

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

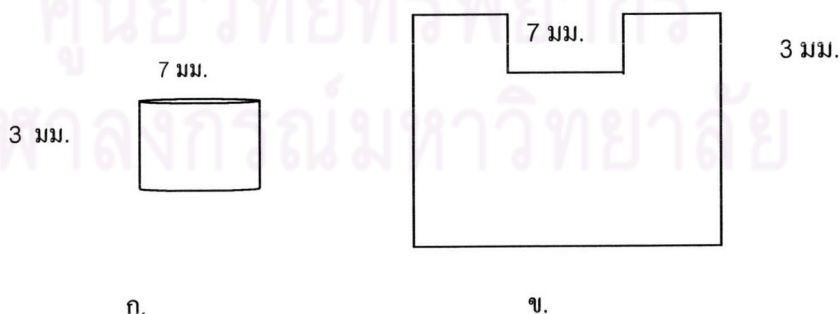
1. ชั้นทดสอบพอร์ซเลน 2 ชนิดดังตารางที่ 1
 - 1.1 แท่งอินกอต (ingot) ของไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ (Vivadent, Schann, Liechtenstein) ที่ผ่านการอัดด้วยความร้อน (heat press)
 - 1.2 อินซีแรม (Inceram, Vita Zahnfabrik, BadSäckingen, Germany) ที่ผ่านขั้นตอนสลิปแคส (slip cast) และการแพร่ผ่านของแก้ว (glass infusion)
 2. เรซินซีเมนต์ 3 ชนิด ดังตารางที่ 2
 - 2.1 ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี (Super bond C&B, Sun Medical, Japan)
 - 2.2 วาโรลิงค์ ทุ (Variolink II, Vivadent, Liechtenstein)
 - 2.3 ปานาเวีย เอฟ (Panavia F, Kuraray, Japan)
 3. ชั้นทดสอบเรซิน คอมโพสิต 2 ชนิด ดังตารางที่ 3
 - 3.1 แซต 250 (Z250, 3M/ESPE) ที่ผ่านการแข็งตัวด้วยการฉายแสง
 - 3.2 ลักซาคอร์ (Luxacore, DMG, Hamburg, Germany) ชนิดบ่มตัวด้วยแสง
- และปฏิกิริยาเคมี
4. ท่อ พีวีซี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร
 5. สติกเกอร์วงกลมใส
 6. วัสดุซิลิโคนชนิดจืด (light body)(Reprosil Dentsply Caulk, Dentsply International Inc., Milford, USA)
 7. วัสดุซิลิโคนชนิดปั้น (putty type)(Reprosil Dentsply Caulk, Dentsply International Inc., Milford, USA)
 8. ซีฟิ่งหล่อแบบสีน้ำเงิน (Blue inlay wax)
 9. อะคริลิกเรซินชนิดใสที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี Neocryl (Brosworth, Ourham, England)
 10. กระดาษทรายน้ำละเอียดเบอร์ 600 (Imptech, Boksburg, South Africa)
 11. ผงอะลูมินัม ออกไซด์ ขนาด 110 ไมครอน (Deldent Ltd., Petach-tikva, Israel)
 12. ผงแก้วขนาด 90 ไมครอน (Vivadent, Schann, Liechtenstein)
 13. กระดาษทรายชนิดมีกาวด้านหลังเบอร์ 400 (Buehler, Germany)
 14. กระดาษทรายชนิดมีกาวด้านหลังเบอร์ 800 (Imptech, Boksburg, South Africa)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องทดสอบสากล (Instron corp., Canton, MA, USA.)
2. เครื่องฉายแสง (3M/ESPE)
3. เครื่องเป่าทรายเพ็บบลาสเตอร์ทู (PenBlaster II, Shofu Inc, Kyoto, Japan)
4. เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก (Ultrasonic cleaner TP680DH, Elma, Germany)
5. เครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer model 471, Pacific transducer, CA, U.S.A.)
6. เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishmachine DPS 3200, Imptech, Sunward Park, South Africa)
7. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสแบบกระຈก (Orbital incubator:ST50 ,Stuart Scientific Co.Ltd., United Kingdom)

ขั้นตอนการเตรียมทดสอบพอร์ซเลน

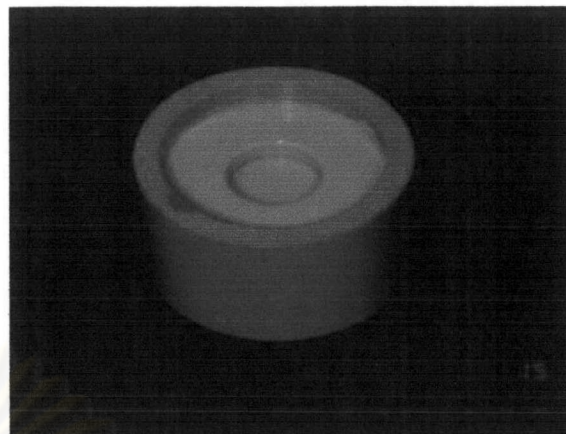
การเตรียมชิ้นทดสอบพอร์ซเลน ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู ทำจากแท่งอินกอตตั้งรูปที่ 14 โดยกระบวนการแทนที่กระสวนขึ้นผึ้ง ซึ่งผ่านขบวนการอัดแท่งขณะอุณหภูมิสูง (high temperature injection molding technique) เตรียมชิ้นทดสอบต้นแบบโดยการกลึงโลหะไร้สนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้นตั้งรูปที่ 10 พิมพ์แบบด้วย วัสดุพิมพ์ปากชนิดปั้นและชนิดฉีดตั้งรูปที่ 11 ซึ่งมีลักษณะเมื่อตัดขวางตั้งรูปที่ 9 จากนั้นเทขึ้นผึ้ง หลอมเหลวลงในแบบพิมพ์ตั้งรูปที่ 12 จะได้กระสวนขึ้นผึ้งทรงกระบอกขนาดเท่ากับต้นแบบตั้งรูปที่ 13 ทำทั้งหมด 90 ชิ้น



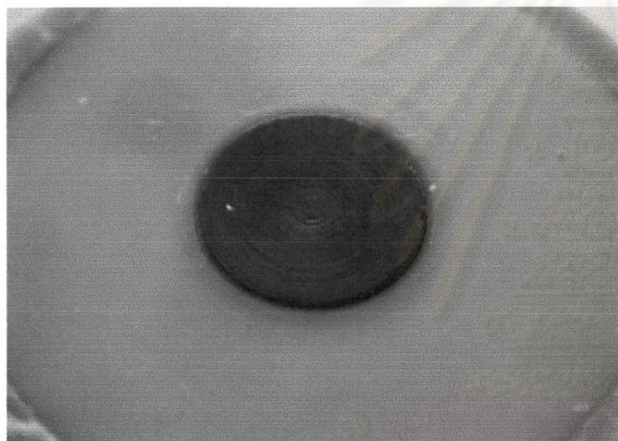
รูปที่ 9 แสดงแผนผังตัดขวางชิ้นทดสอบพอร์ซเลนและแบบพิมพ์ซิลิโคน เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มม. สูง 3 มม.



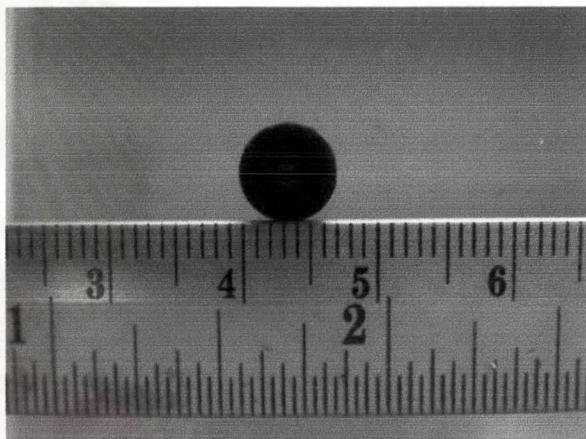
รูปที่ 10



รูปที่ 11



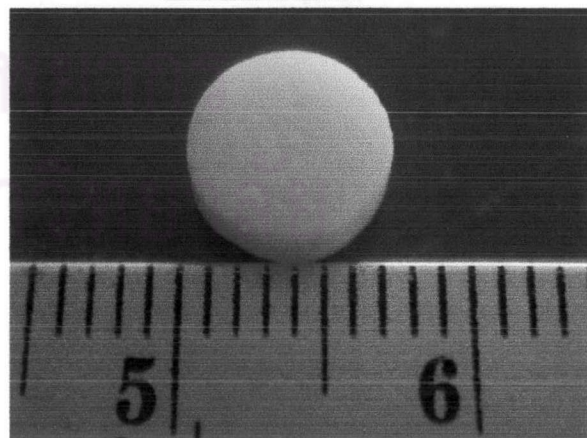
รูปที่ 12



รูปที่ 13



รูปที่ 14

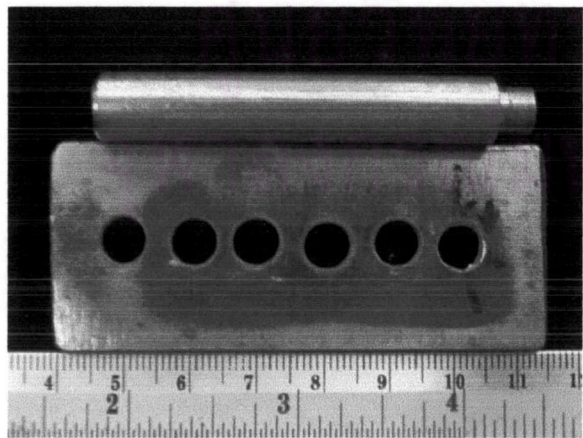


รูปที่ 15

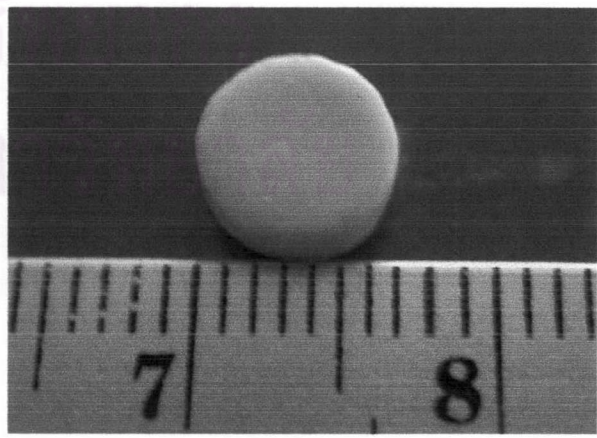
- รูปที่ 10 ต้นแบบโลหะไร้สนิมเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร
- รูปที่ 11 นำต้นแบบมาพิมพ์ด้วยซิลิโคนชนิดฉีดและปั้น
- รูปที่ 12 แสดงแบบซีฟิ่งที่ได้จากการเทซีฟิ่งเหลวลงในต้นแบบพิมพ์ซิลิโคน
- รูปที่ 13 แสดงแบบซีฟิ่งขนาด 7 มิลลิเมตรก่อนนำไปผ่านกระบวนการแทนที่ด้วยไอพีเอส
เอมเพรส ทุ
- รูปที่ 14 แสดงอินกอตของไอพีเอส เอมเพรส ทุ
- รูปที่ 15 แสดงขั้นตอนทดสอบไอพีเอส เอมเพรส ทุ

นำขั้นตอนทดสอบแบบซีฟิ่งทั้ง 90 ขึ้นมาติดซีฟิ่งรูปท่ (spru) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เพื่อเป็นทางให้พอร์ซเลนที่หลอมตัวไหลผ่าน จากนั้นนำกระสวนซีฟิ่งไปผ่านกระบวนการแทนที่ด้วยกระบวนการอัดแท่งอินกอตภายใต้อุณหภูมิสูง (850-900 องศาเซลเซียส) ได้ขั้นตอนทดสอบไอพีเอส เอมเพรส ทุ รูปทรงกระบอกจำนวนทั้งหมด 90 ขึ้น ดังรูปที่ 15

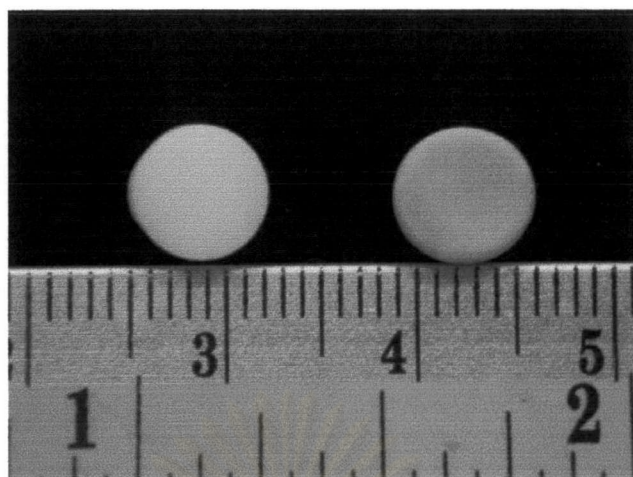
การเตรียมขั้นตอนทดสอบพอร์ซเลน อินซีแรม นำต้นแบบโลหะกลึงไร้สนิมซึ่งเจาะรูทะลุขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตรวางบนกระดาษที่ซับน้ำได้ดีแล้วทาสลิปลงในต้นแบบโลหะดังรูปที่16 รอจนสลิปแห้งแข็งตัวแล้วใช้แท่งเหล็กดันขั้นตอนทดสอบออกจากต้นแบบนำ สลิปแคสท์ไปเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (sintering process) ที่ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำมาผ่านกระบวนการแพร่แก้วผ่าน (glass infusion) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800-1100 องศาเซลเซียสนาน 4-6 ชั่วโมง กำจัดแก้วส่วนเกินด้วยเข็มกรอกากเพชร ได้ขั้นตอนทดสอบเสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 17 ทำขั้นตอนทดสอบทั้งหมดจำนวน 90 ขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับไอพีเอส เอมเพรส ทุจะได้ดังรูปที่ 18



รูปที่ 16



รูปที่ 17



รูปที่ 18

รูปที่ 16 แสดงต้นแบบโลหะเจาะรูของอินซีแรม แต่ละช่องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร สำหรับใส่สลิปแคส

รูปที่ 17 แสดงรูปขึ้นททดสอบอินซีแรมที่เสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 18 แสดงรูปเปรียบเทียบระหว่างขึ้นทดสอบไอพีเอส เอ็มเพรส ทู ทางด้านซ้ายกับขึ้นทดสอบอินซีแรมทางด้านขวา

ขั้นตอนการเตรียมขึ้นทดสอบวัสดุแกนพื้นเรซิน คอมโพสิต

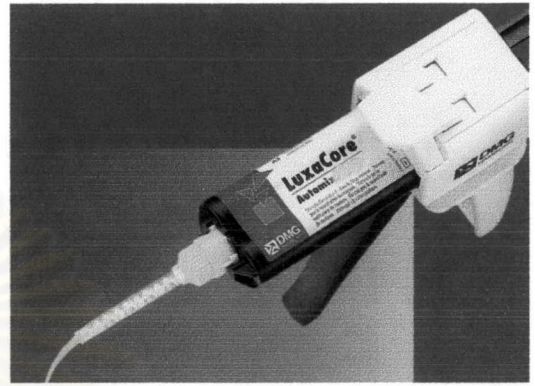
การเตรียมขึ้นทดสอบเรซิน คอมโพสิตแกนพื้น ลักซาคอร์ นำต้นแบบโลหะไร้สนิม เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตรดังรูปที่ 16 คว่ำลงบนแผ่นแก้ว นำวัสดุพิมพ์ปาก ชนิดฉีดมาฉีดรอบต้นแบบ รอให้วัสดุพิมพ์ปากแข็งตัว 10 นาที ได้แม่แบบซิลิโคนที่มีรูทะลุตรงกลางเพื่อให้แสงส่องผ่านไปยังวัสดุเรซิน คอมโพสิตภายใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตรดังรูปที่ 22 นำแม่แบบซิลิโคนที่ได้มาวางบนแผ่นแก้วใส จากนั้นใช้ปืนฉีดวัสดุแกนพื้นลักซาคอร์ดังรูปที่ 20 ลงในแม่แบบ นำแผ่นแก้วมาประกบทับทั้ง 2 ด้านดังรูปที่ 23-24 แล้วฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสดงดังรูปที่ 25 ทั้ง 2 ด้านด้านละ 20 วินาทีนำขึ้นทดสอบออกจากแม่แบบ กำจัดขอบส่วนเกินและกรอแต่งขอบด้านข้างให้เรียบดังรูปที่ 26 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขึ้นทดสอบพอร์ซเลนจะได้ดังรูปที่ 27

การเตรียมขึ้นทดสอบวัสดุบูรณะพื้นเรซิน คอมโพสิตแชต250 นำวัสดุเรซิน คอมโพสิตแชต250 ดังรูปที่ 19 ค่อยๆอัด(plug)ลงในแม่แบบซิลิโคนที่เตรียมไว้จนเต็ม นำแผ่น

แก้วไลติกอันมาประกบทับด้านบนบนฉายแสงทั้ง 2 ด้านนานด้านละ 20 วินาที เพื่อให้วัสดุแข็งตัว
ทั่วทั้งชิ้น จากนั้นกำจัดขอบส่วนเกินและกรอแต่งขอบด้านข้างของชิ้นทดสอบให้เรียบ



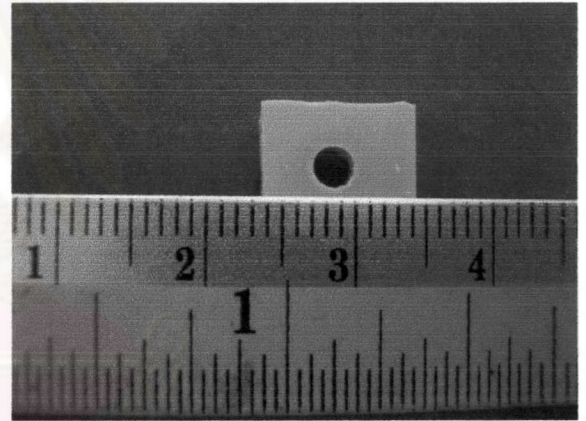
รูปที่ 19



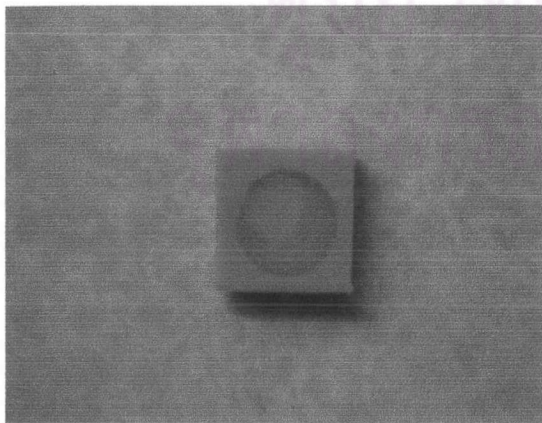
รูปที่ 20



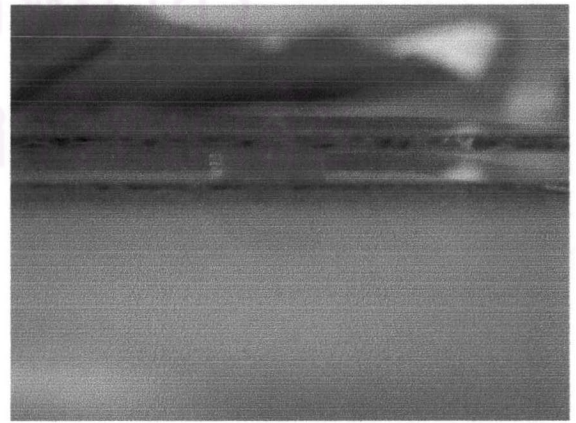
รูปที่ 21



รูปที่ 22



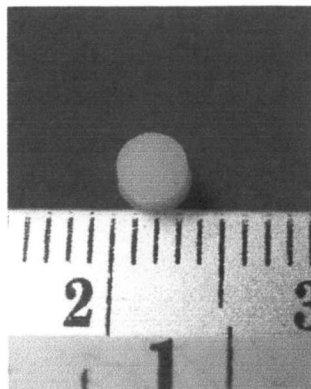
รูปที่ 23



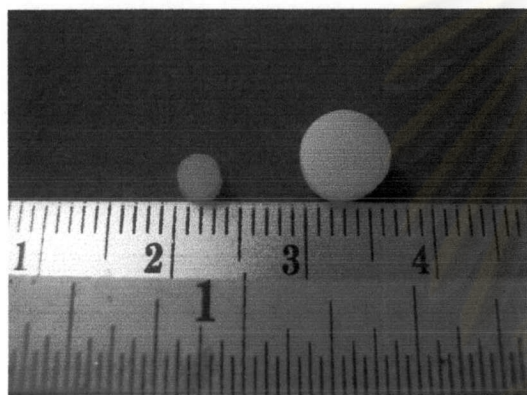
รูปที่ 24



รูปที่ 25



รูปที่ 26

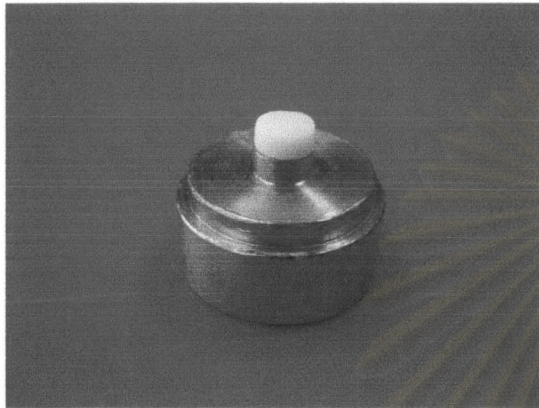


รูปที่ 27

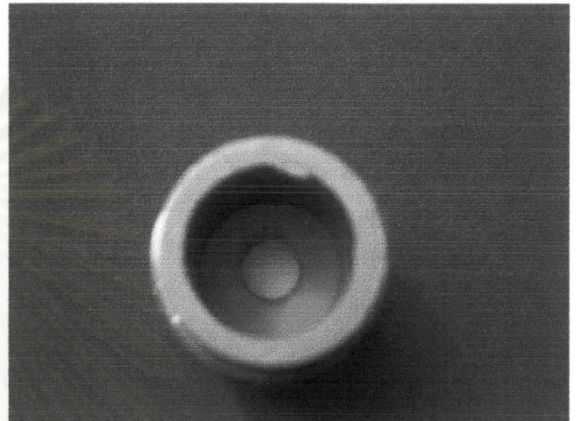
- รูปที่ 19 แสดงหลอดบรรจุวัสดุแกนพื้นแข็ง 250
- รูปที่ 20 แสดงหลอดบรรจุวัสดุแกนพื้นลึกลับพร้อมปืนที่ผสมอัตโนมัติ
- รูปที่ 21 แสดงต้นแบบโลหะไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร
- รูปที่ 22 แสดงแม่แบบซิลิโคนเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร
- รูปที่ 23 แสดงขั้นตอนทดสอบเรซิน คอมโพสิตที่อยู่ในแม่แบบซิลิโคนมีแผ่นแก้วปิดทับทั้ง 2 ด้าน
- รูปที่ 24 แสดงภาพตัดขวางรูปที่ 23
- รูปที่ 25 แสดงรูปเครื่องฉายแสงที่ใช้ในงานวิจัย
- รูปที่ 26 แสดงขั้นตอนทดสอบวัสดุแกนพื้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
- รูปที่ 27 แสดงขั้นตอนทดสอบวัสดุแกนพื้นเปรียบเทียบกับขั้นตอนทดสอบพอร์ชเลน

ขั้นตอนการยึดชิ้นทดสอบในท่อพีวีซี

นำชิ้นทดสอบพอร์ชเลนวางกึ่งกลางแท่นดังรูปที่ 28 นำท่อเหล็กสวมทับบนต้นแบบโลหะ นำท่อพีวีซีมาสวมให้พอดีกับปลอกโลหะ ดังรูปที่ 29-30 ผสมขอโรเรซินเทลงไปในท่อพีวีซี รอจนกว่าจะเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จากนั้นจึงแกะออกมา นำชิ้นทดสอบทั้งหมดมาขัดต่อไป



รูปที่ 28



รูปที่ 29



รูปที่ 30

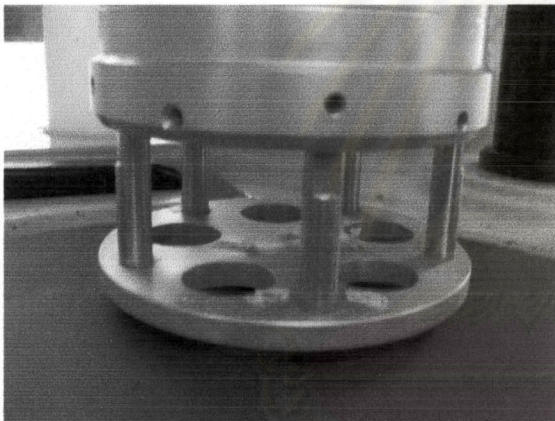
รูปที่ 28 แสดงชิ้นทดสอบพอร์ชเลนที่วางกึ่งกลางแท่นโลหะ

รูปที่ 29 แสดงภาพด้านบนโดยมีชิ้นพอร์ชเลนอยู่กึ่งกลางท่อพีวีซีอยู่คร่อมทับและท่อโลหะอยู่

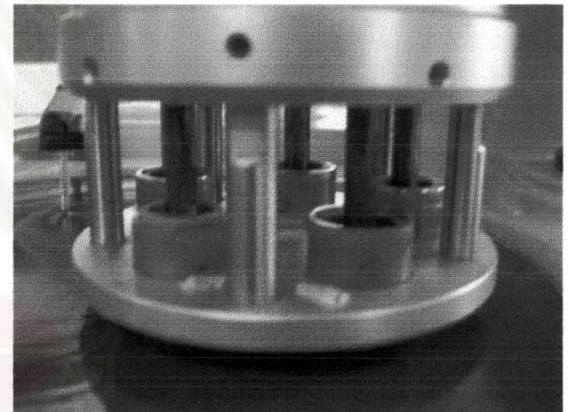
นอกสุดเพื่อควบคุมให้ชิ้นทดสอบอยู่กึ่งกลางท่อพีวีซีทุกชิ้น

รูปที่ 30 แสดงภาพด้านข้างของรูปที่ 29

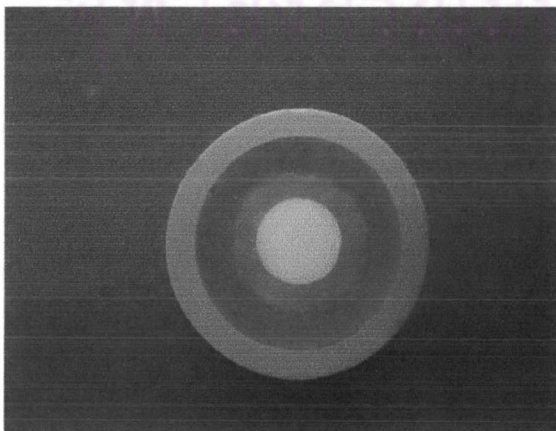
จากนั้นขัดชิ้นทดสอบมาขัดด้วยเครื่องขัดผิว (polishing machine) ดังรูปที่ 31 โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 400 และ 800 ชนิดมีกาวด้านหลังแปะติดกับแผ่นโลหะและยึดเข้ากับเครื่องขัดผิววัสดุ ส่วนชิ้นทดสอบนำมาสวมท่อเหล็กแล้วใส่ในช่องของเครื่องขัดดังรูปที่ 32 ปรับแรงกดขณะขัดที่ความดัน 2 บาร์ ความเร็วจวนหมุนเท่ากับ 250 รอบต่อนาที ในทิศทางเข็มนาฬิกาปรับหัวจับชิ้นทดสอบให้หมุนตามทิศเข็มนาฬิกา ทั้งนี้เพื่อให้ชิ้นทดสอบมีหน้าตัดขวางเป็นระนาบเดียวกัน และตั้งฉากกับแนวตามยาว (long axis) ของท่อ นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการขัดเรียบดังรูปที่ 33 มาแปะเทปกาวด้านเดียวที่มีรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 มิลลิเมตร ติดกึ่งกลางชิ้นทดสอบพอ रखเลนที่ฝังตัวอยู่ในท่อพีวีซีทั้ง 90 ขึ้นเพื่อควบคุมพื้นที่ให้เท่ากันทุกชิ้นโดยใช้อินเด็กซ์อะคริลิกที่ทำขึ้นจากแม่แบบที่ขนาด 3 มิลลิเมตรดังรูปที่ 34-35 มาวางครอบทับท่อพีวีซีแล้วลากเส้นรอบวงด้วยดินสอเบาๆ ดังรูปที่ 36-38 จากนั้นจึงนำเทปกาวที่ผ่านการเจาะรูด้วยเครื่องเจาะกระดาษดังรูปที่ 39-40 ขนาด 3 มิลลิเมตร แปะชิ้นทดสอบตามรอยที่ลากไว้



รูปที่ 31



รูปที่ 32

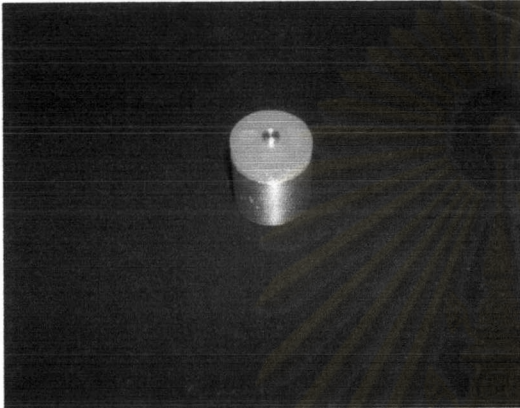


รูปที่ 33

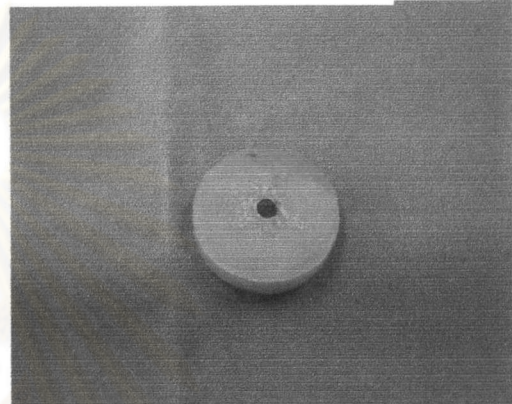
รูปที่ 31 แสดงเครื่องขัดและหัวจับขึ้นทดสอบ

รูปที่ 32 แสดงการขัดขึ้นทดสอบ โดยมีท่อเหล็กประกบขึ้นทดสอบและแท่งกดที่
ความดัน 2 บาร์

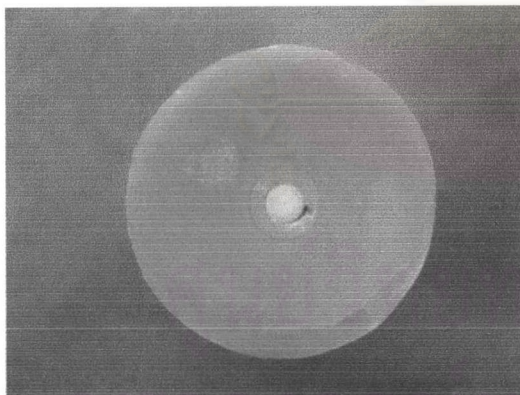
รูปที่ 33 แสดงขึ้นทดสอบที่ผ่านการขัดเรียบร้อยแล้ว



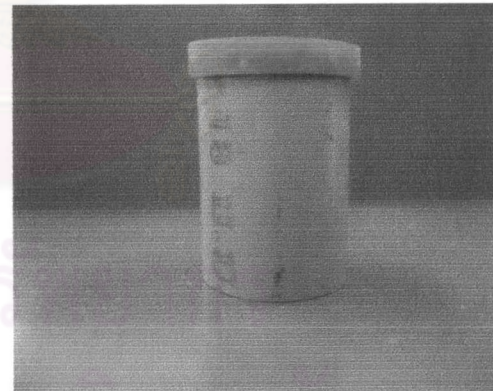
รูปที่ 34



รูปที่ 35



รูปที่ 36



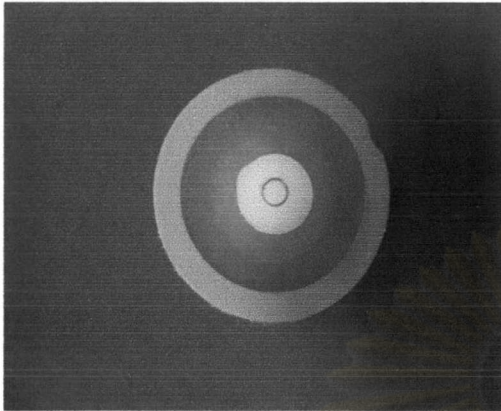
รูปที่ 37

รูปที่ 34 แสดงอะคริลิกอินเด็กซ์ ที่ประดิษฐ์จากต้นแบบโลหะ

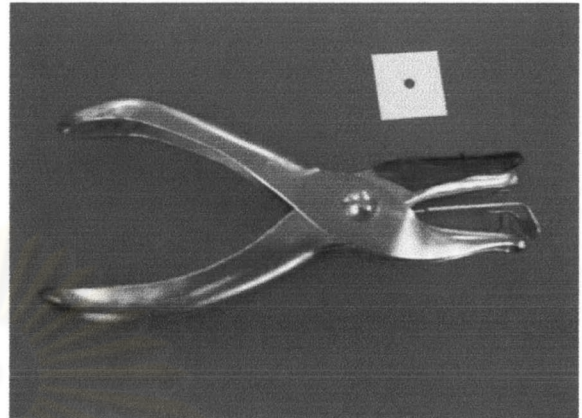
รูปที่ 35 แสดงอะคริลิกอินเด็กซ์

รูปที่ 36 แสดงอะคริลิกอินเด็กซ์เมื่อนำมาคร่อมบนขึ้นทดสอบเพื่อวาดวงกลมขนาด 3 มิลลิเมตร

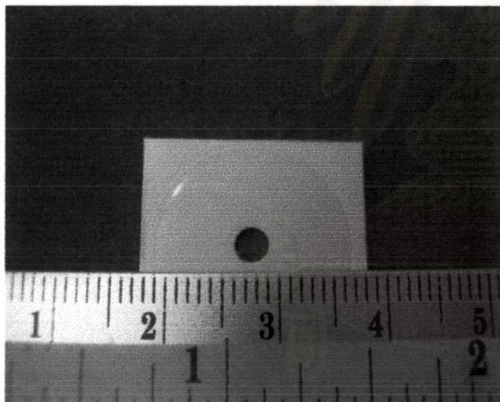
รูปที่ 37 แสดงรูปด้านข้างของรูปที่ 36



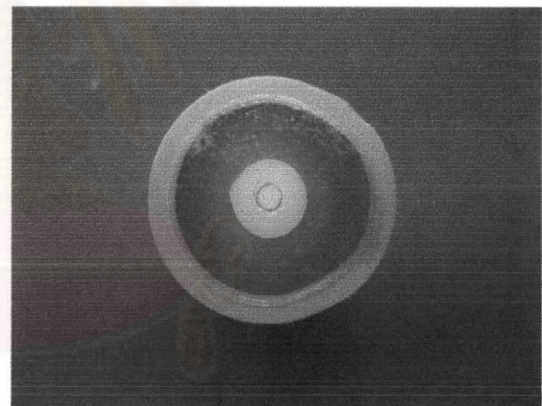
รูปที่ 38



รูปที่ 39



รูปที่ 40



รูปที่ 41

รูปที่ 38 แสดงขั้นตอนสอปที่ผ่านการกำหนดตำแหน่งสำหรับวางสตริกเกอร์ใส่

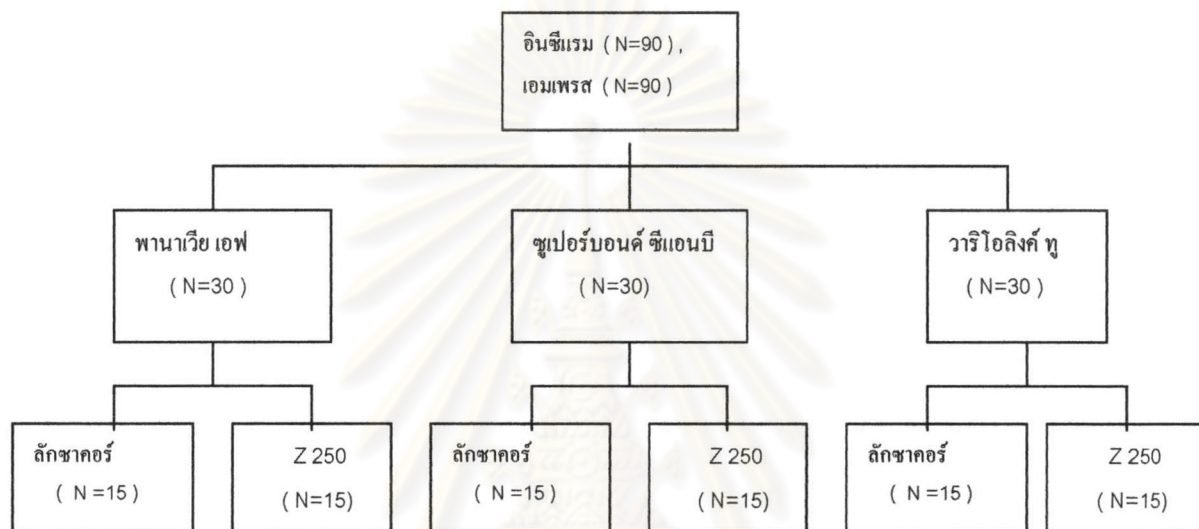
รูปที่ 39 แสดงเครื่องมือที่ใช้เจาะสตริกเกอร์ใส่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร

รูปที่ 40 แสดงชิ้นสตริกเกอร์ใส่ที่ถูกเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ในการยึดติด

รูปที่ 41 แสดงขั้นตอนสอปที่ผ่านการติดสตริกเกอร์ใส่เรียบร้อยแล้ว

การแบ่งกลุ่มขึ้นทดสอบ

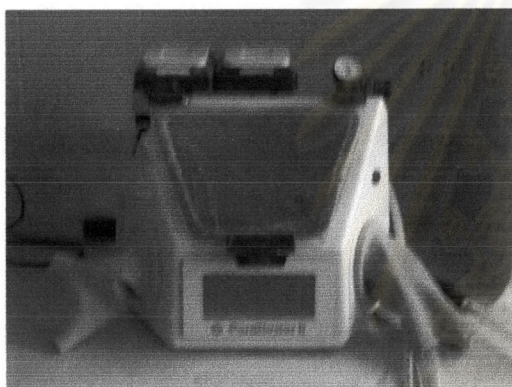
ขึ้นทดสอบพอร์ชเลนประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ กลุ่มอินซีแรมจำนวน 90 ชิ้นและกลุ่มไอพีเอส เอมเพรส ทู จำนวน 90 ชิ้น ในแต่ละกลุ่มพอร์ชเลนจะถูกแบ่งแบบสุ่ม ออกเป็นกลุ่มย่อยตามชนิดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ 3 ชนิด คือ ฟานาเวีย เอฟ ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี และ วารีโอลิงค์ ทู กลุ่มละ 30 ชิ้น ในแต่ละชนิดของซีเมนต์จะยึดติดกับวัสดุแกนฟันอีก 2 ชนิดคือ ลักซาคอร์และแซต 250 เขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



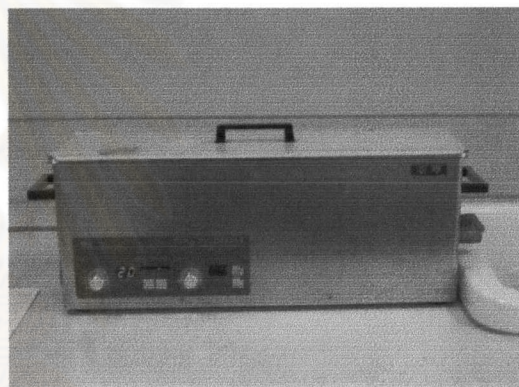
รูปที่ 42 แสดงกลุ่มขึ้นทดสอบทดลองทั้ง 12 กลุ่ม

การเตรียมพื้นผิวชิ้นทดสอบสำหรับยัด

นำชิ้นทดสอบไอพีเอส เอ็มเพรส ทู ทั้งหมดเป่าด้วยผงแก้วขนาด 90 ไมโครเมตรบนพื้นผิวด้านที่ใช้ยัด โดยใช้เครื่องเป่าทราย ยี่ห้อเพ็นบลาสเตอร์ทู (PenBlaster II, Shofu Inc., Kyoto, Japan) ดังรูปที่ 43 ด้วยความดัน 6 เมกกะปาสคาล วางห่างจากหัวเป่า 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 10 วินาที ส่วนอินซีแรมนำไปผ่านการทดสอบหารอยแตกบนผิวหน้า จากนั้นนำไปเป่าด้วยอะลูมินาขนาด 110 ไมโครเมตรด้วยวิธีเดียวกันกับไอพีเอส เอ็มเพรส ทู จากนั้นทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic model TP 680DH) ดังรูปที่ 44 เป็นเวลา 10 นาที ในน้ำกลั่น ที่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 43



รูปที่ 44

รูปที่ 43 แสดงเครื่องเป่าทราย

รูปที่ 44 แสดงเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก

ขั้นตอนการยึดชั้นทดสอบทั้ง 2 ชั้นเข้าด้วยกัน

ขั้นตอนการยึดชั้นทดสอบด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทุ

1. กลุ่มชั้นทดสอบไอพีเอส เอ็มเพรส ทุ ให้ทา ไอพีเอส เอ็มเพรส เอชซิง เจล (IPS Empress etching gel , 4.9%hydrofluoric acid) นาน 20 วินาที ล้างด้วยน้ำสะอาดและเป่าให้แห้ง ส่วนในกลุ่มชั้นทดสอบอินซีแรมทำความสะอาดผิวหน้าด้วยโทเทิล เอช (Total Etch, 37% Orthophospholic acid)นาน 15 วินาที ล้างและเป่าให้แห้ง
2. ทาโมโนบอนด์ เอส (Monobond S, silane coupling agent) นาน 1 นาที และเป่าให้แห้ง
3. ทาเฮลิโอบอนด์ (Heliobond) บนพื้นผิวของพอร์ซเลนให้ทั่วและเก็บไว้ในกล่องวิวาแพด (Vivapad) เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันเมื่อโดนแสง
4. ทาโทเทิล เอช นาน 15 วินาที บนผิวเรซิน คอมโพสิตเซต250และผิวล็กซาคอร์แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 15 วินาที เป่าให้แห้ง
5. ทาซินแทค ไพรมอร์ (Syntac primer) บนผิวเรซิน คอมโพสิตนาน 15 วินาทีแล้วเป่าแห้ง
6. ทาซินแทค แอดฮีซีฟ (Syntac adhesive) บนผิวเรซิน คอมโพสิตนาน 10 วินาที แล้วเป่าแห้ง
7. ทาเฮลิโอบอนด์ (Haliobond) บนพื้นผิวของเรซิน คอมโพสิตและระวังอย่าให้เกิดปฏิกิริยาโดยเก็บไว้ในกล่องวิวาแพดเพื่อป้องกันแสง
8. ผสมวาริโอลิงค์ ทุ ที่ประกอบด้วย ส่วนเบส (base paste) และส่วนเร่งปฏิกิริยาชนิดความหนืดต่ำ (catalyst paste) ในอัตราส่วน 0.9กรัม : 0.9กรัมโดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 วินาที ทาลงบนพื้นผิวพอร์ซเลนที่เตรียมไว้โดยมีเวลาแข็งตัวเท่ากับ 3.5 ± 0.5 นาที
9. ยึดชั้นทดสอบทั้งสองเข้าด้วยกันโดยใช้อะคริลิกอินเดกซ์และใช้เครื่องดูโรมิเตอร์น้ำหนัก1,000 กรัม
10. กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน
11. ฉีดสารป้องกันออกซิเจน (liquid strip, glycerine gel) ฉายแสงสีฟ้าที่มีคลื่นความยาว 400-500 นาโนเมตรที่ด้านข้างทั้ง 3 ด้าน ด้านละ 20 วินาที
12. กดทับด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ น้ำหนัก 1000 กรัมเป็นเวลา10 นาที

ขั้นตอนการยึดขึ้นทดสอบด้วยระบบเรซินซีเมนต์ พานาเวีย เอฟ

1. กลุ่มขึ้นทดสอบไอพีเอส เอ็มเพรส ทู ทาไอพีเอส เอ็มเพรส เอชซิง เจล (IPS Empress etching gel ,4.9% hydrofluoric acid)นาน 20 วินาที ล้างด้วยน้ำสะอาด ส่วนกลุ่มขึ้นทดสอบอินซีแรมไม่ต้องทำ
2. ทาเค เอชแซนซ์ เจล (K-etchance gel, 37% phospholic acid) บนผิวพอร์ซเลนทั้ง 2 ชนิด 5 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำ
3. ทาเคลียร์ฟิล พอร์ซเลน บอนด์ แอกติเวเตอร์บนผิวพอร์ซเลน (Clearfil Porcelane Bond Activator, silane coupling agent) เป่าให้แห้ง
4. ผสม อีดี ไพรม์เมอร์ (ED primer) ของเหลว เอ และ บี (liquid A, liquid B) อย่างละ 10 ไมโครลิตรทาลงบนผิวของ เรซิน คอมโพสิต 1นาที่ เป่าลมเบาๆให้แห้ง
5. ผสมเรซินซีเมนต์ส่วน เอ และ บี (Past A, Past B) อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 0.9กรัม : 0.9 กรัม เป็นเวลา 20 วินาทีแล้วทาลงบนผิวพอร์ซเลนที่เตรียมไว้
6. ยึดขึ้นทดสอบทั้งสองเข้าด้วยกันโดยใช้อะคริลิกอินเดกซ์และใช้เครื่องดูโรมิเตอร์น้ำหนัก1,000 กรัม
7. กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินด้วยฟู่กัน
8. ฉีดสารป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจน (Oxyguard II) โดยรอบบริเวณรอยต่อ และฉายแสงสีฟ้าคลื่นความยาว 400-500 นาโนเมตร ด้านข้างทั้ง 3 ด้าน เป็นเวลาด้านละ 20 วินาที
9. กดทับด้วยดูโรมิเตอร์น้ำหนัก 1000 กรัมเป็นเวลา 10 นาที

ขั้นตอนการยึดขึ้นทดสอบด้วยระบบเรซินซีเมนต์ ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี

1. ในกลุ่มขึ้นทดสอบ ไอพีเอส เอ็มเพรส ทู ให้ทา ไอพีเอส เอ็มเพรส เอชซิง เจล (IPS Empress etching gel, 4.9% hydrofluoric acid) นาน 20 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด
2. ทาเรด แอกติเวเตอร์ (Red activator, 37 % phospholic acid) บนผิวพอร์ซเลนนาน 60 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าให้แห้ง
3. ผสมพอร์ซเลน ไลเนอร์ เอ็ม (porcelain liner M) ส่วนของเหลว เอ และของเหลวบี (liquid A, liquid B) ทาลงบนพื้นผิวของพอร์ซเลน
4. ทากรีน แอกติเวเตอร์ บนผิว เรซิน คอมโพสิตนาน 60 วินาทีแล้วล้างออก เป่าให้แห้ง
5. ปิเปตซูเปอร์บอนด์โมโนเมอร์ (Superbond monomer: MMA) กับแคทาลิสต์ เอส(catalyst S : TBB) อัตราส่วน 4:1 ผสมเข้าด้วยกัน ทาบนผิวเรซิน คอมโพสิตและพอร์ซเลน
6. ผสมโพลีเมอร์ 0.75 กรัมกับของเหลวในข้อ 5 ให้เข้ากันแล้วทาลงบนผิวพอร์ซเลน

7. ยึดขึ้นทดสอบทั้งสองเข้าด้วยกันโดยใช้อะคริลิกอินเดกซ์และใช้เครื่องคูโรมิเตอร์น้ำหนัก 1,000 กรัม
8. กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินทันที
9. กดทับด้วยคูโรมิเตอร์ด้วยน้ำหนัก 1,000 กรัมเป็นเวลา 10 นาทีด้วย



รูปที่ 45



รูปที่ 46



รูปที่ 47



รูปที่ 48

รูปที่ 45 แสดงชุดเรซินซีเมนต์ วาโรลิงค์ทู

รูปที่ 46 แสดงชุดเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ เคเอสแชนซ์ เจลและเคลียร์ฟิล พอร์ซเลน บอนด์ แอกติเวเตอร์

รูปที่ 47 แสดงชุดเรซินซีเมนต์ ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี

รูปที่ 48 แสดงพอร์ซเลนไลเนอร์ เอ็ม

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของพอร์ซเลน

Trade name	Material	Composition (%)	Manufacturer	Batch No.
In-Ceram	Aluminous porcelain	Al ₂ O ₃ 70 % , LaAl ₂ O ₃ 30%	Vita Zahnfabrik, BadSckingen, Germany	6105H
IPS Empress 2	Lithium disilicate & Lithium ortho phosphate glass	SiO ₂ 45-70% , Al ₂ O ₃ 5-22% , P ₂ O ₅ 0.5-6.5 % , K ₂ O 3-9 % , Na ₂ O 4-13 % , CaO 1-11 % , F 0.1-2.5 % , อื่นๆ 10 %	Vivadent, Schaan, Liechtenstein	C 45929

ตารางที่ 2 แสดงชนิดของเรซินซีเมนต์และส่วนประกอบ

Material	Product name	component	Functional group	type	Manufacturer	Batch number
Rasin cement	Super-bond C&B	PMMA, MMA-4-META TBB	Methacrylate group	Self cure	Sun Medical, Shiga, Japan	FM 1
	Panavia F	Bis-GMA,MDP	Methacrylate group	Dual cure	Kuraray, Osaka, Japan	51394
	Variolink II	Bis-GMA	Methacrylate group	Dual cure	Vivadent , Schaan, Liechtenstein	E25000

Bis-GMA = Bis- glycidylmethacrylate

MDP = 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate

PMMA = Polymethylmethacrylate

MMA = Methylmethacrylate

4-META =4-Methacryloyloxyethyl trimellitateanhydride

TBB = Tri-n-butylborane

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของวัสดุแกนฟัน

Material	Product name	component	Functional gr.	type	Manufacturer	Batch number
Composite core	Luxacore	Barium glass , pyogenic silica 72 % Bis-GMA , UDMA, DDDMA, HDDMA 26%	Bis-GMA	Self cure, macrofill	DMG, Hamburg, Germany	02280052
	Z250	Bis-GMA , TEGDMA, UDMA, Bis-EMA(6)	Bis-GMA	Light cure, Hybrid	3M/ESPE	20021022

Bis-GMA = Bis- diglycidyl ether dimethacrylate

Bis-EMA(6) = Bisphynol A polyethelene glycol diether dimetracrylate

UDMA = Urethane dimethacrylate

TEGDMA = Triethylene glycol dimethacrylate

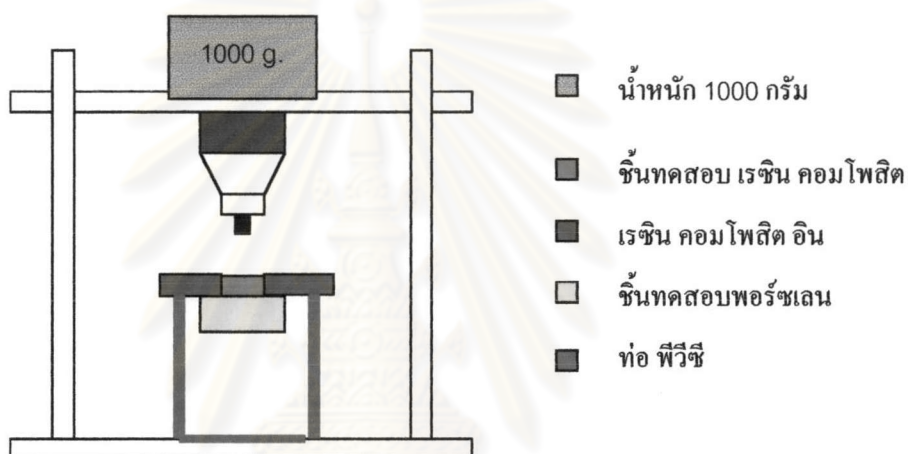
DDDMA = Dodecanediol dimethacrylate

HDDMA = Hexanediol dimethacrylate

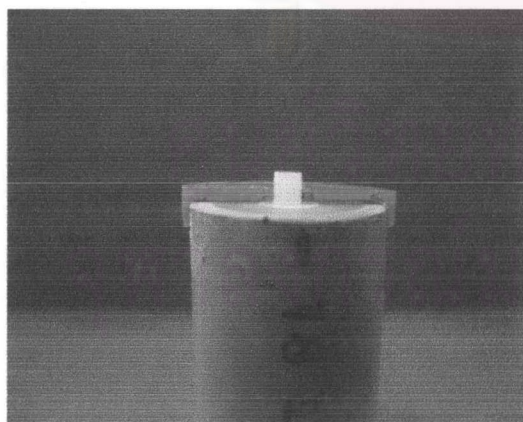
ศูนย์วิทยุทันตวิทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการยึดขึ้นทดสอบ

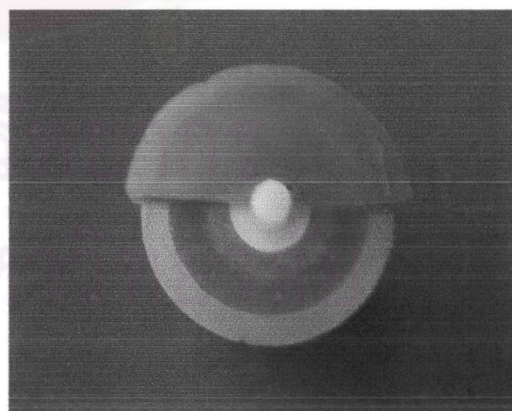
นำขึ้นทดสอบที่ยึดติดกันโดยใช้อะคริลิคอินเดกซ์ในการควบคุมตำแหน่งของขึ้นทดสอบดังรูปที่ 50-51 มากดด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer model 471, Pacific transducer, CA, U.S.A.) น้ำหนัก 1,000 กรัมที่ตำแหน่งกึ่งกลางในทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิว ดังรูปที่ 49 ใช้เวลากด 10 นาที หลังจากยึดขึ้นทดสอบเรียบร้อยแล้วดังรูปที่ 53 นำมาตั้งในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แกะสติ๊กเกอร์ที่ใช้ในการกำหนดขนาดที่ยึดติด จากนั้นแช่ขึ้นทดสอบในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนในตู้ควบคุมอุณหภูมิดังรูปที่ 54 นำไปทดสอบกำลังความแข็งแรงของกำลังยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล



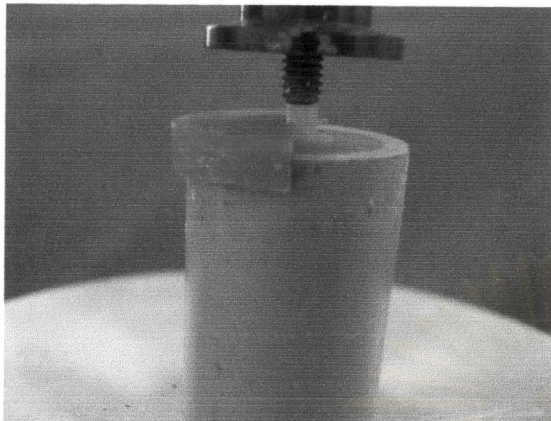
รูปที่ 49 แสดงแผนผังการยึดขึ้นทดสอบด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์



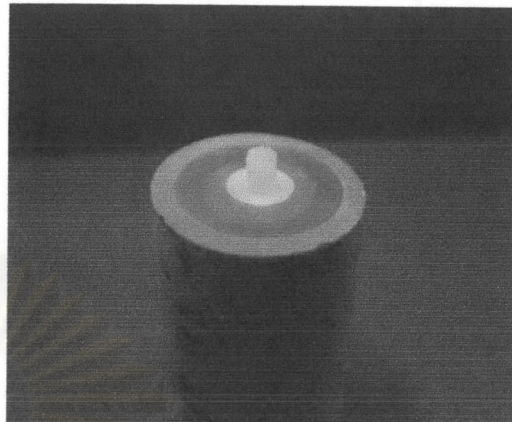
รูปที่ 50



รูปที่ 51



รูปที่ 52



รูปที่ 53



รูปที่ 54

รูปที่ 50-51 แสดงการยัดขึ้นทดสอบด้วยอะคริลิกอินเด็กซ์ เพื่อให้ขึ้นทดสอบเรซิน

คอม โพลีตอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางท่อพีวีซีทุกชิ้น

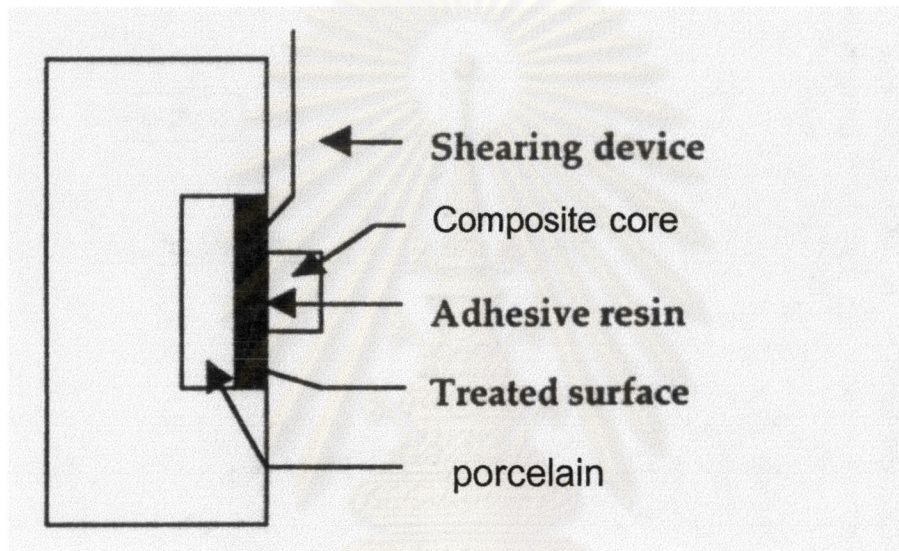
รูปที่ 52 แสดงการยัดขึ้นทดสอบด้วยเครื่องคูโรมิเตอร์

รูปที่ 53 แสดงขึ้นทดสอบที่ยัดเรียบร้อยแล้ว

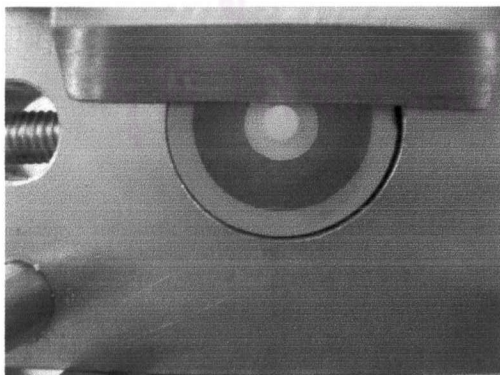
รูปที่ 54 แสดงตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของกำลังยึดเหนี่ยว

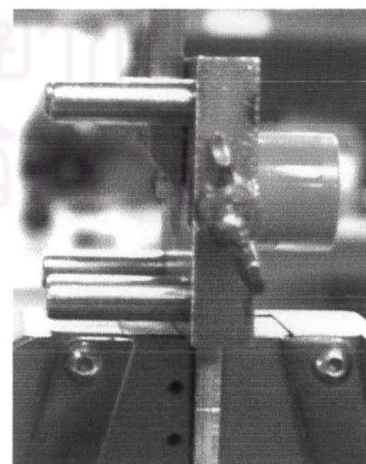
นำชิ้นทดสอบมาหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine) ชนิดไปมีดมีคมความเร็วหัวทดสอบ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที และใช้โหลดเซลล์ (Load cell) ขนาด 10 กิโลนิวตัน ยึดชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องจับโดยให้แนวนอนของหัวทดสอบขนานกับรอยต่อของชิ้นทดสอบ ส่วนคมของหัวทดสอบอยู่พอดีกับรอยต่อดังรูปที่ 55-57 บันทึกค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่ทำให้ชิ้นทดสอบหลุดจากกัน



รูปที่ 55 แผนผังแสดงลักษณะการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยว



รูปที่ 56 แสดงภาพด้านหน้าของชิ้นทดสอบที่กำลังทดสอบด้วยเครื่อง



รูปที่ 57 แสดงภาพด้านข้างของชิ้นทดสอบที่กำลังทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากล

นำค่าแรงที่ได้มาคำนวณค่าความแข็งแรงของกำลังยึดเหนี่ยวด้วยสูตร

$$\text{ความแข็งแรงของกำลังยึดเหนี่ยว} = \text{แรงยึดเหนี่ยว (N)} / \text{พื้นที่หน้าตัด (cm}^2\text{)}$$

ได้ค่าความแข็งแรงของกำลังยึดเหนี่ยวมีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเซนติเมตร (N/cm^2) หรือ ปาสคาล (Pa) จากนั้นนำขึ้นทดสอบมาส่องกล้อง สเตอริโอสโคป (stereoscope) กำลังขยาย 15 เท่าดังรูปที่ 58 เพื่อตรวจสอบลักษณะการแตกหัก พบว่ามี 5 ลักษณะดังนี้

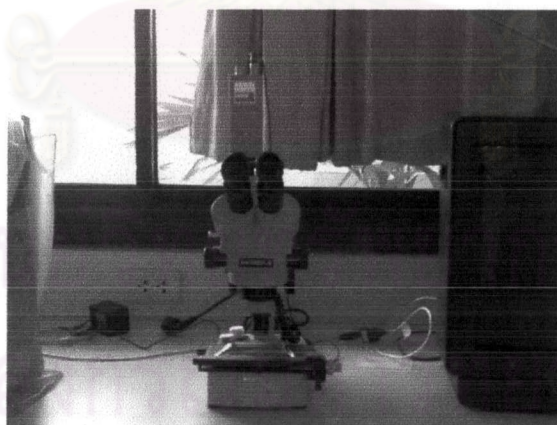
กลุ่มที่ 1 การแตกของชิ้นทดสอบเริ่มจากวัสดุแกนพื้นเรซิน คอมโพสิตผ่านเข้าสู่เนื้อของเรซินซีเมนต์ไปสิ้นสุดที่รอยต่อระหว่างผิวของเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลน

กลุ่มที่ 2 การแตกของชิ้นทดสอบเริ่มจากชั้นของเรซินซีเมนต์ผ่านไปยังรอยต่อระหว่างพื้นผิวเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลน

กลุ่มที่ 3 การแตกของชิ้นทดสอบมีลักษณะเป็นการแตกที่ผิวรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลนและเรซินซีเมนต์กับวัสดุแกนพื้นโดยมีบางส่วนของเรซินซีเมนต์ติดอยู่กับพอร์ซเลน และบางส่วนติดอยู่กับวัสดุแกนพื้นเรซิน คอมโพสิต

กลุ่มที่ 4 การแตกของชิ้นทดสอบอยู่ภายในชั้นของเรซินซีเมนต์เท่านั้น

กลุ่มที่ 5 การแตกของชิ้นทดสอบเกิดที่บริเวณผิวหน้ารอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับเรซินซีเมนต์เท่านั้น



รูปที่ 58 แสดงกล้องสเตอริโอสโคปส่องดู
ลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบ

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าความแข็งแรงของกำลังยึดเฉือนของชิ้นทดสอบทั้งหมดมาบันทึกในตารางที่ 46-57 จากนั้นวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม เอสพีเอสเอส รุ่น 10 (SPSS version 10.0) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 3 ปัจจัย (Univariate ANOVA) เพื่อดูผลของปัจจัยคือ ชนิดของพอร์ซเลน ชนิดของเรซินซีเมนต์ ชนิดของวัสดุเรซิน คอมโพสิตแกนฟันและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 3 ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparison) ชนิด แทมเฮน ที2 (Tamhane's T2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

วิเคราะห์ลักษณะการแตก ด้วยโปรแกรม เอสพีเอสเอส รุ่น 8 ใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โรล กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ เพื่อดูลักษณะการแตกของชิ้นทดสอบทั้ง 12 กลุ่มว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ จากนั้นนำชิ้นทดสอบมาประเมินว่าเรซินซีเมนต์ติดอยู่กับวัสดุชนิดใดมากกว่ากันเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ