

ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงดัดขวางในการซ่อมฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน

นางสาว นงลักษณ์ เกரியงไกรเกษม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF CHEMICAL SURFACE TREATMENTS ON THE FLEXURAL STRENGTH  
OF REPAIRED ACRYLIC DENTURE BASE RESIN

Miss Nonglax Kriengkraikasem

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Sciences Program in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงดัดขวางใน  
การซ่อมฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน

โดย

นางสาว นงลักษณ์ เกรียงไกรเกษม

สาขาวิชา

ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชรภรณ์ ทัศนจันทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สรรพชัย นามะโน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วิจิตรศักดิ์ ไชลิตกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง สูดสุข ทองธรรมชาติ ถาวรอนสาร)

นงลักษณ์ เกรียงไกรเกษม : ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงดัดขวางในการซ่อมฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน. (THE EFFECT OF CHEMICAL SURFACE TREATMENTS ON THE FLEXURAL STRENGTH OF REPAIRED ACRYLIC DENTURE BASE RESIN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์, 55 หน้า.

**วัตถุประสงค์** เพื่อประเมินผลของสารปรับสภาพผิวหน้าของฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน เมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงดัดขวาง

**วัสดุและวิธีการ** เตรียมชิ้นงานอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ตามมาตรฐาน ISO1567 จำนวน 100 ชิ้น แบ่งเป็น 10 กลุ่มโดยสุ่ม ดังนี้ กลุ่มควบคุมบวก (กลุ่ม1) และลบ (กลุ่ม2) และกลุ่มทดลอง 8 กลุ่ม โดยนำกลุ่ม 2-10 มาตัดตรงกลางให้ได้หน้าตัดเฉียง 45 องศา ทำการปรับสภาพผิวหน้าโดย กลุ่ม 3 และ 4 ใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเฮด<sup>®</sup> เป็นเวลา 5 และ 180 วินาทีตามลำดับ กลุ่ม 5 ใช้ส่วนยี่ดติดของสารรีเบสทู ตามคำแนะนำของผู้ผลิต กลุ่ม 6-10 ใช้สารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมตความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง เปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางของชิ้นงานทั้งหมดด้วยลักษณะแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด โดยเครื่องทดสอบสากล (Universal Testing Machine, 8872, INSTRON UK) ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยทิวคีย์ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากนั้นนำชิ้นงานที่ทดสอบมาจำแนกลักษณะการแตกหัก

**ผลการศึกษา** กลุ่ม 4-10 มีค่าเฉลี่ยแรงดัดขวางที่มากกว่า กลุ่ม 2 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่ากลุ่ม 5-10 มีค่าเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 เมื่อพิจารณาลักษณะการแตกหักพบว่า กลุ่ม 6-10 มีการแตกหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 100 ในขณะที่กลุ่ม 2-5 มีการแตกหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 10, 40, 60 และ 60 ตามลำดับ

**สรุป** การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต ที่ความเข้มข้นต่างๆ สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงดัดขวางของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนเมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาควิชา...ทันตกรรมประดิษฐ์..... ลายมือชื่อนิสิต.....  
 สาขาวิชา...ทันตกรรมประดิษฐ์..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
 ปีการศึกษา 2551.....

# # 5076113232 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : ACRYLIC RESIN / DENTURE BASE / METHYL ACETATE / METHYL FORMATE / 3-POINT BENDING TEST / FLEXURAL STRENGTH / REPAIR

NONGLAX KRIENKRAIKASEM : THE EFFECT OF CHEMICAL SURFACE TREATMENTS ON THE FLEXURAL STRENGTH OF REPAIRED ACRYLIC DENTURE BASE RESIN. ADVISOR : ASSOC.PROF.CHAIRAT WIWATWARRAPAN, 55 pp.

**Objective:** To evaluate the effect of the selected chemical surface treatment agents on the flexural strength of heat-cured acrylic resin when repaired with self-cured acrylic resin.

**Materials and Methods:** One hundred heat cured acrylic resin specimens were prepared according to ISO1567 and randomly divided into 10 groups ; positive and negative control (group 1 and 2) and eight experimental groups. Group 2-10 were cut in the middle and beveled 45 degree. Group 3 and 4 were treated with liquid part of Unifast trad<sup>®</sup> for 5 and 180 seconds respectively. Group 5 was treated with Rebase II adhesive<sup>®</sup> according to the manufacturer. Group 6-10 were treated with methyl acetate, methyl formate and methyl acetate -methyl formate solutions for 15 seconds. Then repaired with self-cured acrylic resin. A three-point loading test was performed by using Universal testing machine (INSTRON UK). One-way ANOVA and post hoc Tukey's analysis at  $p < .05$  were used for statistical comparison. Failure analysis was also recorded for each specimen.

**Result:** The flexural strength of group 4-10 were significantly greater than Group 2 ( $p < .05$ ). The flexural strength of group 5-10 were no significant difference ( $p > .05$ ). All fractured specimens in group 6-10 showed 100% cohesive failure while group 2-5 showed cohesive failure 10, 40, 60 and 60% respectively.

**Conclusion:** Treating surface with methyl acetate, methyl formate and methyl acetate - methyl formate solutions at various concentrations significantly increased flexural strength of heat-cured acrylic denture base resin when repaired with self-cured acrylic resin.

Department : Prosthodontics.....

Student's Signature : .....

Field of Study : Prosthodontics.....

Advisor's Signature : .....

Academic Year : 2008.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือ และเอาใจใส่ดูแลของ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ทำให้การดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ มีความสะดวกราบรื่น และมีประสิทธิภาพตลอดการทำงานในครั้ง นี้ จึงกราบขอบพระคุณอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ และทันตแพทย์ วิธวินท์ เดโชศิลป์ สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับสถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ นางสาว นลินี อภิพันธุ์ หน่วยงานปฏิบัติการทางทันตกรรม และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวก และความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนร่วมอีกหลายท่านซึ่งไม่ได้แสดงนามไว้ในที่นี้ที่กรุณาให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ และศูนย์ทันตนวัตกรรม หน่วยทันตกรรมพระราชทานในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สำหรับเงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	25
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	26
การเตรียมชิ้นงาน และการทดลอง.....	27
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	44
รายการอ้างอิง.....	48
ภาคผนวก.....	52
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	55

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	เปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง.....	16
ตารางที่ 2	การขึ้นเบ้าเคมีภัณฑ์ของสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต.....	20
ตารางที่ 3	การขึ้นเบ้าทางกายภาพของสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต.....	20
ตารางที่ 4	แสดงค่า LD <sub>50</sub> ต่อระดับความเป็นพิษ.....	21
ตารางที่ 5	แสดงค่า LD <sub>50</sub> ต่อระดับความเป็นพิษของสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต.....	21
ตารางที่ 6	แสดงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของสารเมทิลอะซิเตต.....	22
ตารางที่ 7	แสดงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของสารเมทิลฟอร์มเมต.....	22
ตารางที่ 8	แสดงค่าการทำละลายของสารในการศึกษา.....	23
ตารางที่ 9	แสดงผลึกภัณฑ์ และชื่อผู้ผลิตของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	25
ตารางที่ 10	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวาง (เมกะพาสคาล) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน....	36
ตารางที่ 11	ลักษณะ และร้อยละของการแตกหัก.....	37
ตารางที่ 12	แสดงร้อยละของความแข็งแรงดัดขวางของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ได้ และไม่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง เปรียบเทียบกับอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน.....	45
ตารางที่ 13	เปรียบเทียบความเป็นพิษของสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์มเมต และมอนอเมอร์.....	47
ตารางที่ 14	แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานพื้นปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ.....	52
ตารางที่ 15	แสดงการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานพื้นปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ.....	52



ตาราง	หน้า
ตารางที่ 16 แสดงการทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอม อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการ ซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้า ด้วยสารเคมีชนิดต่างๆด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว.....	53
ตารางที่ 17 แสดงการทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอม อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการ ซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้า ด้วยสารเคมีชนิดต่างๆด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทิวคีย์.....	53

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
ภาพที่ 1	แสดงลักษณะพอลิเมอร์ชนิดเส้น (linear) กิ่ง (branched) และเชื่อมไขว้ (crosslinked).....	5
ภาพที่ 2	แสดงโมเลกุลเมทิลเมทาคริลิตมอนอเมอร์.....	11
ภาพที่ 3	แสดงการเกิดการเชื่อมไขว้ของ PMMA.....	13
ภาพที่ 4	แสดงลักษณะรอยต่อของการเชื่อมแซมพื้นปอลอเมอร์อะคริลิก.....	19
ภาพที่ 5	แสดงการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด.....	24
ภาพที่ 6	แสดงการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 4 จุด.....	24
ภาพที่ 7	แสดงขนาดและแผ่นพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
ภาพที่ 8	แสดงการนำแม่แบบแผ่นพลาสติกใสวางลงในภาชนะหล่อแบบพื้นปอลอเมอร์ของเหลว.....	27
ภาพที่ 9	แสดงส่วนผสมที่อัดเข้าไปในภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่าง และตัดส่วนเกินออก..	28
ภาพที่ 10	แสดงขนาด และชิ้นงานอะคริลิกเรซินขนาดที่ต้องการก่อนทำการทดสอบ.....	29
ภาพที่ 11	แสดงชิ้นงานอะคริลิกเรซินตามขนาดที่ต้องการลงในพลาสติกอะคริลิกเรซิน.....	29
ภาพที่ 12	แสดงรูปร่างแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อวางชิ้นงานอะคริลิกเรซิน โดยมีร่องตามแนวขวางขนาด 3 มิลลิเมตร.....	30
ภาพที่ 13	แสดงแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ใส่ชิ้นงานอะคริลิกเรซินเพื่อทำการตัดชิ้นงานขนาดตามแนวร่อง 3 มิลลิเมตร.....	30
ภาพที่ 14	แสดงรูปร่างแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อใส่ชิ้นงานอะคริลิกเรซินลงไปตามแนวขวาง.....	31
ภาพที่ 15	แสดงแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ใส่ชิ้นงานอะคริลิกเรซินลงไปตามแนวขวาง...	31
ภาพที่ 16	แสดงขนาด และรูปร่างชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่นำมากรอดัดเพื่อนำไปทำการเชื่อมแซม.....	31
ภาพที่ 17	แสดงชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่นำมากรอดัดก่อนนำไปทำการเชื่อมแซม ใส่กลับลงแม่แบบที่ทำด้วยพลาสติกอะคริลิกเรซิน.....	31
ภาพที่ 18	แสดงการใส่วัสดุที่ทำการเชื่อมแซม.....	33
ภาพที่ 19	แสดงชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่เชื่อมแซม และขัดแต่งแล้ว.....	34
ภาพที่ 20	แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบต่างๆ.....	38

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 21 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวหนัง อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน.....	39
ภาพที่ 22 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยส่วนเหลือของ ยูนิฟาส์ไทรเอต® เป็นเวลา 5 วินาที.....	39
ภาพที่ 23 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยส่วนเหลือของ ยูนิฟาส์ไทรเอต® เป็นเวลา 180 วินาที.....	40
ภาพที่ 24 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารช่วยยึดติดของ วัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II® .....	40
ภาพที่ 25 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารเมทิลฟออร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที.....	41
ภาพที่ 26 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารละลาย เมทิลอะซิเตต-เมทิลฟออร์เมต (25:75) เป็นเวลา 15 วินาที.....	41
ภาพที่ 27 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารละลาย เมทิลอะซิเตต-เมทิลฟออร์เมต (50:50) เป็นเวลา 15 วินาที.....	42
ภาพที่ 28 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารละลาย เมทิลอะซิเตต-เมทิลฟออร์เมต (75:25) เป็นเวลา 15 วินาที.....	42
ภาพที่ 29 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับ สภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารเมทิลอะซิเตต เป็นเวลา 15 วินาที.....	43

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ในอดีต และปัจจุบันวัสดุที่นิยมใช้ในการทำฐานฟันปลอมคือ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly(methyl methacrylate) : PMMA) หรืออะคริลิกเรซิน (Acrylic resin) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีเวลาในการทำงาน คุณสมบัติทางกายภาพ และความสวยงามที่เหมาะสม รวมถึงความสะดวกในการสร้างชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ที่ราคาไม่แพง<sup>(1)</sup>

Hargreaves<sup>(2)</sup> พบว่าภายใน 3 ปี ฟันปลอมร้อยละ 68 จะเกิดการแตกหัก และร้อยละ 40 ของการแตกหักเกิดขึ้นระหว่างรับประทานอาหาร โดยรอยแตกที่เกิดจะพบในฟันปลอมทั้งปากบนมากกว่าฟันปลอมทั้งปากล่างเป็นอัตราส่วน 2:1 และมักพบรอยแตกที่กึ่งกลางฟันปลอม<sup>(2-6)</sup> Beyli และ von Fraunhofer<sup>(5)</sup> เสนอว่าสาเหตุที่สำคัญน่าจะมาจากฟันปลอมที่ไม่แนบสนิท และการขาดการสบฟันได้ดุล (balanced occlusion) ซึ่ง Tallgren และ Odont<sup>(3)</sup> รายงานว่า ในระยะเวลา 7 ปี จะเกิดการละลายตัวของสันกระดูกบน และล่างบริเวณด้านหน้าเป็นอัตราส่วน 4:1 ซึ่งจะเกิดการละลายอย่างมากในช่วงปีแรก ก่อให้เกิดความไม่มีเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงการสบฟันของฟันปลอมได้ การแตกหักของฟันปลอมอาจเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีกเช่น วัสดุที่ชำรุด และการตกหล่นของฟันปลอม<sup>(5)</sup>

ในการทำฟันปลอมใหม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และใช้เวลาในกระบวนการทำค่อนข้างนาน อีกทั้งการไม่มีฟันปลอม ยังสร้างความไม่สะดวกให้แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการซ่อมแซมฟันปลอม เพื่อใช้เป็นฟันปลอมเฉพาะกาล (Interim denture) หรือฟันปลอมถาวร (Definitive denture) ให้แก่คนไข้ โดยวัสดุที่ใช้ในการซ่อมได้แก่ อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน (Heat-cured acrylic resin) อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง (Self-cured acrylic resin) เรซินชนิดบ่มด้วยแสง (visible light-cured resin) และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยไมโครเวฟ (microwave-cured acrylic resin)<sup>(7,8)</sup> ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องการเมื่อทำการซ่อมฟันปลอมคือ ใช้เวลาน้อย มีความแข็งแรงที่เพียงพอ และไม่มีการเปลี่ยนรูปร่างก่อน และ หลังการซ่อมแซม<sup>(9)</sup> สำหรับวัสดุที่นิยมใช้คืออะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง<sup>(8,10,11)</sup> โดยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองมีข้อดีกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดบ่มด้วยแสง คือ สามารถทำการซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดบ่มด้วยความร้อนซึ่งใช้เวลานานหลายชั่วโมง และในการซ่อมแซมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ และตู้อบด้วยแสง (light chambers) เพื่อควบคุมความร้อน และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ อีกทั้งไม่เกิดการบิดเบี้ยวเนื่องจากความร้อนภายนอก ซึ่งมักเกิดในอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

อันเนื่องมาจากการขยายตัวที่มากของเรซิน และการขยายตัวที่น้อยของพลาสติก ทำให้เมื่อนำเรซินออกจากแบบหล่อแล้วเกิดการคลายความเครียดในวัสดุ เป็นผลให้เกิดการบิดเบี้ยวของฟันปลอมที่ซ่อมได้<sup>(8,11,12)</sup>

อย่างไรก็ตามหลังจากการซ่อมฟันปลอมแล้วมักพบการแตกหักซ้ำ การแตกหักของฟันปลอมอาจเกิดได้ทั้งแบบยึดติด (adhesive) และแบบเชื่อมแน่น (cohesive) โดยถ้าการแตกหักเป็นแบบยึดติด จะเกิดจากรอยต่อระหว่างวัสดุเดิม และวัสดุที่นำมาซ่อมแซมมีแรงยึดที่ไม่มากพอ ในทางกลับกันการแตกหักแบบเชื่อมแน่น จะแสดงถึงแรงยึดติดที่มีค่ามากพอ<sup>(13)</sup> โดยปกติแล้วค่าความแข็งแรงดัดขวางของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองจะมีค่าน้อยกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน<sup>(8,11,14,15)</sup> การแตกหักแบบเชื่อมแน่นจึงเกิดบริเวณอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง<sup>(16)</sup> ดังนั้นเพื่อให้เกิดการแตกหักแบบยึดติดน้อยที่สุด การเตรียมผิวหน้าบริเวณรอยต่อจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ<sup>(17)</sup> ได้มีการศึกษาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของส่วนที่ซ่อมแซมด้วยการออกแบบพื้นผิวซ่อมแซมรูปแบบต่างๆ<sup>(7,13,18)</sup> และการปรับพื้นผิวซ่อมแซมด้วยสารเคมีร่วมด้วย<sup>(12,16,17,19,20-23)</sup> โดยสารเคมีจะมีการพัฒนาเพื่อให้ฟันปลอมที่ซ่อมแซมแล้วมีค่าความแข็งแรงดัดขวางที่มากขึ้น ในขณะที่เดียวกันก็มีการหาสารเคมีทดแทนเพื่อลดความเป็นพิษลง

สำหรับการวิเคราะห์การยึดติดของการซ่อมแซมฟันปลอมนั้นมีการศึกษาโดยใช้ การวัดแรงดัดขวาง (transverse test) แรงเฉือน (shear test) และแรงบิด (torsional test) แต่การวิเคราะห์ที่นิยมใช้คือ การวัดแรงดัดขวาง<sup>(7)</sup> โดยในการศึกษานี้ได้ใช้เป็นลักษณะการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด (Three-point loading test)

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาสารปรับสภาพพื้นผิวต่างๆ ที่มีผลต่อความแข็งแรงดัดขวางในการซ่อมฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินผลของสารการปรับสภาพผิวหน้าของฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน เมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงดัดขวาง

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบหาค่า ความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน ในห้องปฏิบัติการ มีการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบภายใต้สภาวะอุณหภูมิ และความชื้นของห้องปฏิบัติการ และทำการทดสอบโดยให้แรงต่อชิ้นงาน โดยขณะทำการทดสอบ ทำภายใต้ อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ  $37\pm 1$  องศาเซลเซียส

### ข้อตกลงเบื้องต้น

ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ และการทำการทดสอบทุกขั้นตอนกระทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว

### ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องทดลอง โดยการจำลองสภาวะ และปัจจัยต่างๆ ไม่สามารถทำให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทุกประการ ลักษณะแรงที่ใช้ในการทดสอบแตกต่างจากแรงที่เกิดจากการกระทำซ้ำๆ ในช่องปาก และชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบมีรูปร่างแตกต่างจากชิ้นงานฟันปลอมจริงที่ใช้ในคลินิก

### คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

- Acrylic resin (อะคริลิกเรซิน)
- Denture base (ฐานฟันปลอม)
- Methyl acetate (เมทิลอะซิเตต)
- Methyl formate (เมทิลฟอร์มเมต)
- 3 –point bending test (การทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด)
- Flexural strength (ความแข็งแรงดัดขวาง)
- Repair (การซ่อมแซม)

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงค่าความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ซอมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง โดยมีการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการซอมแซมด้วยสารเคมีที่ต่างกัน
2. สามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้ และพัฒนาสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพผิวหน้าก่อนการซอมแซมฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่เกิดการแตกหัก
3. เป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อหาค่าความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุทางทันตกรรมอื่นๆต่อไป

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research)

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### พอลิเมอร์ (Polymer)<sup>(8,24)</sup>

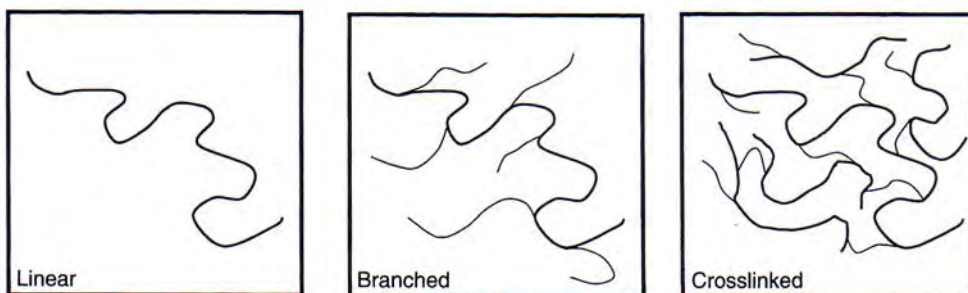
##### ส่วนประกอบของพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ เป็นศัพท์ที่ได้จากพอลิ (poly) แปลว่ามาก กับ เมอร์ (mer) แปลว่าหน่วย ดังนั้นพอลิเมอร์ จึงเป็นสารที่เกิดจากการรวมตัวของหน่วยเล็กๆ ของสารประกอบจำนวนมากเข้าด้วยกัน กลายเป็นก้อน โมเลกุล (macromolecule) ซึ่งหน่วยเคมีเล็กๆ ที่ประกอบเป็นพอลิเมอร์นั้น เรียกว่า เมอร์ (mer)

##### รูปโครงสร้างของโมเลกุลพอลิเมอร์

มี 3 ชนิด คือ

1. พอลิเมอร์ชนิดเส้น (linear polymers) เกิดจากมอนอเมอร์เชื่อมเป็นเส้นยาวโดยปลายต่อกัน
2. พอลิเมอร์ชนิดกิ่ง (branched polymers) เกิดจากพอลิเมอร์เส้นหนึ่งต่อกับกิ่งพอลิเมอร์อีกเส้นหนึ่ง
3. พอลิเมอร์ชนิดเชื่อมไขว้ (crosslinked polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างสามมิติหรือเชื่อมเป็นตาข่าย ได้จากพอลิเมอร์กิ่งเส้นหนึ่งต่อกับพอลิเมอร์กิ่งอีกเส้นหนึ่ง



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะพอลิเมอร์ชนิดเส้น (linear) กิ่ง (branched) และเชื่อมไขว้ (crosslinked)

พอลิเมอร์ชนิดเส้นและกิ่งจะยึดระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะทางกายภาพที่อ่อน (weak physical bond) เมื่อได้รับความร้อน พันธะจะแยกออกจากกัน สายโซ่มีการเคลื่อนที่ผ่านกันและกันได้ ทำให้เกิดวัสดุที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม และเมื่อเย็นลงจะสามารถรวมพันธะได้ใหม่ เรียกคุณสมบัตินี้ว่า





หรือ รวมตัว (chain or addition polymerization) และปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้น หรือ ควบแน่น (step growth or condensation polymerization)

### 1. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบลูกโซ่ หรือ รวมตัว (chain or addition polymerization)

พลาสติกทางทันตกรรมส่วนใหญ่จะเกิดปฏิกิริยานี้ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบลูกโซ่ จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และได้พอลิเมอร์โมเลกุลขนาดใหญ่ซึ่งไม่สามารถจำกัดขนาดโมเลกุลได้ โดยปฏิกิริยาจะเริ่มจากมอนอเมอร์ตัวแรกที่ถูกระตุ้น และเกิดการสร้างสายโซ่พอลิเมอร์อย่างรวดเร็วจนกระทั่งหน่วย มอนอเมอร์ ที่ใช้ทำปฏิกิริยาหมด ดังนั้นกระบวนการเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายแต่ ยากต่อการควบคุม

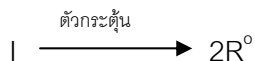
ปฏิกิริยานี้มีความแตกต่างจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้น เนื่องจากไม่มีการ เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของพอลิเมอร์ขณะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ หรือโมเลกุลพอลิเมอร์ ขนาดใหญ่จะประกอบไปด้วยหน่วยมอนอเมอร์ที่มีโครงสร้างซ้ำๆ จำนวนมากตลอดสาย และไม่มี การขั้มโมเลกุลเล็กๆ หรือเชิงเดี่ยวออกมา

สิ่งที่จำเป็นในปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบลูกโซ่ คือ มอนอเมอร์ที่ทำปฏิกิริยาจะต้องมี กลุ่มไม่อิ่มตัว (unsaturated group) ได้แก่ พันธะคู่ (double bond) พันธะสาม (triple bond) อยู่ใน โครงสร้างและจะต้องมีอนุมูลอิสระ (free radical) อนุมูลประจุลบ (anionic) หรือ อนุมูลประจุ บวก (cationic) กระตุ้นให้เกิดการสร้างสายโซ่พอลิเมอร์ขึ้นได้ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้นโดยอนุมูลอิสระ

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบลูกโซ่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นเริ่มต้น (induction or initiation) ขั้นแผ่ขยายห่วงโซ่ (propagation) และขั้นสิ้นสุดของปฏิกิริยา (termination)

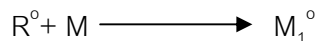
ขั้นเริ่มต้น (induction or initiation) ประกอบด้วย 2 ขบวนการ คือ การกระตุ้น (activation) และการเริ่มต้น (initiation)

ขบวนการแรกเกิดจากตัวกระตุ้น (activator) ทำปฏิกิริยากับตัวเริ่มต้น (initiator, I) ทำให้ ตัวเริ่มต้นแยกตัวให้ อินิเทียล แฟรคเมนต์ แรดิคัล (initial fragment radical,  $R^\circ$ ) หรือที่เรียกกันว่า อนุมูลอิสระ (free radical)



ตัวกระตุ้นที่ใช้ในการแยกอนุมูลอิสระมีมากมาย ได้แก่ ความร้อน แสงที่มองเห็นได้ (visible light) แสงอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet light) รังสี สารเคมี และการใช้ปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox initiation) เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการเร่งให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น สำหรับฐานฟันปลอมอะคริลิก ส่วนใหญ่จะใช้การกระตุ้นด้วยความร้อน

ขบวนการที่สอง อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับโมเลกุลมอนอเมอร์ได้ มอนอเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระในโมเลกุล (initial monomer radical) สรุปรูปปฏิกิริยาตอนนี้ได้ดังนี้

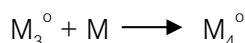
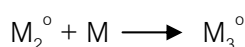
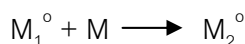


เมื่อ M เป็นมอนอเมอร์โมเลกุล และ  $M_1^\circ$  เป็น มอนอเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระในโมเลกุล อนุมูลอิสระได้จากตัวเริ่มต้น ทำปฏิกิริยาเปลี่ยนพันธะคู่ของ คาร์บอน-คาร์บอน ของมอนอเมอร์เป็นพันธะเดี่ยว แล้วให้ มอนอเมอร์ที่มีอนุมูลอิสระในโมเลกุล ซึ่งมีแอกทิฟเซ็นเตอร์ (active center) ติดท้าย และพร้อมทำปฏิกิริยาอื่นเป็นสายโซ่ต่อไป

ตัวเริ่มที่ใช้มากที่สุดสำหรับปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตคือ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) ซึ่งจะถูกกระตุ้นอย่างรวดเร็วระหว่าง 50 และ 100 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ

ขั้นแผ่ขยายห่วงโซ่ (propagation) ประกอบด้วยการรวมตัวของ  $M_1^\circ$  กับมอนอเมอร์ที่เหลือจำนวนมาก ได้เป็นสายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์ ซึ่งมีแอกทิฟเซ็นเตอร์ต่อท้าย

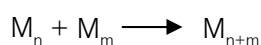
การรวมตัวของมอนอเมอร์แต่ละหน่วย จะได้สายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์ใหม่ โครงสร้างคงเหมือนกับ  $M_1^\circ$  แต่ขนาดโตขึ้น



หรืออาจเขียนเป็นสูตร  $M_n^\circ + M \longrightarrow M_{(n+1)}^\circ$

ขั้นสิ้นสุดของปฏิกิริยา ของสายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์มี 2 แบบ คือ

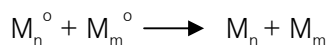
1. แบบจับคู่ หรือผสมกัน (coupling or combination) เกิดขึ้นโดยแอกทิฟเซ็นเตอร์ของสายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์ 2 สาย ทำปฏิกิริยากันเป็น 1สายโซ่โมเลกุล โดยมีสูตรทั่วไป คือ



ปฏิกิริยาลิ้นสุดของสายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์ส่วนมากเป็นแบบจับคู่

2. แบบไม่ได้สัดส่วน (disproportionation) เกิดขึ้นโดย อนุมูลไฮโดรเจน จากแรดิคัลเซ็นเตอร์ของสายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์สายหนึ่ง ย้ายไปทำปฏิกิริยากับแรดิคัลเซ็นเตอร์ของอีกสายโซ่โพรเพกติงพอลิเมอร์อีกสายหนึ่ง

จากการรวมตัวลักษณะนี้จะได้พอลิเมอร์โมเลกุล 2 พวกรวม คือ ชนิดอิ่มตัว (saturated polymer molecules) กับชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated polymer molecules) โดยมีสูตรทั่วไปคือ



การยับยั้ง และการหน่วง (inhibition and retardation) สารบางชนิดสามารถยับยั้ง หรือหน่วงอนุมูลอิสระให้หยุดทำปฏิกิริยา หรือทำให้ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระช้าลง สารที่สามารถหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ เรียกว่า ตัวยับยั้งปฏิกิริยา (inhibitor) ปฏิกิริยาที่หยุดนั้น เรียกว่าการยับยั้ง และสารที่ทำให้ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเกิดช้าลง เรียกว่าตัวหน่วงปฏิกิริยา (retarder) ดังนั้นการลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นจะเป็นการหน่วงปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ และการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาขั้นสิ้นสุดจะเป็นการลดระดับปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ หรือเป็นการลดน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างสารที่ทำให้เกิดการยับยั้งหรือการหน่วงปฏิกิริยา ได้แก่ ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) ยูจีนอล (eugenol) และออกซิเจนจำนวนมาก จากกลไกการทำงานของสารเหล่านี้ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยเติมไฮโดรควิโนนปริมาณเล็กน้อยในเมทิลเมทาคริเลต เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์อย่างถาวร เป็นการยืดอายุการใช้งานของวัสดุ

2. ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้น หรือ ควบแน่น (step growth or condensation polymerization)

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้น หรือ ควบแน่น เป็นปฏิกิริยาการรวมตัวของโมเลกุลตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไป เกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างอย่างง่ายและขนาดไม่ใหญ่ โดยหลังจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ จะมีโมเลกุลเล็กๆซึ่งเคี้ยวเกิดขึ้น (by product) เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ (alcohol) แอมโมเนีย (ammonia) และกรดแฮโลเจน (halogen acid)

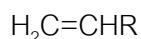
โดยทั่วไปนิยมเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้นมากกว่าควบแน่น เนื่องจากในบางกรณี การทำปฏิกิริยากันระหว่างมอนอเมอร์โดยกลุ่มฟังก์ชันแนล อาจไม่มีการขับโมเลกุลเล็กๆซึ่งเคี้ยวออกมา เช่น พอลิยูรีเทน จึงควรเรียกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้นจะเหมาะสมกว่า

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้นจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ โดยค่อยๆเพิ่มโมเลกุลจากมอนอเมอร์เป็น ไดเมอร์ (dimer-) ไตรเมอร์ (trimer-) จนกลายเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบขั้นจะมีการหยุดก่อนที่โมเลกุลของพอลิเมอร์จะมีขนาดใหญ่เท่าจริง เนื่องจากยิ่ง พอลิเมอร์มีขนาดโมเลกุลใหญ่จะยิ่งทำให้คุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล และจำนวนโมเลกุลลดลง

ตัวอย่างวัสดุทางทันตกรรมที่ใช้พอลิเมอร์ชนิดนี้ ได้แก่ วัสดุพิมพ์ปากพอลิซิลไฟด์ และ ซิลิโคนชนิดความแน่น เป็นต้น

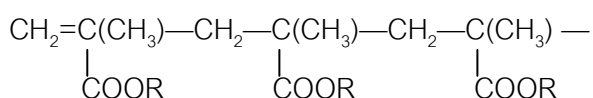
### พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly(methyl methacrylate))<sup>(8,24,26)</sup>

อะคริลิกเรซิน เป็นอนุพันธ์ของเอทิลีน (ethylene) ที่ประกอบด้วยกลุ่มไวนิลมีสูตร โครงสร้างคือ



จากสูตรโครงสร้างที่แสดง อนุกรมของอะคริลิกเรซิน (acrylic resin series) ที่เกี่ยวข้องกับ งานทางทันตกรรม มีอย่างน้อย 2 อนุกรม ได้แก่ อนุกรมที่ได้จากจากกรดอะคริลิก ( $CH_2=CHCOOH$ ) กับ อนุกรมจากกรดเมทาคริลิก ( $CH_2=C(CH_3)COOH$ ) สารประกอบของ อนุกรมทั้งสองได้จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัว

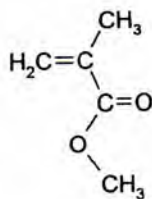
แม้ว่าสารเหล่านี้จะแข็ง และใส แต่ดูน้ำมาก เป็นสาเหตุให้วัสดุอ่อน และลดความ แข็งแรงลง ไม่เหมาะกับการมาใช้ในปาก แต่กลุ่มเอสเตอ์ (ester group, -COOR) ของกรดเหล่านี้ ใส และดูน้ำน้อยมาก จึงเหมาะในการมาใช้ในปาก เช่น พอลิเมทาคริเลต ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้



อนุมูล R ทำให้เกิดอะคริลิกชนิดต่างๆ มากมาย แต่ที่นิยมใช้ทำซีฟันปลอม และฐานฟันปลอม ได้แก่ พอลิเมทิลเมทาคริเลต ที่มี R เป็นอนุมูล -CH<sub>3</sub>

เมทิลเมทาคริเลต เป็นของเหลวใสที่อุณหภูมิห้องมีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้คือ จุดหลอมเหลว -48 องศาเซลเซียส จุดเดือด 100.8 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 0.954 กรัมต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตรที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความร้อนที่เกิดระหว่างปฏิกิริยา 12.9 กิโลกรัม-แคลอรีต่อโมล เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ดีมาก

เมทิลเมทาคริเลตโมเลกุลเชิงเดี่ยว หรือมอนอเมอร์ (simple molecule or monomer) สามารถรวมตัวเป็นพหุโมเลกุล หรือ พอลิเมอร์ได้ โดยกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัว ซึ่งเกิดจากตัวกระตุ้นอาจเป็นแสงอัลตราไวโอเล็ต สารอินทรีย์ หรือความร้อนไปแยก หรือทำปฏิกิริยากับตัวเริ่มต้นให้ปล่อยอนุมูลอิสระ (free radical) ออกมา อนุมูลอิสระนี้ทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนต่อคาร์บอน ของเมทิลเมทาคริเลตเชิงเดี่ยว กลายเป็น พอลิเมทิลเมทาคริเลต



ภาพที่ 2 โมเลกุลเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์

พอลิเมทิลเมทาคริเลต เป็นเรซินชนิดแข็ง ค่าความแข็งนูน (knoop hardness number) 18-20 ความแข็งแรงดึง (tensile strength) 60 เมกะปาสคาล (MPa) ความหนาแน่น 1.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ประมาณ 2400 เมกะปาสคาล (MPa)<sup>(27)</sup>

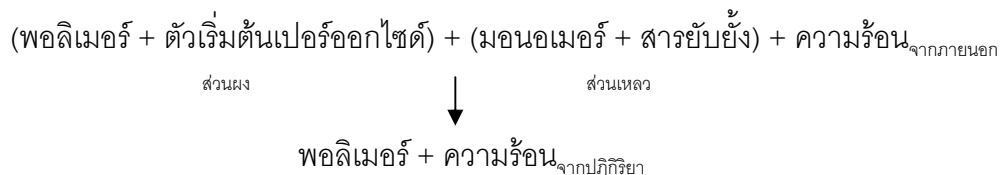
พอลิเมอร์นี้จะอ่อนนุ่มที่ 125 องศาเซลเซียส เกิดปฏิกิริยาการสลายตัวพอลิเมอร์ (depolymerization) ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสโดยสลายตัวไปเป็นมอนอเมอร์

**คุณสมบัติของวัสดุประดิษฐ์ฐานฟันปลอม<sup>(26)</sup> ที่ต้องการได้แก่**

1. มีความแข็งแรง และมีอายุการใช้งานที่นาน
2. มีคุณสมบัติทางความร้อน (thermal properties) ตามต้องการ
3. มีเสถียรภาพทางมิติ
4. มีเสถียรภาพทางเคมี
5. ไม่ละลาย และมีการดูดซึมน้ำในช่องปาก
6. ไม่มีรสและกลิ่น
7. มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก
8. มีความสวยงามเป็นธรรมชาติ
9. มีเสถียรภาพของสี
10. ยึดได้กับพลาสติก โลหะ และพอร์ซเลน
11. สามารถผลิต และซ่อมแซมได้ง่าย
12. ราคาเหมาะสม

## อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนสำหรับประดิษฐ์ฐานฟันปลอม (Heat-activated denture base acrylic resins)<sup>(8,24-26)</sup>

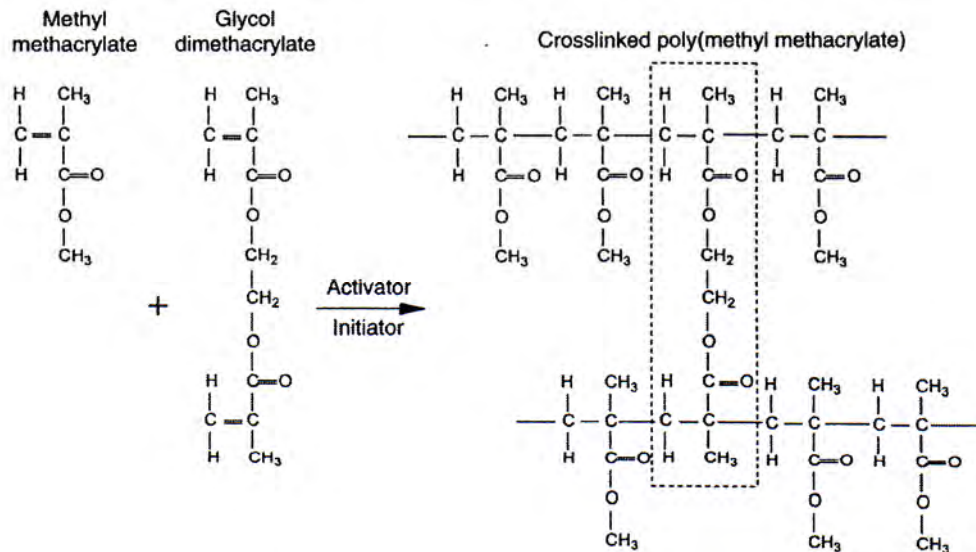
โดยส่วนใหญ่วัสดุที่ใช้เป็นฐานฟันปลอมเป็นพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ได้ด้วยความร้อน อาจเป็นน้ำร้อนหรือแสงอัลตราไวโอเล็ต หรือ ตู้อบไมโครเวฟ ดังสมการที่แสดง



องค์ประกอบของอะคริลิกที่บ่มด้วยความร้อน ประกอบด้วยส่วนผง (powder) และส่วนเหลว (liquid) ซึ่งส่วนผงประกอบด้วยพอลิเมอร์ ลักษณะใสหรือมีสีเป็นเม็ดละเอียดของพอลิเมทาคริเลต ขนาด 50-250 ไมโครเมตร ตัวเริ่มต้นส่วนใหญ่มักเป็นเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 0.2-0.5 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีการเติมสีที่ฉาบตามผิวของเม็ดพอลิเมอร์ ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก และประกอบด้วยส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ สารทึบแสง (opacifier) ตัวทำให้นุ่ม (plasticizer) เช่น ไดบิวทิลทาเลต (dibutyl phthalate) และเส้นใยอินทรีย์ (organic fiber)

สำหรับส่วนเหลวประกอบด้วยมอนอเมอร์ของเมทิลเมทาคริเลต เป็นของเหลวใส ไม่เสถียรระเหยง่าย จึงใส่สารช่วยให้เสถียร (stabilizer) เช่น ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) ร้อยละ 0.006 โดยน้ำหนักและบรรจุในขวดสีชา เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ขณะเก็บ นอกจากนี้ยังมีการเติมสารเชื่อมไขว้ ร้อยละ 1-2 โดยปริมาณ และยังมีส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ เอทิลอะคริเลต (ethyl acrylate) ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เพื่อให้เป็นพอลิเมอร์ร่วมทำให้เกิดพอลิเมอร์มีความต้านทานต่อการแตกหักได้มากขึ้น

สารเชื่อมไขว้ที่เติมในส่วนเหลวเพื่อให้สายโซ่พอลิเมอร์ 2 เส้นเชื่อมโยงกัน เกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติหรือตาข่าย ทำให้กำลังความแข็งแรงสูงขึ้น ทนต่อการกระแทก ต้านทานการรากลดการละลายต่อสารละลายอินทรีย์ และลดการดูดซึมน้ำ สารเชื่อมไขว้ที่ใช้บ่อยได้แก่ 1,4 บิวทิลีน ไกลคอลไดเมทาคริเลต (1,4-butylene glycol dimethacrylate) และเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทาคริเลต (ethylene glycol dimethacrylate) ซึ่งมีโครงสร้างและสูตรเคมีคล้ายกับเมทิลเมทาคริเลต เมื่อทั้ง 2 ทำปฏิกิริยากัน จะได้สายพอลิเมอร์ที่โตขึ้น



ภาพที่ 3 แสดงการเกิดการเชื่อมไขว้ของ PMMA ซึ่งมี เอทิลีน ไกลคอลไดเมทาคริเลตเป็นสารเชื่อมไขว้เข้าไปยึด PMMA ในลักษณะสะพาน (bridge) หรือ การเชื่อมต่อ (interconnect) ระหว่างสายโซ่ PMMA

#### สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

##### I. การหดตัวเนื่องจากการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage)

เมื่อเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ผ่านกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ไปเป็นพอลิเมทิลเมทาคริเลตความหนาแน่นของมวลจะเปลี่ยนแปลงจาก 0.94 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ( $\text{g/cm}^3$ ) เป็น 1.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีผลให้มีการหดตัวเชิงปริมาตร (volumetric shrinkage) ร้อยละ 21 แต่เมื่อทำการผสมระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตและเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ อัตราส่วน 3:1 จะเกิดการหดตัวเชิงปริมาตรจะแสดงโดยมวลที่ผ่านกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ประมาณร้อยละ 7

##### II. การเกิดรูพรุน (porosity)

การมีรูพรุนที่พื้นผิว (surface) และใต้พื้นผิว (subsurface) นั้นขึ้นกับการยอมรับทางกายภาพ (physical) ความสวยงาม และคุณสมบัติของความสะอาดของฟันปลอม รูพรุนจะเกิดมากในส่วนที่หนาของฐานฟันปลอม รูพรุนนี้เป็นผลมาจากการกลายเป็นไอของมอนอเมอร์ที่ยังไม่ทำปฏิกิริยาและพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เมื่อถึงจุดเดือดของสารเหล่านี้

รูพรุนอาจเป็นผลมาจากการผสมส่วนผง และส่วนเหลวไม่เพียงพอ ทำให้บางบริเวณของเรซินมีมอนอเมอร์มากกว่าบริเวณอื่น ซึ่งระหว่างกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ บริเวณเหล่านี้จะมีการหดตัวมากกว่าบริเวณอื่น และการหดตัวเฉพาะที่นำไปสู่การเกิดรูพรุน

การใช้แรงอัดหรือการที่วัสดุไม่พอในแบบหล่อเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดรูพรุนได้เช่นกัน



### III. การดูดซึมน้ำ (water absorption)

พอลิเมทิลเมทาคริเลตดูดซึมน้ำเล็กน้อยเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยน้ำ ซึ่งน้ำจะมีผลต่อสมบัติทางกล และทางมิติของพอลิเมอร์

การดูดซึมน้ำจะเกิดจากความมีขั้วของโมเลกุลพอลิเมทิลเมทาคริเลต กลไกการแพร่ผ่านเป็นการตอบสนองหลักสำหรับการเข้าไปของน้ำ โดยโมเลกุลของน้ำจะแทรกเข้าไปในเนื้อพอลิเมทิลเมทาคริเลต และอยู่ในตำแหน่งระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ มีผลทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดแรงแยกออกจากกัน การมีโมเลกุลของน้ำข้างในวัสดุนี้จะมีผลสำคัญสองอย่าง โดยอย่างแรก คือเป็นสาเหตุของการขยายตัวของวัสดุ และอย่างที่สอง คือ โมเลกุลน้ำจะขัดขวางการพันกันของสายโซ่พอลิเมอร์ และมีผลเป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer)

### IV. ความแข็งแรง (strength)

ความแข็งแรงของฐานฟันปลอมเรซินขึ้นกับหลายปัจจัย ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ส่วนประกอบของเรซิน เทคนิคของกระบวนการทำฟันปลอม และสภาวะภายในช่องปาก

เรซินที่บ่มได้เองจะมีระดับของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ต่ำกว่า เรซินที่บ่มด้วยความร้อนเป็นผลให้มีการเพิ่มระดับของมอนอเมอร์ตกค้าง (residual monomer) และลดความแข็งแรง และความแข็งตึง (stiffness)

### V. การคืบ (creep)

ฟันปลอมเรซินเป็น viscoelastic หรือเรียกว่าเป็น rubbery solid ซึ่งมีการยืดหดตัวไม่ถาวร หรือเสียรูปชั่วคราวเมื่อได้รับความเค้นแล้วกำจัดออกไป เมื่อฟันปลอมเรซินได้รับแรงวัสดุจะเริ่มเกิดการเสียรูป ถ้าไม่มี การเอาแรงออกไปจะเกิดการยืดหดตัวที่ถาวร หรือเสียรูปถาวร การเกิดการเสียรูปนี้เรียกว่าการคืบ

### VI. การราน (crazing)

การเกิดการคลายลงของความเค้น (stress relaxation) อาจจะทำให้เกิดรอยตำหนิขนาดเล็กบนพื้นผิว ซึ่งมีผลต่อความสวยงาม และคุณสมบัติทางกายภาพของฟันปลอม การทำให้เกิดรอยตำหนิ หรือรอยร้าวขนาดเล็กเรียก การราน

การรานเป็นผลจากการทำให้เกินความเค้น หรือการละลายบางส่วนของเรซิน เช่น เมื่อสัมผัสกับตัวทำละลาย (เอทิลแอลกอฮอล์) ความเค้นดึงเป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของการรานในฐานฟันปลอม ซึ่งเชื่อว่าไปทำให้เกิดการแยกทางกลของสายโซ่พอลิเมอร์

โดยทั่วไปการรวมเริ่มที่ผิวของเรซิน และเรียงตัวตั้งฉากกับแรงดึง เกิดการสร้างรอยร้าวขนาดเล็กต่อภายใน ดังนั้นการพัฒนาฟันปลอมเรซินแบบเชื่อมไขว้เป็นผลเพื่อลดอุบัติการณ์เกิดการรวมของฟันปลอม

### อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองสำหรับประดิษฐ์ฐานฟันปลอม (Auto-polymerized denture base acrylic resins)<sup>(8,24,26)</sup>

มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกับอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ยกเว้นการกระตุ้นทางเคมี (chemical activation) จะเป็นการเติม เทอร์เทียรีเอมีน (tertiary amine) เช่น ไดเมทิล-พารา-โทลูอิดีน (dimethyl-p-toluidine) ในส่วนเหลว เมื่อทำการผสมส่วนผง และส่วนเหลว เทอร์เทียรีเอมีนจะกระตุ้นให้ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) แตกตัวเกิด อนุมูลอิสระเปอร์ออกไซด์ (peroxide free radicals) ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์ ในการทำฐานฟันปลอม

ระดับกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของการใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง จะไม่สมบูรณ์เท่ากับการใช้ชนิดบ่มด้วยความร้อน ดังนั้นฐานฟันปลอมที่ถูกเตรียมโดยใช้อะคริลิกเรซินที่บ่มได้เอง จะมีมอนอเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา (unreacted monomer) ปริมาณมากในฐานฟันปลอม ซึ่งมอนอเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา จะทำให้มีปัญหาหลัก 2 อย่าง ข้อแรกจะเป็นสารทำให้พอลิเมอร์นุ่ม (plasticizer) ซึ่งลดความแข็งแรงดัดขวาง (transverse strength) ของฐานฟันปลอม ข้อที่สองคือ มอนอเมอร์ที่เหลือจะระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของอะคริลิกเรซินทั้ง 2 ชนิดพบว่า อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง จะมีการหดตัวน้อยกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน ดังนั้น อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง จะมีความเที่ยงตรงของมิติมากกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองใช้เวลาในการบ่มที่น้อยกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน ทำให้เกิดความรวดเร็วในการทำงาน มีค่าความแข็งแรงเมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และค่าความล้าแรงดัด (flexural fatigue) ที่ใกล้เคียงกันแต่มีค่าแรงดัดขวางเริ่มต้นที่น้อยกว่าประมาณร้อยละ 15 ถึง 20<sup>(28)</sup>

เสถียรภาพของสีอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง โดยทั่วไปจะต่ำกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน เนื่องจากสารเทอร์เทียรีเอมีน ภายในอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง โดยเอมีนจะเสี่ยงต่อการเกิด ออกซิเดชัน (oxidation) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของเรซินนั้น อาจทำให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดโดยการเพิ่มสารบางชนิดเช่น กรดอินทรีย์ซัลฟินิก (organic sulfinic acid)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง<sup>(14)</sup>

Requirement	Flexural strength (MPa) min.	Flexural modulus (MPa) min.	Residual methyl methacrylate monomer Percent mass fraction max.	Sorption ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ) max.	Solubility ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ) max.
Type 1	65	2000	2.2	32	1.6
Type 2	60	1500	4.5	32	8.0

โดยที่ type1: อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat-polymerizable polymers)

type2: อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง (Autopolymerizable polymers)

#### อัตราส่วนส่วนผงต่อส่วนเหลว (powder to liquid ratio)<sup>(8,24,26)</sup>

อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผงต่อส่วนเหลว เป็นสิ่งสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฐานฟันปลอม

การเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของฐานฟันปลอมจะมีผลต่อการหดตัว (shrinkage) ในเชิงปริมาตร และเชิงเส้น ซึ่งมีงานวิจัยบ่งชี้ว่า ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของเมทิลเมทาคริเลตไปเป็นพอลิเมทิลเมทาคริเลตจะมีการหดตัวเชิงปริมาตรได้ถึงร้อยละ 21

ระบบที่ใช้ทำฐานฟันปลอมจะประกอบด้วยส่วนผง และส่วนเหลว ส่วนผงจะประกอบด้วยเม็ดของ พอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยทั่วไปเรียกว่าพอลิเมอร์ ส่วนเหลวประกอบด้วยเมทิลเมทาคริเลต เรียกว่า มอนอเมอร์ เมื่อส่วนผง และส่วนเหลวผสมกันด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะมีลักษณะเป็นก้อนอ่อนนุ่ม อัตราส่วนที่ยอมรับกันคือ 3:1 โดยปริมาตร ซึ่งอัตราส่วนนี้จะจำกัดการหดตัวเชิงปริมาตรที่ประมาณร้อยละ 6 (การหดตัวเชิงเส้นร้อยละ 0.5) จึงควรตรวจหรือชั่งให้ได้ อัตราส่วนที่กำหนด เนื่องจากหากพอลิเมอร์มากเกินไป พอลิเมอร์ที่ละลายจะตกค้างเป็นเม็ดเล็กๆ ในเนื้อของพอลิเมอร์หลังบ่ม แต่หากมอนอเมอร์มากเกินไปพอลิเมอร์ที่ได้จะหดตัวมากขึ้น และมีโอกาสเกิดรูพรุนได้ง่าย

#### ปฏิกิริยาของส่วนผง และส่วนเหลว<sup>(24,26)</sup>

เมื่อพอลิเมอร์ และมอนอเมอร์ถูกผสมด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม จะเกิด 5 ขั้นตอน

1. **ขั้นเป็นเม็ดทราย (wet sand-link stage)** เป็นระยะที่พอลิเมอร์เริ่มผสมกับมอนอเมอร์ แต่ไม่ละลาย เห็นเป็นเม็ดทรายอยู่

2. **ขั้นเป็นเส้นใย (stringy stage)** เป็นระยะที่มอนอเมอร์เริ่มละลายพอลิเมอร์ โดยผิวชั้นนอกของพอลิเมอร์ถูกแทรก แล้วละลายในมอนอเมอร์ ลักษณะเป็นเส้นใย และเหนียว
3. **ขั้นอ่อนนุ่ม (dough stage)** เป็นระยะที่พอลิเมอร์ละลายในมอนอเมอร์กลายเป็นเนื้อเดียว จำนวนมอนอเมอร์เหลือเพียงเล็กน้อย ขั้นนี้มีลักษณะอ่อนนุ่ม บั่นเป็นก้อนได้ ไม่ติดภาชนะหรือมือ ไม่มีเส้นใย และแผ่ตามชอกมุมได้ เป็นขั้นที่เหมาะสมสำหรับลงแบบหล่อ ไม่เกิดรูพรุน

เวลาตั้งแต่เริ่มผสมพอลิเมอร์กับมอนอเมอร์จนกระทั่งถึงระยะอ่อนนุ่ม เรียกว่า ระยะเวลาอัด (dough time)

ระยะเวลาอัดอาจเร็ว หรือช้าแล้วแต่ขนาดของพอลิเมอร์ ถ้าขนาดเล็กจะละลายได้เร็ว ระยะเวลาอัดก็เร็ว ถ้าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์สูง ละลายตัวได้ช้า ระยะเวลาอัดช้า ถ้าใส่สารทำให้นุ่ม ระยะเวลาอัดช้าลง อุณหภูมิสูงเร่งให้ระยะเวลาอัดเร็วขึ้น อัตราส่วนของพอลิเมอร์มากกว่าอัตราส่วนปกติทำให้ระยะเวลาอัดเร็วขึ้น

ระยะเวลาอัดไม่ต่ำกว่า 5 นาที (ควรดูคำแนะนำบนฉลาก และปฏิบัติตามคำแนะนำนั้นๆ ซึ่งอาจมีระยะเวลาแตกต่างกันออกไป)

4. **ขั้นคล้ายยาง (rubber-like stage)** เป็นขั้นที่มีมอนอเมอร์เหลือน้อยที่สุด ลักษณะคล้ายยาง ยืดหยุ่นได้ ไม่สามารถแผ่ออกได้ ไม่เหมาะสำหรับอัด
5. **ขั้นแข็งตัว (stiff stage)** จะมีการระเหยของมอนอเมอร์หมดแล้ว ส่วนผสมจะแห้งมากและต้านต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางกล (mechanical deformation)

### เรซินที่ใช้ซ่อมฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน (Repair resins) <sup>(8,24,26)</sup>

ในการเลือกใช้วัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมส่วนใหญ่จะใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองมากกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดบ่มด้วยแสง<sup>(11)</sup> ทั้งนี้ในการเลือกวัสดุ ขึ้นกับปัจจัยได้แก่ 1) เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซม 2) ความแข็งแรงดัดขวางที่ได้รับเมื่อใช้ในการซ่อมแซม 3) ระดับความเที่ยงตรงทางมิติ (dimensional accuracy) ที่ยังคงอยู่ระหว่างการซ่อมแซม ซึ่งอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง จะมีความแข็งแรงดัดขวางที่ต่ำกว่า โดยการซ่อมชิ้นงานด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดบ่มด้วยตัวเองจะมีค่าแรงดัดขวางร้อยละ 80 และ 60 ของชิ้นงานที่ไม่ได้ซ่อมแซมตามลำดับ<sup>(11)</sup> แต่ข้อดีหลักของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง คือ ทำการซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็ว สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนชนิดบ่มด้วยความร้อน และ

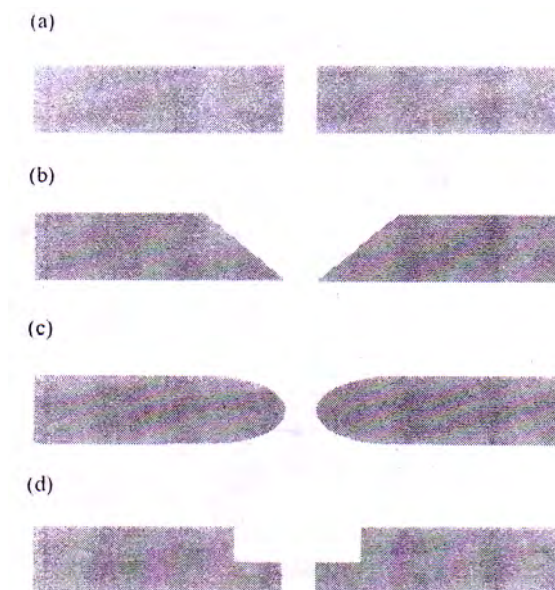
ชนิดบ่มด้วยแสง ต้องใส่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ และตู้อบด้วยแสง (light chambers) ซึ่งความร้อนจะทำให้เกิดความเค้น และการบิดเบี้ยวของฐานฟันปลอมส่วนที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์มาก่อนแล้ว<sup>(8)</sup> ส่วนอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง จะเกิดความร้อนไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการปล่อยความเค้นส่วนที่เหลือ (residual stress) จึงไม่ทำให้เกิดการบิดเบี้ยว (distortion) ของฐานฟันปลอม<sup>(11,12)</sup>

ในการซ่อมแซมฐานฟันปลอมโดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองจะทำการทามอนอเมอร์ปริมาณเล็กน้อยลงบนพื้นผิวที่เตรียมไว้ของฐานฟันปลอม เพื่อให้มีการเชื่อมติด (bonding) ของวัสดุที่ใช้ซ่อม การเติมเป็นชั้นๆ ของมอนอเมอร์ และพอลิเมอร์ ในบริเวณที่ซ่อมแซมโดยใช้แปรงเล็กๆ หรือเครื่องมือที่เหมาะสม ใส่วัสดุให้เกินเล็กน้อยที่บริเวณซ่อมแซมเพื่อชดเชยการหดตัวหลังกลไกปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage)

### รูปร่างรอยต่อของการซ่อมแซมฟันปลอมฐานอะคริลิก

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลสำคัญต่อความแข็งแรงดัดขวาง (flexural strength) ในการซ่อมฟันปลอมฐานอะคริลิกคือ ลักษณะรูปร่างของรอยต่อระหว่างฐานฟันปลอมเดิม และส่วนอะคริลิกที่ใช้ในการซ่อมแซม ซึ่งได้มีการศึกษาถึงรูปแบบของรอยต่อต่างๆ ได้ แบบขั้น (rabbit joint) แบบหน้าตัดตรง (butt joint) แบบหน้าตัดเฉียง 45 องศา (45 degree beveled joint) และแบบมน (round joint) (ภาพที่ 4) พบว่าแบบมนเป็นแบบที่ให้ค่าความแข็งแรงที่มากกว่าแบบอื่นๆ<sup>(7,18)</sup> และจากการทดลองของ Ward และคณะ<sup>(13)</sup> พบว่า แบบมน และแบบหน้าตัดเฉียง 45 องศา มีค่าไม่ต่างกัน และเมื่อพิจารณาทางคลินิกแบบหน้าตัดเฉียง 45 องศา มีความเหมาะสมมากกว่าในการเตรียมชิ้นงาน

สำหรับขนาดของช่องว่าง (Gap) เมื่อทำการซ่อมชิ้นงานด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง Leong และ Grant<sup>(15)</sup> พบว่าช่องว่างขนาด 1.5 มิลลิเมตร จะทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวน้อยลงร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับช่องว่างขนาด 3 มิลลิเมตร และ Beyli และ von Fraunhofer<sup>(9)</sup> รายงานว่าขนาดของช่องว่างควรมี ค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 มิลลิเมตร เพื่อลดการหดตัวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง และความกลมกลืนของสีฐานฟันปลอมเก่า และวัสดุที่ใช้ซ่อมแซม



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะรอยต่อ (a) แบบหน้าตัดตรง (b) แบบหน้าตัดเฉียง (c) แบบมน และ(d) แบบขั้น<sup>(7)</sup>

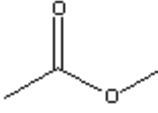
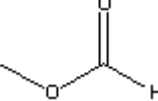
#### สารเคมีที่ใช้ช่วยในการซ่อมแซมฟันปลอมฐานอะคริลิก

การแตกหักของฟันปลอมอาจเกิดได้ทั้งแบบยึดติด (adhesive) และแบบเชื่อมแน่น (cohesive) โดยถ้าการแตกหักเป็นแบบยึดติด จะเกิดจากรอยต่อระหว่างวัสดุเดิม และวัสดุที่นำมาซ่อมแซมมีแรงยึดที่ไม่มากพอ ในทางกลับกันการแตกหักแบบเชื่อมแน่น จะแสดงถึงแรงยึดติดที่มีค่ามากพอ<sup>(13)</sup> โดยปกติแล้วค่าความแข็งแรงตัดขวางของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองจะมีค่าน้อยกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน<sup>(8,11,14,15)</sup> การแตกหักแบบเชื่อมแน่นจึงเกิดบริเวณอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง<sup>(16)</sup> มีรายงานว่า<sup>(17)</sup> ฟันปลอมที่ได้รับการซ่อมแซมแล้วนั้นจะมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุเก่าและใหม่มากกว่าหักที่บริเวณวัสดุใหม่ที่นำมาซ่อม เพื่อให้มีความแข็งแรงที่มากพอสำหรับการซ่อมแซม จึงจำเป็นต้องมีการยึดติดที่บริเวณวัสดุทั้งสองชนิด การเตรียมผิวหน้าบริเวณรอยต่อจึงเป็นสิ่งสำคัญ<sup>(17)</sup> โดยได้มีการศึกษาต่างๆ ดังนี้ Shen และคณะ<sup>(17)</sup> แนะนำให้ใช้คลอโรฟอร์ม (Chloroform) ทาบริเวณรอยต่อเป็นเวลา 5 วินาทีก่อนทำการซ่อมแซม ต่อมา Vallittu และคณะ<sup>(16)</sup> ได้ทำการทดลองพบว่าการใช้มอโนเมอร์ ปรับสภาพพื้นผิว 180 วินาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมในการซ่อมแซม จากนั้นได้มีการหาสารทดแทนคลอโรฟอร์ม เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง โดยมีการแทนที่ด้วยเมทิลีนคลอไรด์ (methylene chloride)<sup>(21,22,29)</sup> แต่ในปัจจุบันพบว่าสารชนิดนี้เป็นสารก่อมะเร็ง จึงมีการแนะนำให้ใช้อะซิโตน (acetone)<sup>(12,19,30)</sup> เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate)<sup>(23,30)</sup> เมทิลอะซิเตต (methyl acetate) และเมทิลฟอร์มเมต (methyl formate)<sup>(20)</sup> ซึ่งสาร 2 ตัวหลังนี้ Asmussen และPeutzfeldt<sup>(20)</sup> ได้ทำการศึกษาพบว่าให้ค่าแรงที่ไม่ต่างจากเมทิลีนคลอไรด์ อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมะเร็งหรือเป็นพิษอีกด้วย

### คุณสมบัติของสารเคมี เมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต<sup>(31,32)</sup>

สารเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต มีชื่อทางเคมี สูตรโมเลกุล และสูตรโครงสร้าง (ตารางที่ 2) และมีคุณสมบัติทางกายภาพ (ตารางที่ 3) ดังนี้

ตารางที่ 2 การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC	ชื่อเคมีทั่วไป	ชื่อพ้องอื่นๆ	สูตร โมเลกุล	สูตร โครงสร้าง
Methyl acetate	-	Methyl acetic ester; Devoton; Tereton; Methyl ester acetic acid; Acetic acid methyl ester	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	
Methyl methanoate	Formic acid methyl ester	Methyl Formate; R 611	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	

ตารางที่ 3 การชี้บ่งทางกายภาพ (Physical properties)

สาร	สถานะ	สี	กลิ่น	จุดเดือด (องศา เซลเซียส)	ความดันไอ (มม.ปรอท) ที่ 25 องศาเซลเซียส
Methyl acetate	ของเหลว	ใส	-	56-58	212.5
Methyl formate	ของเหลว	ใส ไม่มีสี	คล้ายอีเธอร์	32	625

### ความเป็นพิษ (Toxicity)

ความเป็นพิษของสารเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต สามารถพิจารณาได้จากค่า LD<sub>50</sub> (lethal dose fifty) ซึ่งค่านี้คือ

LD<sub>50</sub> หมายถึง ปริมาณ (dose) ของสารเคมีซึ่งคาดว่าจะทำให้สัตว์ทดลองที่ได้รับสารนั้น เพียงครั้งเดียว ตายไปเป็นจำนวนครึ่งหนึ่ง (50 %) ของจำนวนเริ่มต้น LD<sub>50</sub> เป็นค่าที่คำนวณได้จากผลการศึกษา ซึ่งให้สัตว์ทดลองหลายกลุ่มได้รับสารเคมีที่ปริมาณต่าง ๆ กัน ระยะเวลาที่เฝ้าสังเกตการตายของสัตว์ ประมาณ 2-3 วัน แต่จะไม่เกิน 2 สัปดาห์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารเคมีในสัตว์ต่างชนิด ซึ่งมีน้ำหนักตัวแตกต่างกันได้ จึงรายงานค่า LD<sub>50</sub> เป็น

น้ำหนักของสารเคมีต่อน้ำหนักของสัตว์ทดลอง เช่น LD<sub>50</sub> (oral) ของ benzene ในหนู rat เท่ากับ 4,900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4 แสดงค่า LD<sub>50</sub> ต่อร์ดับความเป็นพิษ

ค่า LD <sub>50</sub>	ระดับความเป็นพิษ
LD <sub>50</sub> < 1 มก./นน.กก.	มีความเป็นพิษร้ายแรงมาก (Extremely Toxic)
1 < LD <sub>50</sub> ≤ 50 มก./นน.กก.	มีความเป็นพิษร้ายแรง (Highly Toxic)
50 < LD <sub>50</sub> ≤ 500 มก./นน.กก.	มีความเป็นพิษปานกลาง (Moderate Toxic)
0.5 < LD <sub>50</sub> ≤ 5 กรัม/นน.กก.	มีความเป็นพิษเล็กน้อย (Slightly toxic)
5 < LD <sub>50</sub> ≤ 15 กรัม/นน.กก.	ในทางปฏิบัติถือว่าสารนี้ไม่เป็นพิษ (Practical non-Toxic)

ตารางที่ 5 แสดงค่า LD<sub>50</sub> ต่อร์ดับความเป็นพิษของสารที่ใช้ในการศึกษา

สาร	ค่า LD <sub>50</sub> (มก./กก.)	ระดับความเป็นพิษ
Methyl acetate	3705 (กระต่าย)	มีความเป็นพิษเล็กน้อย
Methyl formate	1500 (หนู)	มีความเป็นพิษเล็กน้อย



### อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health effect)

เมื่อพิจารณาถึงอันตรายต่อสุขภาพอนามัย ของสารเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต สามารถพิจารณาได้จาก ทางหายใจ ทางผิวหนัง การรับประทาน ทางตา หรือการก่อให้เกิดความมึนงงหรือความผิดปกติอื่นๆ (ตารางที่ 6 และ 7)

ตารางที่ 6 แสดงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของสารเมทิลอะซิเตต

สัมผัสทาง หายใจ	การหายใจเอาไอหรือละอองเข้าไปในปริมาณเล็กน้อยในระหว่างการขนถ่าย ไม่น่าจะเป็นเหตุให้เป็นอันตราย หายใจเข้าจำนวนมากอาจเป็นอันตราย
สัมผัสทาง ผิวหนัง	การสัมผัสทางผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคืองเล็กน้อย ถ้าสัมผัสนานๆ หรือสัมผัสบ่อยๆจะทำให้ผิวหนังแห้ง อาจมีอาการผื่นแดง แผลไหม้ ผิวหนังแห้ง เป็นรอยแตก และผิวหนังไหม้
กินหรือกลืน เข้าไป	การกินหรือกลืนเข้าไปในปริมาณเล็กน้อยระหว่างการเคลื่อนย้ายสาร ไม่น่าจะเกิดอันตราย แต่ถ้าหากกินหรือกลืนเข้าไปในปริมาณมากอาจเป็นอันตรายได้
สัมผัสลูกตา	การสัมผัสลูกตาสามารถทำให้ตาเกิดระคายเคือง เกิดอาการปวดแสบปวดร้อน น้ำตาไหล ตาแดง และตาบวม
การก่อมะเร็ง หรือความ ผิดปกติอื่นๆ	สารนี้มีผลทำลายระบบประสาท ไต ดวงตา

ตารางที่ 7 แสดงความเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของสารเมทิลฟอร์มเมต

สัมผัสทาง หายใจ	การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองจมูก และลำคอ
สัมผัสทาง ผิวหนัง	การสัมผัสทางผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง
กินหรือกลืน เข้าไป	การกินหรือกลืนเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง
สัมผัสลูกตา	การสัมผัสลูกตาจะทำให้ระคายเคือง
การก่อมะเร็ง หรือความ ผิดปกติอื่นๆ	สารนี้ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง รายงานโดย IARC NTP OSHA อวัยวะเป้าหมาย คือ ตา ระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลาง

### การเกิดอัคคีภัย (Fire)

จุดวาบไฟ (Flash point) หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุด ที่ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอเพียงพอต่อการเริ่มต้นลุกไหม้ขึ้นเมื่อมีแหล่งจุดติดไฟ แต่มีไม่เพียงพอที่จะลุกติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง จุดวาบไฟเป็นประโยชน์ในการแบ่งประเภทของสารเคมีว่าเป็นสารไวไฟ (Flammable) สารติดไฟได้ (Combustible) และสารไม่ติดไฟ (Non-combustible) ตามมาตรฐาน NFPA 30 แบ่งโดย

-สารไวไฟ (Class I) อุณหภูมิ < 37.78 องศาเซลเซียส

-สารติดไฟได้ (Class II, III) อุณหภูมิ  $\geq$  37.78 องศาเซลเซียส

ซึ่งสารเมทิลอะซิเตต มีค่าจุดวาบไฟ -13 องศาเซลเซียส และสารเมทิลฟอร์มเมต มีค่าจุดวาบไฟ -19 องศาเซลเซียส สารทั้ง 2 ชนิด จึงจัดอยู่ในประเภทสารไวไฟ

### ค่าการเปรียบเทียบพารามิเตอร์การละลาย (Solubility parameter)<sup>(33)</sup>

โดยปกติแล้วความสามารถในการทำละลายของสารจะทำละลายได้ดี เมื่อมีค่าตัวแปรการทำละลายไม่ต่างกันมาก<sup>(20)</sup> ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวางระหว่างสารที่ใช้ในการทดลอง และสารที่มีขายในท้องตลาด

ตารางที่ 8 แสดงค่าการทำละลายของสารในการศึกษา

สาร	Solubility parameter (MPa <sup>1/2</sup> )
Poly(methyl methacrylate)	18.27
Ethyl acetate*	18.6
Acetone*	20.3
Methyl acetate	19.6
Methyl formate	20.9

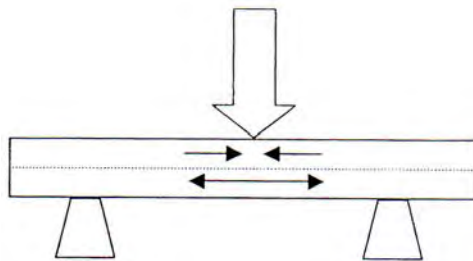
\* ส่วนประกอบใน สาร Rebase II adhesive Tokuyama Dental Corp.

### วิธีการทดสอบการซ่อมฟันปลอม (Test methods for Denture repairs)

สำหรับการวิเคราะห์การยึดติดของการซ่อมแซมฟันปลอมนั้นมีการศึกษาโดยใช้ การวัดแรงดัดขวาง (transverse test) แรงเฉือน (shear test) และแรงบิด (torsional test) แต่การวิเคราะห์ที่นิยมใช้คือ การวัดแรงดัดขวาง<sup>(7)</sup>

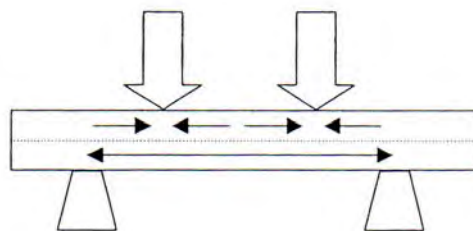
การทดสอบความแข็งแรงดัดขวางประกอบด้วยหัวกด (indenter) ซึ่งกดลงตั้งฉากกับชิ้นงานตัวอย่างที่อยู่ในลักษณะแนวนอนโดยมีตัวรองรับ (supporting jig) เป็นตัวกำหนดช่วงห่าง (span) การทดสอบแบบนี้เป็นการรวมเอาการทดสอบการดึง (tension) และการอัด (compression) เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งแรงอัดจะเกิดขึ้นบนชิ้นตัวอย่าง ส่วนแรงดึงจะเกิดขึ้นที่ใต้ชิ้นตัวอย่าง การทดสอบนี้สามารถทดสอบได้เป็น 2 ลักษณะ คือการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด (three point bending) และการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 4 จุด (four point bending)<sup>(34)</sup>

- การทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด เป็นการทดสอบความเค้นโดยจะมีหัวกดสำหรับให้แรงกด 1 จุด ซึ่งจะอยู่ด้านบนของชิ้นตัวอย่าง และจะมีตัวรองรับที่กำหนดระยะห่างอยู่ด้านล่างชิ้นตัวอย่าง 2 จุด<sup>(34)</sup> ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด<sup>(7)</sup>

- การทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 4 จุด ทำได้โดยการให้แรงกดบนชิ้นตัวอย่าง 2 จุด โดยมีช่วงระยะห่าง และมีตัวรองรับ 2 จุด ที่ด้านล่างชิ้นตัวอย่างเช่นกัน<sup>(34)</sup> ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงการทดสอบแรงดัดโค้งแบบ 4 จุด<sup>(7)</sup>

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน
- อะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวเอง
- สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณท์ Rebase II (Rebase II adhesive)
- เมทิลอะซิเตต (methyl acetate)
- เมทิลฟอร์มเมต (methyl formate)

ตารางที่ 9 แสดงผลิตภัณฑ์ และชื่อผู้ผลิตของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

Product name	Material	Lot. no.	Manufacturer
Meliodent	Heat- activated acrylic resin	08DP0017	Tokuyama Dental Corp.
Unifast trad	Auto- polymerized acrylic resin	Powder: 0710151 Liquid: 0701051	GC Dental Products Corp.
Rebase II adhesive	Acetone 47% Ethyl acetate 47%	X75117	Tokuyama Dental Corp.
# 18138 Methyl acetate	Methyl acetate	A0259676	Acros Organics, Belgium
# 06550 Methyl formate	Methyl formate	1239211	Fluka& Riedel-de Haen, Switzerland

- พลาสติกเรซินชนิดแข็งแรงสูง: เวลมิกซ์ (high-strength dental stone: velmix)
- พลาสติกออปปารีส (plaster of paris)
- แผ่นพลาสติกใส (Panglas, Pan Asia, Industrial Co., Ltd.)

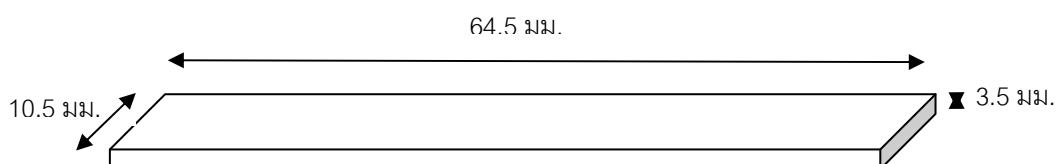
- สารคั่นกลาง (GC Acro-Sep; GC Corp)
- หัวกรองคาร์ไบด์ทรงกระบอก
- กระดาษทรายเบอร์ 600 และ 1000
- ภาชนะหล่อแบบพิมพ์ปลอมทองเหลือง (Hanau flask)

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องบ่มอะคริลิกด้วยความร้อน (Curing unit, EWL 5518, Kavo Germany)
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Contherm 160 M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand)
- เครื่องอัดพลาสติกไฮดรอลิก (Kavo type, 5414 EWG, Kavo Germany)
- เครื่องกระแทกปูน (Compressed air-riven deflasking unit, Renfert Germany)
- เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, Imptech, South Africa)
- เครื่องวัดมิติตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Mitutoyo, Corporation Japan)
- เครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine 8872, INSTRON UK)
- กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereo Microscope, ML9300, MEIJI Japan)
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JEOL, JSM 5410LV, Tokyo Japan)

### การเตรียมชิ้นงาน และการทดลอง

1. การเตรียมแม่แบบเป็นแผ่นพลาสติกใส (Panglas, Pan Asia Industrial Co., Ltd.)  
รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความยาว 64.5 มิลลิเมตร ความกว้าง 10.5 มิลลิเมตร  
ความหนา 3.5 มิลลิเมตร



ภาพที่ 7 แสดงขนาดและแผ่นพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัย

2. นำแม่แบบพลาสติก มาลงในแบบภาชนะหล่อทองเหลือง (Hanau flask) โดยผสมพลาสติกเรซินชนิดแข็งแรงสูง อัตราส่วน 100 กรัม ต่อน้ำ 25 มิลลิลิตร เทลงในภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่างให้ระดับของพลาสติกเรซินสูงกว่าขอบบนของภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่างเล็กน้อย และตักพลาสติกเรซินที่เหลือเล็กน้อยมาป้ายบนแม่แบบแผ่นพลาสติก เพื่อให้ได้รายละเอียดของชิ้นงาน และป้องกันการเกิดฟองอากาศบนพื้นผิวของแม่แบบพลาสติก จากนั้นนำแม่แบบพลาสติกวางลงในภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่างที่มีพลาสติกเรซิน กดให้จมลงประมาณครึ่งหนึ่งของความหนาโดยรอบ รอจน กระทั่งพลาสติกเรซินแข็งตัวเต็มที่ จึงนำไปขัดให้เรียบ



ภาพที่ 8 แสดงการนำแม่แบบแผ่นพลาสติกใสวางลงในภาชนะหล่อแบบพื้นปดอมทองเหลือง

จากนั้นใช้ฟู่กันเบอร์ 6 ทาสารคั้นบางๆไปในทิศทางเดียวกันบนผิวของพลาสติกเทอร์ฮินในภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่างแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง นำภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งบนมาประกบให้สนิท ผสมพลาสติกเทอร์ฮินตามอัตราส่วน เทลงในภาชนะหล่อจนเต็ม ปิดฝาแบบหล่อ รอจนพลาสติกเทอร์ฮินแข็งตัวเต็มที่

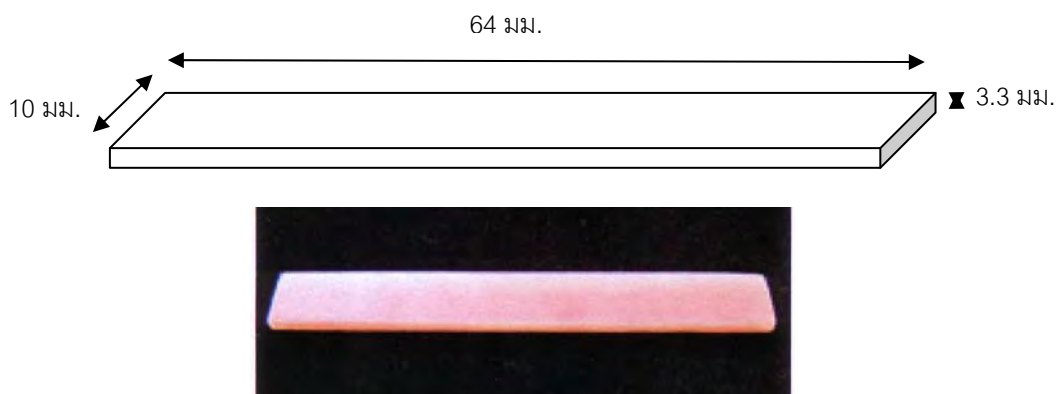
3. นำภาชนะแบบหล่อที่ลงพลาสติกเทอร์ฮินในข้อ 2 แยกส่วนบน และล่างออกจากกัน แกะแม่แบบพลาสติกออกจากแบบหล่อ ทำความสะอาดภาชนะหล่อแบบทั้งสองส่วน ทิ้งไว้ให้แห้ง ใช้ฟู่กันเบอร์ 6 ทาสารคั้นบางๆไปในทิศทางเดียวกันบนผิวของพลาสติกเทอร์ฮินในภาชนะหล่อแบบทั้งสองส่วน ทิ้งไว้ให้แห้ง
4. นำส่วนผง กับส่วนเหลวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน มาผสมในอัตราส่วนตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ผสมให้เข้ากัน เมื่อถึงระยะอ่อนนุ่มปั้นเป็นก้อนได้ ให้นำอะคริลิกอัดเข้าไปในส่วนภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่าง กดส่วนผสมให้กระจายทั่วเบา และมีปริมาณเกินเล็กน้อย ปิดด้วยแผ่นชั้นกลาง แล้วปิดด้วยภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งบนนำไปเข้าเครื่องอัด ฟลาสก์ไฮโดรลิก ด้วยความดัน 3 บาร์ จนพบว่าเมื่ออะคริลิกเรซินเกินออกมาทำการตัดแต่ง และอัดซ้ำจนไม่มีส่วนเกินออกมา และตรวจสอบว่ามีวัสดุอยู่เต็มแม่แบบ นำแผ่นคั่นกลางออกจากภาชนะหล่อแบบ นำภาชนะหล่อแบบมาอัดใหม่จนภาชนะหล่อแบบบน และล่างประกบกันสนิท ทิ้งภาชนะหล่อแบบไว้ก่อนนำไปบ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 9 แสดงส่วนผสมที่อัดเข้าไปในภาชนะหล่อแบบส่วนครึ่งล่าง และตัดส่วนเกินออก

5. นำภาชนะหล่อแบบบ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 73.9 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ทิ้งภาชนะหล่อแบบให้เย็นลงอย่างช้าๆที่อุณหภูมิห้อง แยกภาชนะหล่อแบบ นำชิ้นงานอะคริลิกออก

จากภาชนะหล่อแบบโดยใช้เครื่องแกะแท่งพลาสติกเทอร์พีน นำชิ้นงานอะคริลิกที่ได้มาขัดแต่งครีบบด้วย หัวกรอคาร์ไบด์ โดยใช้แรงกระทำน้อยที่สุด แล้วทำการขัดพื้นผิวให้เรียบ และได้ระนาบจนได้ขนาดรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาว 64 มิลลิเมตร ความกว้าง 10 มิลลิเมตร ความหนา 3.3 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ISO 1567:1999(E)<sup>(14)</sup> บนกระดาษทรายเบอร์ 600 และ 1000 วางบนแผ่นกระจกขณะขัดเรียบ



ภาพที่ 10 แสดงขนาด และชิ้นงานอะคริลิกเรซินขนาดที่ต้องการก่อนทำการทดสอบ

6. นำชิ้นงานอะคริลิกที่ได้วัดด้วยดิจิตอลเวอเนียร์คาลิเปอร์ ให้ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ในข้อ 5 ทั้งหมด 100 ชิ้น นำไปตรวจสอบไม่ให้มีฟองอากาศด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ โดยกลุ่มควบคุมจำนวน 10 ชิ้น จะนำไปเก็บในน้ำกลั่น  $50 \pm 2$  ชั่วโมงที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  องศาเซลเซียส (กลุ่มที่ 1) ก่อนนำไปทดสอบ
7. ส่วนชิ้นงาน 90 ชิ้น จะเป็นตัวแทนชิ้นงานที่จะทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกชนิดปมได้เอง โดยนำไปทำการลงในพลาสติกออปทาร์เรส เพื่อให้เป็นแม่แบบ

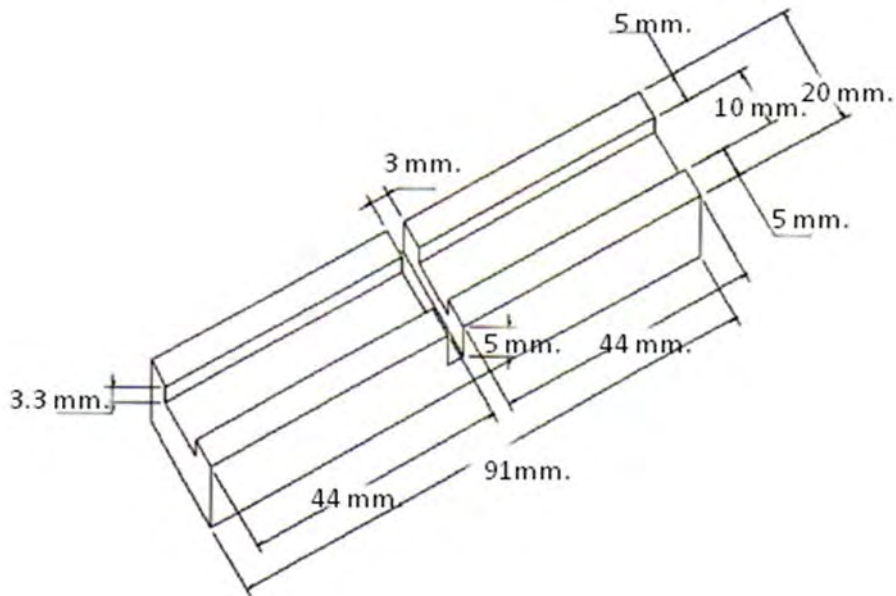


ภาพที่ 11 แสดงชิ้นงานอะคริลิกเรซินตามขนาดที่ต้องการลงในพลาสติกออปทาร์เรส

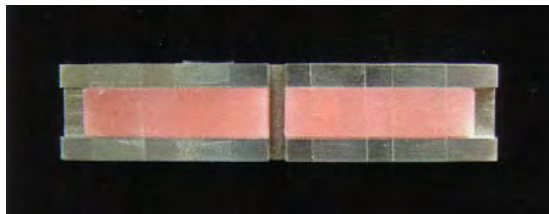
8. นำชิ้นงานมาใส่ตามแนวนอนในแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิมที่ทำขึ้น โดยให้กึ่งกลางของชิ้นงานอยู่บนร่องตามแนวขวางขนาด 3 มิลลิเมตร (ภาพที่ 13) ใช้หัวกรอคาร์ไบด์



ทรงกระบอกวงแหวนดิ่งให้ตั้งฉากกับร่องดังกล่าวแล้วทำการตัดชิ้นงานตามแนวร่องให้  
แยกเป็น 2 ส่วน

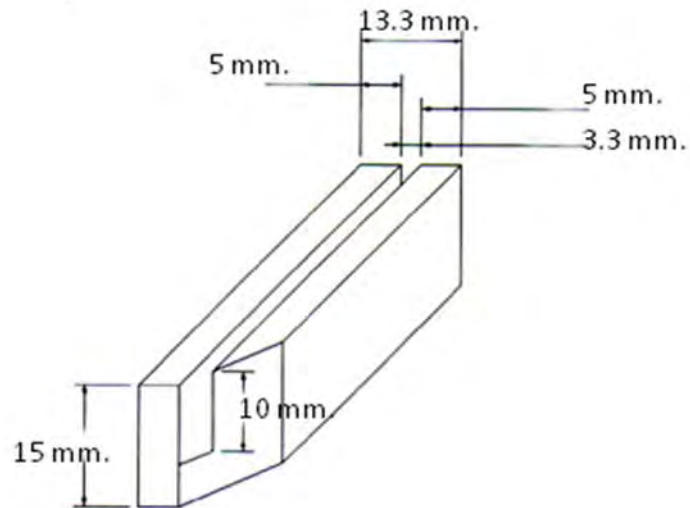


ภาพที่ 12 แสดงรูปร่างแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อวางชิ้นงานอะคริลิกเรซิน โดยมีร่องตามแนว  
ขวางขนาด 3 มิลลิเมตร

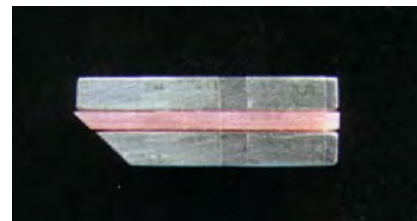
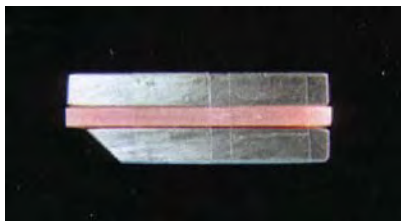


ภาพที่ 13 แสดงแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ใส่ชิ้นงานอะคริลิกเรซินเพื่อทำการตัดชิ้นงานขนาด  
ตามแนวร่อง 3 มิลลิเมตร

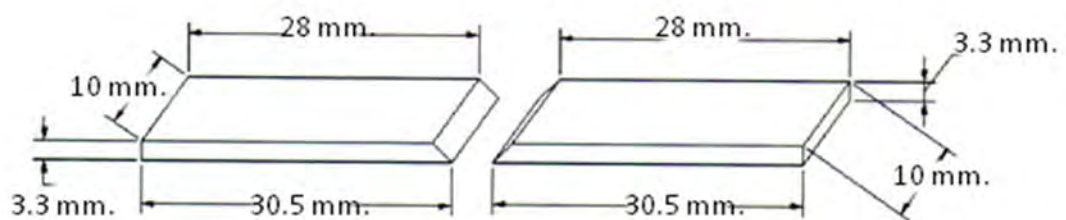
นำชิ้นงานอะคริลิกที่ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนนั้นมาวางในแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิมแบบตัด  
เฉียง (ภาพที่ 15) ตามแนวขวางโดยวางแนวด้านข้างใส่ลงไปให้ชิ้นงานด้านที่ทำกรตัดด้วยหัวกร  
คาร์ไบด์ทรงกระบอกไปด้านที่หน้าตัดของแบบหล่อมีหน้าตัดเฉียง ให้ขอบชิ้นงานด้านล่างเสมอกับ  
ขอบของแบบหล่อ จะมีส่วนของชิ้นงานด้านบนยื่นออกมาจากแบบหล่อที่มีหน้าตัดเฉียง ทำการ  
กรอตัดชิ้นงานส่วนที่ยื่นมาตามแนวเฉียงของแบบหล่อด้วยหัวกรคาร์ไบด์ทรงกระบอก จะทำให้ได้  
ชิ้นงานแต่ละส่วนมีลักษณะหน้าตัดเฉียง 45 องศา (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 14 แสดงรูปร่างแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อใส่ชิ้นงานอะคริลิกเรซินลงไปตามแนวขวาง



ภาพที่ 15 แสดงแบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ใส่ชิ้นงานอะคริลิกเรซินลงไปตามแนวขวาง



ภาพที่ 16 แสดงขนาด และรูปร่างชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่นำมากรอดัดเพื่อนำไปทำการซ่อมแซม



ภาพที่ 17 แสดงชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่นำมากรอดัดก่อนนำไปทำการซ่อมแซม ใส่กลับลงแม่แบบที่ทำด้วยพลาสติกออปทาร์ส

9. ใช้ฟุ้งกันเบอร์ 6 ทาสารคั้นบางๆไปในทิศทางเดียวกันบนผิวของพลาสติกออฟฟารีส์ รอจนแห้ง นำชิ้นงานกลับไปใส่ในแม่แบบพลาสติกออฟฟารีส์ ยึดด้านท้ายของชิ้นงานด้วยซีฟิ่งเพื่อป้องกันการเคลื่อนของชิ้นงานขณะซ่อม ทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกชนิดบ่มได้เอง ผสมในอัตราส่วน ส่วนผง 1 กรัมต่อส่วนน้ำ 0.5 มิลลิลิตร (ตามคำแนะนำของผู้ผลิต) และแบ่งชิ้นงานเป็นกลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 2 จำนวน 10 ชิ้น ทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง เป็นกลุ่มควบคุม

กลุ่มที่ 3 จำนวน 10 ชิ้น ใช้ส่วนเหลวของผลิตภัณฑ์อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง (Unifast trad<sup>®</sup>) ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน 2 ครั้ง เป็นเวลา 5 วินาที (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 4 จำนวน 10 ชิ้น ใช้ส่วนเหลวของผลิตภัณฑ์อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง (Unifast trad<sup>®</sup>) ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) เป็นเวลา 180 วินาที<sup>(16)</sup> ด้วยฟุ้งกันเบอร์ 6 แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 5 จำนวน 10 ชิ้น ใช้สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานพื้นปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup> ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน 1 ครั้ง (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) ด้วยฟุ้งกันของผู้ผลิต ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 6 จำนวน 10 ชิ้น ใช้สารเมทิลฟออร์เมต ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) เป็นเวลา 15 วินาที<sup>(20)</sup> ด้วยฟุ้งกันเบอร์ 6 แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 7 จำนวน 10 ชิ้น ใช้สารละลายเมทิลอะซิเตตร้อยละ 25 และเมทิลฟออร์เมตร้อยละ 75 ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) เป็นเวลา 15 วินาที<sup>(20)</sup> ด้วยฟุ้งกันเบอร์ 6 แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 8 จำนวน 10 ชิ้น ใช้สารละลายเมทิลอะซิเตตร้อยละ 50 และเมทิลฟออร์เมตร้อยละ 50 ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) เป็นเวลา 15 วินาที<sup>(20)</sup> ด้วยฟุ้งกันเบอร์ 6 แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 9 จำนวน 10 ชิ้น ใช้สารละลายเมทิลอะซิเตตร้อยละ 75 และเมทิลฟอร์มเมตร้อยละ 25 ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) เป็นเวลา 15 วินาที<sup>(20)</sup> ด้วยฟุ้งกันเบอร์ 6 แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

กลุ่มที่ 10 จำนวน 10 ชิ้น ใช้สารเมทิลอะซิเตต ทาบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงาน (ด้านที่ทำการตัดด้วยหัวกรอคาร์ไบด์) เป็นเวลา 15 วินาที<sup>(20)</sup> ด้วยฟุ้งกันเบอร์ 6 แล้วทำการซ่อมแซมชิ้นงานให้ติดกันด้วยอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง

ในแต่ละกลุ่มจะทำการซ่อมแซมโดยใช้วัสดุที่ทำการซ่อมแซมให้มีปริมาณมากกว่าช่องว่างที่ใส่เล็กน้อยเนื่องจากการหดตัวหลังการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุ



ภาพที่ 18 แสดงการใส่วัสดุที่ทำการซ่อมแซม

- นำชิ้นงานที่ซ่อมแซมแล้วไปตัดครีบอกอกด้วยหัวกรอคาร์ไบด์ โดยใช้แรงกระทำน้อยที่สุด แล้วทำการขัดพื้นผิวให้เรียบ และได้ระนาบบนกระดาดาชทรายเบอร์ 600 และ 1000 ทำการวัดความหนาและความกว้างของชิ้นงาน เพื่อนำมาคำนวณค่าความแข็งแรงดัดขวางโดยใช้

$$\text{สูตร}^{(14)} \quad \delta = \frac{3FI}{2bh^2}$$

- โดย  $\delta$  คือ ค่าความแข็งแรงดัดขวาง หน่วยเป็นเมกะปาสคาล (Flexural strength / MPa)  
 $F$  คือ แรงมากที่สุดที่กระทำบนชิ้นงาน หน่วยเป็นนิวตัน (Maximum load / Newtons)  
 $I$  คือ ระยะระหว่างหัวรองรับ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (Span length / Millimetres)  
 $b$  คือ ความกว้างของชิ้นงาน หน่วยเป็นมิลลิเมตร (Width / Millimetres)  
 $h$  คือ ความหนาของชิ้นงาน หน่วยเป็นมิลลิเมตร (Width / Millimetres)



ภาพที่ 19 แสดงชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่ซ่อมแซม และขัดแต่งแล้ว

11. จากนั้นนำไปเก็บในน้ำกลั่น  $50 \pm 2$  ชั่วโมงที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดสอบ
12. ทำการทดสอบชิ้นงานโดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮดรอลิก โดยวางชิ้นงานแบบการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางแบบ 3 จุด (three point bending test) มีระยะห่างหัวรองรับ (span length) 50 มิลลิเมตร ใช้หัวทดสอบ (load cell) ขนาด 1000 นิวตัน ความเร็ว (crosshead speed) 5 มิลลิเมตรต่อนาที ทดสอบในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  องศาเซลเซียส เพื่อจำลองให้เหมือนสภาวะในช่องปาก วางหัวทดสอบให้ตั้งฉากกับพื้นผิว ณ จุดกึ่งกลางของชิ้นงาน ให้แรงจนชิ้นงานแตก
13. นำชิ้นงานทั้งหมดที่แตกหักมาวิเคราะห์ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 7 เท่า โดยการแตกหักที่มีอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองทั้ง 2 ด้านของชิ้นงานที่ซ่อมแซมให้ถือเป็นการแตกหักแบบเชื่อมแน่น<sup>(16)</sup>
14. นำชิ้นงานอะคริลิกเรซินที่ทำการรอดตัดเฉียง 45 องศาทั้งก่อน และหลังการเตรียมพื้นผิวด้วยสารชนิดต่างๆ มาวิเคราะห์พื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าความแข็งแรงดัดขวางที่ทำให้วัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ จนเกิดการแตกหักมาทำการวิเคราะห์สถิติ โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส วินโดว์ (SPSS Window) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยทิวคีย์ (One-way ANOVA post hoc Tukey's HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ผลการวิเคราะห์

ชิ้นงานวัสดุฐานพื้นปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และชิ้นงานวัสดุฐานพื้นปลอมอะคริลิกเรซินที่ซ่อมโดยวัสดุอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยมี และไม่มี การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวาง ดังตารางที่ 10 โดยกลุ่มชิ้นงานเหล่านี้มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังต่อไปนี้ กลุ่มอะคริลิกบ่มด้วยความร้อน (กลุ่มควบคุมบวก)  $71.93 \pm 3.39$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (75:25)  $65.48 \pm 3.73$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเมทิลฟอร์มเมต  $65.14 \pm 3.85$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (25:75)  $62.73 \pm 4.27$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (50:50)  $61.66 \pm 3.97$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารช่วยยึดติด Rebase II<sup>®</sup>  $60.55 \pm 4.38$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเมทิลอะซิเตต  $60.23 \pm 4.13$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยส่วนเหลวของ Unifast trad<sup>®</sup>  $58.81 \pm 2.80$  เมกะพาสคาล กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยส่วนเหลวของ Unifast trad<sup>®</sup> เป็นเวลา 5 วินาที  $54.37 \pm 4.16$  เมกะพาสคาล และกลุ่มที่ไม่มี การปรับสภาพพื้นผิว (กลุ่มควบคุมลบ)  $47.79 \pm 4.17$  เมกะพาสคาล

เมื่อนำข้อมูลดิบมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ภาคผนวกตารางที่ 14-17) โดยทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยการทดสอบแบบ โครโมโกรอฟ-สเมอนอฟ (Kolmogorov-Smirnov) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และทำการทดสอบความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of variances) ด้วยการทดสอบแบบเลอวี (Levene's test) พบว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า  $p < .05$  แสดงว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มชิ้นงานอะคริลิกเรซิน มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จากนั้นจึงทำการทดสอบเพื่อหาประชากรที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน (multiple comparisons) เพื่อวิเคราะห์ว่าข้อมูลกลุ่มใดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยทำการทดสอบด้วยวิธีของทูกีย์ (Tukey's HSD) พบว่าการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี โดยการใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาส ไทโรเดด<sup>®</sup> 5 และ 180 วินาที สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานพื้นปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup> สารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์มเมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต 15 วินาที ปรับสภาพพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิด

ปมได้เอง มีผลเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบบที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี แสดงในตารางที่ 10

การปรับสภาพผิวหน้าด้วย ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup> เป็นเวลา 180 วินาที สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณท์ Rebase II<sup>®</sup> สารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และ สารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 15 วินาที ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางที่มากกว่า กลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วย ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup> เป็นเวลา 5 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ในขณะที่ความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มที่ใช้สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณท์ Rebase II<sup>®</sup> สารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 15 วินาที พบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > .05$ )

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวาง (เมกะพาสคาล) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Group	Surface treatment	Mean flexural strength $\pm$ SD (MPa)	Significance*
1	อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน (+Ctrl)	71.93 $\pm$ 3.39	e
2	ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิว (-Ctrl)	47.79 $\pm$ 4.17	a
3	ส่วนเหลวของ Unifast trad <sup>®</sup> 5 วินาที	54.37 $\pm$ 4.16	b
4	ส่วนเหลวของ Unifast trad <sup>®</sup> 180 วินาที	58.81 $\pm$ 2.80	b,c
5	สารช่วยยึดติดRebase II <sup>®</sup>	60.55 $\pm$ 4.38	c,d
6	สารละลาย เมทิลฟอร์เมต 15 วินาที	65.14 $\pm$ 3.85	d
7	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์เมต (25:75) 15 วินาที	62.73 $\pm$ 4.27	c,d
8	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์เมต (50:50) 15 วินาที	61.66 $\pm$ 3.97	c,d
9	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์เมต (75:25) 15 วินาที	65.48 $\pm$ 3.73	d
10	สารละลายเมทิลอะซิเตต 15 วินาที	60.23 $\pm$ 4.13	c,d

\* ในกรณีที่ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่ากลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

เมื่อศึกษาลักษณะการแตกหักของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 7 เท่า (ตารางที่ 11) พบกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์มเมต และ สารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต เป็นเวลา 15 วินาที มีการหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 100 ส่วนกลุ่มที่ใช้ส่วนผสมของยูนิฟาสท์ไทรเอต® เป็นเวลา 180 วินาที และกลุ่มที่ใช้สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II® มีการแตกหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 60 และกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วย ส่วนผสมของยูนิฟาสท์ไทรเอต® เป็นเวลา 5 วินาที มีการแตกหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 40 (ภาพที่ 20)

ตารางที่ 11 ลักษณะ และร้อยละของการแตกหัก

Group	Surface treatment	ลักษณะ และร้อยละการแตกหัก*
1	อะคริลิกบ่มด้วยความร้อน (+Ctrl)	CO <sub>H</sub> :100
2	ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิว (-Ctrl)	CO <sub>A</sub> :10 AD:90
3	ส่วนผสมของ Unifast trad® 5 วินาที	CO <sub>A</sub> :40 AD:60
4	ส่วนผสมของ Unifast trad® 180 วินาที	CO <sub>A</sub> :60 AD:40
5	สารช่วยยึดติด Rebase II®	CO <sub>A</sub> :60 AD:40
6	สารเมทิลฟอร์มเมต 15 วินาที	CO <sub>A</sub> :100
7	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (25:75) 15 วินาที	CO <sub>A</sub> :100
8	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (50:50) 15 วินาที	CO <sub>A</sub> :100
9	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (75:25) 15 วินาที	CO <sub>A</sub> :100
10	สารเมทิลอะซิเตต 15 วินาที	CO <sub>A</sub> :100

\*CO<sub>H</sub>: การแตกหักแบบเชื่อมแน่นที่อะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน

CO<sub>A</sub>: การแตกหักแบบเชื่อมแน่นที่อะคริลิกชนิดบ่มได้เอง

AD: การแตกหักแบบยึดติดที่บริเวณรอยต่อของวัสดุ





A



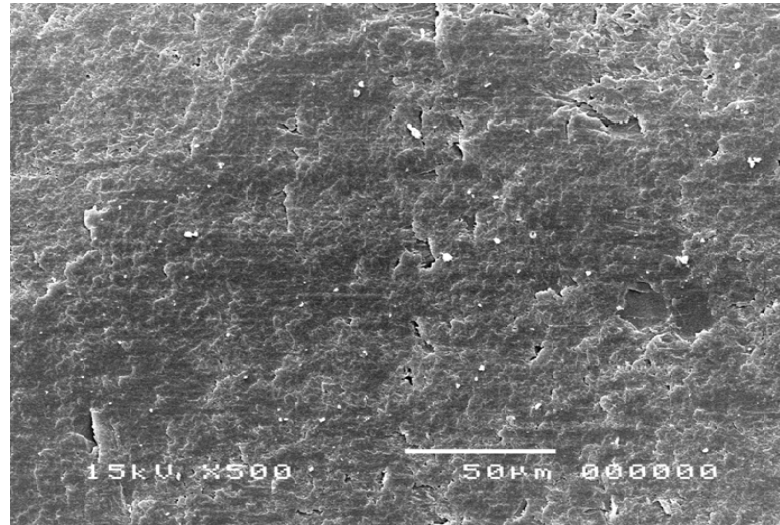
C



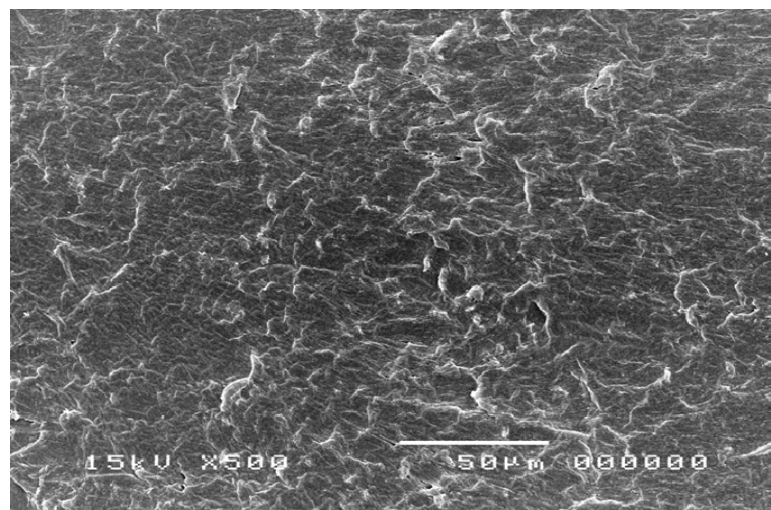
B

ภาพที่ 20 แสดงลักษณะการแตกหักของชั้นทดสอบต่าง ๆ แยกหักที่มีอะคริลิกเรซินชนิดปั๊มได้เองทั้ง 2 ด้านของชั้นงานที่ซ่อมแซมให้ถือเป็นการแตกหักแบบเชื่อมแน่น<sup>(16)</sup> A, การแตกหักแบบยึดติด; B, การแตกหักแบบยึดติด; C, การแตกหักแบบเชื่อมแน่น

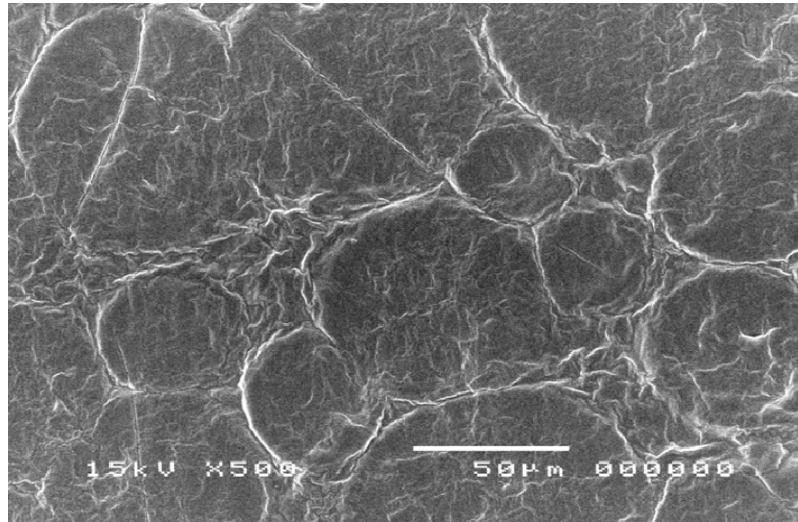
เมื่อนำชั้นงานที่เตรียมพื้นผิวด้วยสารชนิดต่างๆ มาวิเคราะห์พื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ภาพที่ 21 ถึง 29) พบว่าการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิว (ภาพที่ 22 ถึง 29) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ปรับสภาพ (ภาพที่ 21) โดยกลุ่มที่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยส่วนเหลือของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup> จะมีลักษณะเป็นรอยหย่า (ภาพที่ 22 และ 23) และรอยหย่าจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อสัมผัสสารนานขึ้น (ภาพที่ 23) ส่วนกลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยสารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานพื้นปอลิเมอร์ผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup> มีลักษณะอนุคล้ายเส้นเขา (ภาพที่ 24) ในขณะที่กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์มเมต และ สารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต มีลักษณะเป็นรูพรุนขนาด 5-20 ไมครอน คล้ายรังผึ้ง (ภาพที่ 25 ถึง 29)



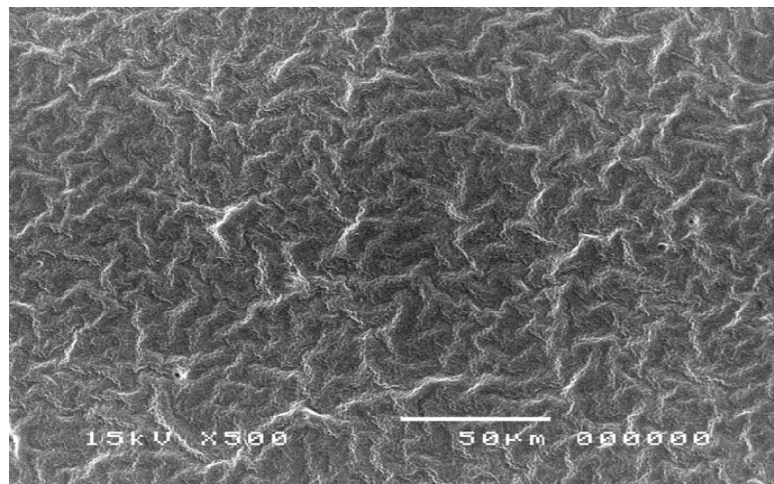
ภาพที่ 21 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดป่มด้วยความร้อน



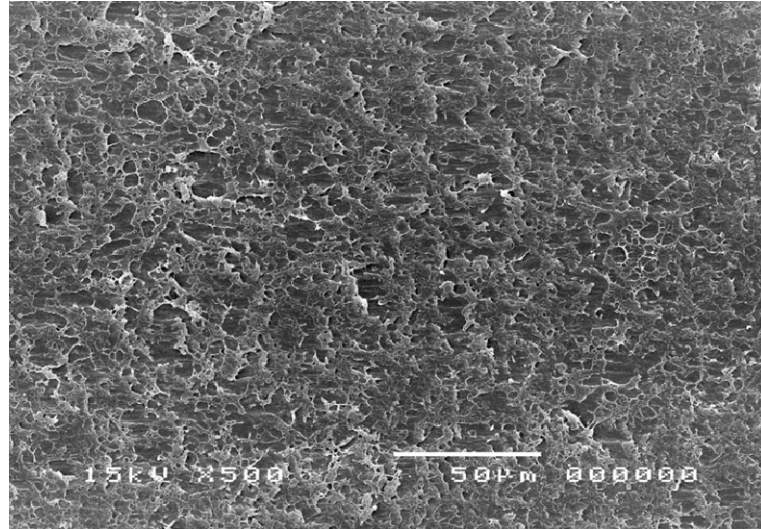
ภาพที่ 22 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหนังอะคริลิกเรซินชนิดป่มด้วยความร้อนด้วยส่วนเหลือของยูนิฟาสไทรเอต® เป็นเวลา 5 วินาที



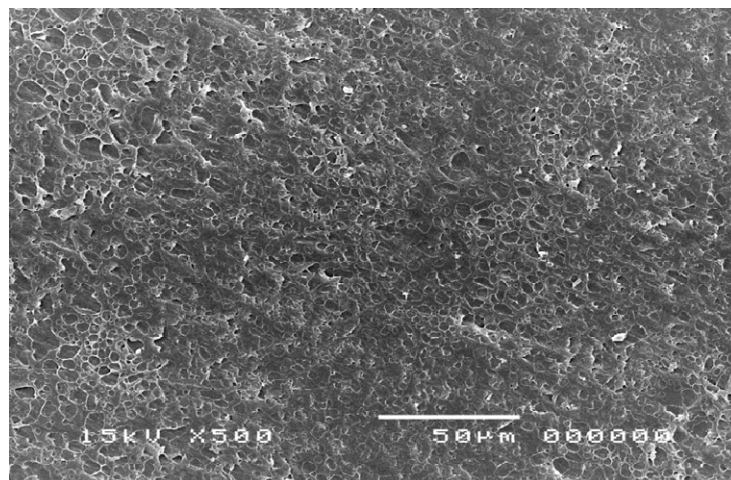
ภาพที่ 23 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต® เป็นเวลา 180 วินาที



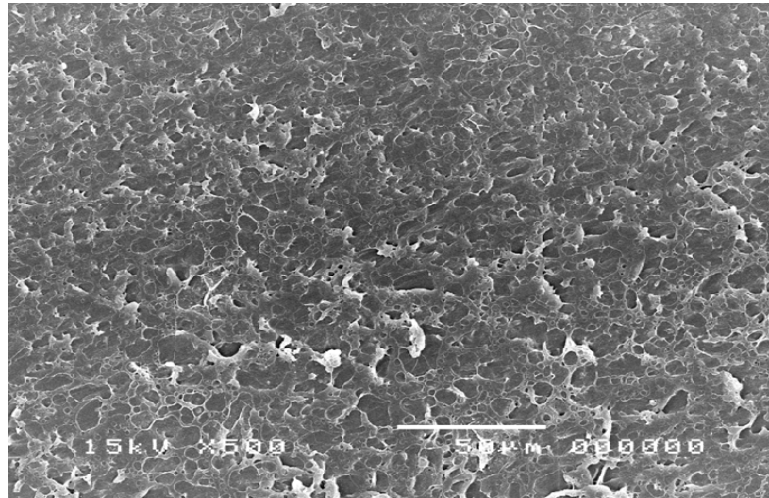
ภาพที่ 24 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II®



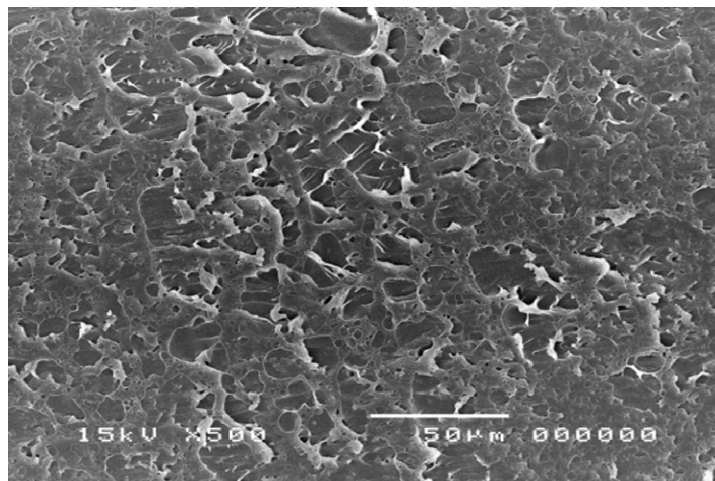
ภาพที่ 25 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดปมด้วยความร้อนด้วยสารเมทิลฟอร์มเมตเป็นเวลา 15 วินาที



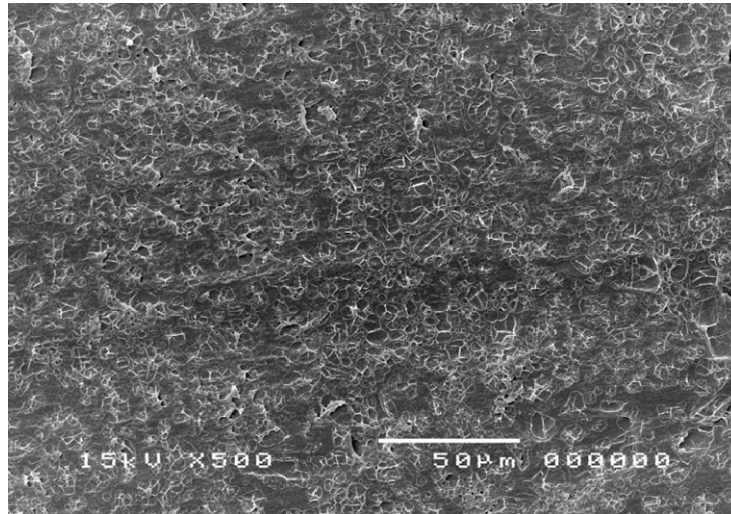
ภาพที่ 26 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดปมด้วยความร้อนด้วยสารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (25:75) เป็นเวลา 15 วินาที



ภาพที่ 27 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดป่นด้วยความร้อนด้วยสารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (50:50) เป็นเวลา 15 วินาที



ภาพที่ 28 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดป่นด้วยความร้อนด้วยสารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์มเมต (75:25) เป็นเวลา 15 วินาที



ภาพที่ 29 การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวหน้าอะคริลิกเรซินชนิดปั๊มด้วยความร้อนด้วยสารเมทิลอะซิเตตเป็นเวลา 15 วินาที

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

ภายใต้สภาวะของการทดสอบในครั้งนี้พบว่า

1. การปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมีโดยใช้ส่วนผสมของยูนิฟาสไทรเอต® สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II® สารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และ สารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต ปรับสภาพพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง มีผลเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี
2. การปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต เมื่อทดสอบความแข็งแรงดัดขวางลักษณะแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด เกิดลักษณะการแตกหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 100
3. เมื่อวิเคราะห์พื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

#### อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์การยึดติดของการซ่อมแซมฟันปลอมด้วย การวัดแรงดัดขวาง<sup>7</sup> ลักษณะแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะแรงที่เกิดขึ้นในฟันปลอมทั้งปาก ขากรรไกรบน<sup>(16)</sup>

ในทางคลินิกการซ่อมฟันปลอมที่แตกหักนิยมใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ในการเชื่อมรอยแตกหักเพื่อความสะดวกรวดเร็วของการซ่อมฟันปลอม แต่อย่างไรก็ตามหลังจากการซ่อมฟันปลอมแล้วมักพบการแตกหักซ้ำ และมักพบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ดังนั้นเพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีของวัสดุทั้งสอง การเตรียมพื้นผิวหน้าบริเวณรอยต่อจึงเป็นสิ่งสำคัญ<sup>(4,9,16,17,22,23,29)</sup> จากการศึกษาของ Vallitu และคณะ<sup>(16)</sup> พบว่าการยึดติดที่ดีเกิดจากการแทรกซึมของมอนอเมอร์ ทำให้เกิดการบวม และการสร้างร่างแหพอลิเมอร์แบบสอดไขว้ของพอลิเมอร์ (interpenetrating polymer network) ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ ในขณะเดียวกันการใช้สารเคมี เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform) และ อะซิโตน (acetone) จะทำให้เกิดการละลายบริเวณพื้นผิวให้อ่อนตัวเพื่อช่วยให้มอนอเมอร์สามารถ

แทรกซึมเข้าไปเกิดการยึดติดทางกล (mechanical interlocking) ได้ดียิ่งขึ้น<sup>(12,22,23)</sup> ซึ่งการทำละลายดังกล่าวสามารถพิสูจน์ได้จากการดูผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด<sup>(16,17,22,23)</sup>

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบร้อยละของความแข็งแรงตัดขวาง จากการศึกษาของ Leong และ Grant<sup>(15)</sup> พบว่าเมื่อทำการซ่อมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองจะมีค่าความแข็งแรงตัดขวางร้อยละ 65 ของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ในขณะที่เมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนจะมีค่าร้อยละ 75<sup>(15)</sup> ถึง 80<sup>(11)</sup> ของวัสดุเดิม จากตารางที่ 12 พบว่าการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี โดยการใช้ส่วนผสมของยูนิฟาสท์ไทรเอต® 180 วินาที สารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II® สารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์เมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต 15 วินาที ปรับสภาพพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง มีร้อยละของการเพิ่มความแข็งแรงตัดขวางมากกว่าการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

ตารางที่ 12 แสดงร้อยละของความแข็งแรงตัดขวางของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ได้และไม่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง เปรียบเทียบกับอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

Group	Surface treatment	ร้อยละเมื่อเปรียบเทียบ
1	อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน (+Ctrl)	100
2	ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิว (-Ctrl)	66
3	ส่วนผสมของ Unifast trad® 5 วินาที	75.5
4	ส่วนผสมของ Unifast trad® 180 วินาที	82
5	สารช่วยยึดติด Rebase II®	84
6	สารเมทิลฟอร์เมต 15 วินาที	90.4
7	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์เมต (25:75) 15 วินาที	87
8	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์เมต (50:50) 15 วินาที	85.6
9	สารละลายเมทิลอะซิเตต-เมทิลฟอร์เมต (75:25) 15 วินาที	90.9
10	สารเมทิลอะซิเตต 15 วินาที	83.7



จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มที่ได้รับการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์มเมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 15 วินาทีทุกกลุ่ม มีค่าที่สูงกว่ากลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup> โดยมีลักษณะการแตกหักเป็นแบบเชื่อมแน่นที่อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองทั้งหมด ในขณะที่เมื่อปรับสภาพด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup> และสารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup> พบว่ายังมีการแตกหักแบบยึดติด แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเมทิลอะซิเตต สารเมทิลฟอร์มเมต และสารละลายเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์มเมต สามารถทำให้เกิดการยึดติดระหว่างพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ได้ดีกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup> และสารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup> และเมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าพื้นผิวที่ทำการปรับสภาพมีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายรังผึ้ง ทำให้ออกซิเจนสามารถแทรกซึมเข้าไปก่อให้เกิดการยึดติดทางกลได้ดี คล้ายกับการเกิดแทค (tag) หลังจากการใช้กรดกัดเคลือบฟัน (etching)

การทำละลายของสารขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ 1) พารามิเตอร์การละลาย (solubility parameter) ที่ไม่ต่างกันมาก 2) ความเป็นขั้ว (polarity) ที่เหมือนกัน จากพารามิเตอร์การละลายของพอลิเมทิลเมทาคริเลต (อะคริลิกเรซิน)  $18.27 \text{ MPa}^{1/2}$  เมทิลเมทาคริเลตหรือมอนอเมอร์ (ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอต<sup>®</sup>)  $18 \text{ MPa}^{1/2}$  เมทิลอะซิเตต  $19.6 \text{ MPa}^{1/2}$  เมทิลฟอร์มเมต  $20.9 \text{ MPa}^{1/2}$  เมทิลอะซิเตต และอะซิโตน (ส่วนประกอบในสารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup>) ซึ่งมีค่า 18.6 และ  $20.3 \text{ MPa}^{1/2}$  ตามลำดับ<sup>(33)</sup> จะเห็นได้ว่าสารที่ใช้ในการศึกษามีค่าพารามิเตอร์การละลายที่ไม่แตกต่างกันมาก และถึงแม้ว่าสารอะซิโตน และเมทิลอะซิเตตจะมีค่าที่ใกล้เคียงสารพอลิเมทิลเมทาคริเลตมากกว่าสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต แต่สารทั้งสองไม่ได้เป็นสารที่ทำละลายได้ดีกว่าเนื่องจากยังพบการแตกหักแบบยึดติด ดังนั้นความเป็นขั้วของสารจึงน่าจะมีผลด้วยอย่างมาก เนื่องจากสารพอลิเมทิลเมทาคริเลต เมทิลเมทาคริเลต สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต ล้วนแต่เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มเมทิลเอสเทอร์ (methyl ester) จึงมีความเป็นขั้วที่ใกล้เคียงกัน<sup>(20,35-37)</sup>

นอกจากสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต จะสามารถทำละลายก่อให้เกิดแรงยึดติดที่สูงแล้ว ยังใช้เวลาน้อยกว่าสารเมทิลเมทาคริเลตและสารช่วยยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันปลอมผลิตภัณฑ์ Rebase II<sup>®</sup> อีกทั้งสารทั้งสองยังมีความเป็นพิษที่น้อยกว่าเมทิลเมทาคริเลตอีกด้วย<sup>(35-37)</sup> (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความเป็นพิษของสารเมทิลอะซิเตต เมทิลฟอร์มเมต และมอนอเมอร์<sup>(35-37)</sup>

<i>Material</i>	<i>Workplace exposure limit</i>
	ACGIH (airborne exposure limit 8 hrs)
Methyl methacrylate	50 ppm
Methyl acetate	200 ppm
Methyl formate	100 ppm

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่ได้ในการศึกษานี้สามารถนำสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์มเมต มาทำการพัฒนาศึกษาต่อ โดยการศึกษานานเวลา และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้งาน การทดสอบหาข้อมูลอายุความล้มเพื่อให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงทางคลินิก การทดสอบแรงเฉือน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆเช่น การเสริมฐานฟันปลอม

## รายการอ้างอิง

- (1) Zarb GA, Bolender CL. Prosthodontic treatment for edentulous patients: Complete dentures and implant- supported prostheses. 12<sup>th</sup> ed. St.Louis: Mosby, 2004.
- (2) Hargreaves AS. The prevalence of fractured dentures. Br Dent J 126(1969):451-455.
- (3) Tallgren A. The continuing reduction of residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed- longitudinal study covering 25 years. J Prosthet Dent 27(1972):120-132.
- (4) Berge M. Bending strength of intact and repaired denture base resins. Acta Odontol Scand 41(1983):187-191.
- (5) Beyli MS, von Fraunhofer JA. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. J Prosthet Dent 46(1981):238-241.
- (6) Smith DC. The acrylic denture: Mechanical evaluation mid-line fracture. Br Dent J 110(1961):257-267.
- (7) Seo RS, Neppelenbroek KH, Filho JNA. Factors affecting the strength of denture repairs. J Prosthodont 16(2007):302-310.
- (8) Anusavice KJ. Phillips' Science of Dental Materials. 11<sup>th</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders; 2003.
- (9) Beyli MS, von Fraunhofer JA, Repair of fractured acrylic resin. J Prosthet Dent 44(1980):497-503.
- (10) Winkler S, Essentials of complete denture prosthodontics. 2<sup>nd</sup> ed. Littleton: PSG publishing company; 1988.
- (11) Stanford JW, Burns CL, Paffenbarger GC. Self-curing resins for repairing dentures: some physical properties. J Am Dent Assoc 51(1955):307-315.
- (12) Rached RN, Powers JM, Del-Bel Cury AA. Repair strength of autopolymerizing, microwave, and conventional heat-polymerized acrylic resins. J Prosthet Dent 92(2004):79-82.

- (13) Ward JE, Moon PC, Levine RA, Behrendt CL. Effect of repair surface design, repair material, and processing method on the transverse strength of repaired acrylic denture resin. J Prosthet Dent 67(1992):815-820.
- (14) International Organization for Standardization. ISO 1567:1999(E). Dentistry-denture base polymers. Geneva, Switzerland: 1999.
- (15) Leong A, Grant AA. The transverse strength of repairs in polymethyl methacrylate. Aust Dent J 16(1971):232-234.
- (16) Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. J Prosthet Dent 72(1994):639-643.
- (17) Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. J Prosthet Dent 52(1984):844-848.
- (18) Harrison WM, Stansbury BE. The effect of joint surface contours on the transverse strength of repaired acrylic resin. J Prosthet Dent 23(1970):464-472.
- (19) Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured on bond strength and surface texture. J Oral Rehabil 28(2001):370-375.
- (20) Asmussen E, Peutzfeldt A. Substitutes for methylene chloride as dental softening agent. Eur J Oral Sci 108(2000):335-340.
- (21) Minami H, Suzuki S, Minesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. J Prosthet Dent 91(2004):164-170.
- (22) Sarac YS, Sarac D, Kulunk T, Kulunk S. The effect of chemical surface treatments of different denture base resins on the shear bond strength of denture repair. J Prosthet Dent 94(2005):259-266.
- (23) Shimizu H, Ikuyama T, Hayakawa E, Tsue F, Takahashi Y. Effect of surface preparation using ethyl acetate on the repair strength of denture base resin. Acta Odontol Scand 64(2006):159-163.

- (24) เจน รัตน์ไพศาล. ทันตวัสดุศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช; 2533.
- (25) O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection. 3<sup>rd</sup> ed. Chicago: Quintessence publishing; 2002.
- (26) Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's Restorative Dental Materials. 12<sup>th</sup> ed. St.Louis: Mosby; 2006.
- (27) The Glossary of Prosthodontic Terms 8<sup>th</sup>. J Prosthet Dent 94(2005):62.
- (28) Peyton FA, Delgado VP. Some comparisons of self-curing and heat-curing denture resins. J Prosthet Dent 3(1953):332-338.
- (29) Nagai E, Otani K, Satoh Y, Suzuki S. Repair of denture base resin using woven metal and glass fiber: Effect of methylene chloride pretreatment. J Prosthet Dent 85(2001):496-500.
- (30) Tokuyama Dental Corporation. Material safety data sheet[Online]. 2006. Available from: [http://www.tokuyama-dental.com/pdfs/product/msds/REBASE\\_MSDS.pdf](http://www.tokuyama-dental.com/pdfs/product/msds/REBASE_MSDS.pdf) [2 April 2009]
- (31) ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ Chemical data bank. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย เคมีภัณฑ์ (MSDS): Methyl acetate[Online]. กรมควบคุมมลพิษ (Pollution control department), 2544. แหล่งที่มา: <http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?VID=165> [2 เมษายน 2552]
- (32) ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ Chemical data bank. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย เคมีภัณฑ์ (MSDS): Methyl methanoate[Online]. กรมควบคุมมลพิษ (Pollution control department), 2544. แหล่งที่มา: <http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?VID=638> [2 เมษายน 2552]
- (33) Brandrup J, Immergut EH, Grulke EA. Polymer Handbook. 4<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons; 1999.
- (34) วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และคณะ. เครื่องมือวิจัยทางวัสดุศาสตร์: ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2543.

- (35) New jersey department of health and senior services. Hazardous substance fact sheet: Methyl Methacrylate[Online]. Trenton: New jersey department, 2002. Available from: <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1277.pdf> [2 April 2009]
- (36) New jersey department of health and senior services. Hazardous substance fact sheet: Methyl Acetate[Online]. Trenton: New jersey department, 2002. Available from: <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1217.pdf> [2 April 2009]
- (37) New jersey department of health and senior services. Hazardous substance fact sheet: Methyl Formate[Online]. Trenton: New jersey department, 2002. Available from: <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1262.pdf> [2 April 2009]

ภาคผนวก

ตารางที่ 14 แสดงการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงคัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอม อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิด บ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ

**Tests of Normality**

	GROUP	Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Statistic	df	Sig.
FS	1	.174	10	.200(*)
	2	.181	10	.200(*)
	3	.183	10	.200(*)
	4	.162	10	.200(*)
	5	.166	10	.200(*)
	6	.140	10	.200(*)
	7	.207	10	.200(*)
	8	.195	10	.200(*)
	9	.204	10	.200(*)
	10	.131	10	.200(*)

\* This is a lower bound of the true significance.  
a Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 15 แสดงการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงคัดขวางของ วัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วย อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ

**Test of Homogeneity of Variances**

FS			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.430	9	90	.916



ตารางที่ 16 แสดงการทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงคัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

**ANOVA**

FS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3841.018	9	426.780	27.895	.000
Within Groups	1376.964	90	15.300		
Total	5217.981	99			

ตารางที่ 17 แสดงการทดสอบข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงคัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการซ่อมแซม และชนิดที่มีการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองโดยการเตรียม และไม่เตรียมผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทิวคีย์

Tukey HSD

GROUP	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
2	10	47.7861				
3	10		54.3730			
4	10		58.8110	58.8110		
10	10			60.2253	60.2253	
5	10			60.5492	60.5492	
8	10			61.6585	61.6585	
7	10			62.7348	62.7348	
6	10				65.1440	
9	10				65.4850	
1	10					71.9280
Sig.		1.000	.264	.436	.093	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว นงลักษณ์ เกรียงไกรเกษม เกิดวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 ที่ กรุงเทพมหานคร ศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2542 และจบการศึกษาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต ในปี พ.ศ. 2548

หลังจากจบการศึกษาได้เข้ารับราชการในตำแหน่งอาจารย์ ที่ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในปี 2548-2550 ปัจจุบันได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย