

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### กลุ่มตัวอย่าง

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อทดสอบหาค่าความทนแรงดึงของกลุ่มทดลอง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้นตัวอย่าง ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 เนื้อฟันวีว เป็นกลุ่มควบคุม (Control)
- กลุ่มที่ 2 ไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวีวด้วยกรด 10-3 (HD10-3)
- กลุ่มที่ 3 ไฮบริดซ์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันวีวด้วยกรด 1-1 (HD1-1)
- กลุ่มที่ 4 วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล (Metafil)
- กลุ่มที่ 5 วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 (P60)

##### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ ( Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA)
2. เครื่องดิจิตอลคาลิเปอร์ (Digimatic caliper, Mitutoyo Corp., Tokyo, Japan)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด (Balance, BP 110S, Sartorius, Goettingen, Germany)
4. เครื่องถ่ายภาพรังสีความต่างศักย์ต่ำ (Gendex GX1000, model 46-1588064, at 50 kvp, 10 MA, 0.22 วินาที, Gendex Corp., Wisconsin, USA)
5. ปิเปตชนิดอัตโนมัติ (Automatic pipette, P1000, Gilson, Villiers-le-Bel, France)
6. เครื่องฉายแสง (Curing light unit 2500, 3M Dental Products, MN, USA)
7. ตู้อบอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (Incubator, Contherm digital series 3210, Marietta, Ohio, USA)
8. เครื่องทดสอบแรงแบบสากล (Instron Universal Testing Machine, model 5566, Instron Corp., Buckinghamshire, UK)
9. เครื่องดูความชื้น (Dry keeper, JEOL company, Tokyo, Japan)
10. เครื่องเคลือบชั้นตัวอย่างด้วยอนุภาคทอง (Gold coater, JFC 1200, JEOL company, Tokyo, Japan)

11. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, JSM 5410LV, JEOL company, Tokyo, Japan)
12. กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Zoom stereo microscope, model EMZ series, Meiji Techo Co.,Ltd., Tokyo, Japan)
13. เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, model DPS 3200, Imptech, Boksburg, South Africa)
14. เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก (Ultrasonic cleaner, Branson 5210, Branson, Connecticut, USA)
15. หัวรอกากเพชรรูปทรงกระบอก (Fissure diamond bur, No 204, Intensiv SA, Viganello-Lugano, Switzerland)

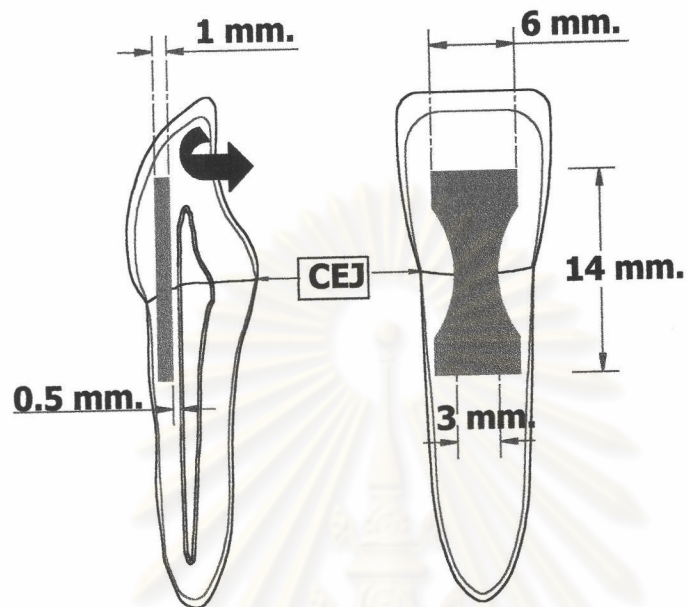
## การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

### การเตรียมชิ้นเนื้อฟันวัว

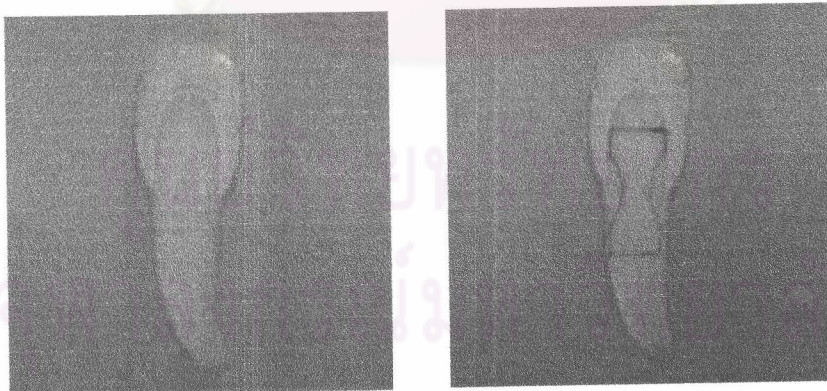
การทดลองนี้ใช้ฟันตัดของวัวจำนวน 30 ซี่ ซึ่งถอนมาจากวัวที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว (อายุ 4 ปีขึ้นไป) ทำความสะอาดฟันและเก็บไว้ในน้ำกลั่นในสภาพแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เก็บไว้ในเวลาไม่เกิน 3 เดือน นำฟันแต่ละซี่มาตัดเนื้อฟันในระนาบตามแกนใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesiodistal plane) ให้ขนานแนวแกนตามยาว (long axis) ของฟัน โดยกำหนดจุดเริ่มต้นของการตัดอยู่ห่างจากโพรงประสาทฟัน 0.5 มิลลิเมตร ณ ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน ให้ได้ความหนาของเนื้อฟัน 1 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ ด้วยแรงกด 200 นิวตัน ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที จากนั้นขัดชิ้นเนื้อฟันวัวดังกล่าวด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 400 (Silicon carbide abrasive paper P400, Imptech, Boksburg, South Africa) ให้มีความหนาของเนื้อฟันวัวบริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน  $1 \pm 0.05$  มิลลิเมตร

คัดลอกรูปร่างมินิเดมัมเบลล์จากแม่แบบลงบนเนื้อฟันวัว จากนั้นกรอแต่งฟันให้ได้รูปร่างเดมัมเบลล์ โดยใช้หัวรอกากเพชรรูปทรงกระบอก (หัวกรอ 1 หัวต่อ 5 ชิ้นตัวอย่าง) ด้วยเครื่องกรอฟันชนิดความเร็วสูงและมีน้ำฉีดระบายความร้อนตลอดเวลา ให้ได้รูปร่างเดมัมเบลล์ ซึ่งมีความกว้าง 6 มิลลิเมตร ความยาว 14 มิลลิเมตร ส่วนแคบที่สุดคือจุดกึ่งกลางซึ่งอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน มีความกว้าง 3 มิลลิเมตร มีพื้นที่หน้าตัดบริเวณส่วนแคบที่

สุดเท่ากับ 3 x 1 ตารางมิลลิเมตร ดังรูปที่ 5, 6 และ 7 ในการวัดขนาดชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นต้องมี ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตรในแต่ละด้าน โดยใช้เครื่องดิจิตอลคาลิเปอร์



รูปที่ 5 แสดงแนวการตัดฟันด้านข้าง ด้านหน้า และขนาดของชิ้นดัมป์เบลล์  
(CEJ = รอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน)



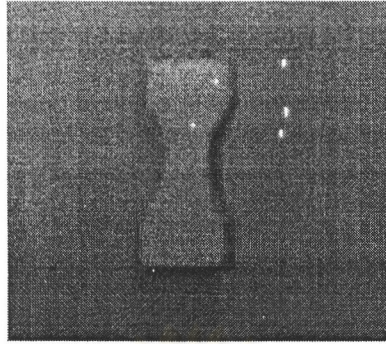
ก.

ข.

รูปที่ 6 แสดงแผ่นขึ้นเนื้อฟันวุ้นที่ตัดในระนาบตามแกนใกล้กลาง-ไกลกลาง

ก. ก่อนคัดลอกรูปร่างมินิ ดัมป์เบลล์

ข. ภายหลังคัดลอกรูปร่างมินิ ดัมป์เบลล์

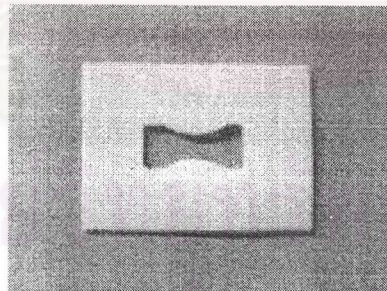


รูปที่ 7 แสดงแผ่นชิ้นเนื้อฟืนว้าวที่ตัดเป็นรูปดัมป์เบลล์

แบ่งชิ้นเนื้อฟืนว้าวที่ได้ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้นโดยการสุ่ม กลุ่มแรกนำไปแช่น้ำ กลั่นที่อุณหภูมิ  $37 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ (กลุ่มควบคุม) ส่วน ชิ้นเนื้อฟืนว้าวกลุ่มที่ 2 และ 3 นำไปเตรียมเป็นไฮบริดซ์เดนทีนต่อไป

การเตรียมไฮบริดซ์เดนทีน (กลุ่ม HD10-3 และ HD1-1)

สร้างแบบพิมพ์ของชิ้นเนื้อฟืนว้าวรูปดัมป์เบลล์แต่ละชิ้นด้วยแผ่นโพลีเตตระฟลูออโรเอธิลีน หรือเทฟลอน (polytetrafluoroethylene or teflon) ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงแบบพิมพ์แผ่นโพลีเตตระฟลูออโรเอธิลีน

นำชิ้นตัวอย่างจากกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 ชิ้น แช่ในกรด 10-3 (กลุ่ม HD10-3) ปริมาณ 60 มิลลิลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (จากการศึกษานำร่อง) และชิ้นตัวอย่างจากกลุ่มที่ 3 จำนวน 10 ชิ้น แช่ในกรด 1-1 (กลุ่ม HD1-1) ปริมาณ 60 มิลลิลิตร เป็นเวลา 60 ชั่วโมงโดยเปลี่ยนกรดทุก 24 ชั่วโมง (จากการศึกษานำร่อง) เพื่อละลายส่วนของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทท์ซึ่งเป็นอนินทรีย์สาร ออกให้หมด กลายเป็นชิ้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทีน หลังจากนั้นนำชิ้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทีนมาแช่

ในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร นาน 30 นาที ชับน้ำด้วยกระดาษซับ (Kimberly-Clark, Kimberly-Clark Thailand Co.,Ltd, Thailand) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำขึ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นแช่ในโพร์เมตา 5 เปอร์เซนต์ (4-META, Sun Medical Co.,Ltd., Kyoto, Japan) ในอะซีโตน 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (จากการศึกษานำร่อง) แล้วนำไปแช่ในส่วนเหลวของเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซี-แอนด์บี (Superbond C&B, Sun Medical Co.,Ltd., Kyoto, Japan) ดังรูปที่ 9 ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดก่อดัวด้วยปฏิกิริยาเคมี ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มีดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (จากการศึกษานำร่อง) นำขึ้นงานใส่ในแบบพิมพ์โพลีเอสเตอร์ฟลูออโรเอธิลีนเพื่อควบคุมขนาดของชิ้นตัวอย่างให้เท่าเดิม พร้อมกับผสมเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ดังรูปที่ 9 ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตใส่ในแบบพิมพ์พร้อมกันเพื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ปิดทับด้วยแผ่นสไลด์แก้วเพื่อควบคุมความหนาของชิ้นตัวอย่าง ดังรูปที่ 10 ทิ้งไว้ให้วัสดุแข็งตัว 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ  $23 \pm 2$  องศาเซลเซียส นำขึ้นไฮบริโดซ์เดนท์ที่ได้ไปขัดแต่งด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 400 และกรอแต่งด้วยหัวกรอจากเพชรรูปทรงกระบอกเพื่อกำจัดส่วนเกิน จากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ  $37 \pm 2$  องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ

ตรวจสอบอนินทรีย์สารในชิ้นตัวอย่าง 2 วิธีร่วมกัน วิธีการแรกคือการชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างขณะแช่ในสารปรับสภาพทุก 2 ชั่วโมงจนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดที่มีความละเอียดถึง 0.0001 กรัม ก่อนชั่งน้ำหนักทุกครั้งให้นำชิ้นตัวอย่างซับด้วยกระดาษซับ 1 นาที วิธีการที่ 2 คือการวัดความหนาแน่นทางรังสีเปรียบเทียบกับชิ้นเนื้อฟันวัว(กลุ่มควบคุม) ภายหลังการแช่สารปรับสภาพแล้ว ด้วยฟิล์มถ่ายภาพรังสีบริเวณปลายรากเบอร์ 2 (periapical film size 2, Ultraspeed, Kodak company, NY, USA) โดยใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีความต่างศักย์ต่ำ ที่ 50 กิโลโวลต์, 10 มิลลิแอมแปร์, 0.22 วินาที



ก.

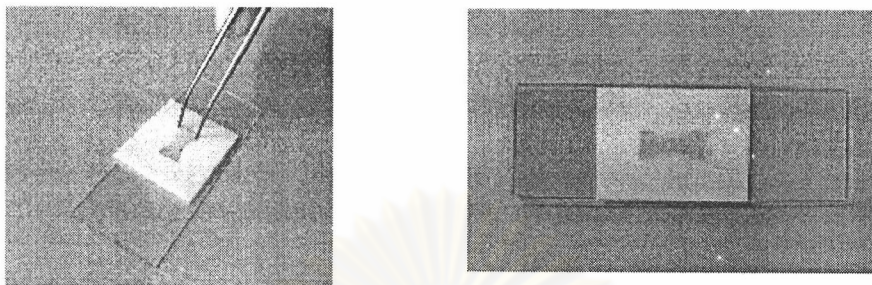


ข.

รูปที่ 9 แสดงเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี

ก. ส่วนผง (PMMA)(ลูกศร 1) และแคทตะลิสต์ (TBB) (ลูกศร 2)

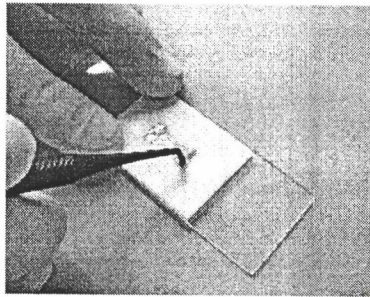
ข. ส่วนเหลวของเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (4-META/MMA)



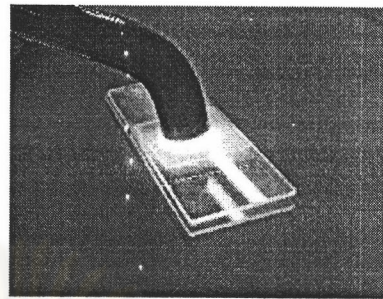
รูปที่ 10 แสดงชิ้นตัวอย่างหลังการแช่ส่วนเหลวของเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ในแบบพิมพ์โพลีเอสเตอร์ฟลูออโรเอธิลีนที่มีส่วนผสมเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี

#### การเตรียมวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม Metafil และ P60)

คัดลอกภูมิพิมพ์เบลล์จากแม่แบบ ลงบนแผ่นโพลีเอสเตอร์ฟลูออโรเอธิลีนที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร เจาะรูตรงกลางเพื่อสร้างแบบพิมพ์ภูมิพิมพ์เบลล์ของชิ้นตัวอย่างให้มีขนาดเท่าแม่แบบ ทากวาสลินให้ทั่วแบบพิมพ์พลาสติกแล้วอัดวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตให้เต็มแบบพิมพ์ กำจัดส่วนเกินออกแล้วใช้แผ่นกระจกวางทับทั้งสองด้านให้เกิดความเรียบของผิววัสดุ ฉายแสงให้วัสดุแข็งตัวด้วยเครื่องฉายแสง ดังรูปที่ 11 นำชิ้นตัวอย่างมาขัดแต่งด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 400 ให้มีความหนาของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต  $1.00 \pm 0.05$  มิลลิเมตร และกรอแต่งให้ได้รูปร่างดัมป์-เบลล์ โดยใช้หัวกรอปากเพชรรูปทรงกระบอกด้วยเครื่องกรอฟันชนิดความเร็วสูงและมีน้ำฉีดระบายความร้อนตลอดเวลา ทำชิ้นตัวอย่างกลุ่มละ 10 ชิ้นโดยใช้วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล (Metafil, Sun Medical Co., Ltd., Kyoto, Japan) (กลุ่ม Metafil) และชนิดพี 60 (Filtek™ P60, 3M Dental Products, MN, USA) (กลุ่ม P60) ดังรูปที่ 12 จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างที่ได้แช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ  $37 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ

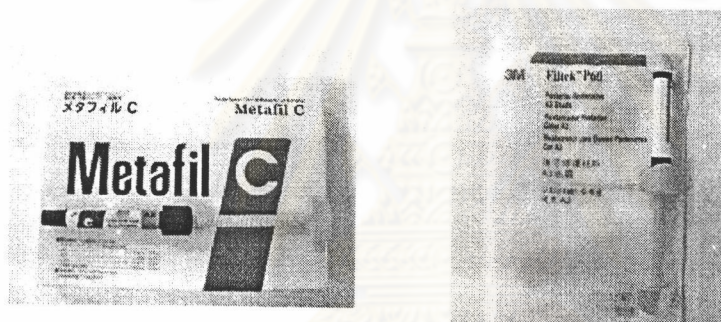


ก.



ข.

รูปที่ 11 ก. แสดงการอัดวัสดุบุรณะเรซินคอมโพสิตลงในแบบพิมพ์  
ข. ปิดทับด้วยแผ่นกระจกและฉายแสง

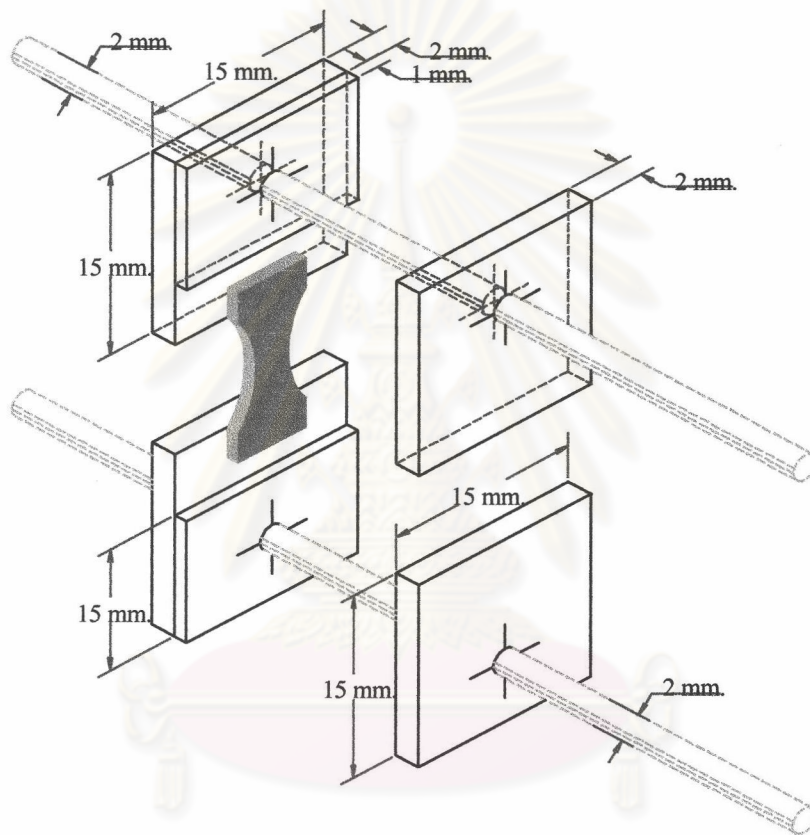


รูปที่ 12 แสดงวัสดุบุรณะเรซินคอมโพสิตที่ใช้ คือ ชนิดเมทาฟิล และพี60

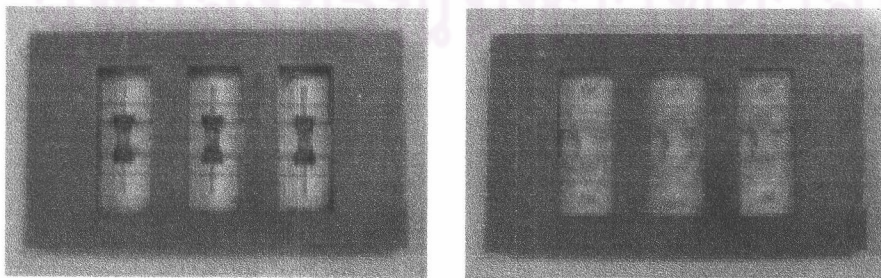
### การทดสอบความทนแรงดึง

นำชิ้นตัวอย่างที่ได้จากทุกกลุ่มมาตรวจดูส่วนบกพร่องของชิ้นตัวอย่าง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า ก่อนนำไปทดสอบหาค่าความทนแรงดึง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างรูปดัมป์เบลล์มายึดติดกับแผ่นพลาสติกที่ทำจากโพลีเมทิลเมตาคริลิต ซึ่งมีขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น และขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น โดยนำแผ่นขนาดเล็กใส่ตรงกลางระหว่างแผ่นใหญ่ แผ่นพลาสติกทุกแผ่นเจาะรูตรงกลางในตำแหน่งเดียวกันเพื่อยึดลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตรสำหรับทดสอบแรงดึง ดังรูปที่ 13 โดยมีแม่แบบกำหนดตำแหน่งในการยึดติดเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งเดียวกันทุกชิ้น ดังรูปที่ 14

ในกลุ่มควบคุมเชื่อมแผ่นพลาสติกชนิดโพลีเมทิลเมทาคริเลตให้ติดกันและยึดติดแน่นกับเนื้อฟันวีวโดยใช้เรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Superbond C&B, Sun medical Co., Ltd., Kyoto, Japan) โดยยึดชิ้นงานให้อยู่ตรงกลางตามแบบที่กำหนดไว้ ทั้งส่วนบนและล่างของชิ้นตัวอย่างโดยไม่เข้าไปสัมผัสบริเวณที่เป็นส่วนคอดของชิ้นงาน ส่วนในกลุ่ม HD 10-3, HD 1-1, Metafil และ P60 ยึดชิ้นตัวอย่างและแผ่นพลาสติกให้ติดกันโดยใช้เรซินอะคริลิกชนิดก่อตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี (Unifast Trad, GC International Corp., Tokyo, Japan) ทิ้งไว้ 30 นาทีจนวัสดุแข็งตัวเต็มที่ ก่อนนำไปทดสอบ



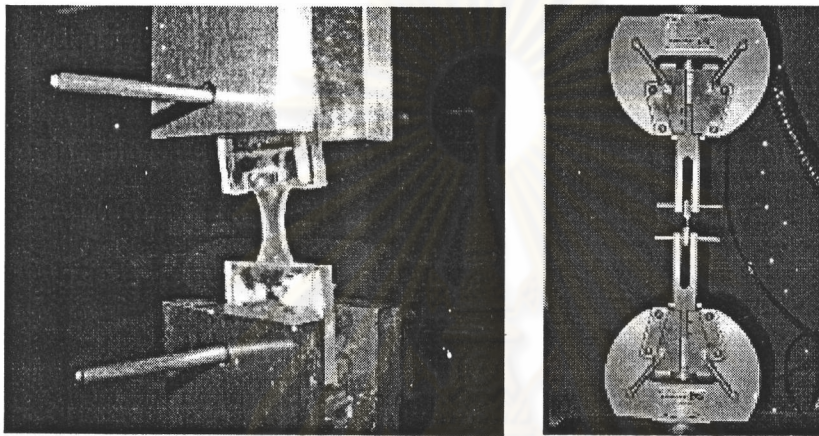
รูปที่ 13 แสดงการยึดชิ้นงานทดสอบด้วยแผ่นพลาสติกชนิดโพลีเมทิลเมทาคริเลต



รูปที่ 14 แสดงการยึดชิ้นตัวอย่างรูปดัมป์เบลล์ติดกับแผ่นพลาสติกโดยมีแม่แบบกำหนด



ทดสอบหาแรงดึงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างหัก โดยใช้เครื่องทดสอบแรงแบบสากล ดังรูปที่ 15 ที่ความเร็วของหัวจับ (crosshead speed) 1 มิลลิเมตรต่อนาที (mm/min.) และใช้ตุ้มน้ำหนัก 10 กิโลนิวตัน บันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่วัดได้ เป็นนิวตัน นำชิ้นตัวอย่างส่วนที่หักมาวัดพื้นที่ตัดขวางอีกครั้ง โดยใช้เครื่องดิจิตอลคาลิเปอร์ นำค่าที่ได้ไปคำนวณพื้นที่ เพื่อหาค่าความทนแรงดึง ในหน่วยเมกะปาสคาล



รูปที่ 15 แสดงชิ้นตัวอย่างขณะได้รับแรงดึง

**การตรวจพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด**

สุ่มชิ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้น ตัดชิ้นตัวอย่างบริเวณที่หักให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำชิ้นตัวอย่างเข้าเครื่องดูความชื้น จากนั้นเคลือบผิวหน้าตัดด้วยอนุภาคทอง (gold particles) ด้วยเครื่องเคลือบชิ้นตัวอย่างด้วยอนุภาคทองโดยวิธีการสปัตเตอร์ (sputtering) ก่อนนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1000 และ 7500 เท่า เพื่อศึกษารูปแบบการแตกและโครงสร้างของไฮบริดซ์เดนทินที่เกิดขึ้นภายหลังได้รับแรง

**การตรวจพื้นผิวขัดเรียบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด**

สุ่มชิ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้น ตัดพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักของชิ้นตัวอย่างตามแนวการแตกหักออก 1 มิลลิเมตร ขัดพื้นผิวให้เรียบด้วยเครื่องขัดผิววัสดุที่มีน้ำหล่อลื่นตลอดเวลา โดยใช้กระดาษทรายน้ำ (Silicon carbide abrasive paper, Imptech, Boksburg, South

Africa) เบอร์ 400, เบอร์ 800 เบอร์ 1200 และผงอลูมินาขนาด 0.05 ไมครอน (Slurry gamma alumina 0.05 micron, Imptech, Boksburg, South Africa) ตามลำดับ นำขึ้นตัวอย่างที่ขัดเรียบแล้วไปทำความสะอาดโดยใช้เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น นำขึ้นตัวอย่างเข้าเครื่องดูความชื้น เคลือบผิวหน้าตัดด้วยอนุภาคทอง ด้วยเครื่องเคลือบขึ้นตัวอย่างด้วยอนุภาคทองโดยวิธีการสปัตเตอร์ ก่อนนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1000 และ 7500 เท่า เพื่อศึกษาโครงสร้างของไฮบริดซ์เดนทินที่เกิดขึ้น

### การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของค่าความทนแรงดึงในแต่ละกลุ่ม และหาความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มโดยใช้การทดสอบของดันเนทที (Dunnett T3 test) เนื่องจากข้อมูลทุกกลุ่มมีความแปรปรวนไม่เท่ากัน การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยใช้โปรแกรมสถิติ เอสพีเอสเอส (SPSS for window version 10.0, SPSS Inc., USA)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย