	8A	1.978600	1.489	1.000	-3.601464	7.558664
	8B	2.394900	1.489	.999	-3.185164	7.974964
	8C	-1.571300	1.489	1.000	-7.151364	4.008764
	8D	-9.130000E-02	1.489	1.000	-5.671364	5.488764
	9A	-8.730200*	1.489	.000	-14.310264	-3.150136
	9B	.417300	1.489	1.000	-5.162764	5.997364
	9C	-10.055500*	1.489	.000	-15.635564	-4.475436
	9D	-8.451200*	1.489	.000	-14.031264	-2.871136
	9E	-8.119800*	1.489	.000	-13.699864	-2.539736
	10A	-5.766300*	1.489	.032	-11.346364	-.186236
	10B	.972800	1.489	1.000	-4.607264	6.552864
	10C	-8.106300*	1.489	.000	-13.686364	-2.526236
	10D	-6.189200*	1.489	.011	-11.769264	-.609136
	10E	-5.880300*	1.489	.024	-11.460364	-.300236
11A	-5.026200	1.489	.157	-10.606264	.553864	
11B	-.582200	1.489	1.000	-6.162264	4.997864	
11C	-9.145100*	1.489	.000	-14.725164	-3.565036	
11D	-8.264600*	1.489	.000	-13.844664	-2.684536	
11E	-8.314600*	1.489	.000	-13.894664	-2.734536	
12A	-5.319400	1.489	.088	-10.899464	.260664	
12B	-.632900	1.489	1.000	-6.212964	4.947164	
12C	-7.378100*	1.489	.000	-12.958164	-1.798036	
12D	-7.302700*	1.489	.000	-12.882764	-1.722636	
12E	-6.924700*	1.489	.001	-12.504764	-1.344636	
9A	7A	11.148900*	1.489	.000	5.568836	16.728964
	7B	12.893000*	1.489	.000	7.312936	18.473064
	7C	7.573900*	1.489	.000	1.993836	13.153964
	7D	9.492200*	1.489	.000	3.912136	15.072264
	7E	9.863900*	1.489	.000	4.283836	15.443964
	8A	10.708800*	1.489	.000	5.128736	16.288864
	8B	11.125100*	1.489	.000	5.545036	16.705164
	8C	7.158900*	1.489	.001	1.578836	12.738964
8D	8.638900*	1.489	.000	3.058836	14.218964	
8E	8.730200*	1.489	.000	3.150136	14.310264	

**Multiple Comparisons (continued)**

Dependent Variable: shear bond strength  
 Tukey HSD

(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
9A	9B	9.147500*	1.489	.000	3.567436	14.727564
	9C	-1.325300	1.489	1.000	-6.905364	4.254764
	9D	.279000	1.489	1.000	-5.301064	5.859064
	9E	.610400	1.489	1.000	-4.969664	6.190464
	10A	2.963900	1.489	.980	-2.616164	8.543964
	10B	9.703000*	1.489	.000	4.122936	15.283064
	10C	.623900	1.489	1.000	-4.956164	6.203964
	10D	2.541000	1.489	.998	-3.039064	8.121064
	10E	2.849900	1.489	.988	-2.730164	8.429964
	11A	3.704000	1.489	.789	-1.876064	9.284064
	11B	8.148000*	1.489	.000	2.567936	13.728064
	11C	-.414900	1.489	1.000	-5.994964	5.165164
	11D	.465600	1.489	1.000	-5.114464	6.045664
	11E	.415600	1.489	1.000	-5.164464	5.995664
	12A	3.410800	1.489	.899	-2.169264	8.990864
	12B	8.097300*	1.489	.000	2.517236	13.677364
	12C	1.352100	1.489	1.000	-4.227964	6.932164
	12D	1.427500	1.489	1.000	-4.152564	7.007564
	12E	1.805500	1.489	1.000	-3.774564	7.385564
	9B	7A	2.001400	1.489	1.000	-3.578664
7B		3.745500	1.489	.770	-1.834564	9.325564
7C		-1.573600	1.489	1.000	-7.153664	4.006464
7D		.344700	1.489	1.000	-5.235364	5.924764
7E		.716400	1.489	1.000	-4.863664	6.296464
8A		1.561300	1.489	1.000	-4.018764	7.141364
8B		1.977600	1.489	1.000	-3.602464	7.557664
8C		-1.988600	1.489	1.000	-7.568664	3.591464
8D		-.508600	1.489	1.000	-6.088664	5.071464
8E		-.417300	1.489	1.000	-5.997364	5.162764
9A		-9.147500*	1.489	.000	-14.727564	-3.567436
9C		-10.472800*	1.489	.000	-16.052864	-4.892736
9D		-8.868500*	1.489	.000	-14.448564	-3.288436
9E		-8.537100*	1.489	.000	-14.117164	-2.957036
10A		-6.183600*	1.489	.011	-11.763664	-.603536
10B		.555500	1.489	1.000	-5.024564	6.135564
10C		-8.523600*	1.489	.000	-14.103664	-2.943536
10D		-6.606500*	1.489	.003	-12.186564	-1.026436
10E		-6.297600*	1.489	.008	-11.877664	-.717536
11A		-5.443500	1.489	.068	-11.023564	.136564
11B	-.999500	1.489	1.000	-6.579564	4.580564	
11C	-9.562400*	1.489	.000	-15.142464	-3.982336	
11D	-8.681900*	1.489	.000	-14.261964	-3.101836	

**Multiple Comparisons (continued)**

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	9B	11E	-8.731900*	1.489	.000	-14.311964	-3.151836
		12A	-5.736700*	1.489	.035	-11.316764	-.156636
		12B	-1.050200	1.489	1.000	-6.630264	4.529864
		12C	-7.795400*	1.489	.000	-13.375464	-2.215336
		12D	-7.720000*	1.489	.000	-13.300064	-2.139936
		12E	-7.342000*	1.489	.000	-12.922064	-1.761936
	9C	7A	12.474200*	1.489	.000	6.894136	18.054264
		7B	14.218300*	1.489	.000	8.638236	19.798364
		7C	8.899200*	1.489	.000	3.319136	14.479264
		7D	10.817500*	1.489	.000	5.237436	16.397564
		7E	11.189200*	1.489	.000	5.609136	16.769264
		8A	12.034100*	1.489	.000	6.454036	17.614164
		8B	12.450400*	1.489	.000	6.870336	18.030464
		8C	8.484200*	1.489	.000	2.904136	14.064264
		8D	9.964200*	1.489	.000	4.384136	15.544264
		8E	10.055500*	1.489	.000	4.475436	15.635564
		9A	1.325300	1.489	1.000	-4.254764	6.905364
		9B	10.472800*	1.489	.000	4.892736	16.052864
		9D	1.604300	1.489	1.000	-3.975764	7.184364
		9E	1.935700	1.489	1.000	-3.644364	7.515764
		10A	4.289200	1.489	.478	-1.290864	9.869264
		10B	11.028300*	1.489	.000	5.448236	16.608364
		10C	1.949200	1.489	1.000	-3.630864	7.529264
		10D	3.866300	1.489	.710	-1.713764	9.446364
		10E	4.175200	1.489	.542	-1.404864	9.755264
		11A	5.029300	1.489	.157	-.550764	10.609364
		11B	9.473300*	1.489	.000	3.893236	15.053364
		11C	.910400	1.489	1.000	-4.669664	6.490464
		11D	1.790900	1.489	1.000	-3.789164	7.370964
		11E	1.740900	1.489	1.000	-3.839164	7.320964
		12A	4.736100	1.489	.259	-.843964	10.316164
		12B	9.422600*	1.489	.000	3.842536	15.002664
		12C	2.677400	1.489	.995	-2.902664	8.257464
		12D	2.752800	1.489	.993	-2.827264	8.332864
		12E	3.130800	1.489	.960	-2.449264	8.710864
	9D	7A	10.869900*	1.489	.000	5.289836	16.449964
		7B	12.614000*	1.489	.000	7.033936	18.194064
		7C	7.294900*	1.489	.000	1.714836	12.874964
		7D	9.213200*	1.489	.000	3.633136	14.793264
		7E	9.584900*	1.489	.000	4.004836	15.164964
		8A	10.429800*	1.489	.000	4.849736	16.009864
		8B	10.846100*	1.489	.000	5.266036	16.426164

**Multiple Comparisons (continued)**

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound
9D	8C	6.879900*	1.489	.001	1.299836	12.459964
	8D	8.359900*	1.489	.000	2.779836	13.939964
	8E	8.451200*	1.489	.000	2.871136	14.031264
	9A	-.279000	1.489	1.000	-5.859064	5.301064
	9B	8.868500*	1.489	.000	3.288436	14.448564
	9C	-1.604300	1.489	1.000	-7.184364	3.975764
	9E	.331400	1.489	1.000	-5.248664	5.911464
	10A	2.684900	1.489	.995	-2.895164	8.264964
	10B	9.424000*	1.489	.000	3.843936	15.004064
	10C	.344900	1.489	1.000	-5.235164	5.924964
	10D	2.262000	1.489	1.000	-3.318064	7.842064
	10E	2.570900	1.489	.998	-3.009164	8.150964
	11A	3.425000	1.489	.895	-2.155064	9.005064
	11B	7.869000*	1.489	.000	2.288936	13.449064
	11C	-.693900	1.489	1.000	-6.273964	4.886164
	11D	.186600	1.489	1.000	-5.393464	5.766664
	11E	.136600	1.489	1.000	-5.443464	5.716664
	12A	3.131800	1.489	.960	-2.448264	8.711864
	12B	7.818300*	1.489	.000	2.238236	13.398364
	12C	1.073100	1.489	1.000	-4.506964	6.653164
12D	1.148500	1.489	1.000	-4.431564	6.728564	
12E	1.526500	1.489	1.000	-4.053564	7.106564	
9E	7A	10.538500*	1.489	.000	4.958436	16.118564
	7B	12.282600*	1.489	.000	6.702536	17.862664
	7C	6.963500*	1.489	.001	1.383436	12.543564
	7D	8.881800*	1.489	.000	3.301736	14.461864
	7E	9.253500*	1.489	.000	3.673436	14.833564
	8A	10.098400*	1.489	.000	4.518336	15.678464
	8B	10.514700*	1.489	.000	4.934636	16.094764
	8C	6.548500*	1.489	.004	.968436	12.128564
	8D	8.028500*	1.489	.000	2.448436	13.608564
	8E	8.119800*	1.489	.000	2.539736	13.699864
	9A	-.610400	1.489	1.000	-6.190464	4.969664
	9B	8.537100*	1.489	.000	2.957036	14.117164
	9C	-1.935700	1.489	1.000	-7.515764	3.644364
	9D	-.331400	1.489	1.000	-5.911464	5.248664
	10A	2.353500	1.489	.999	-3.226564	7.933564
	10B	9.092600*	1.489	.000	3.512536	14.672664
10C	1.3500E-02	1.489	1.000	-5.566564	5.593564	
10D	1.930600	1.489	1.000	-3.649464	7.510664	
10E	2.239500	1.489	1.000	-3.340564	7.819564	
11A	3.093600	1.489	.966	-2.486464	8.673664	



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	9E	11B	7.537600*	1.489	.000	1.957536	13.117664
		11C	-1.025300	1.489	1.000	-6.605364	4.554764
		11D	-.144800	1.489	1.000	-5.724864	5.435264
		11E	-.194800	1.489	1.000	-5.774864	5.385264
		12A	2.800400	1.489	.991	-2.779664	8.380464
		12B	7.486900*	1.489	.000	1.906836	13.066964
		12C	.741700	1.489	1.000	-4.838364	6.321764
		12D	.817100	1.489	1.000	-4.762964	6.397164
		12E	1.195100	1.489	1.000	-4.384964	6.775164
10A		7A	8.185000*	1.489	.000	2.604936	13.765064
		7B	9.929100*	1.489	.000	4.349036	15.509164
		7C	4.610000	1.489	.314	-.970064	10.190064
		7D	6.528300*	1.489	.004	.948236	12.108364
		7E	6.900000*	1.489	.001	1.319936	12.480064
		8A	7.744900*	1.489	.000	2.164836	13.324964
		8B	8.161200*	1.489	.000	2.581136	13.741264
		8C	4.195000	1.489	.530	-1.385064	9.775064
		8D	5.675000*	1.489	.040	9.49359E-02	11.255064
		8E	5.766300*	1.489	.032	.186236	11.346364
		9A	-2.963900	1.489	.980	-8.543964	2.616164
		9B	6.183600*	1.489	.011	.603536	11.763664
		9C	-4.289200	1.489	.478	-9.869264	1.290864
		9D	-2.684900	1.489	.995	-8.264964	2.895164
		9E	-2.353500	1.489	.999	-7.933564	3.226564
		10B	6.739100*	1.489	.002	1.159036	12.319164
		10C	-2.340000	1.489	1.000	-7.920064	3.240064
		10D	-.422900	1.489	1.000	-6.002964	5.157164
		10E	-.114000	1.489	1.000	-5.694064	5.466064
		11A	.740100	1.489	1.000	-4.839964	6.320164
		11B	5.184100	1.489	.116	-.395964	10.764164
		11C	-3.378800	1.489	.908	-8.958864	2.201264
		11D	-2.498300	1.489	.999	-8.078364	3.081764
		11E	-2.548300	1.489	.998	-8.128364	3.031764
		12A	.446900	1.489	1.000	-5.133164	6.026964
		12B	5.133400	1.489	.129	-.446664	10.713464
		12C	-1.611800	1.489	1.000	-7.191864	3.968264
		12D	-1.536400	1.489	1.000	-7.116464	4.043664
		12E	-1.158400	1.489	1.000	-6.738464	4.421664
10B		7A	1.445900	1.489	1.000	-4.134164	7.025964
		7B	3.190000	1.489	.951	-2.390064	8.770064
		7C	-2.129100	1.489	1.000	-7.709164	3.450964
		7D	-.210800	1.489	1.000	-5.790864	5.369264

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
(I) groups	(J) groups					
10B	7E	.160900	1.489	1.000	-5.419164	5.740964
	8A	1.005800	1.489	1.000	-4.574264	6.585864
	8B	1.422100	1.489	1.000	-4.157964	7.002164
	8C	-2.544100	1.489	.998	-8.124164	3.035964
	8D	-1.064100	1.489	1.000	-6.644164	4.515964
	8E	-.972800	1.489	1.000	-6.552864	4.607264
	9A	-9.703000*	1.489	.000	-15.283064	-4.122936
	9B	-.555500	1.489	1.000	-6.135564	5.024564
	9C	-11.028300*	1.489	.000	-16.608364	-5.448236
	9D	-9.424000*	1.489	.000	-15.004064	-3.843936
	9E	-9.092600*	1.489	.000	-14.672664	-3.512536
	10A	-6.739100*	1.489	.002	-12.319164	-1.159036
	10C	-9.079100*	1.489	.000	-14.659164	-3.499036
	10D	-7.162000*	1.489	.001	-12.742064	-1.581936
	10E	-6.853100*	1.489	.002	-12.433164	-1.273036
	11A	-5.999000*	1.489	.018	-11.579064	-.418936
	11B	-1.555000	1.489	1.000	-7.135064	4.025064
	11C	-10.117900*	1.489	.000	-15.697964	-4.537836
	11D	-9.237400*	1.489	.000	-14.817464	-3.657336
	11E	-9.287400*	1.489	.000	-14.867464	-3.707336
10C	12A	-6.292200*	1.489	.008	-11.872264	-.712136
	12B	-1.605700	1.489	1.000	-7.185764	3.974364
	12C	-8.350900*	1.489	.000	-13.930964	-2.770836
	12D	-8.275500*	1.489	.000	-13.855564	-2.695436
	12E	-7.897500*	1.489	.000	-13.477564	-2.317436
	7A	10.525000*	1.489	.000	4.944936	16.105064
	7B	12.269100*	1.489	.000	6.689036	17.849164
	7C	6.950000*	1.489	.001	1.369936	12.530064
	7D	8.868300*	1.489	.000	3.288236	14.448364
	7E	9.240000*	1.489	.000	3.659936	14.820064
8A	10.084900*	1.489	.000	4.504836	15.664964	
8B	10.501200*	1.489	.000	4.921136	16.081264	
8C	6.535000*	1.489	.004	.954936	12.115064	
8D	8.015000*	1.489	.000	2.434936	13.595064	
8E	8.106300*	1.489	.000	2.526236	13.686364	
9A	-.623900	1.489	1.000	-6.203964	4.956164	
9B	8.523600*	1.489	.000	2.943536	14.103664	
9C	-1.949200	1.489	1.000	-7.529264	3.630864	
9D	-.344900	1.489	1.000	-5.924964	5.235164	
9E	-1.3500E-02	1.489	1.000	-5.593564	5.566564	
10A	2.340000	1.489	1.000	-3.240064	7.920064	
10B	9.079100*	1.489	.000	3.499036	14.659164	

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound
10C	10D	1.917100	1.489	1.000	-3.662964	7.497164
	10E	2.226000	1.489	1.000	-3.354064	7.806064
	11A	3.080100	1.489	.968	-2.499964	8.660164
	11B	7.524100*	1.489	.000	1.944036	13.104164
	11C	-1.038800	1.489	1.000	-6.618864	4.541264
	11D	-.158300	1.489	1.000	-5.738364	5.421764
	11E	-.208300	1.489	1.000	-5.788364	5.371764
	12A	2.786900	1.489	.992	-2.793164	8.366964
	12B	7.473400*	1.489	.000	1.893336	13.053464
	12C	.728200	1.489	1.000	-4.851864	6.308264
	12D	.803600	1.489	1.000	-4.776464	6.383664
	12E	1.181600	1.489	1.000	-4.398464	6.761664
	10D	7A	8.607900*	1.489	.000	3.027836
7B		10.352000*	1.489	.000	4.771936	15.932064
7C		5.032900	1.489	.156	-.547164	10.612964
7D		6.951200*	1.489	.001	1.371136	12.531264
7E		7.322900*	1.489	.000	1.742836	12.902964
8A		8.167800*	1.489	.000	2.587736	13.747864
8B		8.584100*	1.489	.000	3.004036	14.164164
8C		4.617900	1.489	.311	-.962164	10.197964
8D		6.097900*	1.489	.014	.517836	11.677964
8E		6.189200*	1.489	.011	.609136	11.769264
9A		-2.541000	1.489	.998	-8.121064	3.039064
9B		6.606500*	1.489	.003	1.026436	12.186564
9C		-3.866300	1.489	.710	-9.446364	1.713764
9D		-2.262000	1.489	1.000	-7.842064	3.318064
9E		-1.930600	1.489	1.000	-7.510664	3.649464
10A		.422900	1.489	1.000	-5.157164	6.002964
10B		7.162000*	1.489	.001	1.581936	12.742064
10C		-1.917100	1.489	1.000	-7.497164	3.662964
10E		-.308900	1.489	1.000	-5.271164	5.888964
11A		1.163000	1.489	1.000	-4.417064	6.743064
11B		5.607000*	1.489	.047	2.69359E-02	11.187064
11C	-2.955900	1.489	.981	-8.535964	2.624164	
11D	-2.075400	1.489	1.000	-7.655464	3.504664	
11E	-2.125400	1.489	1.000	-7.705464	3.454664	
12A	.869800	1.489	1.000	-4.710264	6.449864	
12B	5.556300	1.489	.053	-2.37641E-02	11.136364	
12C	-1.188900	1.489	1.000	-6.768964	4.391164	
12D	-1.113500	1.489	1.000	-6.693564	4.466564	
12E	-.735500	1.489	1.000	-6.315564	4.844564	
10E	7A	8.299000*	1.489	.000	2.718936	13.879064

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
(I) groups	(J) groups					
10E	7B	10.043100*	1.489	.000	4.463036	15.623164
	7C	4.724000	1.489	.264	-.856064	10.304064
	7D	6.642300*	1.489	.003	1.062236	12.222364
	7E	7.014000*	1.489	.001	1.433936	12.594064
	8A	7.858900*	1.489	.000	2.278836	13.438964
	8B	8.275200*	1.489	.000	2.695136	13.855264
	8C	4.309000	1.489	.467	-1.271064	9.889064
	8D	5.789000*	1.489	.031	.208936	11.369064
	8E	5.880300*	1.489	.024	.300236	11.460364
	9A	-2.849900	1.489	.988	-8.429964	2.730164
	9B	6.297600*	1.489	.008	.717536	11.877664
	9C	-4.175200	1.489	.542	-9.755264	1.404864
	9D	-2.570900	1.489	.998	-8.150964	3.009164
	9E	-2.239500	1.489	1.000	-7.819564	3.340564
	10A	.114000	1.489	1.000	-5.466064	5.694064
	10B	6.853100*	1.489	.002	1.273036	12.433164
	10C	-2.226000	1.489	1.000	-7.806064	3.354064
	10D	-.308900	1.489	1.000	-5.888964	5.271164
	11A	.854100	1.489	1.000	-4.725964	6.434164
	11B	5.298100	1.489	.092	-.281964	10.878164
	11C	-3.264800	1.489	.936	-8.844864	2.315264
	11D	-2.384300	1.489	.999	-7.964364	3.195764
	11E	-2.434300	1.489	.999	-8.014364	3.145764
	11A	12A	.560900	1.489	1.000	-5.019164
12B		5.247400	1.489	.103	-.332664	10.827464
12C		-1.497800	1.489	1.000	-7.077864	4.082264
12D		-1.422400	1.489	1.000	-7.002464	4.157664
12E		-1.044400	1.489	1.000	-6.624464	4.535664
7A		7.444900*	1.489	.000	1.864836	13.024964
7B		9.189000*	1.489	.000	3.608936	14.769064
7C		3.869900	1.489	.709	-1.710164	9.449964
7D		5.788200*	1.489	.031	.208136	11.368264
7E		6.159900*	1.489	.012	.579836	11.739964
8A		7.004800*	1.489	.001	1.424736	12.584864
8B		7.421100*	1.489	.000	1.841036	13.001164
8C		3.454900	1.489	.885	-2.125164	9.034964
8D		4.934900	1.489	.186	-.645164	10.514964
8E		5.026200	1.489	.157	-.553864	10.606264
9A	-3.704000	1.489	.789	-9.284064	1.876064	
9B	5.443500	1.489	.068	-.136564	11.023564	
9C	-5.029300	1.489	.157	-10.609364	.550764	
9D	-3.425000	1.489	.895	-9.005064	2.155064	

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	11A	9E	-3.093600	1.489	.966	-8.673664	2.486464
		10A	-.740100	1.489	1.000	-6.320164	4.839964
		10B	5.999000*	1.489	.018	.418936	11.579064
		10C	-3.080100	1.489	.968	-8.660164	2.499964
		10D	-1.163000	1.489	1.000	-6.743064	4.417064
		10E	-.854100	1.489	1.000	-6.434164	4.725964
		11B	4.444000	1.489	.395	-1.136064	10.024064
		11C	-4.118900	1.489	.573	-9.698964	1.461164
		11D	-3.238400	1.489	.942	-8.818464	2.341664
		11E	-3.288400	1.489	.931	-8.868464	2.291664
		12A	-.293200	1.489	1.000	-5.873264	5.286864
		12B	4.393300	1.489	.422	-1.186764	9.973364
		12C	-2.351900	1.489	.999	-7.931964	3.228164
		12D	-2.276500	1.489	1.000	-7.856564	3.303564
		12E	-1.898500	1.489	1.000	-7.478564	3.681564
11B		7A	3.000900	1.489	.977	-2.579164	8.580964
		7B	4.745000	1.489	.256	-.835064	10.325064
		7C	-.574100	1.489	1.000	-6.154164	5.005964
		7D	1.344200	1.489	1.000	-4.235864	6.924264
		7E	1.715900	1.489	1.000	-3.864164	7.295964
		8A	2.560800	1.489	.998	-3.019264	8.140864
		8B	2.977100	1.489	.979	-2.602964	8.557164
		8C	-.989100	1.489	1.000	-6.569164	4.590964
		8D	.490900	1.489	1.000	-5.089164	6.070964
		8E	.582200	1.489	1.000	-4.997864	6.162264
		9A	-8.148000*	1.489	.000	-13.728064	-2.567936
		9B	.999500	1.489	1.000	-4.580564	6.579564
		9C	-9.473300*	1.489	.000	-15.053364	-3.893236
		9D	-7.869000*	1.489	.000	-13.449064	-2.288936
		9E	-7.537600*	1.489	.000	-13.117664	-1.957536
		10A	-5.184100	1.489	.116	-10.764164	.395964
		10B	1.555000	1.489	1.000	-4.025064	7.135064
		10C	-7.524100*	1.489	.000	-13.104164	-1.944036
		10D	-5.607000*	1.489	.047	-11.187064	-2.69359E-02
		10E	-5.298100	1.489	.092	-10.878164	.281964
		11A	-4.444000	1.489	.395	-10.024064	1.136064
		11C	-8.562900*	1.489	.000	-14.142964	-2.982836
		11D	-7.682400*	1.489	.000	-13.262464	-2.102336
		11E	-7.732400*	1.489	.000	-13.312464	-2.152336
		12A	-4.737200	1.489	.259	-10.317264	.842864
		12B	-5.07000E-02	1.489	1.000	-5.630764	5.529364
		12C	-6.795900*	1.489	.002	-12.375964	-1.215836



## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	11B	12D	-6.720500*	1.489	.002	-12.300564	-1.140436
		12E	-6.342500*	1.489	.007	-11.922564	-.762436
	11C	7A	11.563800*	1.489	.000	5.983736	17.143864
		7B	13.307900*	1.489	.000	7.727836	18.887964
		7C	7.988800*	1.489	.000	2.408736	13.568864
		7D	9.907100*	1.489	.000	4.327036	15.487164
		7E	10.278800*	1.489	.000	4.698736	15.858864
		8A	11.123700*	1.489	.000	5.543636	16.703764
		8B	11.540000*	1.489	.000	5.959936	17.120064
		8C	7.573800*	1.489	.000	1.993736	13.153864
		8D	9.053800*	1.489	.000	3.473736	14.633864
		8E	9.145100*	1.489	.000	3.565036	14.725164
		9A	.414900	1.489	1.000	-5.165164	5.994964
		9B	9.562400*	1.489	.000	3.982336	15.142464
		9C	-.910400	1.489	1.000	-6.490464	4.669664
		9D	.693900	1.489	1.000	-4.886164	6.273964
		9E	1.025300	1.489	1.000	-4.554764	6.605364
		10A	3.378800	1.489	.908	-2.201264	8.958864
		10B	10.117900*	1.489	.000	4.537836	15.697964
		10C	1.038800	1.489	1.000	-4.541264	6.618864
		10D	2.955900	1.489	.981	-2.624164	8.535964
		10E	3.264800	1.489	.936	-2.315264	8.844864
		11A	4.118900	1.489	.573	-1.461164	9.698964
		11B	8.562900*	1.489	.000	2.982836	14.142964
		11D	.880500	1.489	1.000	-4.699564	6.460564
		11E	.830500	1.489	1.000	-4.749564	6.410564
		12A	3.825700	1.489	.731	-1.754364	9.405764
		12B	8.512200*	1.489	.000	2.932136	14.092264
		12C	1.767000	1.489	1.000	-3.813064	7.347064
		12D	1.842400	1.489	1.000	-3.737664	7.422464
		12E	2.220400	1.489	1.000	-3.359664	7.800464
	11D	7A	10.683300*	1.489	.000	5.103236	16.263364
		7B	12.427400*	1.489	.000	6.847336	18.007464
		7C	7.108300*	1.489	.001	1.528236	12.688364
		7D	9.026600*	1.489	.000	3.446536	14.606664
		7E	9.398300*	1.489	.000	3.818236	14.978364
		8A	10.243200*	1.489	.000	4.663136	15.823264
		8B	10.659500*	1.489	.000	5.079436	16.239564
		8C	6.693300*	1.489	.003	1.113236	12.273364
		8D	8.173300*	1.489	.000	2.593236	13.753364
		8E	8.264600*	1.489	.000	2.684536	13.844664
		9A	-.465600	1.489	1.000	-6.045664	5.114464

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound
11D	9B	8.681900*	1.489	.000	3.101836	14.261964
	9C	-1.790900	1.489	1.000	-7.370964	3.789164
	9D	-.186600	1.489	1.000	-5.766664	5.393464
	9E	.144800	1.489	1.000	-5.435264	5.724864
	10A	2.498300	1.489	.999	-3.081764	8.078364
	10B	9.237400*	1.489	.000	3.657336	14.817464
	10C	.158300	1.489	1.000	-5.421764	5.738364
	10D	2.075400	1.489	1.000	-3.504664	7.655464
	10E	2.384300	1.489	.999	-3.195764	7.964364
	11A	3.238400	1.489	.942	-2.341664	8.818464
	11B	7.682400*	1.489	.000	2.102336	13.262464
	11C	-.880500	1.489	1.000	-6.460564	4.699564
	11E	-5.0000E-02	1.489	1.000	-5.630064	5.530064
	12A	2.945200	1.489	.982	-2.634864	8.525264
	12B	7.631700*	1.489	.000	2.051636	13.211764
	12C	.886500	1.489	1.000	-4.693564	6.466564
	12D	.961900	1.489	1.000	-4.618164	6.541964
12E	1.339900	1.489	1.000	-4.240164	6.919964	
11E	7A	10.733300*	1.489	.000	5.153236	16.313364
	7B	12.477400*	1.489	.000	6.897336	18.057464
	7C	7.158300*	1.489	.001	1.578236	12.738364
	7D	9.076600*	1.489	.000	3.496536	14.656664
	7E	9.448300*	1.489	.000	3.868236	15.028364
	8A	10.293200*	1.489	.000	4.713136	15.873264
	8B	10.709500*	1.489	.000	5.129436	16.289564
	8C	6.743300*	1.489	.002	1.163236	12.323364
	8D	8.223300*	1.489	.000	2.643236	13.803364
	8E	8.314600*	1.489	.000	2.734536	13.894664
	9A	-.415600	1.489	1.000	-5.995664	5.164464
	9B	8.731900*	1.489	.000	3.151836	14.311964
	9C	-1.740900	1.489	1.000	-7.320964	3.839164
	9D	-.136600	1.489	1.000	-5.716664	5.443464
	9E	.194800	1.489	1.000	-5.385264	5.774864
	10A	2.548300	1.489	.998	-3.031764	8.128364
	10B	9.287400*	1.489	.000	3.707336	14.867464
10C	.208300	1.489	1.000	-5.371764	5.788364	
10D	2.125400	1.489	1.000	-3.454664	7.705464	
10E	2.434300	1.489	.999	-3.145764	8.014364	
11A	3.288400	1.489	.931	-2.291664	8.868464	
11B	7.732400*	1.489	.000	2.152336	13.312464	
11C	-.830500	1.489	1.000	-6.410564	4.749564	
11D	5.0000E-02	1.489	1.000	-5.530064	5.630064	

**Multiple Comparisons (continued)**

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

	(I) groups	(J) groups	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	11E	12A	2.995200	1.489	.977	-2.584864	8.575264
		12B	7.681700*	1.489	.000	2.101636	13.261764
		12C	.936500	1.489	1.000	-4.643564	6.516564
		12D	1.011900	1.489	1.000	-4.568164	6.591964
		12E	1.389900	1.489	1.000	-4.190164	6.969964
	12A	7A	7.738100*	1.489	.000	2.158036	13.318164
		7B	9.482200*	1.489	.000	3.902136	15.062264
		7C	4.163100	1.489	.548	-1.416964	9.743164
		7D	6.081400*	1.489	.015	.501336	11.661464
		7E	6.453100*	1.489	.005	.873036	12.033164
		8A	7.298000*	1.489	.000	1.717936	12.878064
		8B	7.714300*	1.489	.000	2.134236	13.294364
		8C	3.748100	1.489	.769	-1.831964	9.328164
		8D	5.228100	1.489	.107	-.351964	10.808164
		8E	5.319400	1.489	.088	-.260664	10.899464
		9A	-3.410800	1.489	.899	-8.990864	2.169264
		9B	5.736700*	1.489	.035	.156636	11.316764
		9C	-4.736100	1.489	.259	-10.316164	.843964
		9D	-3.131800	1.489	.960	-8.711864	2.448264
		9E	-2.800400	1.489	.991	-8.380464	2.779664
		10A	-.446900	1.489	1.000	-6.026964	5.133164
		10B	6.292200*	1.489	.008	.712136	11.872264
		10C	-2.786900	1.489	.992	-8.366964	2.793164
		10D	-.869800	1.489	1.000	-6.449864	4.710264
		10E	-.560900	1.489	1.000	-6.140964	5.019164
		11A	.293200	1.489	1.000	-5.286864	5.873264
		11B	4.737200	1.489	.259	-.842864	10.317264
		11C	-3.825700	1.489	.731	-9.405764	1.754364
		11D	-2.945200	1.489	.982	-8.525264	2.634864
		11E	-2.995200	1.489	.977	-8.575264	2.584864
		12B	4.686500	1.489	.280	-.893564	10.266564
		12C	-2.058700	1.489	1.000	-7.638764	3.521364
		12D	-1.983300	1.489	1.000	-7.563364	3.596764
		12E	-1.605300	1.489	1.000	-7.185364	3.974764
	12B	7A	3.051600	1.489	.971	-2.528464	8.631664
		7B	4.795700	1.489	.235	-.784364	10.375764
		7C	-.523400	1.489	1.000	-6.103464	5.056664
		7D	1.394900	1.489	1.000	-4.185164	6.974964
		7E	1.766600	1.489	1.000	-3.813464	7.346664
		8A	2.611500	1.489	.997	-2.968564	8.191564
		8B	3.027800	1.489	.974	-2.552264	8.607864
		8C	-.938400	1.489	1.000	-6.518464	4.641664

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound
12B	8D	.541600	1.489	1.000	-5.038464	6.121664
	8E	.632900	1.489	1.000	-4.947164	6.212964
	9A	-8.097300*	1.489	.000	-13.677364	-2.517236
	9B	1.050200	1.489	1.000	-4.529864	6.630264
	9C	-9.422600*	1.489	.000	-15.002664	-3.842536
	9D	-7.818300*	1.489	.000	-13.398364	-2.238236
	9E	-7.486900*	1.489	.000	-13.066964	-1.906836
	10A	-5.133400	1.489	.129	-10.713464	.446664
	10B	1.605700	1.489	1.000	-3.974364	7.185764
	10C	-7.473400*	1.489	.000	-13.053464	-1.893336
	10D	-5.556300	1.489	.053	-11.136364	2.37641E-02
	10E	-5.247400	1.489	.103	-10.827464	.332664
	11A	-4.393300	1.489	.422	-9.973364	1.186764
	11B	5.0700E-02	1.489	1.000	-5.529364	5.630764
	11C	-8.512200*	1.489	.000	-14.092264	-2.932136
	11D	-7.631700*	1.489	.000	-13.211764	-2.051636
	11E	-7.681700*	1.489	.000	-13.261764	-2.101636
	12A	-4.686500	1.489	.280	-10.266564	.893564
	12C	-6.745200*	1.489	.002	-12.325264	-1.165136
	12C	12D	-6.669800*	1.489	.003	-12.249864
12E		-6.291800*	1.489	.008	-11.871864	-.711736
7A		9.796800*	1.489	.000	4.216736	15.376864
7B		11.540900*	1.489	.000	5.960836	17.120964
7C		6.221800*	1.489	.010	.641736	11.801864
7D		8.140100*	1.489	.000	2.560036	13.720164
7E		8.511800*	1.489	.000	2.931736	14.091864
8A		9.356700*	1.489	.000	3.776636	14.936764
8B		9.773000*	1.489	.000	4.192936	15.353064
8C		5.806800*	1.489	.029	.226736	11.386864
8D		7.286800*	1.489	.000	1.706736	12.866864
8E		7.378100*	1.489	.000	1.798036	12.958164
9A		-1.352100	1.489	1.000	-6.932164	4.227964
9B		7.795400*	1.489	.000	2.215336	13.375464
9C		-2.677400	1.489	.995	-8.257464	2.902664
9D		-1.073100	1.489	1.000	-6.653164	4.506964
9E		-.741700	1.489	1.000	-6.321764	4.838364
10A	1.611800	1.489	1.000	-3.968264	7.191864	
10B	8.350900*	1.489	.000	2.770836	13.930964	
10C	-.728200	1.489	1.000	-6.308264	4.851864	
10D	1.188900	1.489	1.000	-4.391164	6.768964	
10E	1.497800	1.489	1.000	-4.082264	7.077864	
11A	2.351900	1.489	.999	-3.228164	7.931964	

## Multiple Comparisons (continued)

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
(I) groups	(J) groups				Lower Bound	Upper Bound	
12C	11B	6.795900*	1.489	.002	1.215836	12.375964	
	11C	-1.767000	1.489	1.000	-7.347064	3.813064	
	11D	-.886500	1.489	1.000	-6.466564	4.693564	
	11E	-.936500	1.489	1.000	-6.516564	4.643564	
	12A	2.058700	1.489	1.000	-3.521364	7.638764	
	12B	6.745200*	1.489	.002	1.165136	12.325264	
	12D	7.5400E-02	1.489	1.000	-5.504664	5.655464	
	12E	.453400	1.489	1.000	-5.126664	6.033464	
	12D	7A	9.721400*	1.489	.000	4.141336	15.301464
		7B	11.465500*	1.489	.000	5.885436	17.045564
7C		6.146400*	1.489	.012	.566336	11.726464	
7D		8.064700*	1.489	.000	2.484636	13.644764	
7E		8.436400*	1.489	.000	2.856336	14.016464	
8A		9.281300*	1.489	.000	3.701236	14.861364	
8B		9.697600*	1.489	.000	4.117536	15.277664	
8C		5.731400*	1.489	.035	.151336	11.311464	
8D		7.211400*	1.489	.001	1.631336	12.791464	
8E		7.302700*	1.489	.000	1.722636	12.882764	
9A		-1.427500	1.489	1.000	-7.007564	4.152564	
9B		7.720000*	1.489	.000	2.139936	13.300064	
9C		-2.752800	1.489	.993	-8.332864	2.827264	
9D		-1.148500	1.489	1.000	-6.728564	4.431564	
9E		-.817100	1.489	1.000	-6.397164	4.762964	
10A		1.536400	1.489	1.000	-4.043664	7.116464	
10B		8.275500*	1.489	.000	2.695436	13.855564	
10C		-.803600	1.489	1.000	-6.383664	4.776464	
10D		1.113500	1.489	1.000	-4.466564	6.693564	
10E		1.422400	1.489	1.000	-4.157664	7.002464	
12E	11A	2.276500	1.489	1.000	-3.303564	7.856564	
	11B	6.720500*	1.489	.002	1.140436	12.300564	
	11C	-1.842400	1.489	1.000	-7.422464	3.737664	
	11D	-.961900	1.489	1.000	-6.541964	4.618164	
	11E	-1.011900	1.489	1.000	-6.591964	4.568164	
	12A	1.983300	1.489	1.000	-3.596764	7.563364	
	12B	6.669800*	1.489	.003	1.089736	12.249864	
	12C	-7.5400E-02	1.489	1.000	-5.655464	5.504664	
	12E	.378000	1.489	1.000	-5.202064	5.958064	
	7E	9.343400*	1.489	.000	3.763336	14.923464	
7B	11.087500*	1.489	.000	5.507436	16.667564		
7C	5.768400*	1.489	.032	.188336	11.348464		
7D	7.686700*	1.489	.000	2.106636	13.266764		
7E	8.058400*	1.489	.000	2.478336	13.638464		



**Multiple Comparisons (continued)**

Dependent Variable: shear bond strength  
Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
(I) groups	(J) groups					
12E	8A	8.903300*	1.489	.000	3.323236	14.483364
	8B	9.319600*	1.489	.000	3.739536	14.899664
	8C	5.353400	1.489	.082	-.226664	10.933464
	8D	6.833400*	1.489	.002	1.253336	12.413464
	8E	6.924700*	1.489	.001	1.344636	12.504764
	9A	-1.805500	1.489	1.000	-7.385564	3.774564
	9B	7.342000*	1.489	.000	1.761936	12.922064
	9C	-3.130800	1.489	.960	-8.710864	2.449264
	9D	-1.526500	1.489	1.000	-7.106564	4.053564
	9E	-1.195100	1.489	1.000	-6.775164	4.384964
	10A	1.158400	1.489	1.000	-4.421664	6.738464
	10B	7.897500*	1.489	.000	2.317436	13.477564
	10C	-1.181600	1.489	1.000	-6.761664	4.398464
	10D	.735500	1.489	1.000	-4.844564	6.315564
	10E	1.044400	1.489	1.000	-4.535664	6.624464
	11A	1.898500	1.489	1.000	-3.681564	7.478564
	11B	6.342500*	1.489	.007	.762436	11.922564
	11C	-2.220400	1.489	1.000	-7.800464	3.359664
	11D	-1.339900	1.489	1.000	-6.919964	4.240164
	11E	-1.389900	1.489	1.000	-6.969964	4.190164
	12A	1.605300	1.489	1.000	-3.974764	7.185364
	12B	6.291800*	1.489	.008	.711736	11.871864
	12C	-.453400	1.489	1.000	-6.033464	5.126664
	12D	-.378000	1.489	1.000	-5.958064	5.202064

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

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Homogeneous Subsets****shear bond strength**Tukey HSD<sup>a</sup>

groups	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
7B	10	15.978400			
7A	10	17.722500	17.722500		
8B	10	17.746300	17.746300		
8A	10	18.162600	18.162600		
7E	10	19.007500	19.007500		
10B	10	19.168400	19.168400		
7D	10	19.379200	19.379200		
9B	10	19.723900	19.723900	19.723900	
8E	10	20.141200	20.141200	20.141200	20.141200
8D	10	20.232500	20.232500	20.232500	20.232500
11B	10	20.723400	20.723400	20.723400	20.723400
12B	10	20.774100	20.774100	20.774100	20.774100
7C	10	21.297500	21.297500	21.297500	21.297500
8C	10		21.712500	21.712500	21.712500
11A	10			25.167400	25.167400
12A	10				25.460600
10A	10				
10E	10				
10D	10				
12E	10				
12D	10				
12C	10				
10C	10				
9E	10				
11D	10				
11E	10				
9D	10				
9A	10				
11C	10				
9C	10				
Sig.		.088	.645	.068	.088

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000

## shear bond strength (continued)

Tukey HSD<sup>a</sup>

groups	N	Subset for alpha = .05			
		5	6	7	8
7B	10				
7A	10				
8B	10				
8A	10				
7E	10				
10B	10				
7D	10				
9B	10				
8E	10				
8D	10				
11B	10	20.723400			
12B	10	20.774100	20.774100		
7C	10	21.297500	21.297500		
8C	10	21.712500	21.712500	21.712500	
11A	10	25.167400	25.167400	25.167400	25.167400
12A	10	25.460600	25.460600	25.460600	25.460600
10A	10	25.907500	25.907500	25.907500	25.907500
10E	10	26.021500	26.021500	26.021500	26.021500
10D	10		26.330400	26.330400	26.330400
12E	10			27.065900	27.065900
12D	10				27.443900
12C	10				27.519300
10C	10				28.247500
9E	10				28.261000
11D	10				28.405800
11E	10				28.455800
9D	10				28.592400
9A	10				28.871400
11C	10				29.286300
9C	10				30.196700
Sig.		.092	.053	.082	.157

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายบุญเลิศ กู้เกียรติตระกูล เกิดที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2541 ปัจจุบันรับราชการที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย