

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

วิธีการทดลอง

จุดประสงค์หลักของการศึกษานี้คือเพื่อประเมินค่ากำลังตัดขวางของฟอร์ชเลน 2 ชนิด คือ เฟลด์ส ปาติกฟอร์ชเลน และ อลูมินัสฟอร์ชเลน ซึ่งได้รับการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยใช้แรงกดสามจุด สำหรับประเมินกำลังตัดขวางของฟอร์ชเลนตาม ASTM Standard C 1161-90 ซึ่งแสดงไว้ใน รูปที่ 1 ฟอร์ชเลนที่ใช้มีขนาดความกว้าง 2 มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร ยาว 25 มิลลิเมตร ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2 ชิ้นงานตัวอย่างจะได้รับการเตรียมพื้นผิวเพียงด้านเดียว จากนั้นนำไปทดสอบโดยให้ด้านที่เตรียมพื้นผิวเป็น ด้านที่ได้รับแรงดึงสูงสุด (treated surface in maximum tension) โดยใช้เครื่องทดสอบทั่วไป^{๑๑}

การเตรียมชิ้นฟอร์ชเลน

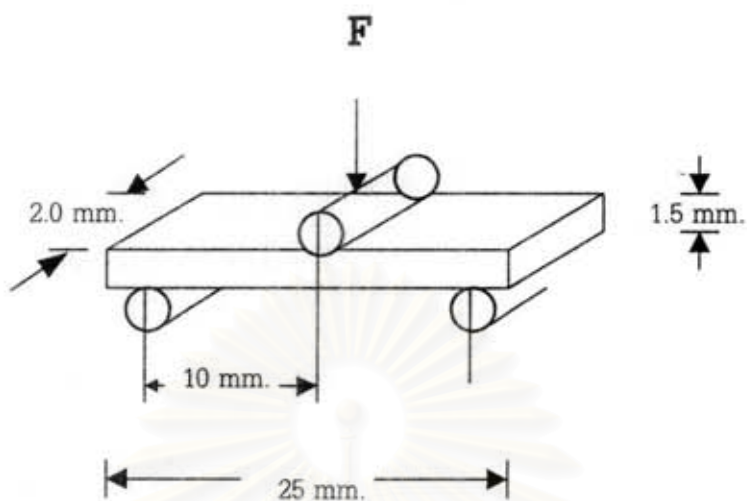
เตรียมฟอร์ชเลนชนิดเฟลด์สปาติกฟอร์ชเลน^{๑๒} และอลูมินัสฟอร์ชเลน^{๑๓} ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3 ผสม ส่วนของน้ำและผงด้วยอัตราส่วนคงที่ในทุกชิ้น ลงบนแม่แบบซิลิโคน (silicone mold) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4 โดยใช้ทันตแพทย์คนเดียวกันเป็นผู้ปฏิบัติงาน ทำการเซ้าให้เนื้อฟอร์ชเลนอัดแน่น ด้วยเครื่องเซรามิก คอนเดนเซอร์ (ceramosonic condenser) เป็นเวลา 2 นาที นำไปเผาภายใต้ความดันสุญญากาศ (vacuum firing process) ในเตาเผาฟอร์ชเลน^{๑๔} ที่อุณหภูมิ 960 องศาเซลเซียสในอลูมินัสฟอร์ชเลน และ 920 องศาเซลเซียส ในเฟลด์สปาติกฟอร์ชเลน ตารางแสดงอุณหภูมิที่บริษัทกำหนดแสดงไว้ในภาคผนวก ใน เฟลด์สปาติกฟอร์ชเลน จะเตรียมชิ้นงานจำนวน 135 ชิ้น ส่วนในอลูมินัสฟอร์ชเลนจะเตรียมชิ้นงานจำนวน 165 ชิ้น ชิ้นฟอร์ชเลนที่ได้ภายหลังเผามีขนาดความกว้าง 2 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 25 มิลลิเมตร

^{๑๑}Universal testing instrument, Instron model 5583, MA, USA

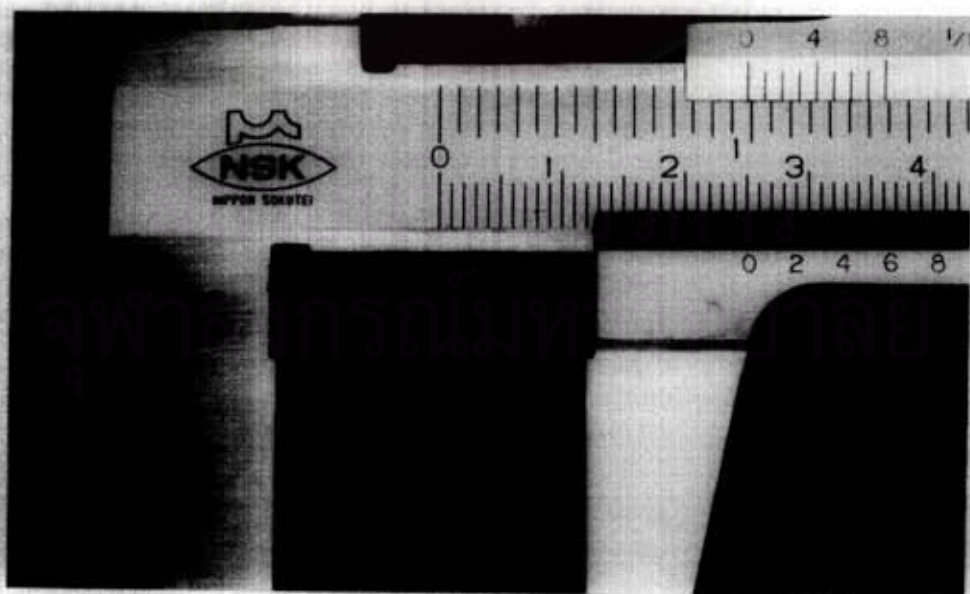
^{๑๒}Vintage lamina porcelain, Shofu dental Co., Ltd., Kyoto, Japan

^{๑๓}Vita-dur alpha, Vita Zahnfabrik, Germany

^{๑๔}Unitek, Ultra-mat CDF Company, USA



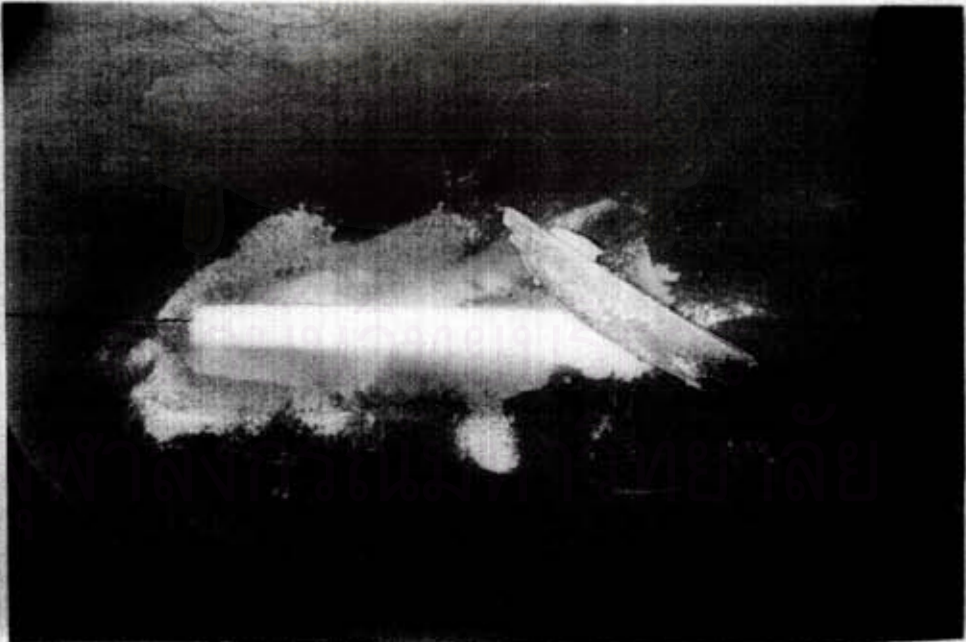
| | | |
|----------|---|-------------|
| รูปที่ 1 | แท่งพอร์ซเลนที่ใช้สำหรับการทดสอบกำลังดัดขวาง ตาม ASTM C 1161-90 | |
| | ระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของจุดรองรับทั้งสอง (L) | 20 mm. |
| | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลมที่รองรับทั้งสองข้าง | 2.0-2.5 mm. |
| | ความกว้างของชิ้นงาน (b) | 2.0 mm. |
| | ความหนาของชิ้นงาน (d) | 1.5 mm. |
| | ความยาวของชิ้นงานทั้งหมด | 25 mm. |



รูปที่ 2 ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกำลังดัดขวาง



รูปที่ 3 พอร์ซเลนสำหรับทำขึ้นตัวอย่าง



รูปที่ 4 แม่แบบซิลิโคนที่ใช้ในการพอกพอร์ซเลน

แบ่งชิ้นงานทั้งสองชนิดโดยการสุ่มตัวอย่าง โดยอลูมิเนียมสฟอร์ชเลน 165 ชิ้น แบ่งออกเป็น 11 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น เฟลด์สแปติทฟอร์ชเลน 135 ชิ้น แบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น การเตรียมพื้นผิวรูปแบบต่างๆนี้ เพื่อให้เหมือนภาวะที่เกิดขึ้นจริงในคลินิก โดยฟอร์ชเลนจะได้รับการเตรียมผิวดังนี้

- กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม ภายหลังจากเผาพื้นผิวจะไม่ได้รับ การเคลือบผิว การเคลือบทับ หรือการขัดแต่ง
- กลุ่มที่ 2 ทำการเคลือบผิวในอากาศ ที่อุณหภูมิ 940 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ในอลูมิเนียมสฟอร์ชเลน และ 910 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ในเฟลด์สแปติทฟอร์ชเลน
- กลุ่มที่ 3 นำชิ้นงานที่เผาแล้วไปขัดต่อด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์จากหยาบไปละเอียด ในสภาวะที่เปียก โดยเริ่มจากเบอร์ 180, 400, 800 และ 1,000 จนพื้นผิวมีความเรียบสม่ำเสมอเมื่อดูด้วยตาเปล่า
- กลุ่มที่ 4-11 ขัดชิ้นงานด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์เหมือนในกลุ่มที่ 3 ก่อนนำไปขัดต่อในขั้นต่อไป
- กลุ่มที่ 4 ทำการเคลือบทับในอากาศ ด้วยฟอร์ชเลนของแต่ละบริษัท ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 5 ที่อุณหภูมิ 940 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที ในอลูมิเนียมสฟอร์ชเลน และ 890 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที ในเฟลด์สแปติทฟอร์ชเลน
- กลุ่มที่ 5-11 นำชิ้นงานที่ได้จากการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ มายึดบนตัวจับชิ้นงานซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 6 กรอแต่งด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบรูปทรงกระบอก^{*} ขนาด 100 ไมโครเมตร (coarse diamond bur) และกรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดละเอียดรูปทรงกระบอก^{*} ขนาด 40 ไมโครเมตร (fine diamond bur) ใช้เครื่องกรอความเร็วสูง 120,000 รอบ/นาที โดยใช้น้ำช่วยระบายความร้อน ใช้แรงเบาๆ และต่อเนื่องเป็นจังหวะในทิศทางเดียวกันนาน ชนิดละ 20 วินาที โดยใช้ทันตแพทย์ คนเดียวเป็นผู้กรอ
- กลุ่มที่ 5 กรอแต่งด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบรูปทรงกระบอก ขนาด 100 ไมโครเมตร และจึงกรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดละเอียดรูปทรงกระบอกขนาด 40 ไมโครเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 7
- กลุ่มที่ 6 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน^o ซึ่งประกอบด้วยหัวกรอหินสีขาวและหัวขัดยางซิลิโคน สามขนาดตามลำดับ กรอหัวละ 1 นาที ในสภาวะที่แห้ง ใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที ตามคำแนะนำของบริษัท รูปของหัวขัดยางซิลิโคนแสดงไว้ในรูปที่ 8

*Komet, Gebr. Brasseler GmbH&Co, KG, Lemgo, Germany

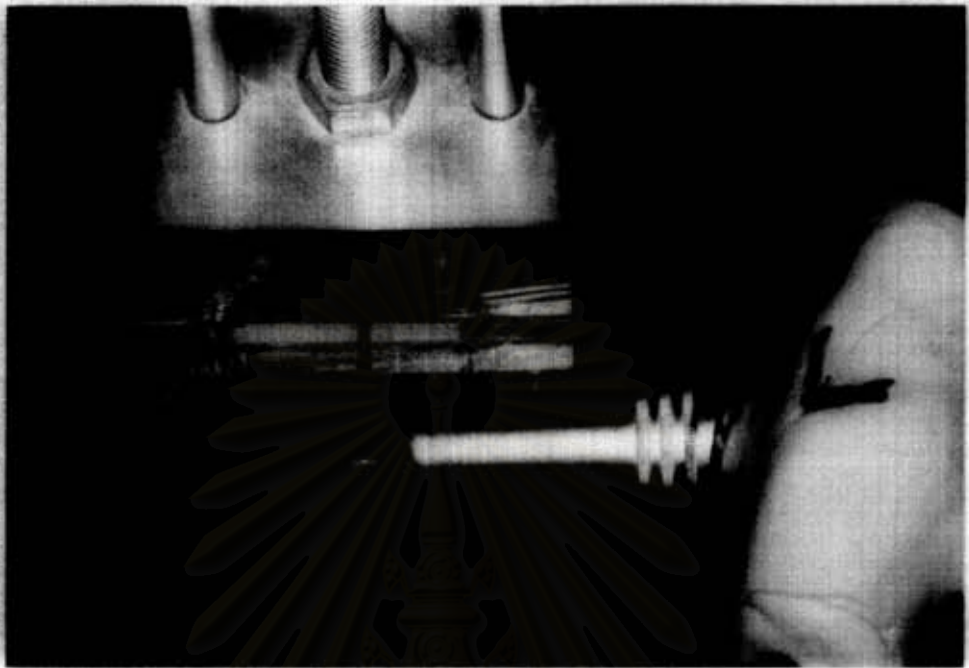
^oSilicone rubber polishing, Shofu porcelain adjustment kit, Shofu dental Co., Ltd., Japan



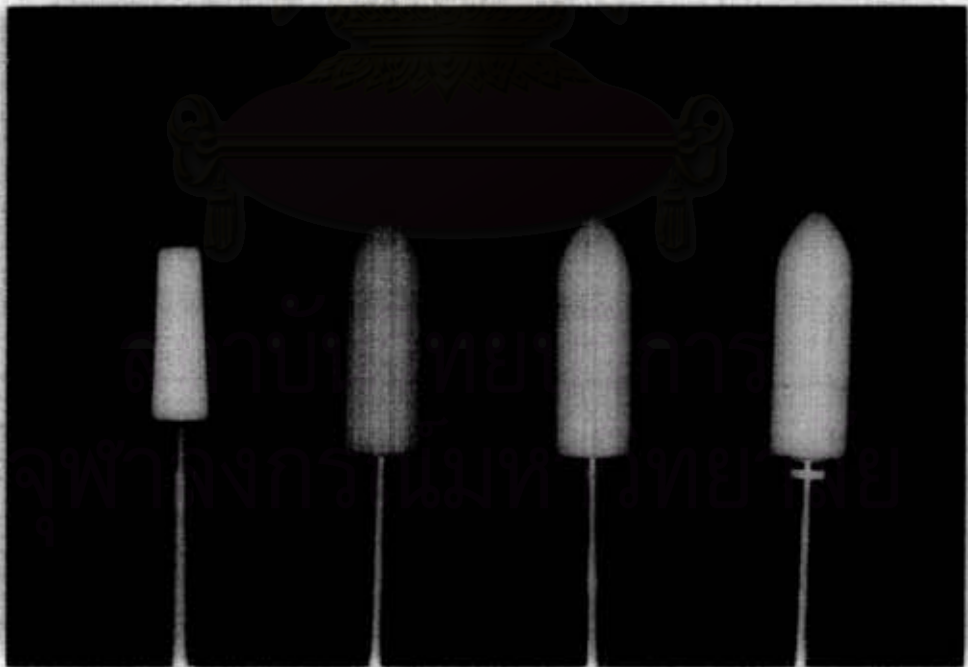
รูปที่ 5 พอร์ซเลนที่นำมาเคลือบทับ



รูปที่ 6 ตัวจับขึ้นงาน



รูปที่ 7 การกรอด้วยหัวกรอกากเพชร



รูปที่ 8 ชุดตัดยางซิลิโคน

- กลุ่มที่ 7 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม⁴ ประกอบด้วยหัวกรอสี่ขนาด หัวหยาบที่สุดใช้ในการขัดครั้งแรก ตามด้วยหัวหยาบปานกลาง หัวละเอียด และหัวละเอียดมาก หัวละ 1 นาที ใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที ตามคำแนะนำของบริษัท ภายใต้สภาวะที่แห้ง รูปของหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม แสดงไว้ในรูปที่ 9
- กลุ่มที่ 8 เตรียมนำชิ้นงานเหมือนกลุ่มที่ 6 แล้วนำมาขัดต่อด้วย หัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝั่งกากเพชรไว้ภายใน⁵ ใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที ตามคำแนะนำของบริษัท ภายใต้สภาวะที่แห้ง เป็นเวลา 2 นาที รูปของหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลม แสดงไว้ในรูปที่ 10
- กลุ่มที่ 9 เตรียมนำชิ้นงานเหมือนกลุ่มที่ 7 แล้วนำมาขัดต่อด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝั่งกากเพชรไว้ภายใน ใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที
- กลุ่มที่ 10 เตรียมนำชิ้นงานเหมือนกลุ่มที่ 6 แล้วนำมาขัดต่อด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน⁶ ใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที ตามคำแนะนำของบริษัท เป็นเวลา 2 นาที ภายใต้สภาวะที่แห้ง รูปครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน แสดงไว้ในรูปที่ 11
- กลุ่มที่ 11 เตรียมนำชิ้นงานเหมือนกลุ่มที่ 7 แล้วนำมาขัดต่อด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน ใช้เครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที

กลุ่มที่ 6-11 จะทำการขัดโดยใช้แรงเบาๆและต่อเนื่องเป็นจังหวะ สำหรับในเฟลด์สแปติคพอร์ซเลนทำการเตรียมผิวเหมือนกับในอลูมินัสพอร์ซเลน แต่จะไม่แบ่งชิ้นงานออกมาในกลุ่มที่ 6 และ กลุ่มที่ 7 เพื่อทดสอบกำลังตัดขวาง จึงทำให้มีจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง แผนภาพสรุปกลุ่มทดลองเพื่อทดสอบกำลังตัดขวางของเฟลด์สแปติคพอร์ซเลนแสดงไว้ในรูปที่ 12 ส่วนของอลูมินัสพอร์ซเลนแสดงไว้ในรูปที่ 13

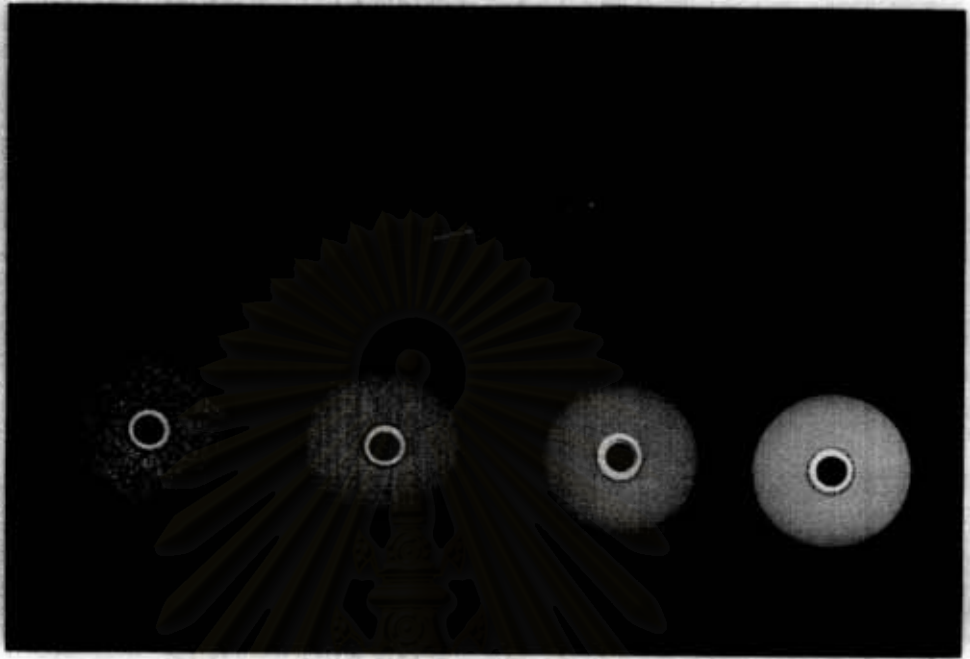
เลือกชิ้นงานตัวแทนในแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 1 ชิ้น มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิด⁷ โดยใช้กำลังขยาย 100 เท่า แล้วถ่ายรูปพื้นผิวพอร์ซเลน ก่อนนำไปทดสอบกำลังตัดขวางโดยใช้แรงกดสามตำแหน่งด้วยเครื่องทดสอบทั่วไปตามมาตรฐาน ASTM C 1161-90 ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 14 การทดสอบจะทำภายใต้แรงกดด้วยอัตรา 0.2 มม./นาที กดไปยังจุดกึ่งกลางระหว่างตัวรองรับทั้งสอง น้ำหนักของหัวกด 5 กิโลนิวตัน

⁴3M SofLex polishing disc, 3M dental product division, MN, USA

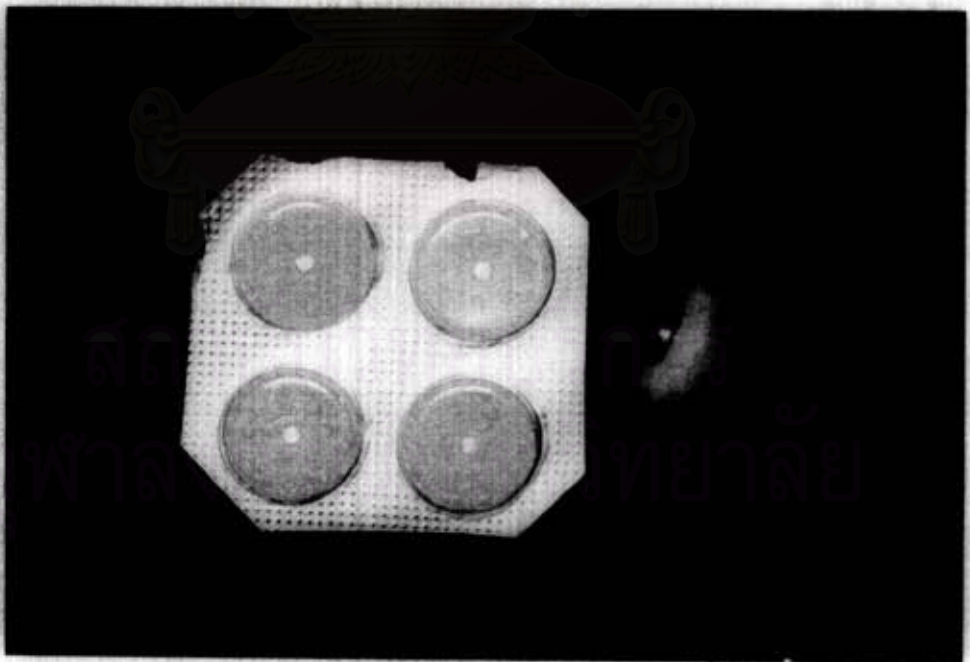
⁵Dia-finish diamond impregnated felt polishes, Shofu dental Co., Ltd., Japan

⁶Vita karat diamond polishing set, Vita Zahnfabrik, Germany

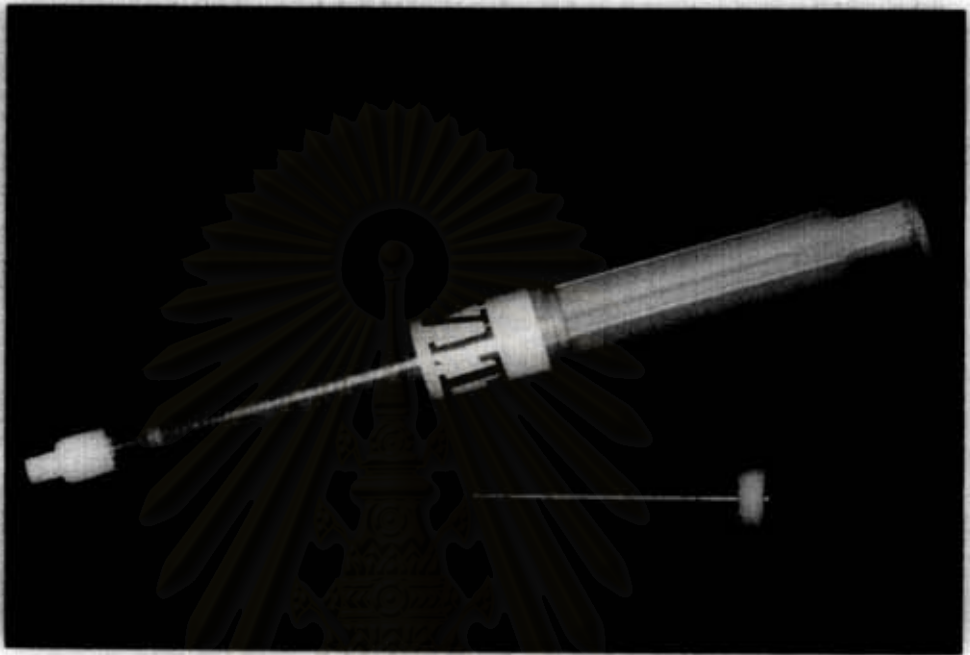
⁷Scanning Electron Microscope, JEOL, JSM-6400, Japan



รูป 9 หัวชุดกระดาดทรายรูปแผ่นกลม

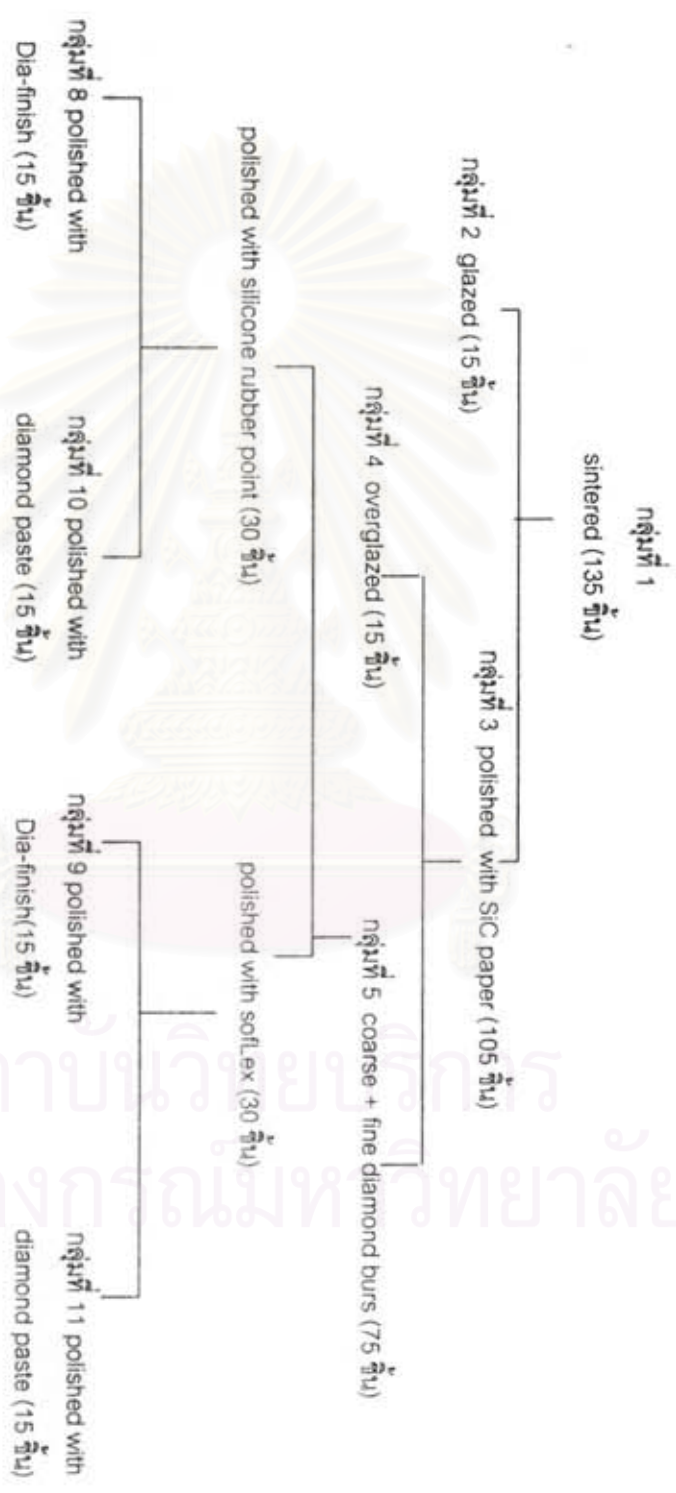


รูปที่ 10 หัวชุดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังกากเพชรไว้ภายใน

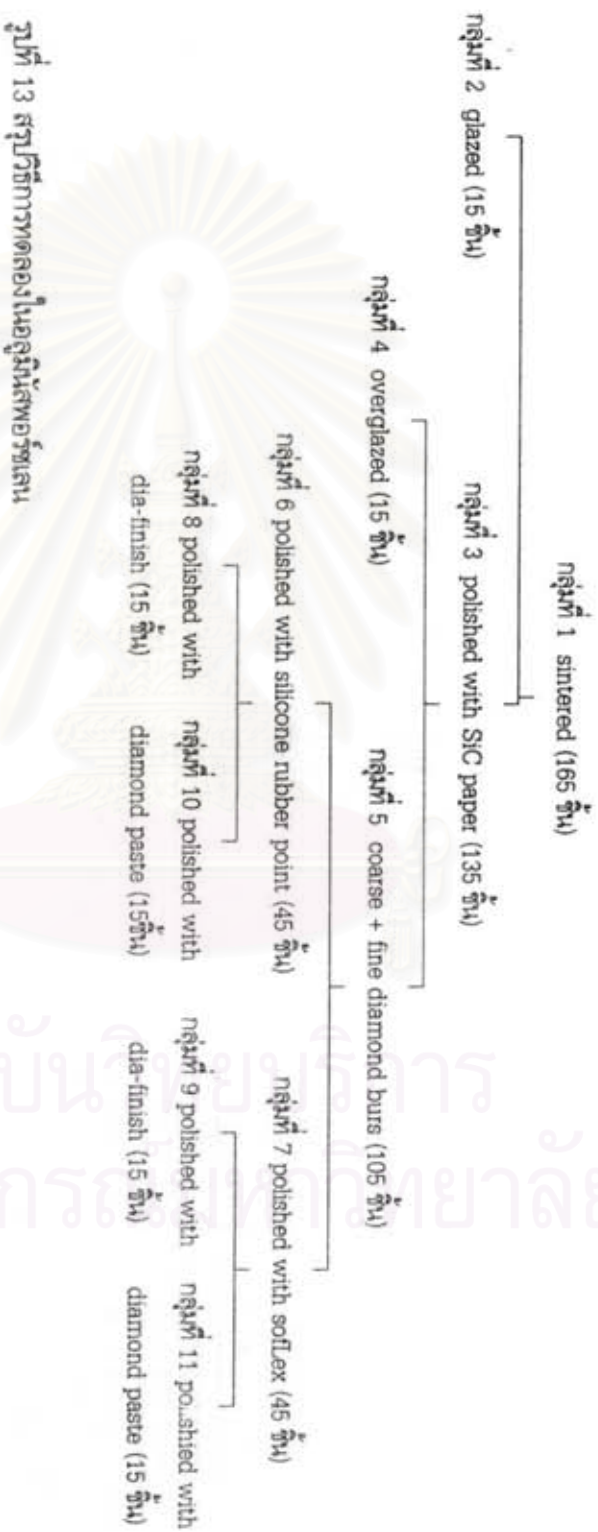


รูปที่ 11 ครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 12 สรุปวิธีการทดลองในเฟสสุดท้ายของงาน



รูปที่ 13 สรุปวิธีการทดลองในอนุกรมสเปกตรัม

นำค่าที่ได้ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุม และค่าเฉลี่ย จากกลุ่มทดลองด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (one-way ANOVA) และ การทดสอบ ทูกีเอชเอสดี (Tukey HSD test)

นำชิ้นงานที่มีค่ากำลังตัดขวางต่ำที่สุดและสูงที่สุด ของกลุ่มตัวแทนที่ได้จากการสุ่มจำนวน 5 กลุ่ม ทั้งหมด 10 ชิ้น ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด โดยใช้กำลังขยาย 300 เท่า เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะของการแตกที่เกิดขึ้นบนชิ้นพอร์ซเลน (fractographic analysis) เลือกชิ้นงานที่แสดงลักษณะของ การแตกได้ดีที่สุดเพื่อถ่ายรูปประกอบการวิเคราะห์



รูปที่ 14 การทดสอบด้วยเครื่องทดสอบทั่วไป