

กำลังยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ที่ยึดระหว่างพอร์ซเลนกับแกนคอมโพสิต

นางสาว กมลพร วัฒนเสริมกิจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์


คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5191-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SHEAR BOND STRENGTH OF RESIN CEMENT BETWEEN PORCELAIN AND COMPOSITE CORE



Miss Kamolporn Wattanasrimkit

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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 2003

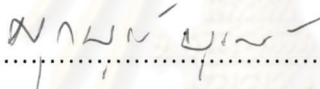
ISBN 974-17-5191-5

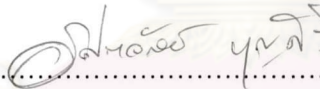
หัวข้อวิทยานิพนธ์ กำลังยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ที่ยึดระหว่างพอร์ซเลนกับแกนคอมโพสิต
โดย นางสาว กมลพร วัฒนเสริมกิจ
สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศรีวรรณพงษ์ พงศ์สถิตย์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบุรณ์ บุรณเวช)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศรีวรรณพงษ์ พงศ์สถิตย์)


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


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

กมลพร วัฒนเสริมกิจ : กำลังยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ที่ยึดระหว่างพอร์ซเลนกับแกนคอมโพสิต. (SHEAR BOND STRENGTH OF RESIN CEMENT BETWEEN PORCELAIN AND COMPOSITE CORE)

อ. ที่ปรึกษา: รศ.ทพ. อิศราวัลย์ บุญศิริ, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ผศ.ทพ. ศรีวรพงษ์ พงษ์สฤติย์, 132 หน้า.
ISBN 974-17-5191-5.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด(วาริโอลิงค์ ทุ พานาเวีย เอฟ และ ชูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี)ที่ยึดระหว่างพอร์ซเลน 2 ชนิด(ไอพีเอส เอมเพรส ทุ และอินซีแรม)กับวัสดุแกนฟัน คอมโพสิต 2 ชนิด(แซต250 และลักซาคอร์)ในการทดลองเตรียมชิ้นงานพอร์ซเลนอย่างละ 90 ชิ้น แบ่งเป็น 3 กลุ่ม (n=30) เพื่อยึดด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดและแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย (n=15) เพื่อยึดกับวัสดุแกนฟัน 2 ชนิด หลังจากการยึดแล้ว นำไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปทดสอบค่ากำลังยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องมือทดสอบสากลใช้ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตร/นาที วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการจำแนกความแปรปรวนแบบ 3 ปัจจัย ผลการทดลองพบว่า กลุ่มเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทุ ที่ยึดไอพีเอส เอมเพรส ทุ กับวัสดุแกนฟันแซต250 มีค่าทดสอบสูงสุด (28.1091 เมกกะปาสคาล) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกกลุ่ม ส่วนกลุ่มเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ ที่ยึดระหว่างอินซีแรมกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ มีค่ากำลังยึดเหนี่ยวต่ำที่สุด (9.9082 เมกกะปาสคาล) พบว่ามี 3 กลุ่มที่มีค่ากำลังยึดเหนี่ยวต่ำกว่า 13 เมกกะปาสคาลคือ กลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทุ ยึดระหว่างอินซีแรมกับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิดและกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ ยึดระหว่างอินซีแรมและลักซาคอร์ เมื่อใช้เรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดยึดกับไอพีเอส เอมเพรส ทุ พบว่า เรซินซีเมนต์ วาริโอลิงค์ ทุ ให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงสุดในขณะที่เรซินซีเมนต์ชูเปอร์บอนด์ให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่สูงสุดเมื่อใช้กับอินซีแรม วัสดุแกนฟันลักซาคอร์เมื่อใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟจะให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพอร์ซเลน 2 ชนิดพบว่าอินซีแรมให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่ต่ำกว่าไอพีเอส เอมเพรส ทุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุแกนฟัน 2 ชนิดพบว่าแซต250 ให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่มากกว่าวัสดุแกนฟัน ลักซาคอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีการแตกบางส่วนในเนื้อวัสดุมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ พบลักษณะการแตกหักภายในเนื้อวัสดุในกลุ่มเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟมากกว่ากลุ่มอื่นๆและพบการแตกหักระหว่างพื้นผิวมากที่สุดในกลุ่มที่ยึดอินซีแรมด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทุ

สรุปเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทุ เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับยึดระหว่างไอพีเอส เอมเพรส ทุ กับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิดขณะที่ซีเมนต์ชูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับยึดระหว่างอินซีแรมกับแกนฟันทั้ง 2 ชนิด ไม่นแนะนำให้ใช้ เรซินซีเมนต์ วาริโอลิงค์ ทุและเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟในการยึดอินซีแรมกับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิด

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต กมลพร วัฒนเสริมกิจ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อิศราวัลย์ บุญศิริ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4476101832: PROSTHODONTICS

KEYWORD: PORCELAIN/RESIN CEMENT/COMPOSITE CORE/SHEAR BOND STRENGTH

KAMOLPORN WATTANASRIMKIT: SHEAR BOND STRENGTH OF RESIN CEMENTS BETWEEN PORCELAINES AND COMPOSITE CORES. THESIS ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR ISSARAWAN BOONSIRI , COADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR SRIWARAPONG PONGSATHIT, 132 pp. ISBN 974-17-5191-5

The purpose of this study was to evaluate shear bond strength of three resin cements (Variolink II, Panavia F and Superbond C&B) between two porcelain materials (IPS Empress II and Inceram) and two composite cores (Z250 and Luxacore). 90 porcelain discs were divided into 3 groups (n=30) for 3 types of resin cement, and then each group was further divided into 2 groups (n=15) for 2 different kinds of composite core. After bonding, all materials were stored in water bath at $37 \pm 1^\circ \text{C}$ for 24 hrs and then tested under shear loading until fracture with an Instron universal machine at the crosshead speed of 0.5 mm/min. The data were analyzed with three-way analysis of variance. The highest shear bond strength (28.1019 MPa) was found when Variolink II was used as luting cement between IPS Empress II bond and Z250 ($p < 0.05$, compared with other group), while the lowest (9.9082 MPa) was that of Panavia F bonding between Inceram and Luxacore. The shear bond strength of values lower than 13 MPa were found in three groups: Variolink II bonding between Inceram and 2 types of composite core materials, and Panavia F between Inceram and Luxacore. Within 3 resin cements bonded to IPS Empress II, Variolink II was shown to give the highest shear bond strength for IPS Empress II, while Superbond C&B was best for Inceram. However, Panavia F used with Luxacore showed the lowest bond strength compared to other groups ($p < 0.05$). Within two porcelain types, Inceram demonstrated a significantly lower shear bond strength than that of IPS Empress II ($p < 0.05$). Within two composite cores, Z250 showed a significantly higher bond strength ($p < 0.05$) and more partial fracture compared to those of Luxacore. Cohesive fracture failure was found in Panavia F more than other types of cement while adhesive fracture failure was found when Inceram was luted with Variolink II.

In conclusion, Variolink II is possibly the best choice for IPS Empress II with either Z250 or Luxacore, while Superbond C&B could be best for Inceram and both composite cores. Neither Variolink II nor Panavia F should be used as luting cement between Inceram and either 2 composite cores.

Department Prosthodontics
Field of student Prosthodontic
Academic year2003.....

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Coadvisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งและความดูแลเอาใจใส่ของ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ทำให้การดำเนินการในขั้นตอนต่างๆมีความสะดวกราบรื่นและมีประสิทธิภาพตลอดการทำงานในครั้งนี้

ขอขอบคุณทบวงมหาวิทยาลัยและบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณบริษัทเด็นดัล วิชั่น จำกัดที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุสำหรับขึ้นรูป ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู บริษัท ยูนิตี้เด็นดัล จำกัดที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ วารีโวลิงค์ ทู ทั้งชุด บริษัทซันเมดิคอล ที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ทั้งชุด บริษัท 3เอ็ม/เอสเป้ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุ แซต250 บริษัทดาร์ฟี่ (ประเทศไทย) จำกัดที่ได้สนับสนุนวัสดุแกนฟัน ลักซาร์คอร์ คุณบุญชู-คุณอารีญา ที่กรุณาให้ใช้อุปกรณ์ต่างๆภายในแล็บขึ้นรูปชิ้นงานอินซีเรมและไอพีเอส เอ็มเพรส ทู รวมถึง อาจารย์ ไพพรรณ วิทยานนท์ อาจารย์ ชาญชัย ให้สงวนและเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
การออกแบบการวิจัย.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	6
สมมติฐานของงานวิจัย.....	6
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
2. ปรัชญาวิธีวิทยาการวิจัย	
ประวัติความเป็นมาพอร์ชเลน.....	7
อินซีแรม.....	9
ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู.....	11
เรซินซีเมนต์.....	14
การยึดเกาะระหว่างพอร์ชเลนกับเรซินซีเมนต์.....	18
การยึดเกาะระหว่างเรซินซีเมนต์กับแกนฟันเรซิน คอมโพสิต.....	24
เรซิน คอมโพสิต.....	25
การเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน.....	30

บทที่	หน้า
วัสดุแกนพื้นเรซิน คอมโพสิต.....	30
ลักษณะการแตกหักระหว่างพอร์ซเลน เรซินซีเมนต์และวัสดุแกนพื้น เรซิน คอมโพสิต.....	31
3.วิธีดำเนินการวิจัย	
วัสดุ.....	33
อุปกรณ์.....	34
ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างพอร์ซเลน.....	34
ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างวัสดุแกนพื้นเรซิน คอมโพสิต.....	37
ขั้นตอนการเตรียมผิวงานสำหรับยึด.....	45
ขั้นตอนการยึดชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน.....	50
ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกำลังยึดเหนี่ยว.....	53
ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	55
4. ผลการทดสอบ	
4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพิจารณา 3 ปัจจัย.....	56
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพิจารณา 2 ปัจจัย.....	61
4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพิจารณา 1 ปัจจัย.....	64
4.4 การพิจารณาลักษณะการแตกหักของชิ้นงาน.....	65
5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
วิจารณ์วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	70
วิจารณ์ผลการทดลอง.....	73
6. สรุปผลการวิจัย.....	82
รายการอ้างอิง.....	83
ภาคผนวก.....	90
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	132

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงชนิดของเซรามิก.....	49
ตารางที่ 2 แสดงชนิดของเรซินซีเมนต์และส่วนประกอบในชุด.....	49
ตารางที่ 3 แสดงชนิดของวัสดุแกนฟัน.....	50
ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังยึดเหนี่ยวเมื่อแยกตามชนิดของพอร์ซเลน เรซินซีเมนต์ และวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต.....	57
ตารางที่ 5 แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นงานเมื่อผ่านกล้องสเตอริโอไมโคร.....	66
ตารางที่ 6 แสดงตำแหน่งของวัสดุที่รอยแตกทอดผ่านในการแตกทั้ง 5 แบบ.....	81
ตารางที่ 7-18 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแต่ละกลุ่มทั้ง 12 กลุ่ม.....	94-99
ตารางที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกหลายทาง (Univariate analysis).....	100
ตารางที่ 20 แสดงการทดสอบ ลีแวน เทส (Levene's test).....	101
ตารางที่ 21 แสดงการทดสอบข้อมูลทั้ง 12 กลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน แบบแทมเฮน.....	102
ตารางที่ 22 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนกับเรซินซีเมนต์.....	106
ตารางที่ 23 แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮน เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนกับเรซินซีเมนต์.....	107
ตารางที่ 24 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู กับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด	108
ตารางที่ 25 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮน เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู กับ เรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	108
ตารางที่ 26 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู กับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้เซต250เป็นวัสดุแกนฟัน.....	109
ตารางที่ 27 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู กับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้เซต250เป็นวัสดุแกนฟัน.....	109

บทที่	หน้า
ตารางที่ 28 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ กับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้ลักซาคอร์ เป็นวัสดุแกนฟัน.....	110
ตารางที่ 29 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ กับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้ลักซาคอร์ เป็นวัสดุแกนฟัน.....	110
ตารางที่ 30 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม อินซีแรมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	111
ตารางที่ 31 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่มอินซีแรมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	111
ตารางที่ 32 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม อินซีแรมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้แฮต250 เป็นวัสดุแกนฟัน.....	112
ตารางที่ 33 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม อินซีแรมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อใช้แฮต250 เป็นวัสดุแกนฟัน.....	112
ตารางที่ 34 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม อินซีแรมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อลักซาคอร์ เป็นวัสดุแกนฟัน.....	113
ตารางที่ 35 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนในกลุ่ม อินซีแรมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อลักซาคอร์เป็นวัสดุแกนฟัน.....	113
ตารางที่ 36 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของวัสดุแกนฟัน 2 ชนิดกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด	114
ตารางที่ 37 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของวัสดุแกนฟัน 2 ชนิดกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด	115
ตารางที่ 38 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของวัสดุแกนฟันแฮต250กับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	116

บทที่	หน้า
ตารางที่ 39 ทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของวัสดุแกนพินล็กชาคอร์กกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	117
ตารางที่ 40 แสดงการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา ปัจจัยร่วมของวัสดุแกนพินล็กชาคอร์กกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	117
ตารางที่ 41 ทดสอบ T-Test ระหว่างไอพีเอส เอ็มเพรส ทูกับอินซีแรม.....	118
ตารางที่ 42 ทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	118
ตารางที่ 43 ทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบแทมเฮนเมื่อพิจารณา เรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด.....	118
ตารางที่ 44 ทดสอบ T-Test ระหว่างแซต250กับล็กชาคอร์ก.....	119
ตารางที่ 45 แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบแบบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โล (Chi-square Test, Monte Cario).....	119
ตารางที่ 46 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 1 EmVaZ.....	120
ตารางที่ 47 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 2 EmVaL.....	121
ตารางที่ 48 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 3 EmPaZ.....	122
ตารางที่ 49 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 4 EmPaL.....	123
ตารางที่ 50 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 5 EmSuZ.....	124
ตารางที่ 51 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 6 EmSuL.....	125
ตารางที่ 52 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 7 InVaZ.....	126
ตารางที่ 53 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 8 InVaL.....	127
ตารางที่ 54 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 9 InPaZ.....	128
ตารางที่ 55 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 10 InPaL.....	129
ตารางที่ 56 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 11 InSuZ.....	130
ตารางที่ 57 แสดงข้อมูลของกลุ่มที่ 12 InSuL.....	131

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของไฟร์เมต้า.....	15
รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการแตกเป็นอนุโมลอิสระของอะตอมโบรอน.....	15
รูปที่ 3 แสดงภาพสกรูขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาของสารคู่ควบไซเลน.....	22
รูปที่ 4 แสดงพันธะไฮดรอกเซนที่เกิดระหว่างผิวพอร์ซเลนและผิวของเรซินซีเมนต์.....	23
รูปที่ 5 แสดงรูปสูตรโครงสร้างโมเลกุลของบีส-จีเอ็มเอ.....	25
รูปที่ 6 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของเมธิลเมทาครีเลต.....	26
รูปที่ 7 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลต.....	27
รูปที่ 8 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของยูรีเทนไกลคอลไดเมทาครีเลต.....	27
รูปที่ 9 แสดงแผนผังแสดงรูปตัดขวางชิ้นงานพอร์ซเลนและแบบพิมพ์ซิลิโคนเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มม.สูง 3 มม.....	34
รูปที่ 10 แสดงรูปต้นแบบโลหะไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มม.....	35
รูปที่ 11 แสดงแบบพิมพ์ซิลิโคนขนาด 7 มม.....	35
รูปที่ 12 แสดงแบบซีเมนต์ที่ได้จากการเทซีเมนต์เหลวลงในแบบพิมพ์ซิลิโคน.....	35
รูปที่ 13 แสดงซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มม. ก่อนนำไปผ่านกระบวนการแทนที่ด้วย ไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ.....	35
รูปที่ 14 แสดงอินกอตของไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ.....	35
รูปที่ 15 แสดงชิ้นงาน ไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ.....	35
รูปที่ 16 แสดงต้นแบบโลหะเจาะรูของอินซีแรมแต่ละช่องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มม. สำหรับใส่สลีปแคส.....	36
รูปที่ 17 แสดงรูปชิ้นงานอินซีแรมที่เสร็จสมบูรณ์.....	36
รูปที่ 18 แสดงรูปชิ้นงานไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ กับชิ้นงานอินซีแรม.....	37
รูปที่ 19 แสดงวัสดุแกนฟันเซต 250.....	38
รูปที่ 20 แสดงวัสดุแกนฟันลักษณะคอร์ด.....	38
รูปที่ 21 แสดงต้นแบบโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มม.สูง 3 มม.....	38
รูปที่ 22 แสดงแม่แบบซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มม.สูง 3 มม.....	38
รูปที่ 23 แสดงชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่อยู่ในแบบพิมพ์มีแผ่นแก้วปิดทับทั้ง 2 ด้าน.....	38
รูปที่ 24 แสดงภาพตัดขวางรูปที่ 23.....	38
รูปที่ 25 แสดงรูปเครื่องฉายแสงที่ใช้ในงานวิจัย.....	39

บทที่	หน้า
รูปที่ 26 แสดงชิ้นงานวัสดุแกนพื้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มม.....	40
รูปที่ 27 แสดงขนาดชิ้นงานวัสดุแกนพื้นเปรียบเทียบกับชิ้นงานพอร์ซเลน.....	40
รูปที่ 28 แสดงชิ้นงานพอร์ซเลนที่วางกึ่งกลางแท่งโลหะ.....	40
รูปที่ 29 แสดงภาพมุมบนโดยมีชิ้นพอร์ซเลนวางกึ่งกลาง ท่อพีวีซีอยู่คร่อมทับและท่อโลหะอยู่ชั้นนอกสุดเพื่อควบคุมให้ชิ้นงานอยู่กึ่งกลางท่อพีวีซีทุกชิ้น.....	40
รูปที่ 30 แสดงภาพด้านข้างของรูป29.....	40
รูปที่ 31 แสดงเครื่องขัดและหัวจับชิ้นงาน.....	41
รูปที่ 32 แสดงชิ้นงานที่กำลังขัดโดยมีท่อเหล็กประกบชิ้นงานและแท่งกดที่ความดัน 2 บาร์... ..	41
รูปที่ 33 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการขัดเรียบร้อยแล้ว.....	41
รูปที่ 34 แสดงอะคริลิกอินเด็กซ์ที่ประดิษฐ์จากต้นแบบโลหะ.....	42
รูปที่ 35 แสดงอะคริลิกอินเด็กซ์.....	42
รูปที่ 36 แสดงอะคริลิกอินเด็กซ์เมื่อนำมาคร่อมทับบนท่อพีวีซีเพื่อวาดวงกลมขนาด 3 มม.	42
รูปที่ 37 แสดงรูปด้านข้างรูป36.....	42
รูปที่ 38 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการกำหนดตำแหน่งสำหรับวางสติ๊กเกอร์ใส่.....	43
รูปที่ 39 แสดงเครื่องมือที่ใช้เจาะสติ๊กเกอร์ใส่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มม.....	43
รูปที่ 40 แสดงสติ๊กเกอร์ใส่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง3มม. เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ในการยึดติด.....	43
รูปที่ 41 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการติดสติ๊กเกอร์ใส่เรียบร้อยแล้ว.....	43
รูปที่ 42 แสดงกลุ่มชิ้นงานทดลองทั้ง 12 กลุ่ม.....	44
รูปที่ 43 แสดงเครื่องเป่าทราย.....	45
รูปที่ 44 แสดงเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก.....	45
รูปที่ 45 แสดงชุดเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทุ.....	48
รูปที่ 46 แสดงชุดเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ.....	48
รูปที่ 47 แสดงชุดเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี.....	48
รูปที่ 48 แสดงสารคู่ควบไซเลน พอร์ซเลนไลน์เนอร์ เอ็ม.....	48
รูปที่ 49 แผนผังแสดงการยึดชิ้นงานด้วยเครื่องคูโรมิเตอร์.....	51
รูปที่ 50-51 แสดงการยึดชิ้นงานโดยใช้อินเด็กซ์เพื่อให้ชิ้นงานวัสดุแกนพื้นเรซิน คอมโพสิตอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางท่อพีวีซีทุกชิ้น.....	51
รูปที่ 52 แสดงการยึดชิ้นงานด้วยเครื่องคูโรมิเตอร์.....	52
รูปที่ 53 แสดงชิ้นงานที่ยึดเรียบร้อยแล้ว.....	52

บทที่	หน้า
รูปที่ 54 แสดงตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	52
รูปที่ 55 แผนผังแสดงลักษณะการทดสอบกำลังยึดเฉือน.....	53
รูปที่ 56 แสดงภาพด้านหน้าของชิ้นงานที่กำลังทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากล.....	53
รูปที่ 57 แสดงภาพด้านข้างของชิ้นงานที่กำลังทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากล.....	53
รูปที่ 58 แสดงกล้องสเตอริโอสโคปสองคู่ลักษณะการแตกหักของชิ้นงาน.....	54
รูปที่ 59 แสดงเส้นตรงต่อเนื่องที่ลากผ่านกลุ่มที่มีค่ากำลังยึดเฉือนที่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.....	58
รูปที่ 60 กราฟแสดงค่ากำลังยึดเฉือนเฉลี่ยระหว่างไอพีเอส เอ็มเพรส ทูกับอินซีแรม แยกตามชนิดของเรซินซีเมนต์และวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต.....	60
รูปที่ 61 แผนผังแสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นงาน	65
รูปที่ 62 แสดงการแตกของชิ้นงานเริ่มผ่านจากเนื้อของวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตเข้าสู่ชั้น ของเรซินซีเมนต์ไปยังรอยต่อระหว่างพื้นผิวเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลน.....	69
รูปที่ 63 แสดงการแตกของชิ้นงานผ่านจากชั้นของเรซินซีเมนต์ไปยังรอยต่อ ระหว่างพื้นผิวเรซินซีเมนต์และพอร์ซเลน.....	69
รูปที่ 64 แสดงการแตกของชิ้นงานมีบางส่วน of เรซินซีเมนต์ติดอยู่กับพอร์ซเลนและ บางส่วนติดกับวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต.....	69
รูปที่ 65 แสดงการแตกของชิ้นงานอยู่ภายในชั้นของเรซินซีเมนต์เท่านั้น.....	69
รูปที่ 66 แสดงการแตกของชิ้นงานเกิดที่บริเวณผิวหน้ารอยต่อระหว่าง พอร์ซเลนกับเรซินซีเมนต์เท่านั้น.....	69
รูปที่ 67 แสดงการเกิดพันธะเคมีของเรซินซีเมนต์ฟานาเวีย เอฟ ที่เกิดระหว่างสารเอ็มดีพี กับโลหะผสมพื้นฐานและเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ที่เกิดระหว่าง สารโพรมีเตตา กับโลหะผสมพื้นฐาน.....	77