บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. วัสดุเรซิน คอมโพสิตชนิด นาโนฟิลเลอร์ ผลิตภัณฑ์ Filtek Supreme (Shade B2 และ A3.5, 3M ESPE, USA)
2. สารยึดติดระบบ โททอลเอทช์ (Total-etched bonding agent) ชนิด 3 ขั้นตอน ผลิตภัณฑ์ Adper™ Scotchbond Multi-purpose™ Plus (3M ESPE, USA)
3. สารยึดติดระบบ โททอลเอทช์ (Total-etched bonding agent) ชนิด 2 ขั้นตอน ผลิตภัณฑ์ OptiBond Solo™ Plus (sds/Kerr, USA)
4. สารยึดติดระบบ โททอลเอทช์ (Total-etched bonding agent) ชนิด 2 ขั้นตอน ผลิตภัณฑ์ ONE-STEP® (Bisco,USA)
5. สารยึดติดระบบ เซลฟ์เอทช์ (Self-etched bonding agent) ชนิด 2 ขั้นตอน ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ SE BOND X (Kuraray, Japan)
6. สารยึดติดระบบ เซลฟ์เอทช์ (Self-etched bonding agent) ชนิด 1 ขั้นตอน ผลิตภัณฑ์ Adper™ Prompt™ (3M ESPE, USA)
7. สารยึดติดระบบ เซลฟ์เอทช์ (Self-etched bonding agent) ชนิด 1 ขั้นตอน ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ S^3 BOND (Kuraray, Japan)
8. แบบแม่พิมพ์ซิลิโคน (Silicone Mold) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร โดยมีความลึก 2 มิลลิเมตร สร้างจากแบบแม่พิมพ์โลหะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีความสูง 2 มิลลิเมตร
9. ท่อพลาสติกใส (Plastic tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีความหนา 3 มิลลิเมตร
10. น้ำลาย ซึ่งเก็บภายใต้สภาวะการถูกกระตุ้น
11. กาวยึดชิ้นงานเพื่อการทดสอบ ผลิตภัณฑ์ Model Repair II Blue (Dentsply-Sankin, Japan)
12. สารละลายอะซิโทน (Acetone)
13. ไมโครบรัช (Microbrush) สำหรับทาสารช่วยยึดติด
14. ก้านสำลี (Cotton bud)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องฉายแสง (Light Curing Unit) ความยาวคลื่นแสง 420-470 นาโนเมตร (Model XL 2500,3M ESPE, USA)
2. เครื่องตรวจสอบความเข้มแสงของเครื่องฉายแสง (Model 100 Optilux radiometer, Kerr, USA)
3. เครื่องตัดชิ้นงาน (Low speed cutting machine, model ISOMET 1000, Buehler, USA)
4. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
5. เครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัด (Universal Testing Machine, model LR10K, Lloyd Instruments, England) โดยใช้น้ำหนักขนาด 150 นิวตัน
6. หัวเป่าลมและน้ำแบบ 3 ทาง หรือ ทริปเปิล ไซรินจ์ (Triple syringe)
7. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น JSM-5410LV
8. กล้องจุลทรรศน์ ชนิด สเตอริโอ (Stereo Microscope) รุ่น ML9300 MEIJI พร้อม CCD, TV, VDO และกล้องถ่ายรูปรุ่น EOS 100, CANON, Japan.

วิธีวิจัย

1. <u>การเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการวิจัย</u>

<u>การเตรียมชิ้นงานกลุ่มควบคุม (Control)</u>

ทำการเตรียมชิ้นงาน โดยการใช้ วัสดุ เรซิน คอมโพสิต(Filtek Supreme,3M ESPE, USA) สี B2 บรรจุลงไปในแบบแม่พิมพ์ ซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรที่เตรียมไว้ ซึ่งมีความลึก 2 มิลลิเมตร โดยบรรจุลงไปครั้งเดียวให้เต็มแบบพิมพ์ และทำการกดวัสดุให้แนบและแน่นกับส่วนของแม่พิมพ์ให้ได้พื้นผิวเรียบ ต่อมาทำการฉายแสงจากด้านบนในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัว (Polymerization) โดยให้เครื่องฉายแสงมีระยะห่างจากวัสดุเท่ากับ 1 มิลลิเมตร และฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นทำการเตรียมชิ้นงานอีกส่วนโดยใช้เรซิน คอมโพสิต (Filtek Supreme,3M ESPE, USA) สี A3.5 โดยใช้ท่อยางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรวางซ้อนลงบนชิ้นงานชิ้นแรก (สี B2) ทำการ

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรจุลงไปครั้งเดียวให้เต็มแบบพิมพ์ที่ 2 ฉายแสงโดยให้เครื่องฉายแสงมีระยะห่างจากวัสดุเท่ากับ 1 มิลลิเมตร และฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัว นำชิ้นงานออกจากแบบแม่พิมพ์ทั้งสอง ทำการฉายแสงโดยรอบอีกครั้ง แบ่งเป็น 4 ด้าน ด้านละ 40 วินาที ทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และลึก 5 มิลลิเมตร

การเตรียมชิ้นงานกลุ่มทดลอง 13 กลุ่ม โดยแบ่งออกเป็น

1. <u>กลุ่มที่มีการปนเปื้อนโดยน้ำลาย</u>

    ทำการเตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาทีแล้วทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 ทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

2. <u>กลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและทำการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทช์ (Total-etched bonding agent) ชนิด 3 ขั้นตอน</u> ผลิตภัณฑ์ Adper™ Scotchbond Multi-purpose™ Plus (3M ESPE, USA) โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธีการ ตามขั้นตอน คือ

    2.1 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพลิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียว กับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นทากรดฟอสฟอริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 15 วินาที ใช้น้ำล้างกรดออกเป็นเวลา 10 วินาที แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ให้พื้นผิวแห้งจากนั้น ทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

    2.2 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียว กับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทาสารยึดติด (Adper™ Scotchbond Multi-purpose™ Plus,3M ESPE, USA) แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้น ทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

2.3 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียว กับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโคร บรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทากรดฟอสฟอริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 15 วินาที ใช้น้ำล้างกรดออกเป็นเวลา 10 วินาที แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ให้พื้นผิวแห้งจากนั้น ทำการทาสารยึดติด (Adper™ Scotchbond Multi-purpose™ Plus,3M ESPE, USA) แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้น ทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

3. <u>กลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและทำการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทช์ (Total-etched bonding agent) ชนิด 2 ขั้นตอน</u> โดยใช้

3.1 ผลิตภัณฑ์ OptiBond Solo™ Plus (sds/Kerr, USA) โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ ตามขั้นตอน คือ

3.1.1 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทาสารยึดติด OptiBond Solo™ Plus (sds/Kerr, USA) แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้น ทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

3.1.2 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทากรด ฟอสฟอริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 15 วินาที ใช้น้ำล้างกรดออกเป็นเวลา 10 วินาที แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ให้พื้นผิวแห้ง จากนั้นทำการทาสารยึดติด OptiBond Solo™ Plus (sds/Kerr, USA) แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆ ลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

3.2 ผลิตภัณฑ์ ONE-STEP® (Bisco, USA) โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ ตามขั้นตอน คือ

3.2.1 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิตสี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทาสารยึดติด ONE-STEP® (Bisco,USA) จากนั้น เป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที และทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 ทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

3.2.2 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทากรดฟอสฟอริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 15 วินาที ใช้น้ำล้างกรดออกเป็นเวลา 10 วินาที แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ให้พื้นผิวแห้ง จากนั้นทำการทาสารยึดติด ONE-STEP® (Bisco,USA) แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

4. <u>กลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและทำการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etched bonding agent) ชนิด 2 ขั้นตอน</u> ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ SE BOND X (Kuraray, Japan) โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธีการ ตามขั้นตอน คือ

4.1 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นทาสารไพรเมอร์ ของสารยึดติด ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ SE BOND X แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆลักษณะเดิมอีกครั้ง จากนั้นทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

4.2 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้น ทำการทาสารยึดติด ของสารยึดติด ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ SE BOND X แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆ ลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้น ทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

4.3 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นทาสารไพรเมอร์และสารยึดติด ของสารยึดติด ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ SE BOND X แล้วเป่าลมโดยใช้ ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆ ลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

5. <u>กลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและทำการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etched bonding agent) ชนิด 1 ขั้นตอน</u> โดยใช้

5.1 ผลิตภัณฑ์ CLEARFIL™ S^3 BOND (Kuraray, Japan)

5.1.1 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้น ทำการทาสารยึดติด CLEARFIL™ S^3 BOND (Kuraray, Japan) แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บนพื้นผิวเบาๆ ลักษณะเดิมอีกครั้ง ทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที หลังจากนั้น ทำการเชื่อมต่อด้วยเรซิน คอมโพสิตสี A3.5 แล้วทำการฉายแสงอีก 40 วินาที

5.2 ผลิตภัณฑ์ Adper™ Prompt™ (3M ESPE, USA)

5.2.1 เตรียมชิ้นงานเรซิน คอมโพสิต สี B2 และทำการฉายแสงลักษณะเดียวกับกลุ่มควบคุมจนเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้ว ทาน้ำลายที่เตรียมไว้โดยใช้ไมโครบรัช จากนั้นทำการเป่าลมเบาๆโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ ระยะห่าง 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้น ทำการทาสารยึดติด ผลิตภัณฑ์ Adper™ Prompt™ (3M ESPE, USA) แล้วเป่าลมโดยใช้ทริปเปิล ไซรินจ์ บน

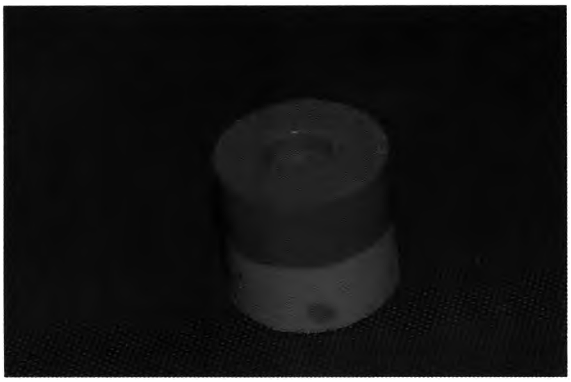
2. <u>การเก็บกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (13 กลุ่ม)</u>

กลุ่มตัวอย่างมีทั้งสิ้น 14 กลุ่ม ทำการเตรียมชิ้นงานกลุ่มละ 12 ชิ้น (n=12) ดังนั้นจึงได้ชิ้นงานทั้งสิ้นรวม 168 ชิ้น ทำการเตรียมชิ้นงานที่ละกลุ่ม และแช่ชิ้นงานในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปตัดด้วยเครื่องตัดชิ้นงาน (Low Speed Cutting Machine) นำไปวัดขนาดชิ้นงานโดยใช้เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper) ให้ได้ขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 1.0±0.2 มิลลิเมตร แล้วจึงนำชิ้นงานมาทำการทดสอบ

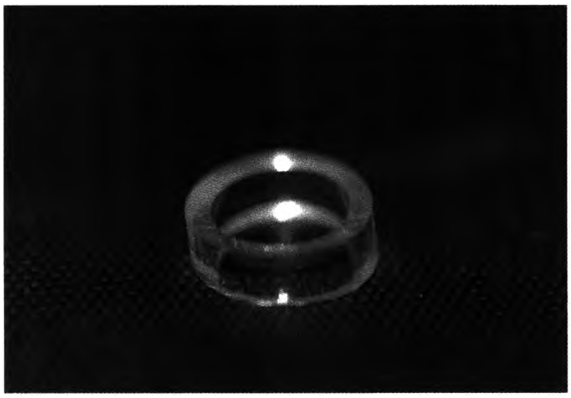
<u>ตารางสรุปวิธีการดำเนินงานวิจัย</u>

กลุ่ม	ปนเปื้อนน้ำลาย	กรด	PRIMER	BOND	PRIME&BOND
1. ควบคุม					
2.ปนเปื้อนน้ำลาย	X				
โททอลเอทช์ 3 ขั้นตอน Adper™ Scotchbond Multi-purpose™ Plus					
3. *น้ำลาย+เป่าลม+กรด*	X	X			
4. *น้ำลาย+เป่าลม+Bond*	X			X	
5. *น้ำลาย+เป่าลม+กรด+Bond*	X	X		X	
โททอลเอทช์ 2 ขั้นตอน OptiBond Solo™ Plus					
6. *น้ำลาย+เป่าลม+Prime&Bond*	X				X
7. *น้ำลาย+เป่าลม+กรด+Prime&Bond*	X	X			X
ONE-STEP ®					
8. *น้ำลาย+เป่าลม+Prime&Bond*	X				X
9. *น้ำลาย+เป่าลม+กรด+Prime&Bond*	X	X			X
เซลฟ์เอทช์ 2 ขั้นตอน CLEARFIL™ SE BOND X					
10. *น้ำลาย+เป่าลม+Prime*	X		X		
11. *น้ำลาย+เป่าลม+Bond*	X			X	
12. *น้ำลาย+เป่าลม+Prime+Bond*	X		X	X	
เซลฟ์เอทช์ 1 ขั้นตอน					
CLEARFIL™ S^3BOND 13. *น้ำลาย+เป่าลม+Bond*	X				X
Adper™ Prompt ™ 14. *น้ำลาย+เป่าลม+Bond*	X				X

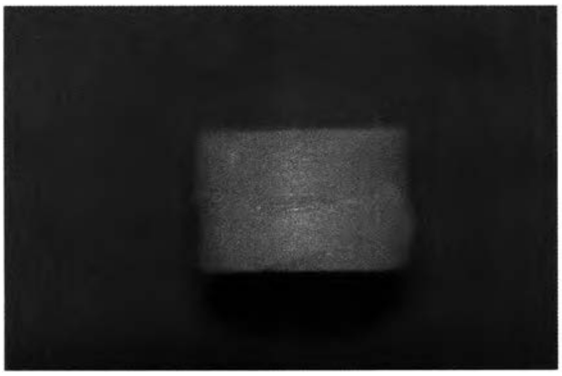
ภาพที่ 2 แสดงแบบแม่พิมพ์โลหะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีความสูง 2 มิลลิเมตร



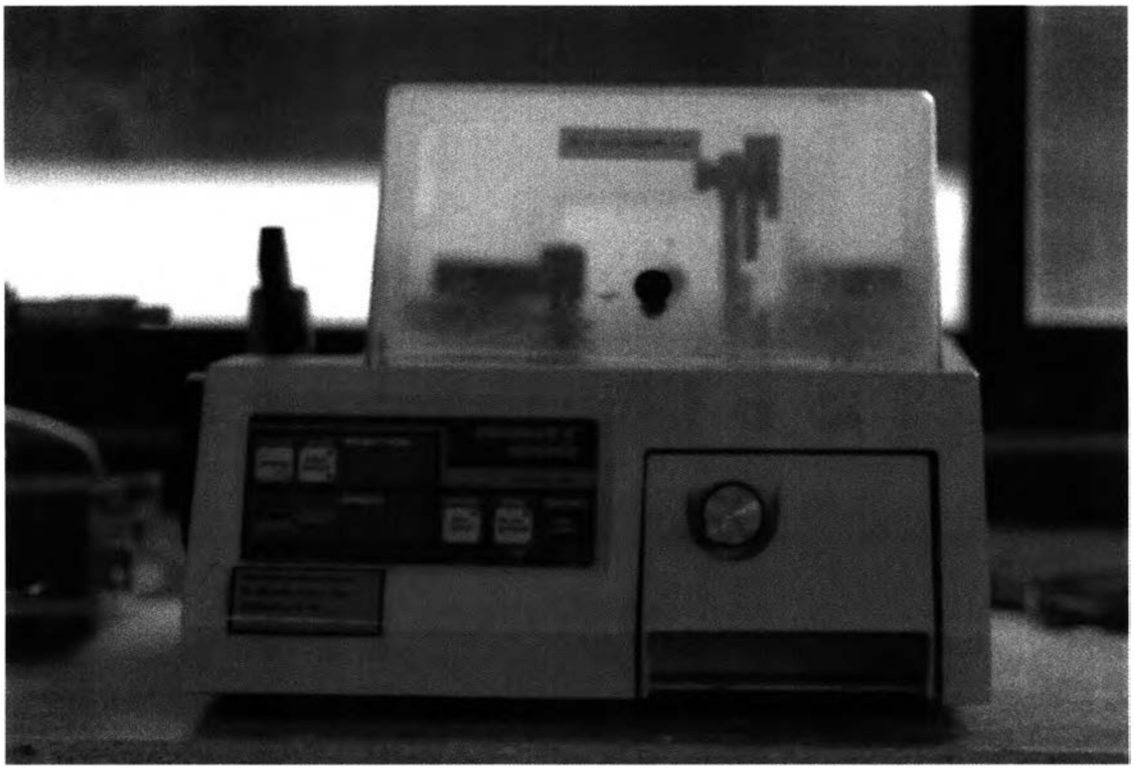
ภาพที่ 3 แสดงแบบแม่พิมพ์ซิลิโคน (Silicone Mold) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร โดยมีความลึก 2 มิลลิเมตร สร้างจากแบบแม่พิมพ์โลหะ



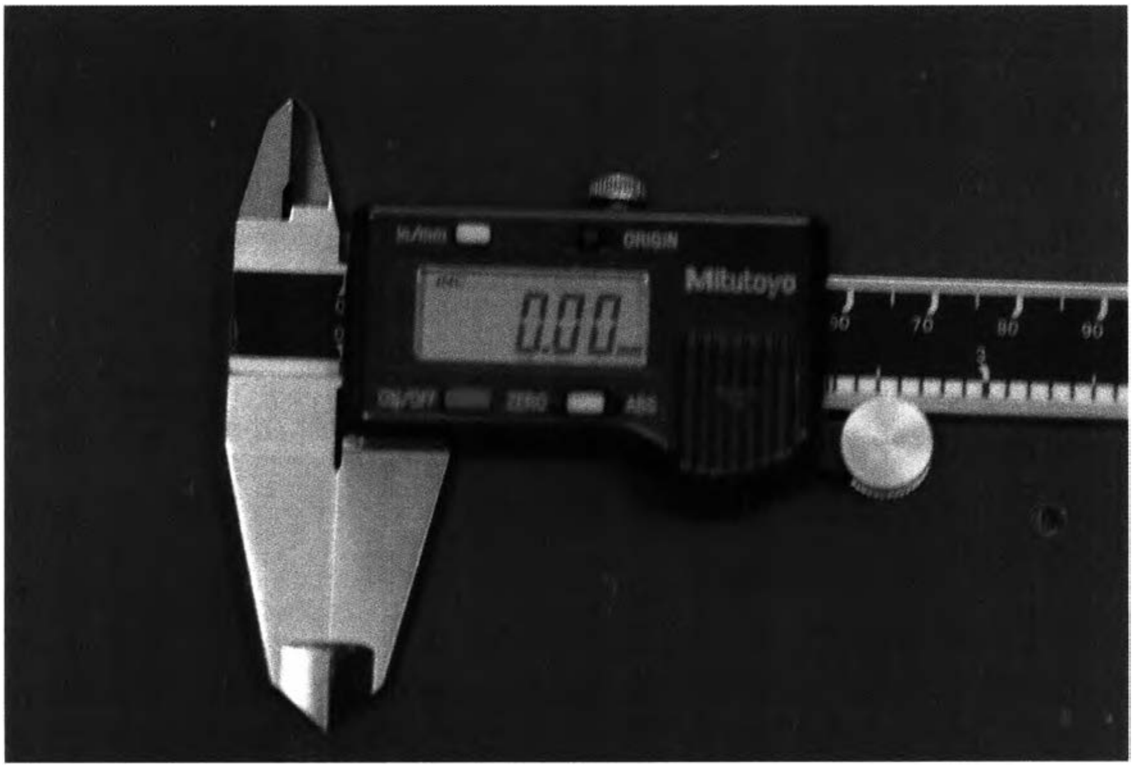
ภาพที่ 4 แสดงท่อพลาสติกใส (Plastic tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีความหนา 3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5 แสดงชิ้นทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และมีความหนา 5 มิลลิเมตร



ภาพที่ 6 แสดงเครื่องตัดชิ้นงาน



ภาพที่ 7 แสดงเครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

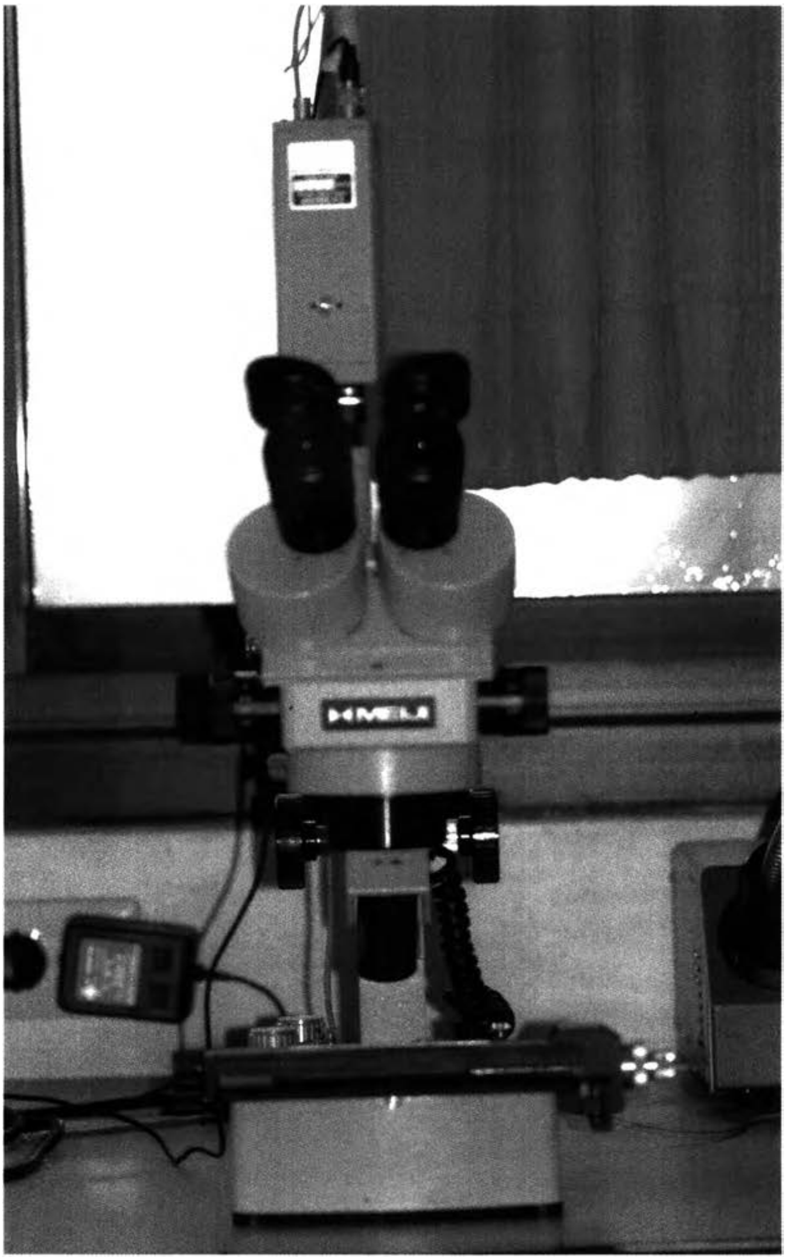
3. <u>การทดสอบค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค</u> (Microtensile bond strength)

นำชิ้นงานที่จะทำการทดสอบมาวัดขนาดโดยใช้เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital vernier caliper) วัดขนาดชิ้นงาน แล้วนำมาทดสอบค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัด (Universal Testing Machine) Load cell 150 N ใช้ความเร็วในการดึง 1 มิลลิเมตรใน 1 นาที โดยจะบันทึกเป็นค่าแรงดึงสูงสุดต่อ 1 หน่วยพื้นที่ หน่วยเป็น เมกะปาสคาล (MPa) บันทึกลงในตาราง

ภาพที่ 8 แสดงเครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัดเพื่อทดสอบค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค

4. การตรวจลักษณะความล้มเหลว

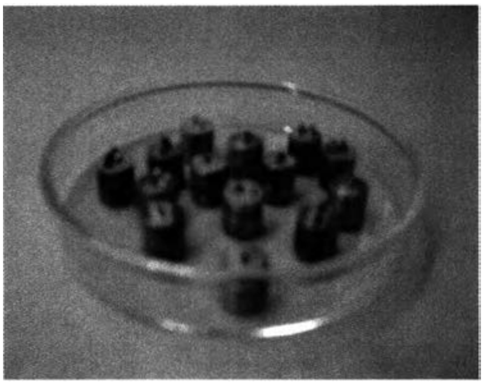
หลังจากเกิดการแตกหัก นำชิ้นงานไปตรวจสอบดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ชนิด สเตอริโอ กำลังขยาย 10 เท่า เพื่อตรวจดูลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น และบันทึกผลลักษณะการแตกหักที่ตรวจพบ



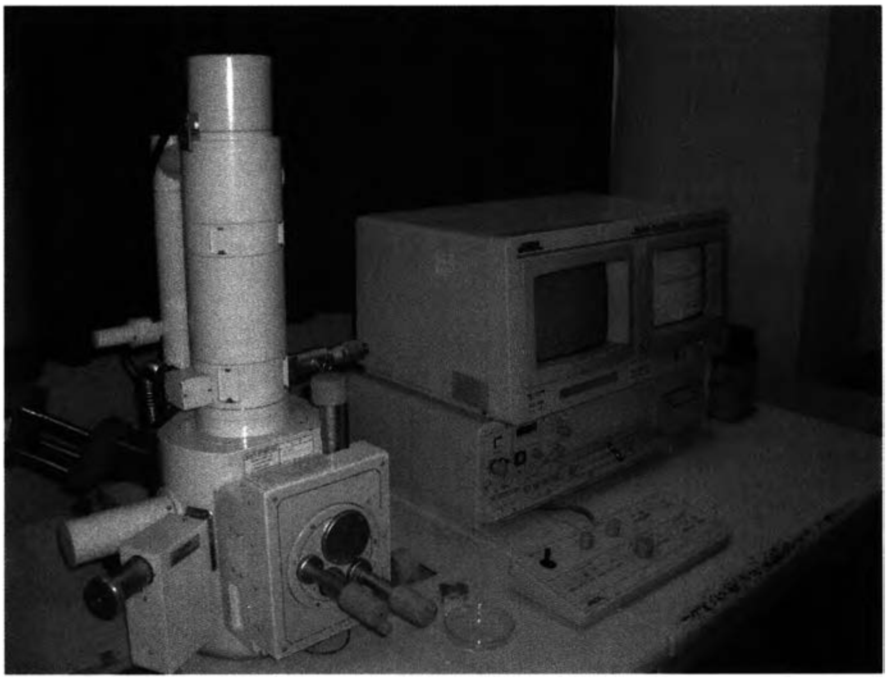
ภาพที่ 9 แสดงกล้องจุลทรรศน์ ชนิดสเตอริโอซึ่งใช้ตรวจดูลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น

5. <u>การตรวจดูลักษณะพื้นผิวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด</u>

สุ่มตัวอย่างนำชิ้นงานที่ผ่านการทดลองแล้วกลุ่มละ 1 ตัวอย่าง มาตรวจดูลักษณะพื้นผิวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM, รุ่น JSM-5410LV) โดยนำชิ้นตัวอย่างที่สุ่มเลือกได้นั้นไปทำให้แห้งด้วยเครื่องกำจัดความชื้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเข้าเครื่องเคลือบตัวอย่างด้วยทอง แล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 2000 เท่า บันทึกลักษณะพื้นผิวที่พบ



ภาพที่10 แสดงชิ้นตัวอย่างหลังจากนำไปเคลือบด้วยทองเพื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพที่11 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด

การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติจึงนำค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาคที่วัดได้มาวิเคราะห์ทางสถิติแบบพารามิเตอร์โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) โดยมีการเตรียมพื้นผิวก่อนการเชื่อมต่อโดยสารยึดติดด้วยวิธีการต่างๆเป็นปัจจัยที่ต้องการทดสอบเปรียบเทียบ ร่วมกับการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟอโรนิ (Bonferroni) ในกรณีที่ประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน และชนิดแทมเฮนส์ ที2 (Tamhane's T2) ในกรณีที่มีประชากรอย่างน้อย1 กลุ่มที่มีความแปรปรวนต่างจากกลุ่มอื่นๆ โดยกำหนดค่านัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P< 0.05$) ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงดึงระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม เอส พี เอส เอส เวอร์ชั่น 13 (SPSS version 13.0)