บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรอิสระ คือ ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิตเสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใย

ชิ้นงาน เรซิน คอมโพสิต ไม่เสริมเส้นใย

ตัวแปรตาม คือ ค่าความแข็งแรงดัดขวาง

วัสดุที่ใช้

- เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลว (flowable composite resin) บ่มตัวด้วยแสงยี่ห้อ ฟิลเท็คโฟล (Filtek™ Flow, 3M ESPE, St.Paul , USA.)

เป็นวัสดุความข้นต่ำ บ่มตัวด้วยแสง ทึบรังสีเอ็กซเรย์ ส่วนประกอบของวัสดุ คือ เรซิน บิสจีเอ็มเอ และ ทีอีจีดีเอ็มเอ (TEGDMA) มีวัสดุอัดแทรกชนิดเซอร์โคเนีย ซิลิกา อยู่ในปริมาณร้อยละ 47 โดยปริมาตรและมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 6.0 ไมครอน ขนาดเฉลี่ย 1.5 ไมครอน

รูปที่ 30 แสดงวัสดุบูรณะฟันฟิลเท็คโฟล

ข้อบ่งใช้

- การบูรณะโพรงฟันขนาดเล็ก
- เป็นวัสดุรองพื้นในการอุดเรซิน คอมโพสิต ด้วยวิธีโดยตรง
- ซ่อมความผิดปกติเล็กน้อยของการบูรณะด้วยเรซิน คอมโพสิตเพื่อความสวยงาม
- ใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน
- ใช้ปิดส่วนเว้าของโพรงฟัน

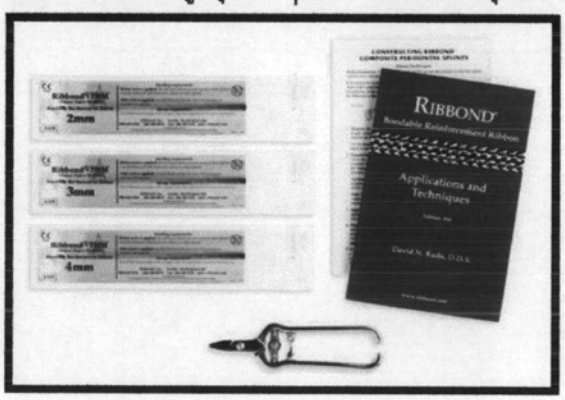
- ใช้ซ่อมวัสดุอุดชั่วคราวจำพวกเรซิน คอมโพสิตหรืออะคริลิก เรซิน

การบ่มตัวโดยการฉายแสงเป็นเวลาอย่างน้อย 20 วินาที ความเข้มแสงอย่างน้อย 400 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร โดยมีความหนาวัสดุไม่เกิน 2 มิลลิเมตร การขัดแต่งใช้เข็มกรอหินชนิดละเอียด ขัดมันด้วยชุดขัดมันเช่น ชุด ซอฟเล็กซ์ (Sof-Lex™)

- เส้นใยแก้วสำเร็จรูป ยี่ห้อ อินเทอลิก (Interlig) บรรจุในซองมีความยาว 10 เซนติเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร น้ำหนักโดยประมาณ 0.055 ถึง 0.065 กรัม ลักษณะเส้นใยเป็นแบบสานกัน เตรียมพื้นผิวด้วยไซเลนและเคลือบด้วยเรซิน ที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรด์เซชั่น

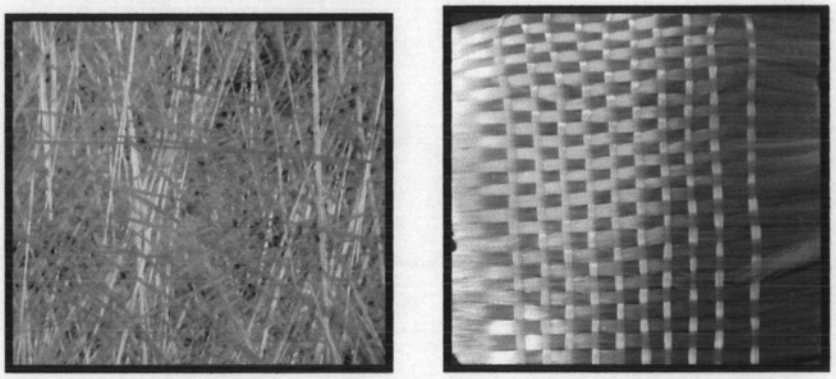
รูปที่ 31 แสดงเส้นใยแก้วสำเร็จรูป ยี่ห้อ อินเทอลิก

- เส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป ยี่ห้อริบบอนด์ (Ribbond polyethylene fiber) เป็นเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป ชนิดที่มีความหนา 0.18 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร เตรียมพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดกับ เรซิน เมทริกซ์มาจากทางบริษัทผู้ผลิต โดยวิธีพลาสม่า ซึ่งวิธีพลาสม่าทำให้ผิวเส้นใยเกิดรูพรุนเล็กๆและเกิดพื้นผิวที่ขรุขระขึ้น เพื่อเพิ่มการยึดติด



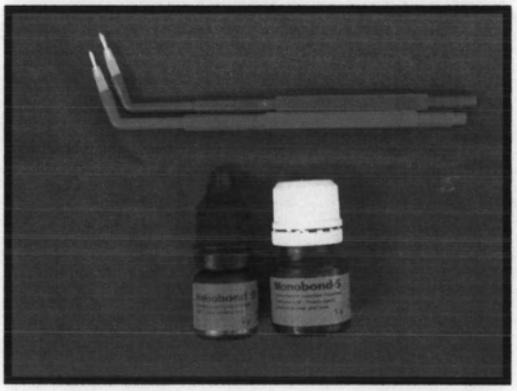
รูปที่ 32 แสดงเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป ยี่ห้อริบบอนด์

- เส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย (unidirectional E-glass fiber, Saint-gobain,Thailand)



รูปที่ 33 แสดงเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย

- สารไซเลนควบคู่โมโนบอนด์-เอส (monobond S, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) และ สารยึดติดเฮลิโอบอนด์ (heliobond, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ทั้งสองชนิดอยู่ในชุดไซเลนควบคู่และสารยึดติดของชุดวาลิโอลิงค์เรซิน ซีเมนต์ (variolink resin cement, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)



รูปที่ 34 แสดงสารไซเลนควบคู่โมโนบอนด์-เอสและ สารยึดติดเฮลิโอบอนด์

โมโนบอนด์-เอส (Monobond-S) เป็นสารไซเลนควบคู่ ใช้เชื่อมระหว่างเซรามิก กับเรซิน คอมโพสิต ซึ่งวัสดุเรซิน คอมโพสิตประกอบด้วยหมู่เมทาคริเลต โมโนบอนด์จึงทำปฏิกริยาเคมีได้

ส่วนประกอบของโมโนบอนด์-เอส

1. 3-เมทาคริลอกซีลโพรพีลไทรเมทอกซีไซเลนปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
2. น้ำ/สารละลายเอทานอลปริมาณร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก
3. กรดอะซิติก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4

วิธีการใช้ ทาโมโนบอนด์-เอส ลงบนวัสดุทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 60 วินาที ไม่ให้พื้นผิวสัมผัสน้ำและน้ำมันไม่ต้องล้างน้ำ หลังจากนั้นค่อยทาสารยึด (bonding) ต่อไป

เฮลิโอบอนด์ (heliobond) เป็นสารเรซินยึดติดที่เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวโดยการฉายแสง

ส่วนประกอบของเฮลิโอบอนด์

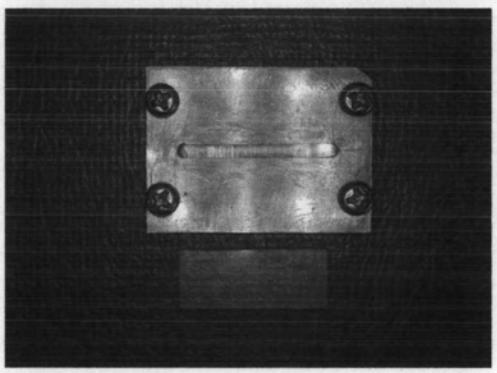
1. บิส-จีเอ็มเอ ปริมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก
2. ไตรเอทิลลีน ไกลคอล ไดเมททาคริยเลตร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก

วิธีการใช้ ทาเฮลิโอบอนด์ ลงบนวัสดุ

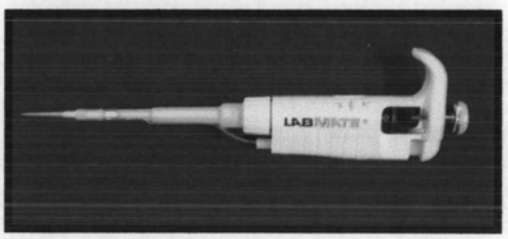
อุปกรณ์ที่ใช้

1. เบ้าแบบชิ้นงานทองเหลือง(Brass mould)แบบ1และ 2 ขนาด ยาว 25 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตรและหนา 2 มิลลิเมตร แยกเป็นสองชั้นความหนา 1 มิลลิเมตรกับ 1 มิลลิเมตร
2. เครื่องทดสอบสากลทดสอบแรงดึงแรงยึดระบบเซอร์โวไฮดรอลิก (Servohydrolic) รุ่น 8572 (Instron 8572)
3. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)
4. เครื่องชั่งน้ำหนักไมโครกรัมรุ่น FA-200 (Electronic balance FA-200)
5. อุปกรณ์วัดความหนาความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร (Mitutoyo Calipers)
6. เครื่องอบอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (Incubator 37^0)
7. อุปกรณ์ชุดขัดชิ้นงาน
8. เครื่องตัดชิ้นงาน
9. หลอดวัดถ่ายของเหลวชนิดละเอียด (Micropipet)
10. เครื่องสั่นทำความสะอาด
11. เครื่องฉายแสง (Elipar Trilight ; 3M ESPE, USA)
12. ตู้ฉายแสง (Labolight LV-II; GC Corp, Tokyo, Japan)
13. เครื่องกรอ
14. หัวกรอขัดแต่ง

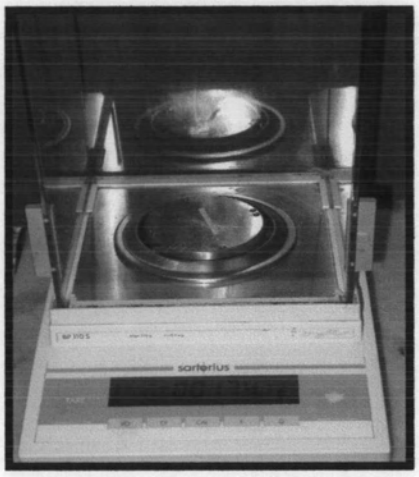
15. เครื่องเป่าลม
16. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol Lamp)
17. แอลกอฮอล์ (Alcohol)
18. กรรไกรตัดเส้นใย (Fiber Scissors)
19. ไขควง
20. ถุงมือผ้า
21. กระดาษทรายน้ำ เบอร์ 100 , 400 , 800 , 1000 , 1200
22. แปรงพู่กัน
23. คีมจับ
24. แผ่นแก้ว
25. แผ่นพลาสติกใส
26. มีดคัตเตอร์



รูปที่35 แสดงเบ้าแบบชิ้นงานทองเหลือง

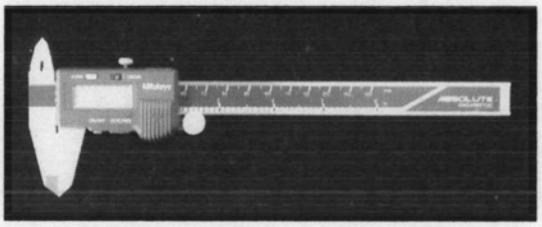


รูปที่36 แสดงหลอดวัดถ่ายของเหลวชนิดละเอียด

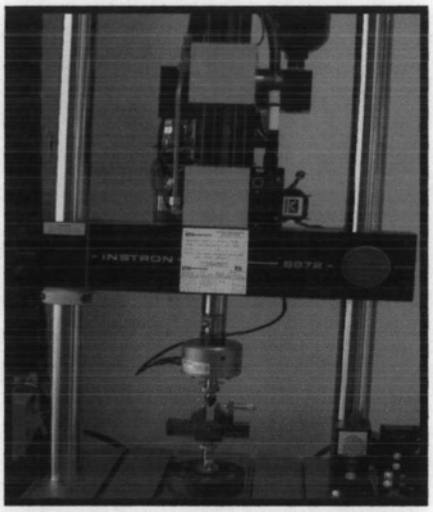


รูปที่37 ด้านซ้ายแสดงเครื่องชั่งน้ำหนักไมโครกรัม ด้านขวาแสดงเครื่องอบอุณหภูมิ

รูปที่38 ด้านซ้ายแสดงเครื่องฉายแสง และ ด้านขวาแสดงตู้ฉายแสง



รูปที่39 แสดงอุปกรณ์วัดความหนาความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร



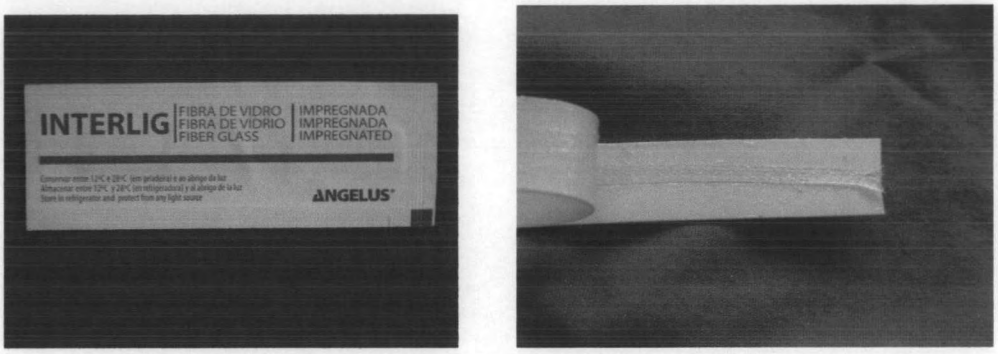
รูปที่40 แสดงเครื่องทดสอบสากลทดสอบแรงดึงแรงยืดระบบเซอร์โวไฮดรอลิก

รูปที่41 แสดงเครื่องตัดชิ้นงาน

วิธีเตรียมเส้นใย

การเตรียมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป

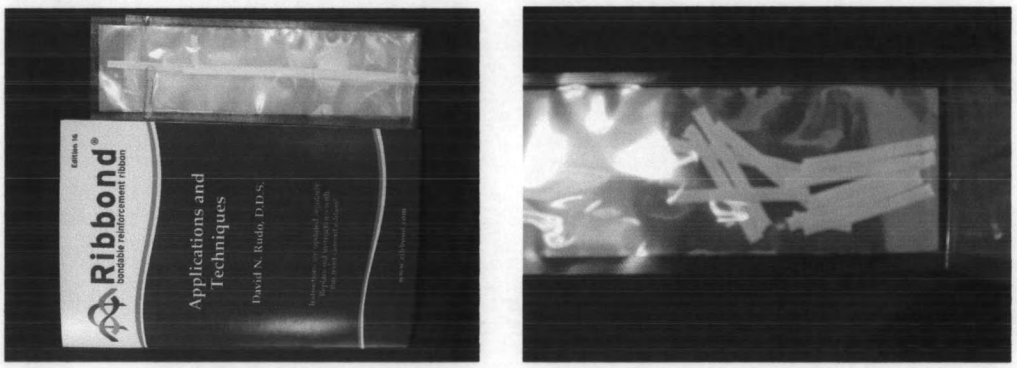
1. เส้นใยแก้วสำเร็จรูป กว้าง 2 มิลลิเมตร เป็นเส้นยาวสานกันโดยเส้นใยทำการไซเลนและเคลือบด้วยเรซินที่ยังไม่เกิดปฏิกริยาโพลิเมอร์ไรด์เซชั่นบรรจุอยู่ในซองสูญญากาศป้องกันการปนเปื้อนในเส้นใยโดยการใส่ถุงมือผ้าและใช้คีมจับเส้นใย
2. นำมาตัดโดยใช้กรรไกรตัดเส้นใยให้ได้ความยาว25 มิลลิเมตรเตรียมไว้ในซองปิดป้องกันแสง



รูปที่42 แสดงเส้นใยแก้วสำเร็จรูป

การเตรียมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป

1. เตรียมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูปโดยใช้ที่เป็นชนิดมีความหนา 0.18 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตรเป็นเส้นยาวที่สานกันโดยที่เส้นใยได้ทำการเตรียมผิวเพื่อการยึดติดมาจากบริษัทโดยวิธีพลาสม่า ป้องกันการปนเปื้อนในเส้นใยโดยการใส่ถุงมือผ้าและใช้คีมจับเส้นใย
2. นำมาตัดด้วยกรรไกรตัดเส้นใยเฉพาะให้ได้ขนาด ความยาว 25 มิลลิเมตร ชั่งให้แต่ละชิ้นมีน้ำหนักใกล้เคียงกันหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยไว้แล้วเก็บไว้ในซองสุญญากาศป้องกันการปนเปื้อน



รูปที่43 แสดงเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป

การเตรียมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย

1. การเตรียมเส้นใยแก้วในประเทศไทยที่ ซึ่งมีความหนาแน่น 2.6 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเส้นยาว ป้องกันการปนเปื้อนในเส้นใยโดยการใส่ถุงมือผ้าและใช้คีมจับเส้นใย
2. ตัดเส้นใยแก้วโดยใช้กรรไกรตัดเส้นใยให้ได้ขนาด ความยาว 25 มิลลิเมตร ชั่งเส้นใยให้ได้ปริมาณที่หาไว้ดังนี้

จากสูตรหาปริมาณ D=M/V หรือ M=D/V

เมื่อ D คือ ความหนาแน่น

V คือ ปริมาตร

M คือ ปริมาณโดยน้ำหนัก

โดยความหนาแน่นของเส้นใยแก้วเท่ากับ 2.6 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปริมาตรของชิ้นงานเท่ากับ 25x2x2 มิลลิเมตร สามารถคำนวณหาปริมาณของเส้นใยแก้วที่ใช้ได้ดังนี้

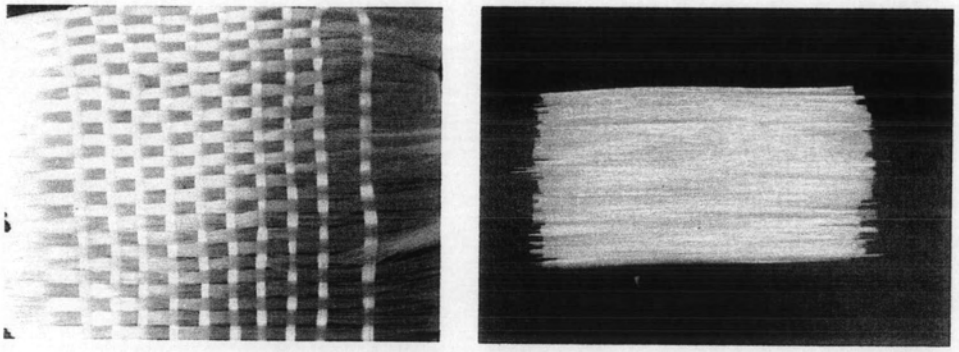
กลุ่มที่ใช้ปริมาณเส้นใยแก้วร้อยละ 10 โดยปริมาตร จะใช้ปริมาณเส้นใยแก้วเท่ากับ 0.026 กรัม

กลุ่มที่ใช้ปริมาณเส้นใยแก้วร้อยละ 20 โดยปริมาตร จะใช้ปริมาณเส้นใยแก้วเท่ากับ 0.052 กรัม

กลุ่มที่ใช้ปริมาณเส้นใยแก้วร้อยละ 30 โดยปริมาตร จะใช้ปริมาณเส้นใยแก้วเท่ากับ 0.078 กรัม

กลุ่มที่ใช้ปริมาณเส้นใยแก้วร้อยละ 40 โดยปริมาตร จะใช้ปริมาณเส้นใยแก้วเท่ากับ 0.104 กรัม

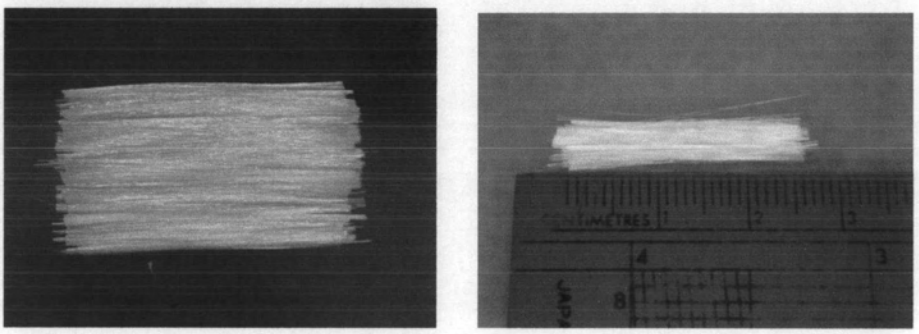
เมื่อได้จำนวนของเส้นใยแก้วที่จะใช้ในแต่ละกลุ่มแล้ว นำเส้นใยแก้วมาทำการเคลือบสารไซเลนควบคู่โมโนบอนด์ต่อไป



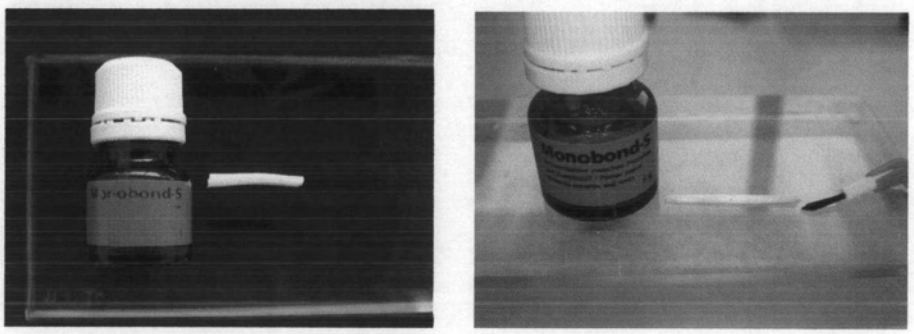
รูปที่44 แสดงเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย

การเคลือบสารไซเลนควบคู่บนเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย

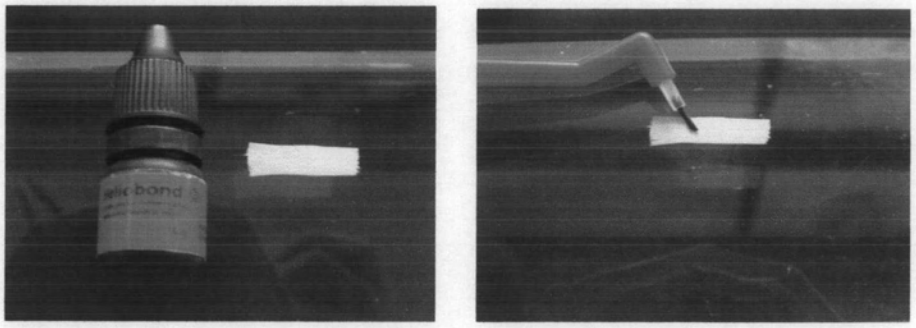
1. นำเส้นใยแก้วที่เตรียมไว้มาเรียงเป็นระนาบเดียวกันอย่างสม่ำเสมอให้มากที่สุด ตรวจการเรียงเส้นใยด้วยแว่นขยาย
2. ตวงสารไซเลนด้วยใช้หลอดวัดถ่ายของเหลวชนิดละเอียดเพื่อให้ได้ปริมาณไซเลนควบคู่ต่อครั้งเท่ากัน ทาสารไซเลนโดยหยดสารไซเลนลงบนแผ่นแก้วแล้ว ใช้พู่กันแห้งชุบสารไซเลนควบคู่ ทาที่เส้นใยแก้วให้ทั่ว เปลี่ยนพู่กันทุกครั้งที่ทาชิ้นใหม่ ใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าให้แห้งเป็นเวลา 60 วินาที โดยมีระยะห่างเท่ากันทุกครั้ง
3. ทาสารยึดติดเฮลิโอบอนด์ ตวงสารโดยใช้หลอดวัดถ่ายของเหลวชนิดละเอียดให้ปริมาณเท่ากันในทุกครั้ง โดยหยดสารลงบนแผ่นแก้วแล้ว ใช้พู่กันแห้งชิ้นใหม่ชุบสารยึดติดเฮลิโอบอนด์ทาที่เส้นใยแก้วให้ทั่ว



รูปที่45 แสดงเส้นใยแก้วความยาวประมาณ 25 มิลลิเมตร



รูปที่46 แสดงการทาเส้นใยแก้วด้วยสารไซเลน



รูปที่47 แสดงการทาเส้นใยแก้วด้วยสารยึดติดเฮลิโอบอนด์

แบ่งกลุ่มชิ้นงานที่ทำการทดสอบดังนี้

กลุ่มที่ 1 → กลุ่มควบคุมใช้เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสงที่ไม่เสริมเส้นใยจำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 7 วัน (NF 7)

กลุ่มที่ 2 → กลุ่มควบคุมใช้เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสงที่ไม่เสริมเส้นใยจำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 30 วัน (NF 30)

กลุ่มที่ 3 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสงเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงาน จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 7 วัน (G-inter 7)

กลุ่มที่ 4 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสงเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงาน จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 30 วัน (G-inter 30)

กลุ่มที่ 5 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสงเสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้นแช่น้ำกลั่น 7 วัน (Ribbond 7)

กลุ่มที่ 6 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสงเสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้นแช่น้ำกลั่น 30 วัน (Ribbond 30)

กลุ่มที่ 7 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณ**ร้อยละ**10 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 7 วัน (GF7 10%)

กลุ่มที่ 8 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณ**ร้อยละ**10 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 30 วัน (GF30 10%)

กลุ่มที่ 9 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณร้อยละ20 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 7 วัน (GF7 20%)

กลุ่มที่ 10 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณร้อยละ20 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 30 วัน (GF30 20%)

กลุ่มที่ 11 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 7 วัน (GF7 30%)

กลุ่มที่ 12 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 30 วัน (GF30 30%)

กลุ่มที่ 13 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณร้อยละ 40 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 7 วัน (GF7 40%)

กลุ่มที่ 14 → ใช้เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวบ่มตัวด้วยแสง เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทย บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานโดยเส้นใยแก้วมีปริมาณร้อยละ 40 โดยปริมาตร จำนวน 10 ชิ้น แช่น้ำกลั่น 30 วัน (GF30 40%)

หมายเหตุ

NF 7	คือ	ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่ไม่เสริมเส้นใยแช่น้ำกลั่น 7 วัน
NF 30	คือ	ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่ไม่เสริมเส้นใยแช่น้ำกลั่น 30 วัน
G-inter 7	คือ	ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป แช่น้ำกลั่น 7 วัน
G-inter 30	คือ	ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วสำเร็จรูป แช่น้ำกลั่น 30 วัน
Ribbond7	คือ	ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป แช่น้ำกลั่น 7 วัน
Ribbond30	คือ	ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยโพลีเอทิลลีนสำเร็จรูป แช่น้ำกลั่น 30 วัน

GF7 10% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**10 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 7 วัน

GF30 10% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**10 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 30 วัน

GF7 20% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**20 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 7 วัน

GF30 20% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**20 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 30 วัน

GF7 30% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**30 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 7 วัน

GF30 30% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**30 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 30 วัน

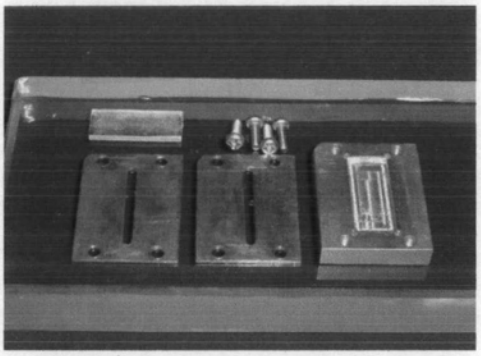
GF7 40% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**40 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 7 วัน

GF30 40% คือ ชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตที่เสริมเส้นใยแก้วที่มีในประเทศไทยโดย เส้นใยแก้วมีปริมาณ **ร้อยละ**40 โดยปริมาตรแช่น้ำกลั่น 30 วัน

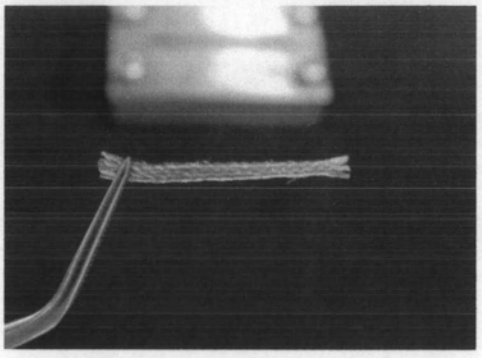
การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

1. เบ้าแบบชิ้นงานทองเหลืองแบบที่1 ที่ใช้สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนโดยความหนาแต่ละส่วนเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ทาสารไมโครฟิล์มเพื่อป้องกันเรซินติดเบ้าชิ้นงาน ยึดเบ้าชิ้นงานติดบนแผ่นแก้วโดยไม่ให้ขยับ
2. กลุ่มที่ไม่เสริมเส้นใย ฉีด เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลวลงในเบ้าแบบชิ้นงาน ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาทีโดยใช้เครื่องฉายแสง ตามความเข้มแสงที่กำหนดไว้จน เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลวแข็งตัว นำออกจากเบ้าแบบชิ้นงานแล้วนำเข้าตู้ฉายแสงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวโดยสมบูรณ์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมาขัดแต่งชิ้นงานให้ได้ขนาด 25 x 2 x 2 มิลลิเมตรจำนวน 20 ชิ้น แบ่งเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 10 ชิ้นงาน โดยแบ่งเป็นกลุ่มของชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ ชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน

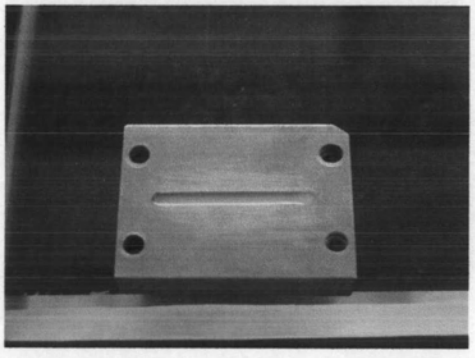
3. ในกลุ่มที่เสริมเส้นใย ทำการยึดเบ้าชิ้นงานแรกให้อยู่บนแผ่นแก้วโดยไม่ให้ขยับ ฉีด เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลวลงในเบ้าแบบชิ้นงานชิ้นแรก นำเส้นใยที่เตรียมไว้มาวางในตำแหน่งกึ่งกลางโดยที่เส้นใยต้องฝังอยู่ใน เรซิน คอมโพสิตทั้งหมด โดยปรับเส้นใยให้เข้าตำแหน่ง นำเบ้าชิ้นที่สองมาวางทับเข้าตำแหน่งไขยึดให้แน่น แล้วฉีด เรซิน คอมโพสิต ชนิดเหลวลงในเบ้าแบบชิ้นงาน การฉีดต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศขึ้น
4. นำแผ่นพลาสติกใสแข็งมาทับชั้นบน ใช้ก้อนน้ำหนักขนาด 3 กิโลกรัม ทับแผ่นพลาสติกเพื่อให้เรซินส่วนเกิน ไหลออกมา
5. ทำการฉายแสงที่ชิ้นงาน โดยใช้เครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสงคงที่วางตั้งฉากและฉายแสงใกล้ชิ้นงานมากที่สุดฉายแสงประมาณ 40 วินาทีต่อพื้นที่จนชิ้นงานแข็งตัว
6. นำชิ้นงานที่ได้ออกจากเบ้าชิ้นงาน ทำการฉายแสงเพิ่มในตู้ฉายแสงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวโดยสมบูรณ์เป็นเวลา 1 นาที
7. นำชิ้นงานที่แข็งตัวโดยสมบูรณ์มาทำการขัดแต่งโดยใส่ในเบ้าแบบที่ 2 ที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร นำไปขัดบนกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1000 ซึ่งถูกขึงตึงบนกระจกขัด ขัดชิ้นงานแบบเปียก ควบคุมแรงขัดโดยจับที่เบ้าชิ้นงาน ขัดไปในทิศทางเดียว ตรวจสอบชิ้นงานด้วยกล้องขยายกำจัดชิ้นงานที่มีรอยร้าวออกก่อนนำไปแช่น้ำกลั่นเพื่อทำการทดสอบ
8. นำชิ้นงานมาวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดความหนาความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาด 25x2x2 มิลลิเมตร จำนวน 12 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้นงาน โดยแบ่งเป็นกลุ่มของชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ ชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน
9. ทำชิ้นงานเพิ่มในแต่ละกลุ่มกลุ่มละ 2 ชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่หนึ่งเป็นชิ้นงานก่อนทำการกดทดสอบ นำมาตัดเพื่อส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดตรวจส่องวัตถุเพื่อสังเกตลักษณะการยึดติดของเส้นใยและลักษณะภายในชิ้นงาน โดยตัดให้ชิ้นงานหนา 2 มิลลิเมตร
10. นำชิ้นงานที่ทำเพิ่มชิ้นที่สองโดยเป็นชิ้นงานที่ทำการกดทดสอบแล้วมาทำการตัดตรงบริเวณที่มีการแตกหัก เพื่อส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดตรวจส่องวัตถุเพื่อสังเกตลักษณะการยึดติดของเส้นใยและลักษณะภายในชิ้นงาน โดยตัดให้ชิ้นงานหนา 2 มิลลิเมตร นำมายึดไว้บนแป้นกลมเพื่อเตรียมส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด



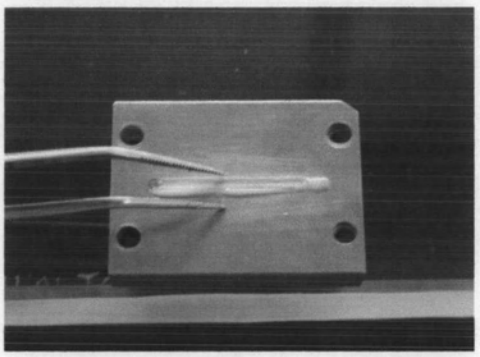
รูปที่ 48 เบ้าแบบชิ้นงานทองเหลือง ที่ใช้สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วน โดยความหนาแต่ละส่วนเท่ากับ 1 มิลลิเมตร



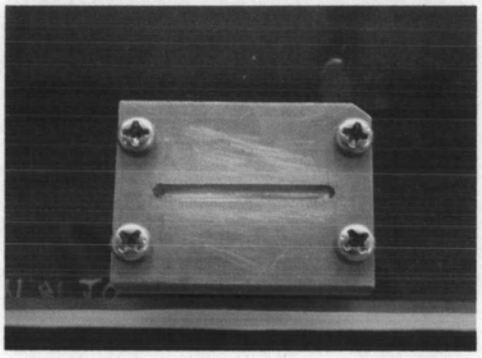
รูปที่ 49 แสดงการเตรียมนำเส้นใยมาใส่ในเบ้าแบบชิ้นงานทองเหลือง



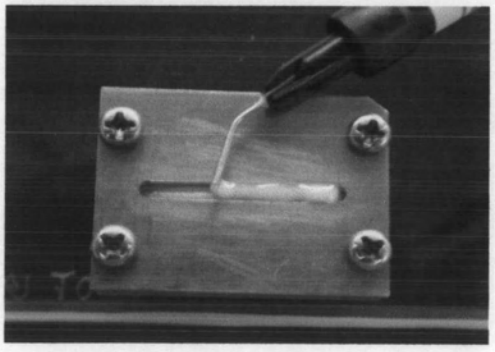
รูปที่ 50 แสดงการฉีด เรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวในเบ้าแบบชิ้นงานทองเหลืองชิ้นที่หนึ่ง



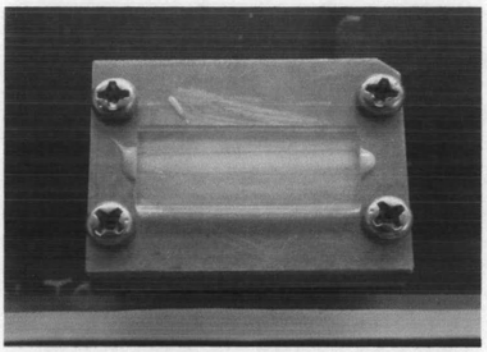
รูปที่ 51 แสดงการนำเส้นใยมาใส่ในเบ้าแบบชิ้นงานทองเหลืองชิ้นที่หนึ่ง



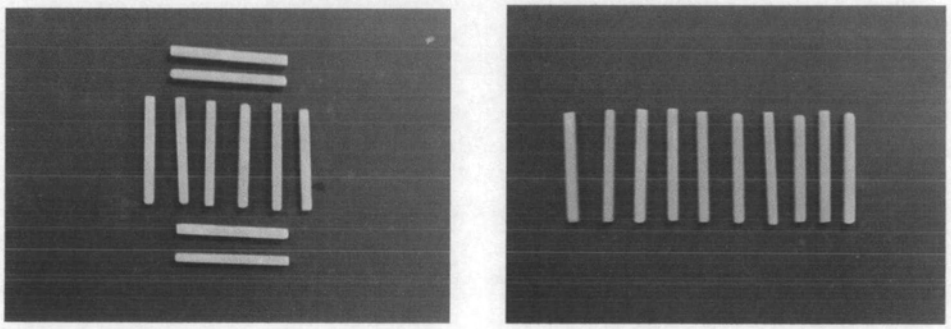
รูปที่ 52 แสดงการนำเบ้าแบบชิ้นงานทองเหลืองชิ้นที่สองมายึดบน
เบ้าแบบชิ้นที่หนึ่ง



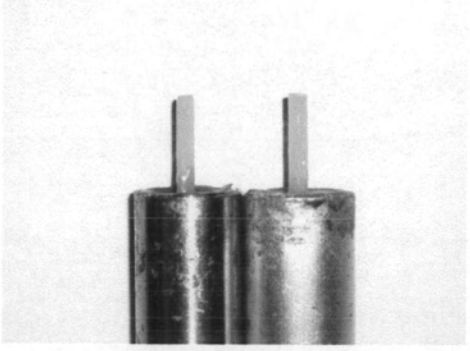
รูปที่ 53 แสดงการฉีดเรซิน คอมโพสิตชนิดเหลวใน
เบ้าแบบชิ้นงานทองเหลืองชิ้นที่สอง



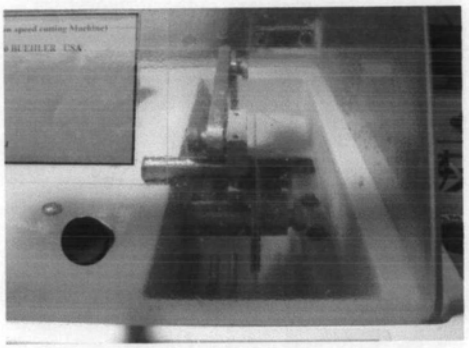
รูปที่ 54 แสดงการนำแผ่นพลาสติกใสแข็งมาทับชั้นบน



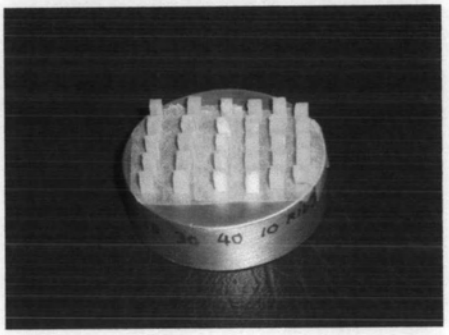
รูปที่ 55 แสดงชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต ที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใย



รูปที่ 56 แสดงการนำชิ้นงานมายึดในท่อยึดก่อนนำชิ้นงานไปตัดโดยเครื่องตัด



รูปที่ 57 แสดงการนำชิ้นงานมาตัดโดยเครื่องตัด

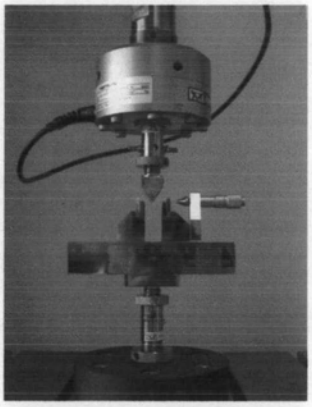


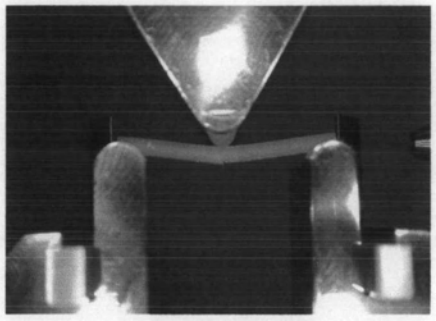
รูปที่ 58 แสดงการนำชิ้นงานที่ทำการตัดมายึดไว้บนแป้นกลม
เพื่อเตรียมส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

การทดสอบ

เครื่องทดสอบสากลทดสอบแรงดึงแรงยืดระบบเซอร์โวไฮดรอลิก ทดสอบความแข็งแรงดัดขวางแบบทดสอบแรงดัดงอกดสามจุด (three point bending) โดยขีดตำแหน่งจุดที่จะวางซึ่งความยาวของชิ้นงานที่ทดสอบยาว 20 มิลลิเมตร จากจุดวางสองข้างกดลงที่กึ่งกลางด้วยหัวกด ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร ค่าแรงกดที่ 250 เมกะปาสคาล ทดสอบ

1. ทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง
    - เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวาง ในทุกกลุ่ม
2. ส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดตรวจส่องวัตถุ เพื่อสังเกตุ
    - ลักษณะของการเชื่อมติดของเส้นใยก่อนทดสอบแรงดัดงอกดสามจุดและหลังทดสอบ





รูปที่ 59 แสดงเครื่องทดสอบแรงดึงแรงยึดระบบเซอร์โวไฮดรอลิกทดสอบความแข็งแรงดัดขวางแบบทดสอบแรงดัดงอกดสามจุด

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

สถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (one-way ANOVA)

การวิเคราะห์แบบทีและความเป็นอิสระต่อกัน (Independent – Samples T Test)

ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยทดสอบสมมติฐาน

H0 : u_1 ไม่แตกต่าง u_2

H1 : u_1 แตกต่าง u_2

(u = ค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลอง)