ความแข็งแรงดัดขวางของเรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วและเส้นใยโพลีเอทิลลีน

นาย พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE FLEXURAL STRENGTH OF COMPOSITE RESIN REINFORCED BY GLASS FIBER AND POLYETHYLENE FIBER

Mr. Pisaisit Chaijareenont

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Prosthodontics
Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

492128

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความแข็งแรงดัดขวางของเรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วและเส้นใยโพลีเอทิลลีน
โดย	นายพิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์
สาขาวิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิงอิศราวัลย์ บุญศิริ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ฐิติมา ภู่ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ภาณุพงศ์ วงศ์ไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิงอิศราวัลย์ บุญศิริ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุนทรา พันธ์มีเกียรติ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. วีระ เลิศจิราการ)

พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์ : ความแข็งแรงดัดขวางของเรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว และเส้นใยโพลีเอทิลลีน (THE FLEXURAL STRENGTH OF COMPOSITE RESIN REINFORCED BY GLASS FIBER AND POLYETHYLENE FIBER) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิงอิศราวัลย์ บุญศิริ, 108 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความแข็งแรงดัดขวางของเรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว และเส้นใยโพลีเอทิลลีน เปรียบเทียบกับไม่เสริมเส้นใย โดยเส้นใยแก้วที่ใช้ในการทดลองเป็นเส้นใยแก้วในประเทศไทย เส้นใยแก้วสำเร็จรูปจากต่างประเทศและเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปจากต่างประเทศ ทำชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต 140 ชิ้นขนาด 2 x 2 x 25 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 7 กลุ่มๆละ 20 ชิ้น ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิต ที่ไม่เสริมเส้นใยเป็นกลุ่มควบคุม ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิต เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย มีปริมาณเส้นใยแต่ละกลุ่มร้อยละ10,20,30,40โดยปริมาตร กลุ่มที่เสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูปและกลุ่มที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป แบ่งกลุ่มละ 10 ชิ้น แช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน และ 30 วัน ทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวางด้วยเครื่องทดสอบสากลรุ่น 8572 ความเร็วหัวกด 1 มิลลิเมตรต่อนาที จากสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบแบบที พบว่าในทุกกลุ่มของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางที่สูงกว่าในกลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใยที่ความเชื่อมั่น 0.05ยกเว้นกลุ่มที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปที่แช่ในน้ำกลั่น7วัน เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวางกับเวลาในการแช่น้ำกลั่นพบว่ากลุ่มที่แช่ในน้ำกลั่น 30วัน ค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยลดลงที่ความเชื่อมั่น 0.05 ยกเว้นกลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใย กลุ่มที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปและกลุ่มเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ40โดยปริมาตร เมื่อพิจารณาปริมาณเส้นใยที่เสริมในชิ้นงานพบว่าในชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ30โดยปริมาตรมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสูงสุด79.244เมกะปาสคาล(7วัน)และ71.078เมกะปาสคาล (30วัน)โดยในกลุ่มไม่เสริมเส้นใยมีค่าความแข็งแรงดัดขวางต่ำที่สุด31.147เมกะปาสคาล(7วัน)และ27.442 เมกะปาสคาล (30วัน) กลุ่มชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณร้อยละ10โดยปริมาตรค่าความแข็งแรงดัดขวางมีค่า37.805เมกะปาสคาล(7วัน)และ35.035เมกะปาสคาล (30วัน) ใกล้เคียงกับกลุ่มที่เสริมด้วยเส้นใยแก้วสำเร็จรูปจากต่างประเทศมีค่า43.271เมกะปาสคาล(7วัน)และ 36.366เมกะปาสคาล(30วัน)และชิ้นงานที่เสริมด้วยเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปมีค่า36.956เมกะปาสคาล(7วัน)และ34.892เมกะปาสคาล(30วัน) นำชิ้นงานดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด พบกลุ่มที่เสริมเส้นใยแก้วมีการเชื่อมยึดติดกันระหว่างเส้นใยกับเรซิน เมทริกซ์ ส่วนกลุ่มชิ้นงานที่เสริมด้วยเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปไม่มีการเชื่อมยึดติดระหว่างเส้นใยกับเรซิน เมทริกซ์

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2549

4776117132: MAJOR PROSTHODONTICS

KEY WORD : FIBER REINFORCED COMPOSITE / GLASS FIBER / POLYETHYLENE FIBER / FLEXURAL STRENGTH

PISAISIT CHAIJAREENONT : THE FLEXURAL STRENGTH OF COMPOSITE RESIN REINFORCED BY GLASS FIBER AND POLYETHYLENE FIBER.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. ISSARAWAN BOONSIRI, 108 pp.

The purpose of this study was to evaluate the flexural strength of resin composite with glass fiber and polyethylene fiber reinforcement compared with non reinforcement. The reinforced fiber are domestic glass fiber , imported glass fiber , imported polyethylene fiber. One hundred forty specimens, 2X2X25 mm. were fabricated into 7 groups of specimen (n=20). They were non-reinforcement which is control group, reinforcement with domestic glass fiber of 10,20,30,40 % by volume, imported glass fiber and polyethylene fiber. Each group were divided in half (n=10) and immersed in 37 $^{\circ}$C distrill water for 7 and 30 days. After immersed, flexural strength of the group was tested by INSTRON 8572 with crosshead speed of 1mm/min. The results were analyzed statistically by 1-ways ANOVA and student's t test. They revealed that all reinforced groups enhanced higher flexural strength than nonreinforced groups ($p<0.05$) except reinforcement with polyethylene fiber group immersed in distrill water for 7 days. Water immersion period of 30 days groups decreased flexural strength ($p<0.05$) except nonreinforced groups , reinforcement with polyethylene fiber and reinforcement with domestic glass fiber of 40% . Among the groups which reinforcement with domestic glass fiber 30% by volume showed the highest flexural strength of 79.244 Mpa (7 days) and 71.078 Mpa (30 days), while non reinforcement groups showed the lowest flexural strength of 31.147 Mpa (7 days) and 27.442 Mpa (30 days). It was found that 10% by volume which reinforcement with domestic glass fiber showed flexural strength (7 day is 37.805 Mpa , 30 day is 35.035 Mpa) compared to imported glass fiber (7 day is 43.271 Mpa , 30 day is 36.366 Mpa) and polyethylene fiber group (7 day is 36.956 Mpa , 30 day is 34.892 Mpa) . Scanning electron microscope revealed bonding between glass fiber and resin matrix of all groups except polyethylene group.

Department Prosthodontics Student's signature Pisaisit C.

Field of study Prosthodontics Advisor's signature Issarawan Boonsiri

Academic year 2006

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ เป็นอย่างสูง ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอย่างดีเยี่ยม ตลอดจนช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ทันตแพทย์หญิง กมลพร วัฒนเสริมกิจ ที่ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆตลอดงานวิจัย คุณ ศญานันทน์ นิลศิริ ที่ช่วยให้คำแนะนำและติดต่อในเรื่องของการซื้อวัสดุอุปกรณ์และความร่วมมือในการช่วยเตรียมงานวิจัย เจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุที่ช่วยแนะนำการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ขอขอบคุณบริษัท 3 เอ็ม ประเทศไทย จำกัด สำหรับวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย บริษัท เจอีบี มิลลิเนี่ยม ประเทศไทย จำกัด บริษัท เซ็น โกเบน ประเทศไทย จำกัด สำหรับการสนับสนุนเส้นใยแก้วที่ใช้ในงานวิจัย

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและสำเร็จลุล่วง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูปภาพ.....ฑ

บทที่

1. บทนำ.....1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

ชื่อโครงการวิจัย.....4

วัตถุประสงค์การวิจัย.....4

ขอบเขตการวิจัย.....4

ข้อตกลงเบื้องต้น.....5

ข้อจำกัดงานวิจัย.....5

การออกแบบการวิจัย.....5

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....6

คำถามงานวิจัย.....6

สมมุติฐานงานวิจัย.....7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....8

2. ปริทัศนวรรณกรรม.....9

เรซิน คอมโพสิต.....9

คุณสมบัติที่ดีของ เรซิน คอมโพสิต.....9

องค์ประกอบของ เรซิน คอมโพสิต.....10

การแบ่งประเภทของ เรซิน คอมโพสิต.....11

การกระตุ้นปฏิกิริยา เรซิน คอมโพสิต.....14

ชนิดของแหล่งกำเนิดแสงในเครื่องฉายแสง.....15

หน้า

การนำเส้นใยมาใช้ในทางอุตสาหกรรม.....16
การนำเส้นใยมาใช้ในทางทันตกรรม.....16
การเตรียมพื้นผิว..... 26
สารไซเลนควบคู่.....27
การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....30
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....36
ประชากร.....36
วัสดุที่ใช้.....36
อุปกรณ์ที่ใช้.....39
วิธีเตรียมเส้นใย.....42
การเตรียมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป.....42
การเตรียมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป.....43
การเตรียมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย.....44
การเคลือบสารไซเลนควบคู่บนเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย.....45
แบ่งกลุ่มชิ้นงานที่ทำการทดสอบ.....46
การเตรียมชิ้นงานทดสอบ.....48
การทดสอบ.....53
การวิเคราะห์ข้อมูล.....54
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....55
ผลการส่องชิ้นงานด้วยกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด.....61
5. อภิปรายผลการวิจัย สรุปและข้อเสนอแนะ.....71
วิจารณ์วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....71
อภิปรายผลการวิจัย.....73
ข้อเสนอแนะ.....82
6. บทสรุป.....85
รายการอ้างอิง.....87
ภาคผนวก.....92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....108

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของคอมโพสิตและการใช้งาน.....11

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติ เรซิน คอมโพสิต.....12

ตารางที่ 3 แสดงประเภทของคอมโพสิตและขนาดวัสดุอัดแทรก.....12

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติทางกลของ เรซิน คอมโพสิต.....12

ตารางที่ 5 แสดงคุณสมบัติทางกล (Mechanical) และ ทางกายภาพ (physical) ของคอมโพสิตเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ.....18

ตารางที่ 6 แสดงชื่อทางการค้าและประเภท ของ คอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ใช้ในทางทันตกรรม.....19

ตารางที่ 7 แสดงคุณสมบัติความแข็งแรงดัดขวางของคอมโพสิตเสริมเส้นใยชนิดต่างๆ.....20

ตารางที่ 8 แสดงค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกกลุ่ม...55

ตารางที่ 9 แสดงการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบเชิงซ้อนค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของทุกกลุ่มชิ้นงานที่แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน.....58

ตารางที่10 แสดงการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบเชิงซ้อนค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของทุกกลุ่มชิ้นงานที่แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน.....60

ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล.....93

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง ของกลุ่มชิ้นงานชนิดต่างๆกับระยะเวลาที่ทำการทดลอง 96

ตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์แบบทีและความเป็นอิสระต่อกันเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มชิ้นงาน.....97

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว ของกลุ่มชิ้นงาน.....98

ตารางที่ 15 ตารางการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบบอนเฟอร์โรนี ของกลุ่มชิ้นงานและเวลาที่ทำการทดลอง.....99

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงการใช้เส้นใยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับสะพานฟันชั่วคราว.....2
รูปที่ 2 แสดงการใช้คอมโพสิตเสริมเส้นใยในชิ้นงานสะพานฟันชั่วคราว.....2
รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบของวัสดุคอมโพสิต.....9
รูปที่ 4 โครงสร้างบิส-จีเอ็มเอ.....10
รูปที่ 5 โครงสร้างยูรีเทนไดเม็ททาคริเลต.....10
รูปที่ 6 โครงสร้างไตรเอทิลลีนไกลคอลไดเม็ททาคริเลต.....10
รูปที่ 7 โครงสร้างไวนิลไทรทอกซีไซเลน.....13
รูปที่ 8 โครงสร้างเมทาคริลอกซีลโพรพีลไทรเมทอกซีไซเลน.....13
รูปที่ 9 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของแกมมาเมทาคริลอกซีล
โพรพีลไทรเมทอกซีไซเลนกับวัสดุอัดแทรกซิลิกาและแก้ว.....14
รูปที่ 10 แสดงการเกิดปฏิกิริยาโดยการฉายแสง.....15
รูปที่ 11 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยไปในทิศทางเดียว.....17
รูปที่ 12 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยทิศทางตามยาวแบบถักเปีย.....18
รูปที่ 13 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยทิศทางขนานแบบถักสาน.....18
รูปที่ 14 แสดงเส้นใยแก้วในประเทศไทยที่ใช้ในการทดลอง.....21
รูปที่ 15 แสดงเส้นใยแก้วยี่ห้ออินเทอลิก.....22
รูปที่ 16 แสดงลักษณะทางเคมีของโพลีเอทิลลีน.....23
รูปที่ 17 แสดงโมเลกุลของโพลีเอทิลลีนความหนาแน่นต่ำ.....23
รูปที่ 18 แสดงโมเลกุลของโพลีเอทิลลีนความหนาแน่นสูง.....24
รูปที่ 19 ขนาดและอุปกรณ์ของชุด เส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปริบบอนด์.....24
รูปที่ 20 การนำเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปริบบอนด์ ในงานทันตกรรม.....25
รูปที่ 21 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยริบบอนด์.....25
รูปที่ 22 แสดงพื้นผิวของเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปริบบอนด์.....26
รูปที่ 23 แสดงสารไซเลนควบคู่จำนวนของซิลิกอนอะตอมเป็นโมโนฟังชันนอล.....27
รูปที่ 24 แสดงสารไซเลนควบคู่จำนวนของซิลิกอนอะตอมเป็นไบฟังชันนัล.....27
รูปที่ 25 แสดงสารไซเลนควบคู่จำนวนของซิลิกอนอะตอมเป็นไตรฟังชันนัล.....28
รูปที่ 26 แสดงสารไซเลนควบคู่มีหมู่ฟังก์ชั่นเคมี 2 หมู่.....28
รูปที่ 27 แสดงสารไซเลนไตรเม็ททอกซิลโพรพิล เมทาคลัยเลต.....29

หน้า

รูปที่ 54 แสดงการนำแผ่นพลาสติกใสแข็งมาทับชั้นบน.....52
รูปที่ 55 แสดงชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต ที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใย.....52
รูปที่ 56 แสดงการนำชิ้นงานมายึดในท่อยึดก่อนนำชิ้นงานไปตัดโดยเครื่องตัด.....52
รูปที่ 57 แสดงการนำชิ้นงานมาตัดโดยเครื่องตัด.....53
รูปที่ 58 แสดงการนำชิ้นงานที่ทำการตัดมายึดไว้บนแป้นกลมเพื่อเตรียมส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด.....53
รูปที่ 59 แสดงเครื่องทดสอบแรงดึงแรงยึดระบบเซอร์โวไฮดรอลิกทดสอบความแข็งแรงดัดขวางแบบทดสอบแรงดัดงอกดสามจุด.....54
รูปที่ 60 แสดงค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของชิ้นงานในแต่ละกลุ่ม.....56
รูปที่ 61 แสดงค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยของชิ้นงาน ที่แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน.....57
รูปที่ 62 แสดงค่าความแข็งแรงดัดขวางเฉลี่ยชิ้นงาน ที่แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน.....59
รูปที่ 63 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป ก่อนทำการทดสอบที่กำลังขยาย50 เท่า และ 5,000 เท่า.....61
รูปที่ 64 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป หลังทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 350 เท่า.....62
รูปที่ 65 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต เสริมด้วยเส้นใยแก้วสำเร็จรูป ก่อนทำการทดสอบที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 1,500 เท่า.....62
รูปที่ 66 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต ที่เสริมด้วยเส้นใยแก้วสำเร็จรูป หลังทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 750 เท่า.....63
รูปที่ 67 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ10 โดยปริมาตรก่อนทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 1,500 เท่า.....64
รูปที่ 68 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ10 โดยปริมาตร หลังทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 350 เท่า.....64
รูปที่ 69 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ20 โดยปริมาตร ก่อนทำการทดสอบที่กำลังขยาย 75 เท่า และ 2,000 เท่า.....65

หน้า

รูปที่ 70 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้ว ที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ20 โดยปริมาตร หลังทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 350เท่า.....66
รูปที่ 71 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้ว ที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ30 โดยปริมาตร ก่อนทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 500 เท่า.....67
รูปที่ 72 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้ว ที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ30 โดยปริมาตร หลังทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 350 เท่า.....68
รูปที่ 73 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้ว ที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ40 โดยปริมาตร ก่อนทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 1,000 เท่า.....69
รูปที่ 74 แสดงภาพหน้าตัดของชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้ว ที่มีในประเทศไทยปริมาณ ร้อยละ40 โดยปริมาตร หลังทำการทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 3,500 เท่า.....70