

ประสิทธิภาพของโมนโพลีที่ใช้ในการเคลือบผิวของเครื่องมือปิดช่องโหว่ชนิดปิด  
เพื่อลดการรั่วซึมของน้ำ



นางสาว เกศสุดา โทวนิช

สถาบันวิทยบริการ  
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์  
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-337-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**THE EFFECT OF MONOPOLY COATING ON CLOSED HOLLOW BULB  
OBTURATOR TO REDUCE WATER LEAKAGE**



**Ketsuda Thovanish**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Sciences in Prosthodontics**

**Department of Prosthodontics**

**Faculty of Dentistry**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 2000**

**ISBN 974-346-337-2**



เกศสุดา โทวนิช : ประสิทธิภาพของโมโนโพลีที่ใช้ในการเคลือบผิวของเครื่องมือปิดช่องโหว่ชนิด  
ปิดเพื่อลดการรั่วซึมของน้ำ (THE EFFECT OF MONOPOLY COATING ON CLOSED HOLLOW  
BULB OBTURATOR TO REDUCE WATER LEAKAGE) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ.ทพ. ปิยวัฒน์  
พันธุ์โกศล; 73 หน้า. ISBN 974-346-337-2

ปัญหาเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลางชนิดปิดที่พบมาก คือ การรั่วซึมของน้ำเข้าไป ภายในส่วน  
กลาง เกิดการหมักหมมของเชื้อแบคทีเรีย และเกิดกลิ่นได้ การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของโม  
โนโพลีที่ใช้ในการเคลือบผิวของเครื่องมือปิดช่องโหว่ชนิดปิดเพื่อลดการรั่วซึมของน้ำ ขึ้นตัวอย่างจำลองของ  
เครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลางชนิดปิด เชื่อมรอยต่อด้วยเรซินชนิดบ่มเอง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น โดย  
กลุ่มควบคุม ไม่มีการเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อด้วยสารละลายโมโนโพลี กลุ่มเคลือบภายใน มีการ  
เคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อภายในส่วนกลางด้วยสารละลายโมโนโพลี กลุ่มเคลือบภายนอก มีการเคลือบ  
พื้นผิวและรอยเชื่อมต่อภายนอกส่วนกลางด้วยสารละลายโมโนโพลี หลังจากนั้นนำขึ้นตัวอย่างไปทำเทอร์โม  
ไซคลิงที่อุณหภูมิ 4 – 55 องศาเซลเซียส จำนวน 70 รอบ รอบละ 90 วินาที นำมาซังน้ำหนักทุก 5 รอบ จาก  
นั้นนำมาแช่น้ำสีเมธิลีนบลูเป็นเวลา 30 วัน สังเกตการรั่วซึมที่บริเวณรอยต่อ จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า  
กลุ่มเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อภายนอก สามารถลดการรั่วซึมของน้ำที่เข้าไปในส่วนกลางได้มากกว่า  
กลุ่มควบคุม ( $p < 0.05$ ) และพบการซึมของสีเมธิลีนบลูในบริเวณรอยเชื่อมต่อของชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึม  
ด้วย ดังนั้นการเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อของเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบกลางชนิดปิด ด้วยสารละลาย  
โมโนโพลีนั้น สามารถลดการรั่วซึมของน้ำได้

## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์

ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

KETSUDA THOVANISH : EFFECT OF MONOPOLY COATING OF CLOSED HOLLOW-BULB  
OBTURATOR ON WATER-LEAKAGE REDUCTION. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.  
PIYAWAT PHANKOSOL; 73 pp. ISBN 974-346-337-2

One of the problems often found in closed hollow bulb obturator is water leakage into the hollow chamber, which leads to bacteria accumulation and bad smell. This study was aimed to see the effect of monopoly coating at certain areas of the obturator on water leakage reduction. Thirty samples of closed type obturators, the junctions of which were sealed with autopolymerized acrylic resin, were randomly divided into 3 groups (10 samples in each group). The first group obtained no coating and served as control. The second group was coated with monopoly inside the hollow chamber at the junctional area and the inner surface, while the third group was coated outside the chamber at the junctional area and the outer surface. All samples were then immersed in water and subjected to thermocycling of 90 second interval, ranging from 4-55 °C for 70 cycles, then were examined for water leakage by weight measurement and methylene blue penetration test. The results indicated that the water leakage found in group 3 was significantly less than only group 1 ( $p < 0.05$ ). The leakages were also evidenced by the color of methylene blue at the junctional areas. Therefore coating the outer surface of closed hollow bulb obturators with monopoly could reduce the water leakage into the hollow bulbs.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Prosthodontics

Student's signature.....

Field of study Prosthodontics

Advisor's signature.....

Academic year 2000

Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทนตแพทย์ ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล อาจารย์ที่  
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่เสียสละเวลา ได้กรุณาสั่งสอน ให้ความรู้ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็น  
ประโยชน์ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ  
อาจารย์ยุพา อ่อนท้วม นักสถิติสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ อาจารย์ทนตแพทย์ ชาญชัย  
โให้สงวน และอาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษาทางด้านสถิติที่ใช้ในการ  
วิจัย ขอขอบ คุณศูนย์วิจัยคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก  
ในการใช้เครื่องมือวิจัยต่างๆ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับจากการ  
อุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่ดูแลเอาใจใส่ กราบขอบพระคุณอาจารย์อีก  
หลายท่านที่เกี่ยวข้อง และขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ หลายท่าน ที่เป็นกำลังใจให้ตลอดเวลาจน  
สำเร็จได้

เกศสุดา โทวนิช

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฅ
บทที่	
1. บทนำความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
2. ปรัชมนวัตกรรม.....	7
3. ระเบียบวิธีการวิจัย.....	25
4. ผลการวิจัย.....	42
5. อภิปรายผลการวิจัย.....	54
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	71
ประวัติผู้เขียน.....	73

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1	
แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการเทอร์โมไซคลิงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น .....	44
ตารางที่ 2	
แสดงจำนวนชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมที่เวลาต่างๆของการเทอร์โมไซคลิง .....	46
ตารางที่ 3	
แสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของการเทอร์โมไซคลิงทั้ง 70 รอบ .....	47
ตารางที่ 4	
แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง (Two - way analysis of variance).....	49
ตารางที่ 5	
แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Tukey's HSD.....	50



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1	9
รูปที่ 2	11
รูปที่ 3	27
รูปที่ 4	28
รูปที่ 5	28
รูปที่ 6	30
รูปที่ 7	31
รูปที่ 8	32
รูปที่ 9	33
รูปที่ 10	34
รูปที่ 11 a,b	35
รูปที่ 12	37
รูปที่ 13	37
รูปที่ 14	40
รูปที่ 15	40
รูปที่ 16	52
รูปที่ 17	52
รูปที่ 18	53

# บทที่ 1

## บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประวัติความเป็นมาของเครื่องมือปิดเพดานโหว่นั้นมีมานานแล้ว ในช่วงศตวรรษที่ 16 ผู้เขียนรายงานทุกคนได้กล่าวถึงเครื่องมือปิดเพดานโหว่ (obturator) ว่าเป็นเครื่องมือที่รู้จักกันมานานก่อนหน้านี้อีกแล้ว ในยุคแรกๆ มีการใช้วัสดุชนิดต่างๆ เช่น ก้อนกรวด พลอย จี้ผึ้ง หรือฟองน้ำ เป็นต้น โดยนำวัสดุเหล่านี้มาอุดปิดบริเวณที่เกิดช่องโหว่ในขากรรไกรบน ในช่วง ค.ศ. 1510 - 1590 Ambroise Pare ศัลยแพทย์ที่มีชื่อเสียงในศตวรรษที่ 16 เป็นผู้เริ่มใช้คำว่า obturateurs มาจากภาษาลาติน obturo มีความหมายว่า ปิดกั้น (stop up) และเป็นผู้ที่ประดิษฐ์เครื่องมือปิดเพดานโหว่ โดยใช้แผ่นทองปิดบริเวณเพดานที่เกิดช่องโหว่ และทำส่วนที่ยื่นเข้าไปในรอยบกพร่องให้มีลักษณะเหมือนที่หนีบผ้าใช้สำหรับจับกับฟองน้ำ เพื่อเป็นตัวยึดในส่วนคอด และได้ประดิษฐ์เครื่องมืออีกชิ้นหนึ่งเป็นสลักที่มีลักษณะคล้ายกระดุม เป็นส่วนที่เข้าไปอยู่บริเวณคอดไว้ เพื่อทำให้เกิดการยึดติด (Aramany, 1971)

ต่อมาในช่วง ค.ศ. 1679 - 1761 Pierre Fauchard ได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งทันตแพทย์ เป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องมือปิดเพดานโหว่ที่มีลักษณะเป็นปีก และมีกุญแจสำหรับไขให้เกิดการขยับเข้าออกได้ เพื่อให้เข้าไปขวางอยู่ในบริเวณคอดไว้ในช่องจมูกเพื่อช่วยในการยึดติด (Aramany, 1971)

ในยุคเริ่มแรกความสนใจในการใช้เครื่องมือปิดเพดานโหว่นี้ พบมากในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติที่ไม่ได้เป็นมาแต่กำเนิดเกี่ยวกับเพดานอ่อนและเพดานแข็ง (acquired palatal defect) ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1828 จึงมีการปรับปรุงเครื่องมือให้ใช้ได้กับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติแต่กำเนิดเกี่ยวกับเพดานอ่อนและเพดานแข็งด้วย (congenital palatal defect) โดย James Snell เริ่มรักษาผู้ป่วยที่มีความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิดโดยใช้เครื่องมือปิดเพดานโหว่ แต่ก็ยังไม่เป็นที่สนใจมากนัก ต่อมาในปี ค.ศ. 1841 Dr. Stearn ได้พยายามประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับปิดความผิดปกติบริเวณเพดานอ่อนของตัวเอง และเป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการพูดขึ้นมา ซึ่ง

ต่อมามีการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือช่วยพุดนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดย Kingsley ในปี ค.ศ. 1860 และ Suersen ในปี ค.ศ. 1867 (Aramany, 1971)

โดยทั่วไปเครื่องมือปิดเพดานโหว่นี้ ใช้เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยที่มีความผิดปกติในบริเวณช่องปาก ที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างช่องจมูกและช่องปากในบริเวณเพดานอ่อนและเพดานแข็ง ซึ่งความผิดปกตินี้ทำให้เกิดการขาดขวางต่อการหายใจ มีผลต่อการพุด เป็นการจำกัดการบดเคี้ยวและกลไกในการกลืน ในขณะที่เดียวกันยังสามารถทำให้ผู้ป่วยเกิดความรู้สึกไม่มั่นคงในสังคมได้ (Adisman, 1990) ความผิดปกติที่ทำให้เกิดเพดานโหว่นี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิด เช่น ปากแหว่ง เพดานโหว่ และกลุ่มความผิดปกติที่เกิดในภายหลังจากการมี บาดแผล โรค พยาธิสภาพ แผลไหม้จากรังสี หรือการทำศัลยกรรม เป็นต้น (Olinger, 1952) ช่องโหว่นี้อาจมีขนาดเล็ก หรือครอบคลุมส่วนของเพดานอ่อนและเพดานแข็ง สันกระดูกเบ้าฟัน และบริเวณพื้นของโพรงจมูกก็ได้ (Nidiffer และ Shipmon, 1957)

การบูรณะที่ดีที่สุดสำหรับผู้ป่วยที่มีความพิการทางกายวิภาค คือ การทำศัลยกรรมเพื่อแก้ไข แต่ในบางกรณีไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้ ดังนั้นการรักษาทางทันตกรรมประดิษฐ์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบูรณะทางกายวิภาค การทำหน้าที่ และความสวยงามได้เช่นกัน (Adisman, 1990; King และ Martin, 1996) จากที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า เครื่องมือปิดเพดานโหว่นี้มักใช้บูรณะผู้ป่วยที่มีความพิการที่เกิดจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลังมากกว่า แต่ก็สามารถบูรณะผู้ป่วยที่มีความพิการที่เกิดจากความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิดได้เช่นกัน

Olinger (1952) ได้ทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่สำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ แต่ก็ไม่ได้รับความสนใจมากนัก เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ เกี่ยวกับการรักษาปากแหว่ง เพดานโหว่ และการพัฒนาปรับปรุงเทคนิคต่างๆ ในการทำศัลยกรรม ที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการรักษามากขึ้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือทางทันตกรรมประดิษฐ์ ในการบูรณะผู้ป่วยที่มีความพิการที่เกิดจากความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิด ซึ่งต่างจากความพิการที่เกิดจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลังของเพดานช่องปาก ที่เป็นการสูญเสียโดยทันทีของสรีระ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับขากรรไกรบน จึงเป็นกรณีที่เหมาะสมในการใช้เครื่องมือทาง

ทันตกรรมประดิษฐ์ในการบูรณะมากกว่า (Desjardins, 1977) และยังพบว่าให้ผลด้านการทำ  
หน้าที่ และความสวยงามมากกว่าด้วย (King และ Martin, 1996)

ปัญหาที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยกลุ่มนี้ คือ ผู้ป่วยต้องเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงทันตวิทยา  
หลังจากการตัดบางส่วนของขากรรไกรบนออก ซึ่งมีผลทันทีต่อความสามารถในการพูด  
เนื่องจากการมีการติดต่อกันที่ผิดปกติระหว่าง ช่องปาก กับช่องจมูกและโพรงข้างจมูก ทำให้  
เกิดเสียงขึ้นจมูก และการพูดที่ไม่สามารถเข้าใจได้ สำหรับปัญหาของการกลืนนั้นเกิดจาก  
ผู้ป่วยไม่สามารถควบคุมอาหารและของเหลวให้อยู่ในช่องปากได้ ทำให้เกิดการผ่านของของ  
เหลวไปสู่จมูกด้านนอกแทนที่จะลงสู่หลอดอาหาร ส่วนปัญหาด้านการบดเคี้ยว เกิดขึ้นจาก  
การที่ถอนฟัน และตัดกระดูกเข้าฟันบางส่วนออกไป ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการบดเคี้ยวร่วม  
ด้วย และปัญหาด้านความสวยงามนั้น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสมดุขันธ์ของรูปร่างภายนอก จาก  
การสูญเสียโครงสร้างที่ค้ำจุนกล้ามเนื้อใบหน้า (Desjardins, 1977) ดังนั้นการบูรณะความพิการ  
ที่เกิดจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลังของเพดานช่องปาก ควรพิจารณาทำทันทีที่เป็นไปได้  
เพื่อป้องกันการพัฒนาทางกายภาพ เกิดความเป็นอยู่ที่ดี และเพื่อปรับปรุงการพัฒนาทางจิตใจ  
และศีลธรรมของผู้ป่วย (Nidiffer และ Shipmon, 1957)

เครื่องมือทางทันตกรรมประดิษฐ์นี้ สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น เป็น  
เครื่องมือสำหรับช่วยในการผ่าตัด เครื่องมือช่วยสำหรับการฉายรังสี หรือช่วยป้องกันรังสี  
เครื่องมือช่วยในการฝึกกระตุ้นโครงสร้าง เกี่ยวกับประสาทและกล้ามเนื้อบริเวณเพดานและช่อง  
คอที่ไม่สมบูรณ์ และเป็นเครื่องมือแก้ไขการพัฒนาการที่ผิดปกติได้ (Adisman, 1990)

วัตถุประสงค์ของการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่นี้ เป็นการขยายเครื่องมือเข้าไปในรอย  
บกพร่อง เพื่อแบ่งช่องปากและช่องจมูกให้แยกออกจากกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิด  
การยึดอยู่ เกิดเสถียรภาพแก่เครื่องมือ และสามารถฟื้นฟูการพูดของผู้ป่วยได้ (Aramany และ  
Drane, 1972) เครื่องมือนี้จะต้องทำให้เกิดความสบาย สามารถบูรณะการพูด การกลืน  
การบดเคี้ยวได้อย่างพอเพียง และให้ความสวยงามที่ยอมรับได้ (Desjardins, 1978)

การออกแบบงานทางทันตกรรมประดิษฐ์ในผู้ป่วยกลุ่มนี้ พบว่ามีปัญหา มาก ขึ้นกับ  
ขนาดและตำแหน่งของรอยบกพร่อง ปริมาณและความสมบูรณ์ของโครงสร้างที่เหลืออยู่ ซึ่ง

โดยส่วนมากจะเหลืออยู่เพียงข้างเดียว มีผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ก่อให้เกิดแรงเครียดบนโครงสร้างที่เหลืออยู่ เกิดการละลายตัวของกระดูก และเกิดเป็นอันตรายต่อเนื่องเยื่อรองรับที่เหลืออยู่ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงวัตถุประสงค์พื้นฐานทั้ง 3 ของการทำงานทางทันตกรรมประดิษฐ์ คือ บริเวณที่รับแรง (support) เป็นบริเวณต้านทานแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเคี้ยวและกลืน แรงนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแนวตั้งเข้าไปยังเนื้อเยื่อ วัตถุประสงค์ต่อมา คือ การยึดอยู่ (retention) เป็นการต้านทานแรงที่ทำให้เกิดการหลุดออกของเครื่องมือในแนวตั้ง และวัตถุประสงค์สุดท้าย คือ เสถียรภาพ (stability) เป็นการต้านทานการเคลื่อนที่ของเครื่องมือต่อแรงในแนวระนาบที่เกิดจากการทำหน้าที่ ดังนั้นจึงควรพิจารณาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้างที่เหลืออยู่ โดยเฉพาะส่วนขากรรไกรบนที่เหลืออยู่ (residual maxilla) และส่วนภายในรอยบกพร่อง (within-the-defect) ในการออกแบบเครื่องมือให้เหมาะสม (Zarb, 1967; Desjardins, 1978; Beumer III และ Cutis, 1979)

การใช้ประโยชน์จากส่วนขากรรไกรบนที่เหลืออยู่นั้น ขึ้นอยู่กับแนวในการตัดส่วนของเพดาน ที่ทำให้เกิดปริมาณความคอดเว้า (undercut) ที่เข้าไปในช่องจุมกและช่องข้างจุมกที่แตกต่างกัน การเข้าไปในส่วนคอดนี้สามารถเพิ่มการยึดติดได้ จึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่ไม่มีฟัน หรือมีฟันเหลืออยู่แต่ไม่แข็งแรงเพียงพอในการรับแรง และการขยายเครื่องมือเข้าไปในส่วนคอดนี้จะได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับแนวในการถอดใส่ของเครื่องมือด้วย ซึ่งวัตถุประสงค์ในการขยายเครื่องมือเข้าไปในส่วนคอดนี้ เพื่อช่วยต้านทานการเคลื่อนในแนวตั้งและแนวระนาบของเครื่องมือ (Desjardins, 1978)

ประโยชน์ที่ได้รับจากส่วนภายในรอยบกพร่องนั้น ได้จากการสัมผัสของเครื่องมือกับโครงสร้างทางกายภาพที่ทำให้เกิดฐานที่มั่นคง เพื่อป้องกันการหมุนของเครื่องมือเข้าไปในส่วนของรอยบกพร่องมากขึ้น การหมุนนี้ขึ้นกับขนาดและการขยายของรอยบกพร่องด้วย เนื่องจากผนังทางด้านข้างของรอยบกพร่องนั้น ทำให้เกิดการยึดติดทางอ้อม (indirect retention) ได้ โดยความสูงของผนังทางด้านข้างที่มาก สามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้น้อยกว่าผนังทางด้านข้างที่น้อย ส่วนนี้จะมีความสำคัญมากในกรณีที่ไม่มีฟันเหลืออยู่เลย เพราะจะทำให้เครื่องมือหมุนรอบแนวการตัดของส่วนเพดานปากได้น้อยลง (Desjardins, 1978)

เนื่องจากเครื่องมือปิดเพดานโหว่จะต้องผนึกขอบเขตของรอยบกพร่อง เพื่อป้องกันการสูญเสียอากาศและของเหลวผ่านไปยังช่องจมูก ทำให้เกิดการพูด การบดเคี้ยว และการกลืนที่มีประสิทธิภาพ จึงต้องขยายขอบเขตของเครื่องมือเข้าไปในช่องจมูก ทำให้น้ำหนักของเครื่องมือเพิ่มมากขึ้น เกิดแรงที่ทำให้เกิดการหลุดออก และจากการที่เครื่องมือมีลักษณะของกลไกของหลักยึดข้างเดียว (cantilever like) ผลที่ตามมาคือ เกิดความไม่สบาย สูญเสียการยึดติด และเกิดการเสียดสีกับเนื้อเยื่อโดยรอบ ดังนั้นเครื่องมือจึงควรมีน้ำหนักที่เบาที่สุด และมีการยึดอยู่โดยตรงจากการขยายขอบเขตผนังทางด้านแก้มของส่วนที่ขยายเข้าไปในช่องจมูกของเครื่องมือ ช่วยให้สามารถต้านแรงที่ทำให้เกิดการหลุดได้ (Brown, 1968 ; El Mahdy, 1969; Chalian และ Barnett, 1972; Tanaka, Gold และ Pruzansky, 1977)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่องมือในกลุ่มนี้ สามารถแก้ไขได้โดยการลดน้ำหนักของส่วนที่ขยายเข้าไปปิดส่วนเพดานโหว่ ซึ่งการลดน้ำหนักนี้เป็นการลดแรงเครียดที่ไม่จำเป็นต่อฟันและเนื้อเยื่อที่รองรับแรง สามารถปรับปรุงการยึดอยู่และเสถียรภาพได้ และมีผลดีต่อกลไกของหลักยึดข้างเดียวด้วย (King และ Martin, 1996) การลดน้ำหนักนี้สามารถทำได้โดยการลดปริมาณของวัสดุ จากการทำให้เกิดลักษณะที่กลวง

การทำให้เกิดการกลวงที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ ตามลักษณะของส่วนที่ยื่นเข้าไปในส่วนบกพร่อง คือ แบบกลวงชนิดเปิดส่วนบน (buccal flange หรือ open type obturator) และแบบกลวงชนิดปิด (closed hollow bulb obturator) ซึ่ง Beumer III และ Curtis (1979) แนะนำว่าสามารถใช้เครื่องมือแบบกลวงชนิดเปิดในผู้ป่วยที่ปลูกแผ่นผิวหนังที่มีสารคัดหลั่งไหลออกมาน้อยได้ แต่ถ้าผู้ป่วยมีสารคัดหลั่งไหลออกมาปกติหรือบ่นเกี่ยวกับการสะสมของสารคัดหลั่งนี้ ควรแนะนำให้ใช้เครื่องมือแบบกลวงชนิดปิดมากกว่า

ปัญหาที่พบบ่อยในการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่ชนิดปิด คือ มีวิธีการทำยุ่งยาก ใช้เวลานาน (Coffin, 1964) เกิดการเปลี่ยนสีที่ขอบ และมีน้ำรั่วซึมเข้าไปในส่วนกลวงได้จากการดูดซึมของเหลวผ่านทางรูพรุนที่อยู่ในเนื้ออะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ที่ใช้ผนึกรอยต่อระหว่างฝาปิดและส่วนที่ขยายเข้าไปในส่วนบกพร่อง (Oral ,Aramany และ McWilliams, 1979; Phankosol และ Martin, 1985 ) จึงมีการศึกษามากมายที่เกี่ยวข้องกับ วิธีการทำเครื่องมือปิด

เพดานโหว่แบบกวางชนิดปิด เพื่อที่จะแก้ปัญหาของการรั่วซึมของน้ำเข้าไปภายในส่วนกวาง  
ที่เป็นผลทำให้น้ำหนักเครื่องมือเพิ่มขึ้น และเกิดปัญหาต่างๆ ตามมา

ดังนั้นการศึกษาที่จัดทำขึ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อที่จะศึกษาถึงผลของการเคลือบสาร  
ละลายโมโนโพลี (monopoly) ภายนอกและภายในของเครื่องมือปิดช่องโหว่ชนิดปิดว่าสามารถ  
ลดการรั่วซึมของน้ำได้หรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปใช้ในการประดิษฐ์เครื่องมือชนิดนี้ใน  
ผู้ป่วยได้จริง ให้สามารถทำได้ง่าย ลดระยะเวลาในการทำงาน และยืดอายุการใช้งานของ  
เครื่องมือได้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### ปริทัศน์วรรณกรรม

เครื่องมือปิดเพดานโหว่ (obturator) หมายถึง สิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ปิดส่วนเปิดของเนื้อเยื่อเพดานแข็ง และหรือโครงร่างเบ้าฟันที่ติดกัน ซึ่งเป็นความผิดปกติที่เป็นมาแต่กำเนิด หรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นในภายหลัง (A prosthesis used to closed a congenital or acquired tissue opening, primarily of the hard palate and / or contiguous alveolar structures.) (CJPD, 1999)

เครื่องมือปิดเพดานโหว่ ทำหน้าที่เป็น โครงร่างคลุมเนื้อเยื่อที่ถูกตกแต่งจากการทำศัลยกรรม ใช้เป็นฟันปลอมชั่วคราวระหว่างช่วงที่ทำศัลยกรรม และให้ความสวยงามอย่างรวดเร็วแก่ผู้ป่วยเพื่อติดต่อในสังคมได้ ซึ่งเครื่องมือนี้จะพิจารณาใช้ในกรณีที่ไม่สามารถทำศัลยกรรมได้เนื่องจาก สภาวะที่ไม่มีเลือดมาหล่อเลี้ยงในบริเวณเนื้อเยื่อนั้นๆ เป็นข้อห้ามในการทำศัลยกรรม ขนาดและการขยายของส่วนที่ผิดปกตินั้นไม่สามารถทำศัลยกรรมได้ ผู้ป่วยมีแนวโน้มที่จะมีรอยโรคเดิมเกิดซ้ำ อายุของผู้ป่วยไม่เหมาะสมในการทำศัลยกรรม หรือมีค่าใช้จ่ายที่สูง (Nidiffer และ Shipmon, 1957)

เครื่องมือปิดเพดานโหว่ไม่ควรสัมผัสกับพื้นที่เนื้อเยื่อเมือกทางด้านบน และควรทำหน้าที่ทดแทนโครงสร้างที่เสียไป มากกว่าการเติมส่วนของช่องจุมูกให้เต็ม ซึ่งทำให้เกิดน้ำหนักรที่ไม่ต้องการ และเสียคุณภาพของการออกเสียงไป (Sharry, 1962) เครื่องมือนี้ไม่สามารถทดแทนส่วนที่หายไปของขากรรไกรได้ แต่สามารถบูรณะการทำหน้าที่ในการพูดและการกลืนได้ (Zarb, 1967)

ปัญหาหลักของเครื่องมือปิดเพดานโหว่ คือ ความไม่เสถียร ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ เนื่องจากการทำศัลยกรรมนั้น มีการนำเอาบางส่วนในช่องปากออก เช่น ฟัน สันกระดูกเบ้าฟัน และบางส่วนของเพดานปาก เป็นต้น (Brown, 1968) ดังนั้นเมื่อใช้แรงในการบดเคี้ยว จึงเกิดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือปิดเพดานโหว่ขึ้นไปด้านบน และเกิดการหลุดลงมาทางด้านล่างได้ ถ้าไม่มีการสัมผัสในแนวสบฟัน (Beumer III และ Cutis, 1979) นอกจากนี้เครื่องมือยังถูกแขวนจากส่วนโค้งของขากรรไกรที่เหลืออยู่เพียงข้างเดียว ส่วนอีกข้าง



หนึ่งจะขยายเข้าไปในส่วนของความพิการที่เกิดจากศัลยกรรม ซึ่งมีผลต่อการยึดติดของเครื่องมือด้วย

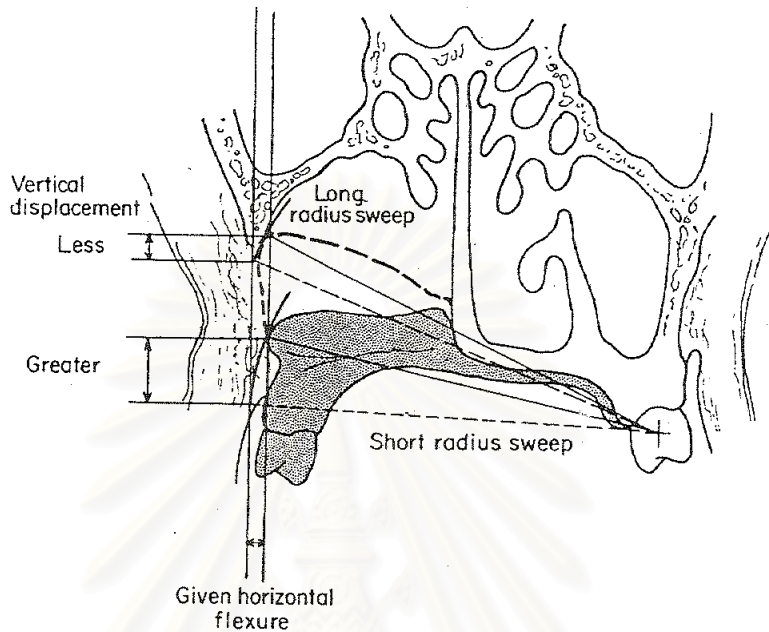
ดังนั้นเพื่อที่จะให้เกิดการค้ำจุน และค้นหาลักษณะของการยึดอยู่ที่ดี สามารถบรรเทาแรงเครียดที่เกิดจากลักษณะคล้ายหลักยึดข้างเดียว (cantilever) บนส่วนโค้งของขากรรไกรอีกด้านหนึ่ง จึงควรให้ความสำคัญกับขอบรอบนอกของรอยบกพร่อง โดยการสร้างแถบแผลเป็น (scar band) บริเวณขอบของรอยบกพร่อง เพื่อทำให้เกิดส่วนคอดเว้า (undercut) ที่เครื่องมือสามารถเข้าไปช่วยให้เกิดค้ำจุนบางส่วน ร่วมกับการขยายขอบเขตของเครื่องมือเข้าไปส่วนบกพร่องให้มากที่สุด เพื่อช่วยเพิ่มการยึดติดของเครื่องมือด้วย (Brown, 1968)

การสร้างแถบแผลเป็น (scar band) ทำได้โดยปลูกแผ่นผิวหนัง (skin graft) ในบริเวณผนังทางด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลังและข้าง ของรอยบกพร่อง ใช้วางรอบๆ ผนังผิวภายในรอยบกพร่อง เป็นการปรับปรุงความทนทาน เนื่องจากมีลักษณะพื้นผิวชนิดเคราติไนซ์ (keratinized) จึงมีความต้านทานต่อการสึกมากกว่าพื้นผิวชนิดเยื่อบุผิวทางเดินหายใจ (respiratory mucosa) ที่เกิดการระคายเคืองได้ง่าย ทำให้มีความเหมาะสมในการรองรับฟันปลอม และเป็นพื้นผิวที่ใช้ค้ำจุน การปลูกแผ่นผิวหนังนี้ยังสามารถจำกัดการหดตัวและการเกิดการพังของรอยแผล ที่ทำให้เกิดปัญหาในการสร้างเครื่องมือบูรณะในภายหลังได้ (Desjardins, 1978; Beumer III และ Cutis, 1979)

แถบแผลเป็นนี้ เกิดบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นหนังที่นำมาปลูกในบริเวณเนื้อเยื่อแก้มด้านในที่ถูกตัดออก กับเยื่อเมือก (mucosa) โดยระหว่างที่มีการหายของแผลจะมีการหดตัว เกิดบริเวณที่เป็นคอดคอดทางด้านข้างเหนือแถบแผลเป็น และแถบแผลเป็นนี้สามารถเพิ่มความยึดหยุ่นของแผ่นเยื่อทางด้านแก้ม ทำให้สามารถขยายขอบเขตของเครื่องมือเข้าไปได้ เกิดแรงต้านที่ทำให้เครื่องมือหลุดในแนวตั้ง และมีผลต่อบริเวณที่รับแรง การยึดอยู่ และเสถียรภาพของเครื่องมือด้วย (Desjardins, 1978; Beumer III และ Cutis, 1979)

การขยายขอบเขตของเครื่องมือ เป็นการทำให้เกิดส่วนโค้งทางด้านข้างของเครื่องมือยันกับผนังด้านข้างของรอยบกพร่อง สามารถช่วยเพิ่มการยึดติดของเครื่องมือได้ โดยวิธีนี้จะทำ

ให้มีรัศมียาว เกิดความต้านทานของผนังด้านข้างอย่างสูงสุด ลดการขยับในแนวตั้ง (Brown, 1968) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการขยับตัวในแนวตั้งที่เกิดจากความยืดหยุ่นของผนังด้านข้างของเครื่องมือที่มีการออกแบบส่วนขอบที่แตกต่างกัน (Brown, 1968)

การขยายขอบเขตของเครื่องมือนี้ ไม่จำเป็นต้องเข้าไปภายในรอยบกพร่องทั้งหมด ควรเข้าไปเพียงแค่ว่าสามารถทำให้เกิดการผนึกขอบที่ดีเท่านั้น (Sharry, 1962) พื้นผิวของเครื่องมือส่วนที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่อง ควรสัมผัสกับแนวด้านใกล้กลางของส่วนที่ตัดออก และขยายเข้าไปในกระดูกเพดานที่เหลืออยู่ จากส่วนทบเชื่อมเมือกด้านแก้ม (mucobuccal fold) ทางด้านหน้าไปยังเพดานอ่อนทางด้านหลัง ส่วนความสูงของพื้นผิวด้านใกล้กลางจะถูกกำหนดโดยกระดูกม้วน (turbinates) และขอบเขตทางด้านหน้าและด้านบนไม่ควรสูงจนอุดตันการหายใจ ส่วนขอบเขตทางด้านข้างนั้นจะถูกกำหนดโดยช่องเปิดของหูส่วนกลาง (eustachian tube) ส่วนความสูงด้านใกล้กลางไม่ควรสูงเท่ากับด้านข้าง และความสูงทางด้านหน้าควรมากกว่าทางด้านหลัง เพื่อให้เกิดการไหลออกของเมือก (mucous) ไปในทิศทางใกล้กลางและด้านหลัง ลงไปสู่คอหอยหลังโพรงจมูก (nasopharynx) พื้นผิวทางด้านหน้าและด้านข้างของเครื่องมือนี้ จะเป็นส่วนที่ค้ำจุนกล้ามเนื้อใบหน้า และควรมีขอบเขตสูงสุดที่เป็นไปได้

เพื่อเพิ่มการยึดติด โดยสามารถลดการขยับในแนวตั้งและการหมุนรอบจุดหมุนได้ (Zarb, 1967 ; Desjardins, 1978)

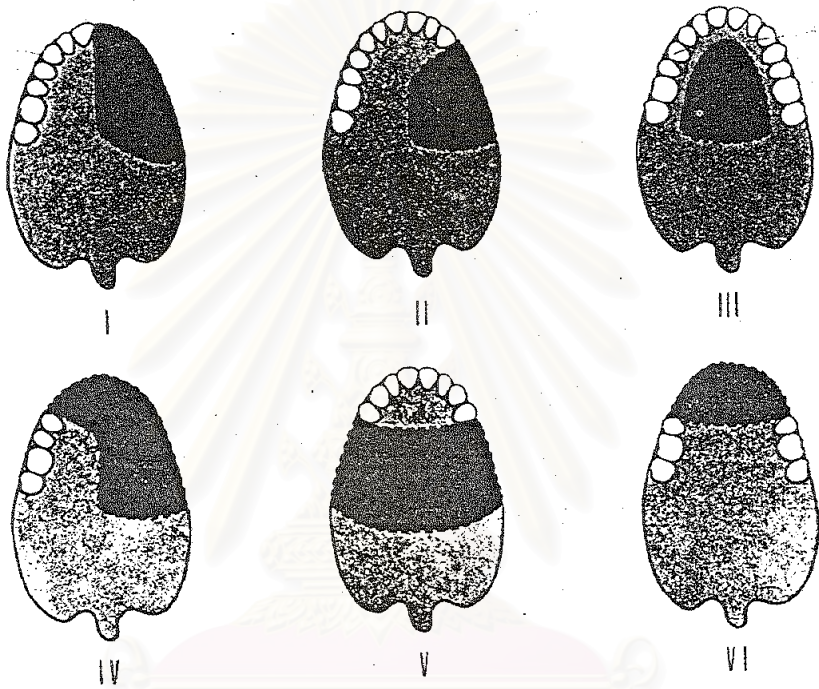
เช่นเดียวกับ Aramany และ Drane (1972) กล่าวถึง พื้นผิวทางด้านบนของส่วนที่ ขยายนั้นควรลาดเอียงไปทางด้านหลังและด้านใกล้กลาง เพื่อให้เกิดการไหลของสารคัดหลั่งที่ ค้างอยู่ในโพรงจมูกลงไปทางด้านหลัง และเกิดการฉีกที่เพียงพอบริเวณพื้นผิวทางด้านแก้ม ของรอยบกพร่อง

เครื่องมือปิดเพดานโหว่สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยใช้ร่องที่เกิดจากแนวการหดตัว ของเส้นใย (fibrous contraction band) คือ ส่วนปิดเพดานโหว่ (obturator portion) ที่ขยาย เข้าไปเหนือเพดานปากและขยายขึ้นไปในขากรรไกรบน และส่วนที่อยู่ในช่องปาก (vestibular portion) มีลักษณะคล้ายโล่ อยู่ในบริเวณที่เคยเป็นช่องปากส่วนหน้า (vestibule) ทางด้านหน้า และทางด้านแก้ม สามารถค้ำจุนแก้มในบริเวณที่ถูกตัดได้ (Zarb, 1967) ซึ่ง King และ Martin (1996) ได้แบ่งเครื่องมือปิดช่องโหว่เป็น 2 ส่วนเช่นกัน คือ ส่วนฐานค้ำจุน (supporting base) คลุมอยู่บนสันกระดูกเบ้าฟันและเพดานที่เหลืออยู่ อีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนป้อง (bulb) สำหรับยื่นเข้าไปปิดรอยบกพร่องที่เกิดจากการทำศัลยกรรม

งานทางทันตกรรมประดิษฐ์สำหรับผู้ที่มีความผิดปกติของเพดานที่ไม่ได้เป็นมาแต่ กำเนิด แบ่งตามพื้นที่เหลืออยู่ คือ ฟันปลอมทั้งปาก และฟันปลอมบางส่วนแบบถอดได้ ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้จะมีส่วนขยายเข้าไปในส่วนบกพร่อง เพื่อปิดส่วนเพดานโหว่ร่วมด้วย (Oral และคณะ, 1979)

Aramany (1978a) ได้แบ่งกลุ่มของการออกแบบเครื่องมือปิดเพดานโหว่สำหรับผู้ป่วยที่ สูญเสียฟันไปบางส่วน ตามความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดความพิการกับฟันหลักที่เหลืออยู่เป็น 6 กลุ่ม โดยกลุ่มแรก เป็นความบกพร่องของขากรรไกรบนที่พบมากที่สุด เกิดเพียงข้าง เดียว ตัดตามแนวกึ่งกลางของขากรรไกรบน เหลือฟันอยู่เพียงข้างเดียวของส่วนโค้ง กลุ่มที่ 2 รอยบกพร่องกลุ่มนี้เกิดข้างเดียวเช่นกัน แต่เหลือส่วนฟันหน้าของด้านที่มีรอยบก พร่องด้วย การออกแบบที่แนะนำจะคล้ายกับการออกแบบของฟันปลอมชนิดถอดได้ ของ เคนเนดีประเภท 2 (Class II Kennedy) ส่วนกลุ่มที่ 3 รอยบกพร่องเกิดในส่วนกลางของเพดาน

แข็ง และอาจจะรวมถึงบางส่วนของเพดานอ่อนด้วย โดยไม่เกี่ยวข้องกับฟันเลย กลุ่มที่ 4 รอยบกพร่องจะเกี่ยวข้องกับทั้ง 2 ข้างของขากรรไกรบน โดยจะข้ามเส้นกึ่งกลาง และเหลือ ฟันหลังเพียงเล็กน้อยอยู่ในแนวเดียวกัน กลุ่มที่ 5 รอยบกพร่องเกิดขึ้นทั้ง 2 ข้าง อยู่ ด้านหลังของฟันหน้าที่เหลืออยู่ ส่วนในกลุ่มสุดท้าย กลุ่มที่ 6 รอยบกพร่องชนิดนี้มัก พบในกรณีที่ได้รับอุบัติเหตุหรือเป็นตั้งแต่กำเนิด โดยเกิดในส่วนหน้าต่อฟันหลักด้านหลัง ดัง รูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการแบ่งกลุ่มของการสูญเสียฟันและขากรรไกรบนไปบางส่วน (Aramany, 1978a)

การแบ่งเป็นกลุ่มต่างๆ นี้มีผลต่อการออกแบบเครื่องมือ ซึ่งพื้นฐานของการออกแบบ ตะขอจะคล้ายกับงานฟันปลอมบางส่วนชนิดถอดได้ (Aramany, 1978b) วัตถุประสงค์ของการ ออกแบบนั้น เพื่อต้านแรงต่างๆ ที่มากระทำต่อเครื่องมือปิดช่องโหว่ โดยไม่ทำให้เกิดแรง เกรียดต่อฟันและเนื้อเยื่อที่เหลืออยู่ สำหรับผู้ป่วยที่สูญเสียฟันไปทั้งหมด จะพบว่าเกิดปัญหา จากเสถียรภาพของเครื่องมือมากกว่า เนื่องจากบริเวณที่เป็นพื้นที่รองรับแรงนั้นถูกตัดออกไป ซึ่งถ้าบริเวณที่ถูกตัดออกไปมีขนาดเล็ก เครื่องมือปิดเพดานโหว่ก็จะมีเสถียรภาพมากกว่า จึง ทำให้ต้องขยายส่วนรองรับเข้าไปในรอยบกพร่องด้วยถ้าบริเวณที่ถูกตัดออกไปมีขนาดใหญ่ (Schaaf, 1977)

ภายหลังจากการทำศัลยกรรมนั้น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงมิติของรอยบกพร่องเกิดขึ้นทันที และจะเกิดต่อเนื่องกันเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี (Hammond, 1966) ดังนั้นการบูรณะผู้ป่วยที่เกิดความพิการจากการทำศัลยกรรม ด้วยวิธีทางทันตกรรมประดิษฐ์นั้น ควรเริ่มทำทันทีหลังการผ่าตัด โดยใช้เครื่องมือปิดเพดานโหว่ทันทีหลังการผ่าตัด (immediate surgical obturator prosthesis) เป็นเครื่องมือชั่วคราว สำหรับใช้ขณะทำศัลยกรรมหรือใส่ทันทีหลังการทำศัลยกรรม สร้างขึ้นจากการพิมพ์ปากก่อนการทำศัลยกรรม ในกรณีที่ยังมีฟันเหลืออยู่นั้น สามารถยึดเครื่องมือนี้ในช่องปากได้โดยใช้ตะขอลวดดัด (wrought wire clasp) หรือมัดลวดไปในช่องระหว่างฟัน (interdental papillae) แต่ในกรณีที่ไม่มีฟันเหลืออยู่เลยนั้น จะใช้ลวดมัดเครื่องมือไว้กับกระดูกโหนกแก้ม (zygomatic arch) ทั้ง 2 ข้าง หรืออาจใช้สกรูช่วยยึดก็ได้ (Zarb, 1967)

การใส่เครื่องมือในช่วงแรกนี้ เป็นการป้องกันการหดตัวที่มากเกินไปของเนื้อเยื่อ ทำให้คงสภาพรูปหน้าที่ปกติ มีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดเพดานเทียม กั้นระหว่างช่องปากและช่องจมูก และใช้สำหรับปิดแผล ทำให้ผู้ป่วยสามารถทานอาหารทางช่องปากได้โดยไม่ต้องใช้ท่อให้อาหารทางจมูก ซึ่งพื้นผิวของเครื่องมือส่วนที่ขยายเข้าไปในช่องจมูกนั้นควรสัมผัสกับส่วนของแผ่นผิวหนังที่ปลูก เพื่อลดการลึ้มเหลวของการปลูกผิวหนัง เกิดการเนบซึ่งช่วยในการหายของแผล ป้องกันการไหลของเลือด และลดการเกิดห่อเลือดได้ ผู้ป่วยสามารถพูดได้อย่างมีประสิทธิภาพทันทีหลังการผ่าตัด มีผลทำให้เกิดทัศนคติและมีสภาพทางจิตใจที่ดี และช่วยลดระยะเวลาการอยู่ในโรงพยาบาลได้

เครื่องมือนี้จะต้องมีการปรับให้มีรูปร่างที่เหมาะสม โดยใช้วัสดุคุณภาพมาตรฐานชนิดนุ่ม เพื่อให้สามารถเข้าไปในส่วนของรอยบกพร่องได้ เครื่องมือนี้ควรใส่ทันทีหลังการผ่าตัด และใส่เป็นระยะเวลาประมาณ 5 - 7 วัน จึงเอาออกเนื่องจากแผลเริ่มหายและมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของความพิการ จำเป็นต้องเปลี่ยนเครื่องมือชุดใหม่ (Desjardins, 1977; Beumer III และ Curtis, 1979; Adisman, 1990; King และ Martin, 1996)

การใส่เครื่องมือในระยะแรกนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เพราะถ้าไม่ได้ใส่เครื่องมือไว้แต่แรกจะเกิดการพับ (collapse) ของเนื้อเยื่อภายในรอยบกพร่อง ซึ่งจะสัมพันธ์กับความสวย

งาม และขัดขวางต่อการบูรณะขึ้นมาใหม่ มีผลทั้งทางร่างกายและจิตใจของผู้ป่วยได้ (Hammond, 1966; Zarb, 1967; Desjardins, 1977)

หลังจากเอาเครื่องมือปิดเพดานโหว่ทันทีหลังจากการทำศัลยกรรม และใส่ที่ใส่ไว้ใน รอยบกพร่องออกแล้ว จะทำเครื่องมืออันใหม่หรือปรับปรุงอันเดิม เรียกว่า เครื่องมือปิด เพดานโหว่เฉพาะกาล (provisional or interim postsurgical obturator prosthesis) ใส่เพื่อป้องกัน ส่วนบกพร่องจนกว่าจะมีการหายของแผลที่ตีโพในการทำเครื่องมือถาวร แต่เนื่องจากการ เปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อรอบช่องโหว่เกิดขึ้นตลอดเวลา และใช้เวลานานในการหาย ทำให้การ ผนิกขอบที่ตีของเครื่องมือเกิดขึ้นได้ยาก (Desjardins, 1977; Beumer III และ Curtis, 1979; Adisman, 1990; King และ Martin, 1996) จึงควรใช้วัสดุกลุ่มปรับสภาพเนื้อเยื่อชนิดนุ่ม (tissue conditioner) หรือใช้วัสดุฐานฐานชนิดนุ่ม (soft liner) ร่วมกับส่วนฐานที่ทำจากอะคริลิก เรซิน (Adisman, 1990) เนื่องจากวัสดุมีลักษณะยืดหยุ่นและนุ่ม สามารถเข้าไปในส่วนที่คอด เว้าได้ ปรับแต่งง่าย และมีอายุการใช้งานสั้น จึงเหมาะกับเครื่องมือที่ต้องปรับแต่งหรือ เปลี่ยนบ่อยๆ (King และ Martin, 1996)

เมื่อแน่ใจว่าการหายของเนื้อเยื่ออ่อนและแข็งเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ไม่มีการเกิดซ้ำของ โรค และผู้ป่วยมีสภาพทางจิตใจและอารมณ์ที่เหมาะสมแล้ว ควรทำเครื่องมือชุดถาวรให้กับผู้ ป่วย เรียกว่า เครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบถาวร (definitive postsurgical obturator prosthesis) (Adisman, 1990) ซึ่งระยะเวลาที่จะทำขึ้นกับ ขนาดของความพิการ การดำเนิน ไปของการหายของแผล การควบคุมก้อนเนื้อ ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้อยู่ (Beumer III และ Curtis, 1979) การสร้างเครื่องมือนี้จะต้องอยู่บนหลักพื้นฐานของการทำงานทางทันต กรรมประดิษฐ์ และไม่ควรรีความคาดหวังแก่ผู้ป่วยว่า เครื่องมือทางทันตกรรมประดิษฐ์นี้ จะสามารถบูรณะรอยบกพร่องได้สมบูรณ์แบบ ทั้งการทำหน้าที่และความสวยงาม (King และ Martin, 1996)

Zarb (1967) กล่าวถึงปัญหาของการทำหน้าที่ของเครื่องมือปิดเพดานโหว่ว่า มีการยึด ติดที่ไม่เพียงพอ และเกิดการรั่วของน้ำเข้าไปในโพรงจมูกและไหลออกมาทางรูจมูก เนื่องจาก เวลาคลื่นของเหลว แรงดันจากคลื่นจะดันของเหลวกระทบเพดานไหลข้ามไปบนด้านบนของ เครื่องมือ แล้วของเหลวจะไหลตกลงมาทางด้านหน้าผ่านทางช่องจมูกโดยเฉพาะเมื่อกัมศรีษะ

มาข้างหน้า ซึ่งต่อมา Wood และ Carl (1977) กล่าวถึงปัญหาของเครื่องมือเช่นกันว่า เครื่องมือมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ถอดใส่ได้ยากและเนื่องจากเกิดการคลายตัวของเนื้อเยื่อทำให้การยึดอยู่ลดน้อยลง หลังจากใส่ระยะหนึ่ง จึงทำให้ต้องมีการปรับแต่งบริเวณขอบบ่อๆ และจากการไม่มีจุดสิ้นสุดทางด้านบน จึงเกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้เกิดข้อจำกัดในการเคี้ยว และเกิดความไม่สบายในบริเวณที่มีการสัมผัสกับเนื้อเยื่อต่างๆ และมีความสวยงามที่น้อยกว่าที่คาดหวังไว้

ลักษณะของเครื่องมือปิดเพดานโหว่ที่ตินั้น ส่วนที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่องควรมีขนาดเล็กที่สุดที่เป็นไปได้ เพื่อลดน้ำหนัก ง่ายต่อการประดิษฐ์ และสะดวกต่อผู้ป่วยในการถอดใส่ แต่ไม่ควรเล็กจนสูญเสียการผนึกขอบ (Aramany, 1971) ซึ่งปริมาณการขยายเครื่องมือเข้าไปในรอยบกพร่องนั้น ขึ้นกับความต้องการพื้นฐาน คือ การยึดอยู่ การค้ำจุน และเสถียรภาพ ถ้าสามารถหาสิ่งเหล่านี้ได้จากโครงสร้างที่เหลืออยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีการขยายเครื่องมือเข้าไปมาก (Beumer III และ Curtis, 1979) และเนื่องจากการสูญเสียโครงสร้างบางส่วน หรือมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของช่องที่ทำให้เกิดเสียงก้อง ทำให้มีผลต่อการพูด พบว่าถ้ามีการขยายขอบเขตของเครื่องมือเข้าไปในส่วนบกพร่องน้อย จะทำให้มีคุณภาพของเสียงดีกว่า (Aramany และ Drane, 1972)

วัตถุประสงค์หลักของการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวง (hollow bulb obturator) คือ การลดน้ำหนักของวัสดุ (Desjardins, 1978; Beumer III และ Curtis, 1979; Adisman, 1990; King และ Martin, 1996) ผนังของเครื่องมือส่วนที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่องควรมีลักษณะบางและกลวง แต่การควบคุมความหนาของผนังก็มีความสำคัญเช่นกัน โดยควรมีความหนาที่สม่ำเสมอเพียงพอที่จะให้ความแข็งแรง และมีน้ำหนักที่ต้องการ และสิ่งสำคัญอีกอย่าง คือ การผนึกขอบของรอยต่อส่วนที่เชื่อมกันของเครื่องมือจะต้องไม่เกิดการรั่วของน้ำ (Brown, 1970; Minsley, Nelson และ Rothenberger, 1986)

ประโยชน์ของเครื่องมือแบบกลวง คือ จากการทำมีน้ำหนักน้อยลงทำให้เกิดความสบายขณะใส่ ทำให้ไม่ไปเพิ่มจิตสำนึกของการใส่ฟันปลอม สามารถแก้ปัญหาพื้นฐานของการยึดติด และเพิ่มการทำหน้าที่ทางกายภาพ ทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังมีผลทำให้ลดแรงกดต่อเนื้อเยื่อโดยรอบที่ใช้ในการกลืน มีการกระตุ้นการเกิดใหม่ของเนื้อเยื่อ

ไม่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพและการเปลี่ยนแปลงกายภาพของสมดุคัลย์กล้ามเนื้อ (Nidiffer และ Shipmon, 1957)

การศึกษาของ Wu และ Schaaf (1989) พบว่า การทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงนั้นสามารถลดน้ำหนักของเครื่องมือได้ร้อยละ 6.55 ถึง ร้อยละ 33.06 ขึ้นกับขนาดรอยบกพร่อง และเป็นวิธีที่เหมาะสมในการใช้กับผู้ป่วยที่ได้รับการตัดขากระดูกโกรบนไปบางส่วน และบางการศึกษาพบว่าสามารถทำให้เกิดเสียงที่ก้องด้วย (Palmer และ Coffey, 1985; Benington, 1989)

การทำให้เกิดการกลวงที่นิยมใช้กันในปัจจุบันนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ ตามลักษณะของส่วนที่ยื่นเข้าไปในส่วนบกพร่อง คือ แบบกลวงชนิดเปิดส่วนบน (buccal flange หรือ open type obturator) และแบบกลวงชนิดปิด (closed hollow bulb obturator) มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับวิธีการประดิษฐ์เครื่องมือทั้ง 2 แบบนี้ ซึ่งในแต่ละแบบก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

การทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดเปิด จะไม่มีการปิดส่วนกลวงที่ขยายเข้าไปในช่องจมูกทางด้านบน พบเพียงผนังทางด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างเท่านั้น (Coffin, 1964; Oral, 1979) ซึ่งการเปิดส่วนบนนี้ไม่มีผลต่อการยึดอยู่และเสถียรภาพของเครื่องมือ (Shifman, 1983) ข้อดีของเครื่องมือกลุ่มนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือแบบกลวงชนิดปิด คือ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะดวก ไม่เกิดการรั่วซึมเข้าไปภายในตามรอยต่อ (Coffin, 1964) ให้เสถียรภาพที่เพียงพอ สามารถค้ำจุนเนื้อเยื่อทางด้านหน้าและด้านข้างได้ เป็นวิธีที่ทำงานง่ายและรวดเร็ว มีน้ำหนักเบา ทำความสะดวกได้ง่ายโดยใช้แปรงสีฟันธรรมดาเท่านั้น (Oral, 1979) และทำให้เกิดเสียงพูดที่ดีกว่าเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิด (Oral และคณะ, 1979) เครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดเปิดนี้ เป็นแบบที่นิยมใช้ในการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่เฉพาะกาล เนื่องจากสะดวกต่อการปรับแต่งผนังให้เหมาะสมอยู่เสมอ (Wang และ Hirsch, 1997)

ส่วนปัญหาที่พบในเครื่องมือแบบกลวงชนิดเปิด คือ การที่ไม่สามารถขัดแต่งและทำความสะอาดพื้นผิวภายในเครื่องมือได้ดี และการที่เครื่องมือมีลักษณะคล้ายภาชนะรองรับ ทำ



ให้เกิดการสะสมของน้ำลาย อาหาร สะเก็ดมูกต่างๆ ซังอยู่ภายในส่วนกลวงของเครื่องมือทางด้านบน เกิดกลิ่นและมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก ดังนั้นผู้ป่วยจึงต้องถอดเครื่องมือออกมาทำความสะอาดบ่อยๆ (Phankosol และ Martin, 1985; Wang และ Hirsch, 1997; McAndrew, Rothenberger และ Minsley, 1998) และเครื่องมือยังไม่ได้รับการกำจัดจากส่วนบนของรอยบกพร่องด้วย (Wang และ Hirsch, 1997)

จากปัญหาที่พบในเครื่องมือแบบกลวงชนิดเปิด Beumer III และ Curtis (1979) แนะนำให้ทำรูเปิดทะแยงมุมระหว่างด้านข้างผนังด้านใน ผ่านออกมาทางด้านแก้มของผนังด้านนอก เพื่อให้เกิดการไหลออกของสารคัดหลั่ง ไม่เกิดการสะสม เช่นเดียวกับ McAndrew และคณะ (1998) แนะนำให้เจาะรูเพื่อลดการสะสมภายในส่วนกลวง เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด และเกิดฟันผุที่เรียบในส่วนภายในของเครื่องมือ Oral (1979) แนะนำให้ใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนในการทำเครื่องมือ และขัดฟันผุด้านในให้เรียบ ร่วมกับทาฟันผุด้านในด้วยส่วนผสมของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ ซึ่ง Shifman (1983) แนะนำให้ใช้แกนในการทำส่วนกลวงเป็นซิลิโคน เพื่อทำให้เกิดผิวเรียบบริเวณด้านในของส่วนกลวงเช่นกัน

ส่วนอีกแบบที่นิยมทำ คือ เครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิด จะมีผนังโดยรอบเกิดเป็นช่องว่างภายใน การทำเครื่องมือแบบนี้จะมีวิธีทำที่ยุงยากกว่าแบบกลวงชนิดเปิด จึงมีหลายการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำให้เกิดการกลวงภายใน เพื่อให้ประหยัดเวลาและมีวิธีการทำที่สะดวกมากขึ้น

เริ่มแรกโดย Nidiffer และ Shipmon (1957) ได้ใช้แกนปูนปลาสเตอร์ติดกับที่หนีบกระดาษ ทำเครื่องมือเป็นฐานฟันปลอม และส่วนกลวงที่ขยายเข้าไปปิดรอยบกพร่อง แล้วนำทั้ง 2 ส่วนมาเชื่อมบริเวณขอบในภายหลัง ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองภายใต้แรงกดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการบ่มถึงที่สุด ต่อมา Brown (1969) มีวิธีทำเครื่องมือที่ต่างกันโดยใช้แบบอัด บน - ล่าง 2 คู่ เพื่อเปลี่ยนส่วนของแบบอัดสลับไปมา เพื่อให้ได้เครื่องมือ 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นฐานฟันปลอมข้างหนึ่งติดกับส่วนกลวงที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่อง อีกส่วนจะเป็นฐานฟันปลอมอีกด้านหนึ่ง แล้วนำมาเชื่อมติดกันในภายหลังด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ต่อมา Buckner (1974) ทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่ชนิดกลวง

และฉาบด้วยอะคริลิกเรซินชนิดนุ่ม ทำเป็น 2 ส่วนเช่นกัน แต่เป็นส่วนของฐานฟันปลอมติดกับส่วนขยายเป็นชิ้นเดียวกัน และทำฝาปิดบริเวณเพดานของเครื่องมือ แล้วเชื่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง แต่ใช้หม้ออัดความดันร่วมด้วย โดยแนะนำให้เจาะรูด้านท้ายของส่วนป้องกันทั้ง 2 ข้าง เพื่อทำให้ความดันในหม้ออัดความดันและภายในส่วนป้องกัน ใช้ลมเป่าไล่ความชื้นออกก่อนที่จะปิดรูด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ต่อมา Browning และ Kinderknecht (1984) ใช้อะคริลิกเรซินชนิดเหลว (fluid acrylic resin) ทำส่วนที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่องเพื่อควบคุมความหนาของเครื่องมือ และเชื่อมกับส่วนฐานฟันปลอมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ต่อมา Palmer และ Coffey (1985) ใช้ดินเป็นแกนทำเครื่องมือเป็นฐานฟันปลอมและส่วนที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่อง แต่จะใช้อะคริลิกเรซินสำหรับงานจัดฟันชนิดบ่มเองทั้งหมดในการทำเครื่องมือ เพื่อที่จะไม่ต้องใช้ความดันหรือความร้อน เนื่องจากเมื่อใช้น้ำและความดันจะต้องเปิดส่วนกลวงเพื่อเอาน้ำออก และทำการฝึกกลับอีกครั้ง

ยังมีวิธีการทำให้เกิดกลวงที่ต่างออกไป คือ Hammon (1966) ; Birnbach และ Barnhard (1989) ทำให้กลวงโดยการกรอด้านในของส่วนขยายของเครื่องมือปิดเพดานโหว่ออกแล้วทำฝาปิด และยึดทั้ง 2 ส่วนให้ติดกันด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ซึ่งเป็นวิธีที่ทำงานง่ายกว่าวิธีอื่น

จากปัญหาที่พบ จากการใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองในการเชื่อมเครื่องมือทั้ง 2 ส่วนทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำและเกิดการเปลี่ยนสีบริเวณรอยต่อ จึงทำให้มีหลายการศึกษาที่พยายามลดการเกิดรอยต่อหรือหุ้มรอยต่อนี้ El Mahdy (1969) ใช้แบบอัดบน - ล่าง 2 คู่เพื่อเปลี่ยนส่วนของแบบอัดสลับไปมาเพื่อให้ได้เครื่องมือ 2 ส่วน คือ ส่วนฐานฟันปลอมด้านบน และส่วนกลวงที่ขยายเข้าไปในรอยบกพร่องติดกับฐานฟันปลอมด้านล่างข้างหนึ่ง แล้วนำมาเชื่อมในภายหลังด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนทั้งหมด ต่อมา Worley และ Kniejski (1983) ได้ใช้แร่ใยหิน (asbestos) เป็นแกนเพื่อควบคุมความหนาของผนังส่วนกลวง และทำเครื่องมือเป็น 2 ส่วนเหมือนการทำเครื่องมือของ El Mahdy (1969) ทำการบ่ม 2 ครั้ง โดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนทั้งหมด เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของอะคริลิกเรซินชนิดนี้ ตัวแบบจะต้องถูกอัดโดยใช้ความดันในทุกๆ ช่องว่างเพื่อลดความพรุน และการบ่มครั้งที่ 2 เพื่อเชื่อมรอยต่อของส่วนนั้นไม่แนะนำให้จุ่มลงในน้ำทั้งหมด ควรจุ่มประมาณ 1/4 ของรอยต่อครึ่งของภาชนะหล่อแบบฟัน (flask) ซึ่ง Minsley และคณะ

(1986) ทำเครื่องมือส่วนฐานฟันปลอมด้านล่างที่ติดกับส่วนขยายเข้าไปในรอยบกพร่อง ให้มีส่วนกลวงภายในก่อน แล้วใช้ผงซัดเป็นแกนเพื่อทำฝาปิด เชื่อมด้วย อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองภายใต้ความดัน (bench cure) แล้วเชื่อมติดกับส่วนฐานของฟันปลอมด้านบนด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนอีกครั้ง ต่อมา McAndrew และคณะ (1998) ปรับปรุงวิธีของ Minsley และคณะ (1986) โดยทำส่วนกลวงภายในก่อนด้วยการเปลี่ยนแบบอัดไปมา แล้วยึดติดกับฝาปิดส่วนกลวงด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง หรือบ่มด้วยแสง แล้วเชื่อมติดกับส่วนฐานของฟันปลอมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

วิธีที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน เป็นตัวเชื่อมแทนการใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ซึ่งเป็นวิธีที่ดีสามารถคุมความหนาได้ แต่มีวิธีการทำที่ยุ่งยาก จึงมีการศึกษาอื่นๆ ที่เสนอวิธีการเชื่อมต่อโดยทำเครื่องมือให้ปราศจากรอยต่อ โดยการทำแกน (core) แล้วหุ้มด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนหรือชนิดบ่มเองให้เป็นชิ้นเดียวกัน

Chalian และ Bennett (1972) ใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองทำแกนรอง (shim) ที่มีลักษณะกลวงภายในระหว่าง 2 ส่วนก่อน แล้วจึงทำส่วนฐานฟันปลอม และส่วนขยายเข้าไปในรอยบกพร่องมาหุ้มรอบเป็นชิ้นเดียวกันในภายหลัง ซึ่ง Matalon และ LaFuente (1972); Wu และ Schaaf (1989) ใช้น้ำตาลเป็นแกน โดยใส่เข้าไปในส่วนที่ต้องการทำให้กลวง หุ้มด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน แล้วนำเอาน้ำตาลออกในภายหลังโดยการเจาะรู และจะปิดรูอีกครั้งโดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ซึ่ง Schneider (1978) ใช้วิธีการเดียวกันนี้ แต่ใช้น้ำแข็งหรือน้ำแข็งบดใส่แทนแล้วเจาะเอาน้ำตาลออกภายหลัง Tanaka และคณะ (1977) ใช้แกนโพลียูรีเทนโฟมที่มีน้ำหนักเบา และเคลือบด้วยสารกันน้ำเพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงกับมอโนเมอร์ ซึ่งจะทำให้โฟมที่เป็นแกนเกิดการอ่อนตัวได้ แล้วหุ้มด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่ Beder และ Todo (1978) ใช้แกนพลาสติกกลวงมาตัดแต่ง ใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองทำให้มีขนาดเหมาะสม แล้วหุ้มด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือแบบเฉพาะกาลเท่านั้น

ข้อดีของเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิดนี้ คือ สามารถป้องกันการสะสมของของเหลวต่างๆ ลดช่องอากาศในรอยบกพร่อง (Phankosol และ Martin, 1985) เพิ่มความ

กึ่งของเสียง (Benington, 1989) และสามารถเชื่อมต่อเครื่องมือที่อยู่ในปากและนอกปากให้เป็นชิ้นเดียวกัน เพื่อเพิ่มการยึดอยู่และเสถียรภาพได้ (McAndrew และคณะ, 1998) ส่วนปัญหาที่พบบ่อย คือ มีวิธีการทำยุ่งยาก ใช้เวลานาน (Coffin, 1964) เกิดการเปลี่ยนสีที่ขอบ และมีน้ำรั่วซึมเข้าไปในส่วนกลวง จากการดูดซึมของเหลวผ่านทางรูพรุนที่อยู่ในเนื้ออะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ที่ใช้ผนึกรอยต่อระหว่างฝาปิดและส่วนที่ขยายเข้าไปในส่วนบดพร้อม และจากการที่ไม่สามารถทำความสะอาดภายในได้ จึงทำให้เกิดความไม่สะอาด เกิดแหล่งที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Coffin, 1964; Oral และคณะ, 1979; Phankosol และ Martin, 1985) มีการสะสมของกลิ่นและการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเครื่องมือ (Brown, 1970)

ดังนั้นจึงมีการดัดแปลงเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิด เพื่อลดปัญหาของการรั่วซึมเข้าไปในบริเวณรอยต่อ โดยทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงมีฝาปิดที่สามารถถอดออกได้ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดภายในเครื่องมือได้ และใช้วัสดุที่มีความใสสำหรับทำสิ่งกันฟันกระแทก (mouthguard) เพื่อสามารถมองเห็นภายในได้ เป็นวิธีที่สะดวกและได้ข้อดีของทั้งชนิดปิด และชนิดเปิด (Phankosol และ Martin, 1985)

อีกปัญหาหนึ่งที่พบคือ ในขณะที่กลืน ลิ้นจะสัมผัสกับเพดานอ่อนขณะยกตัว ทำให้เกิดแรงดันน้ำเข้าไปในช่องจมูก และเกิดการไหลของน้ำไปตามขอบด้านข้างของส่วนป้องกันออกเข้าไปในโพรงจมูก และไหลออกทางจมูก จึงมีการทำทางผ่าน (bypass) ภายในเครื่องมือปิดเพดานแบบกลวงชนิดปิด โดยรูเปิดด้านหนึ่งอยู่บริเวณด้านบนและหลังของส่วนที่ขยายเข้าไปในช่องจมูก ส่วนรูเปิดอีกด้านจะอยู่บริเวณฟันกรามน้อยในช่องปาก เพื่อให้เกิดการไหลของสารจากช่องจมูกลงมาในช่องปากได้ตลอดเวลา ไม่เกิดการไหลของสารคัดหลั่งต่างๆ ทางจมูก (Zaki, 1980)

Brown (1970) กล่าวว่า อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน เป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่ เนื่องจากสามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ ทนทานต่อสภาพแวดล้อม เช่นเดียวกับ King และ Martin (1996) ที่กล่าวว่า อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน สามารถทำความสะอาดง่าย ไม่เป็นที่สะสมของแบคทีเรีย สามารถขัดพื้นผิวให้เรียบ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อได้น้อย แต่ก็พบว่ามีการใช้อะคริลิกเรซินชนิดอื่นในการทำ

เครื่องมือปิดเพดานโหว่ชนิดปิดเช่นกัน แต่มักใช้เป็นเครื่องมือเฉพาะกาลเท่านั้น คือ อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยแสง เนื่องจากใช้เวลาน้อยและทำได้ง่าย (Benington, 1989) และยังสามารถตัดแปลงเครื่องมือปิดเพดานโหว่เฉพาะกาล (interim obturator) ให้กลายเป็นแบบกลวงชนิดปิดได้ด้วย (Wang และ Hirsch, 1997; Fischman, 1989) หรือใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยไมโครเวฟ ในการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่เฉพาะกาล เนื่องจากใช้เวลาในการทำและเกิดรูพรุนน้อย มีคุณสมบัติทางกายภาพ มีมิติที่เที่ยงตรงและมีวิธีทำที่ง่ายกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน (AlKhatib และ McKinsky, 1991)

วัสดุอีกกลุ่มหนึ่งที่นิยมใช้ในการทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่ คือ วัสดุกลุ่มที่ให้ความยืดหยุ่นซึ่งหลายชนิด วัสดุกลุ่มนี้ที่ใช้ในช่องปากมี โฟม ซิลาสติก (silastic foam) (Boucher และ Heupel, 1966; Radcliffe และคณะ, 1984) ยางซิลิโคนชนิดใช้ทางการแพทย์ (medical grade silicon rubber) (Schaaf, 1977; Hahn, 1972) มอลโลพลาส บี (molloplast B) (Benington และ Clifford, 1982) พอลิไดเมทิลซิลอกเซน (polydimethylsiloxane) (Taicher และคณะ, 1983) เป็นต้น แต่มักจะต้องใช้ยึดติดกับส่วนฐานของเครื่องมือที่เป็นอะคริลิกเรซินเพื่อความแข็งแรง (Hahn, 1972)

วัสดุกลุ่มนี้มีคุณสมบัติที่ให้ความอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่น จึงสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนคอดเว้า และดูดซับแรงจากการบดเคี้ยว เกิดแรงกดบนเนื้อเยื่อและเกิดความระคายเคืองน้อยกว่า เนื่องจากความแข็งของอะคริลิกเรซิน สามารถทำความระคายเคืองต่อบริเวณขอบของเพดานแข็งและกระดูกม้วน (turbinate) และยังมีข้อจำกัดในกรณีที่ต้องการยึดติดจากส่วนคอดเว้า (Hahn, 1972) และวัสดุในกลุ่มนี้สามารถใช้ได้ดีในกรณีที่ผู้ป่วยอ้าปากได้น้อยเนื่องจากมีอาการขากรรไกรแข็ง (Taicher และคณะ, 1983; Watson และ Gray, 1985) แต่มักพบว่าใช้เป็นเครื่องมือชั่วคราวมากกว่า เนื่องจากคุณสมบัติของตัววัสดุเอง (Toremalm, 1973; Radcliffe และคณะ, 1984)

ปัญหาของวัสดุกลุ่มนี้ คือ วัสดุปรับรูปร่างและขัดแต่งได้ยาก และไม่สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับอะคริลิกเรซินได้ จึงต้องใช้การยึดเชิงกลร่วมด้วย และเนื่องจากวัสดุมีรูพรุนมาก จึงเป็นที่อยู่ของแบคทีเรีย และเชื้อราต่างๆ ได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสี และมีพื้นผิวที่ขรุขระง่าย ทำให้ความคงทน มีอายุการใช้งานไม่แน่นอน และมีการเปลี่ยนแปลง

คุณสมบัติของวัสดุตามเวลาโดยเกิดผิวที่หยาบขึ้น (Brown, 1970; Ohayama, Gold และ Pruzansky, 1975; Taicher และคณะ, 1983) ดังนั้นจึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มอายุการใช้งานของวัสดุทั้งวัสดุฐานชนิดนุ่มแบบชั่วคราว และวัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อ โดยใช้สารต่างๆ เคลือบผิวของวัสดุเช่น โมโนโพลี พาราซีล (paraseal) หรือฟลูออรีเนต (fluorinated) เป็นต้น

โมโนโพลี เป็นส่วนผสมที่มีลักษณะคล้ายน้ำเชื่อมของเรซินเมทิลเมทาไครเลต ชนิดกึ่งแข็งตัว (semiset) ประกอบด้วย ส่วนผงของเรซินเมทิลเมทาไครเลตชนิดใสที่บ่มด้วยความร้อน และส่วนเหลวของเรซินเมทิลเมทาไครเลตชนิดใสที่บ่มเอง สำหรับใช้งานจัดฟัน โดยใช้ส่วนผง 1 ส่วน ต่อ น้ำ 10 ส่วน ผสมในถ้วยแก้วที่อยู่ในหม้อต้มที่อุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮต์ คนให้ทั่วประมาณ 8 - 10 นาที จนกระทั่งส่วนผสมมีลักษณะข้น ควรเก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีเข้ม และในที่เย็นเพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน (Gardner และ Parr, 1988) พบการใช้สารละลายนี้ครั้งแรกโดย Beumer III และ Curtis (1979) ใช้โมโนโพลีในการทำลูกตาเทียม โดยผสมสารละลายที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ของอะคริลิกเรซินชนิดใสและบ่มด้วยความร้อน 10 ส่วน ผสมกับ 1 ส่วน ของ พอลิเมอร์ของอะคริลิกเรซินชนิดใสและบ่มเอง อัตราส่วนโดยน้ำหนัก และผสมสารละลายที่มีความเข้มข้น 2 รูปแบบ โดยสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อย ลักษณะคล้ายน้ำมัน ใช้สำหรับเคลือบพื้นผิวลูกตาเทียม ส่วนสารละลายที่มีความเข้มข้นมากประมาณ 2 เท่าของแบบแรก จะใช้สำหรับเชื่อมแผ่นม่านตาเข้ากับกระจกตาเทียมที่ทำจากอะคริลิกเรซินชนิดใส

ต่อมา Gardner และ Parr (1988) ใช้สารละลายโมโนโพลีนี้เคลือบบนผิวของวัสดุฐานชนิดนุ่มแบบชั่วคราว ทิ้งไว้ให้แห้ง 4-5 นาที ภายใต้แสงไฟที่มีขนาด 50 หรือ 60 วัตต์ วางห่างจากพื้นผิว 2 นิ้ว และทา 3 ครั้ง พบว่าทำให้พื้นผิวเรียบ สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา และเพิ่มระยะเวลาที่วัสดุมีความอ่อนนุ่มได้เป็นเวลาถึง 1 ปี ซึ่ง White, Beckley และ Connelly (1990) ใช้สารละลายนี้เคลือบพื้นผิวของวัสดุฐานชนิดนุ่มแบบชั่วคราว เพื่อให้มีความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะถอดและใส่เครื่องมือเข้าไปในส่วนคอดเว้าได้ Casey และ Scheer (1993) พบว่าเมื่อเคลือบสารละลายโมโนโพลีแล้ว ทำให้พื้นผิวของวัสดุฐานชนิดนุ่มเรียบ ไม่มีการแตก และมีลักษณะใสเหมือนแก้ว เป็นเวลาอย่างน้อย 30 วัน Dominguez, Thomas และ Gerzina (1996) พบว่าการเคลือบสามารถป้องกันการดูดซึมน้ำ

และการสูญเสียสารที่ทำให้เกิดความอ่อนนุ่มได้ แต่พบว่าเกิดการรั่วซึมของมอนอเมอร์ออกมาจากโมโนโพลีที่เคลือบพื้นผิวได้

สารกลุ่มอื่นๆ ที่สามารถใช้เคลือบเพื่อเพิ่มระยะเวลาที่วัสดุมีความอ่อนนุ่มได้ เช่นเดียวกับสารละลายโมโนโพลี เช่น พาราซีล เป็นสารที่ใช้เคลือบผิวที่มีส่วนประกอบพื้นฐานเป็นเมทิลเมทาไครเลตชนิดบ่มด้วยแสง สามารถเพิ่มระยะเวลาที่วัสดุมีความอ่อนนุ่ม (Gronet, Driscoll และ Hondrum, 1997) ฟลูออรีเนต เป็นสารละลาย เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) ซึ่งมี ฟลูออรีเนต โคพอลิเมอร์ (fluorinated copolymers) ร้อยละ 8 ใช้เคลือบวัสดุปรับสภาพเนื้อเยื่อที่ใช้ขาฐาน พบว่ามีผลต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่นและความเรียบของผิว สามารถป้องกันการยึดติดของเชื้อจุลินทรีย์บริเวณพื้นผิวได้ ทำให้ยืดอายุการใช้งานของวัสดุได้เช่นกัน (Hayakawa และคณะ, 1997)

พบว่ามีการใช้สารละลายโมโนโพลีนี้กับอะคริลิกเรซินด้วย โดย Oral (1979) แนะนำให้ทาสารที่ผสมระหว่างมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ ภายในส่วนกลางที่ยื่นเข้าไปในช่องจุกของเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบปิด Aslan และ Avci (1990) เคลือบสารละลายโมโนโพลีบนผิวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง เพื่อทำให้เกิดพื้นผิวที่เรียบและสามารถลดปริมาณการเกาะของ Escherichia coli ที่พื้นผิวภายในของเครื่องมือได้ โดยเฉพาะพื้นผิวภายในของเครื่องมือปิดเพดานโหว่ชนิดเปิดที่ไม่สามารถขัดแต่งได้ Gardner, Parr และ Rahn (1990) เคลือบสารละลายโมโนโพลีบนพื้นผิวภายในของเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิด เพื่อทำให้เกิดพื้นผิวที่เรียบ Szabo, Valderhaug และ Ruyter (1985) ได้ใช้สารอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า เพอร์มาลิงค์ (permalink) เป็นสารที่บ่มด้วยแสง มีการศึกษาใช้สารนี้เคลือบฐานฟันปลอมอะคริลิก พบว่าสามารถลดการหลุดออกของส่วนประกอบภายในที่สามารถละลายน้ำของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองได้ และทำให้มีความแข็งแรงพื้นผิวสูงกว่า

ปัญหาสำคัญ ที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิด คือ การรั่วซึมบริเวณรอยเชื่อมต่อ และเนื่องจากการทำเครื่องมือโดยใช้วัสดุอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนทั้งหมดนั้น มีวิธีทำที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน จึงพบว่ามีหลายการศึกษาที่ใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองในการเชื่อมต่อ เพราะเป็นวิธีทำที่ง่าย ใช้เวลาน้อยกว่า ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันการรั่วซึมนี้ โดยการใช้หม้ออัดความดัน ร่วมกับการใช้อะคริลิกเรซิน

ชนิดบ่มเองที่มีคุณภาพดีนั้น สามารถป้องกันการเปลี่ยนสี และเกิดการรั่วซึมเข้าไปในส่วน กลวงบริเวณรอยเชื่อมต่อนี้ที่เกิดจากการใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองได้ (Hammond, 1966; Buckner, 1974; Oral และคณะ, 1979) สามารถลดการเกิดรูพรุนได้ (Zarb, 1967) และควรใช้ อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองในปริมาณน้อย เพื่อลดการหดตัวขณะเกิดพอลิเมอร์ (Buckner, 1974) ซึ่ง Bimbach และ Barnhard (1989) แนะนำการใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองในการฉีกขอบ แต่ไม่ควรใช้การเข้มน้ำร่วมกับใช้ความดันในการบ่ม เนื่องจากจะเกิดการค้ำน้ำเข้าไปภายในได้

สำหรับการเปลี่ยนสีของรอยต่อนั้น พบว่า ความคงทนของสีของเรซินชนิดบ่มเองจะ น้อยกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อน เนื่องจากคุณสมบัติของสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในส่วน เหลว คือ สารเทอเทียรี เอมีน (tertiary amine) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา (activator) การเกิดพอลิเมอร์นั้น สามารถเกิดออกซิเดชัน (oxidation) ได้ง่าย (Phillips, 1996)

จากการศึกษาของ Paprocki, Jacob และ Kramer (1990) พบว่า การฉีกรอยเชื่อมต้อ ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนให้ผลที่ดีที่สุด ไม่มีการเกิดการรั่วซึมของน้ำได้เลย ร่องลงมา คือ คอมโพสิตเรซิน และท้ายสุด คือ อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง โดยปัญหาของ อะคริลิกเรซินชนิดสุดท้ายนี้ เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุเองมากกว่าเทคนิคที่ใช้ในการฉีกฝา ปิด เนื่องจากไม่มีความแตกต่างในการรั่วซึมของน้ำระหว่างกลุ่มที่เจาะรูให้เกิดการระบายความ ดัน กับกลุ่มที่ไม่ได้เจาะรู ในระหว่างการฉีกรอยเชื่อมต้อ และวัสดุ 2 ชนิดแรกนั้นมี ลักษณะโด (dough) สามารถใช้ในปริมาณน้อย และยังคงอยู่ในบริเวณขอบที่ต้องการ ควบคุม ได้ง่ายในขณะที่ทำการปิดฉีก แต่อย่างไรก็ตามการฉีกรอยต้อโดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่ม เองนั้น ก็สามารถยอมรับได้ เนื่องจากวัสดุนี้ใช้ง่ายและราคาไม่แพง แต่เนื่องจากวัสดุนี้มี ความพรุนมากกว่า เป็นผลให้เกิดการรั่วซึมที่ขอบได้ ดังนั้นในทางคลินิกจึงควรทดสอบการ รั่วก่อนที่ความดัน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปใช้งาน และ ก่อนการทดสอบจะต้องทำการซ่อมแซมบริเวณที่เกิดรูพรุนที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าก่อน ซึ่ง Ohata และคณะ (1996) พบว่า การใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองที่มีคุณภาพดี สามารถลด การรั่วซึมของน้ำในเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบกลวงชนิดปิดได้

ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงเป็นการประดิษฐ์เครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิดให้ มีประสิทธิภาพ มีวิธีทำง่าย และใช้เวลาในการทำน้อย โดยการทำให้เกิดส่วนกลวงจากการ



เชื่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง และเพื่อที่จะลดปัญหาของการรั่วซึมของน้ำ จึงนำเอาสารละลายโมโนโพลีมาเคลือบบริเวณพื้นผิว และรอยต่อเพื่อให้สารละลายนี้ช่วยปิดรูพรุน หรือรอยร้าวเล็กๆ ที่เกิดในบริเวณรอยต่อ ในขณะที่ทำการเชื่อมชิ้นส่วนของเครื่องมือทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน โดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองนั้นสามารถช่วยลดการรั่วซึมของน้ำได้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีการวิจัย

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโมโนโพลีที่ใช้เคลือบพื้นผิวของเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบ กลวงชนิดปิดเพื่อลดการรั่วซึมของน้ำ

#### สมมุติฐานของการวิจัย

เครื่องมือปิดช่องโหว่แบบกลวงชนิดปิดที่เคลือบพื้นผิวด้วยโมโนโพลีจะมีการรั่วซึม ของน้ำน้อยกว่าเครื่องมือที่ไม่ได้เคลือบพื้นผิวด้วยโมโนโพลี

#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

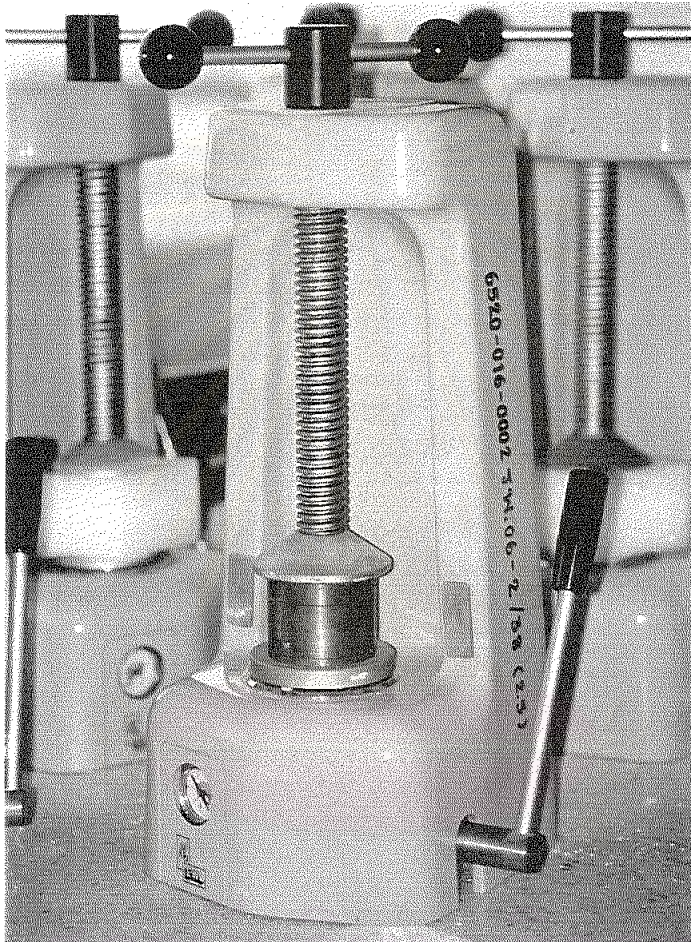
1. ทราบถึงวิธีการลดการรั่วซึมของน้ำที่เข้าไปในส่วนกลางของเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบ กลวงชนิดปิด
2. สามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบกลวงชนิดปิด โดยทำการ เคลือบพื้นผิวด้วยโมโนโพลี
3. ลดความซับซ้อนของวิธีการทำเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบกลวงชนิดปิด
4. เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการวิจัยต่อไป

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโมโนโพลีที่ใช้เคลือบพื้นผิว และรอยเชื่อมต่อของเครื่องมือ ปิดช่องโหว่แบบกลวงชนิดปิด ในการลดการรั่วซึมของน้ำ จึงทำขึ้นตัวอย่างให้มีลักษณะ กลวงภายในโดยทำเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฐานและส่วนฝาครอบ ทำการเชื่อมทั้ง 2 ส่วน ด้วยอะคริลิก เรซินชนิดบ่มเอง แล้วทำการเคลือบพื้นผิวและรอยต่อของชิ้นตัวอย่างด้วยสาร ละลายโมโนโพลี ในการศึกษาแบ่งกลุ่มขึ้นตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมที่ไม่มี การเคลือบพื้นผิวใดๆ กลุ่มทดลองที่ 1 เป็นการเคลือบพื้นผิวและรอยต่อภายในขึ้นตัวอย่าง และกลุ่มทดลองที่ 2 เป็นการเคลือบพื้นผิวและรอยต่อภายนอกขึ้นตัวอย่าง แล้วนำชิ้นตัว อย่างทั้งหมดไปแช่น้ำ เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมของน้ำที่เกิดขึ้นในทั้ง 3 กลุ่ม

## การทำขึ้นตัวอย่าง

ขึ้นตัวอย่างนั้นทำขึ้นจากอะคริลิเกรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน สีชมพูของ Acron (Howmedica, London) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันปลอมที่ใช้ในผู้ป่วยทั่วไป ผสมอัตราส่วนตามคำแนะนำของบริษัท โดยใช้ส่วนผงพอลิเมอร์ 32 กรัม ส่วนเหลวมอนอเมอร์ 15 มิลลิลิตร โดยเทส่วนผงลงในส่วนเหลว ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปิดฝาทิ้งไว้ 5 นาที จนถึงระยะโด (dough) วัสดุจะมีลักษณะอ่อนนุ่มสามารถปั้นได้ไม่ติดมือ นำมาวัดและอัดลงในแบบทองเหลือง แต่ก่อนอัดแบบทองเหลืองทุกครั้ง จะต้องเคลือบผิวด้านในของแบบทองเหลืองด้วยยางซิลิโคนชนิดเหลว (liquid silicone rubber, A-595 -silicone, Factor II Inc. , USA) โดยเคลือบเป็นฟิล์มบางๆ ให้ทั่วแบบอัดก่อนอัดอะคริลิเกรซินลงในแบบ ใช้เครื่องอัดความดันแบบไฮดรอลิก (hydraulic flask press, model EWL 5414, Kavo, Germany) ดังรูปที่ 3 โดยอัดที่ความดันเริ่มต้นที่ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้จนกว่าวัสดุหยุดการไหลในแต่ละครั้ง และเพิ่มความดันครั้งละ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จนถึงครั้งสุดท้ายที่ความดัน 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แยกแบบอัดทั้ง 2 ส่วนออก แล้วตัดอะคริลิเกรซินส่วนเกินโดยรอบ นำมาอัดซ้ำเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายทิ้งไว้ 15 นาที แล้วนำมาเข้าเครื่องยึดแบบอัดขึ้นเกลียวให้แน่น ดังรูปที่ 4 นำไปบ่มด้วยความร้อนโดยใช้หม้อต้มบ่มพลาสติก (curing unit, model EWL 518, Kavo, Germany) เริ่มจากอุณหภูมิปกติจนถึงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง หลังบ่มเสร็จแล้วนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แกะแบบอัดออก นำแบบที่ได้มาทำการขัดแต่งส่วนเกินด้วยหัวกรอหินรูปวงล้อสีเขียว (wheel green stone bur, Shofu, Japan) และหัวกรอหินสีชมพูรูปกรวยตัดยอด (cone cut pink stone bur, Shofu, Japan) เพื่อกำจัดส่วนครีบก และส่วนเกิน ดังรูปที่ 5

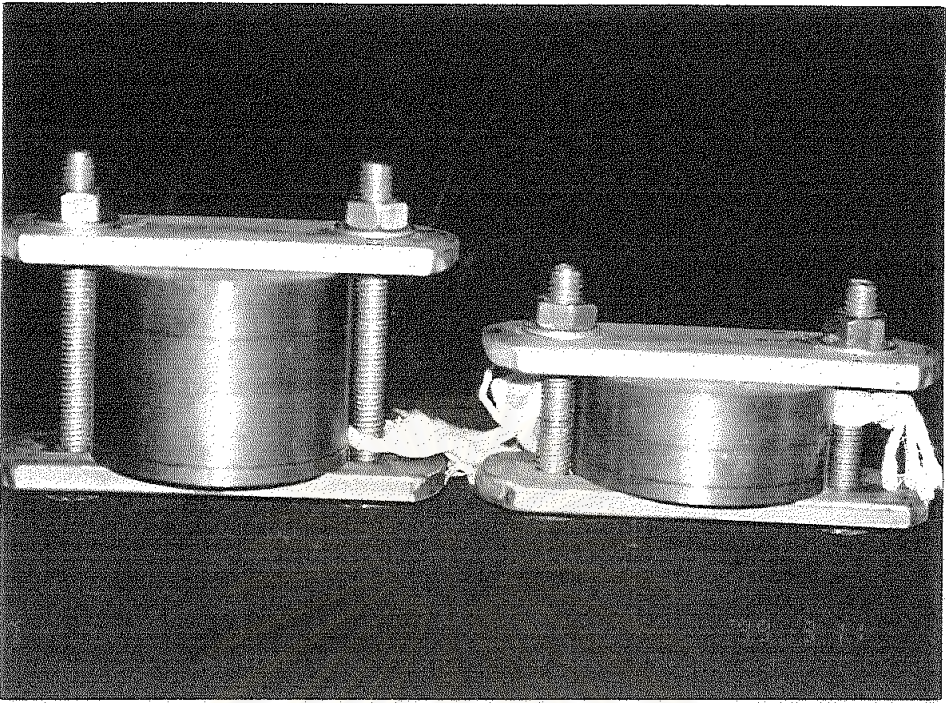
แบบอัดทำด้วยโลหะทองเหลือง ทำโดยใช้การกลึงแบบ และทำเป็น 2 ชุด โดยแต่ละชุดประกอบด้วยขึ้นทองเหลือง 3 ชิ้น ชุดแรก เป็นแบบสำหรับทำส่วนฝาครอบ มีลักษณะเป็นทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร ประกอบด้วย ชิ้นที่ 1 เป็นฝาปิด มีลักษณะเป็นทรงกระบอกตันหนา 10 มิลลิเมตร ชิ้นที่ 2 มีลักษณะเป็นแท่นทรงกระบอกหนา 35 มิลลิเมตร ภายในกลวงเป็นรูปกระถางคว่ำมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 30 มิลลิเมตร



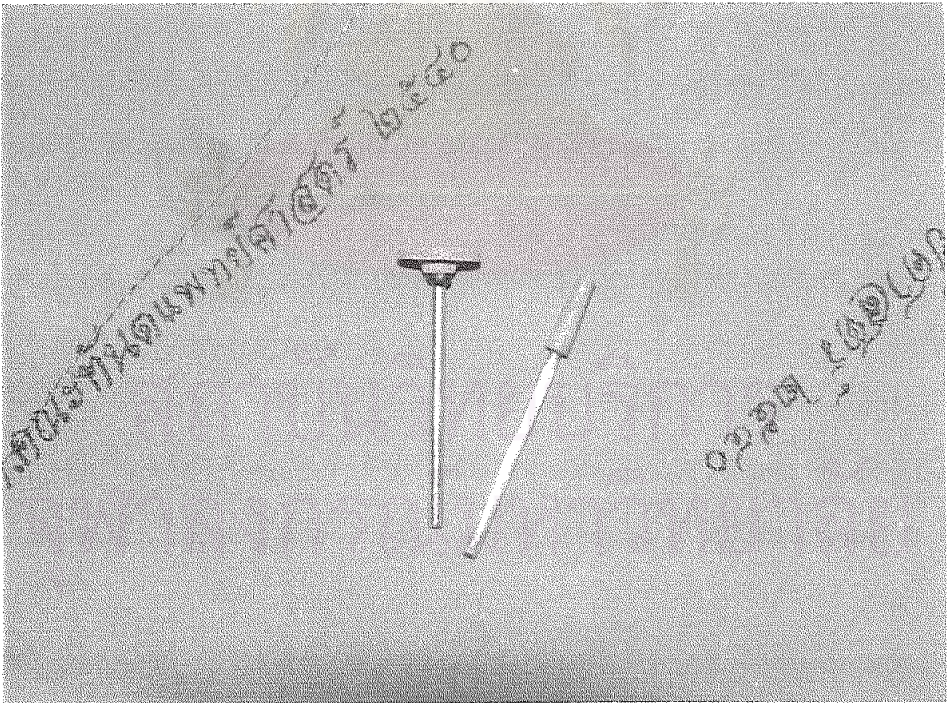
สถาบันวิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 แสดงเครื่องอัดความดันแบบไฮดรอลิก

(hydraulic flask press, model EWL 5414, Kavo, Germany)



รูปที่ 4 แสดงเครื่องขี้ดแบบอัดทองเหลือง



รูปที่ 5 แสดงหัวกรอหัวกรอชนิดหินรูปวงล้อสีเขียว (wheel green stone bur, Shofu, Japan)  
และหัวกรอหินสีชมพูรูปกรวยตัดยอด (cone cut pink stone bur, Shufu, Japan)

และมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านล่าง 50 มิลลิเมตร มีความสูง 25 มิลลิเมตร มีรูสำหรับระบาย ความดันทางด้านบน ส่วนชั้นที่ 3 เป็นแท่งทองเหลืองตันรูปกระถางคว่ำมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ด้านบน 26 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านล่าง 46 มิลลิเมตร มีความสูง 23 มิลลิเมตร อยู่บนแท่นทรงกระบอกหนา 10 มิลลิเมตร โดยแต่ละชั้นมีร่องสำหรับยึดแต่ละชั้นให้อยู่กับที่ ไม่ขยับหนา 5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7 แล้วนำไปยึดเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องยึด ชนิดเกลียว ชั้นให้แน่นในขณะบ่ม

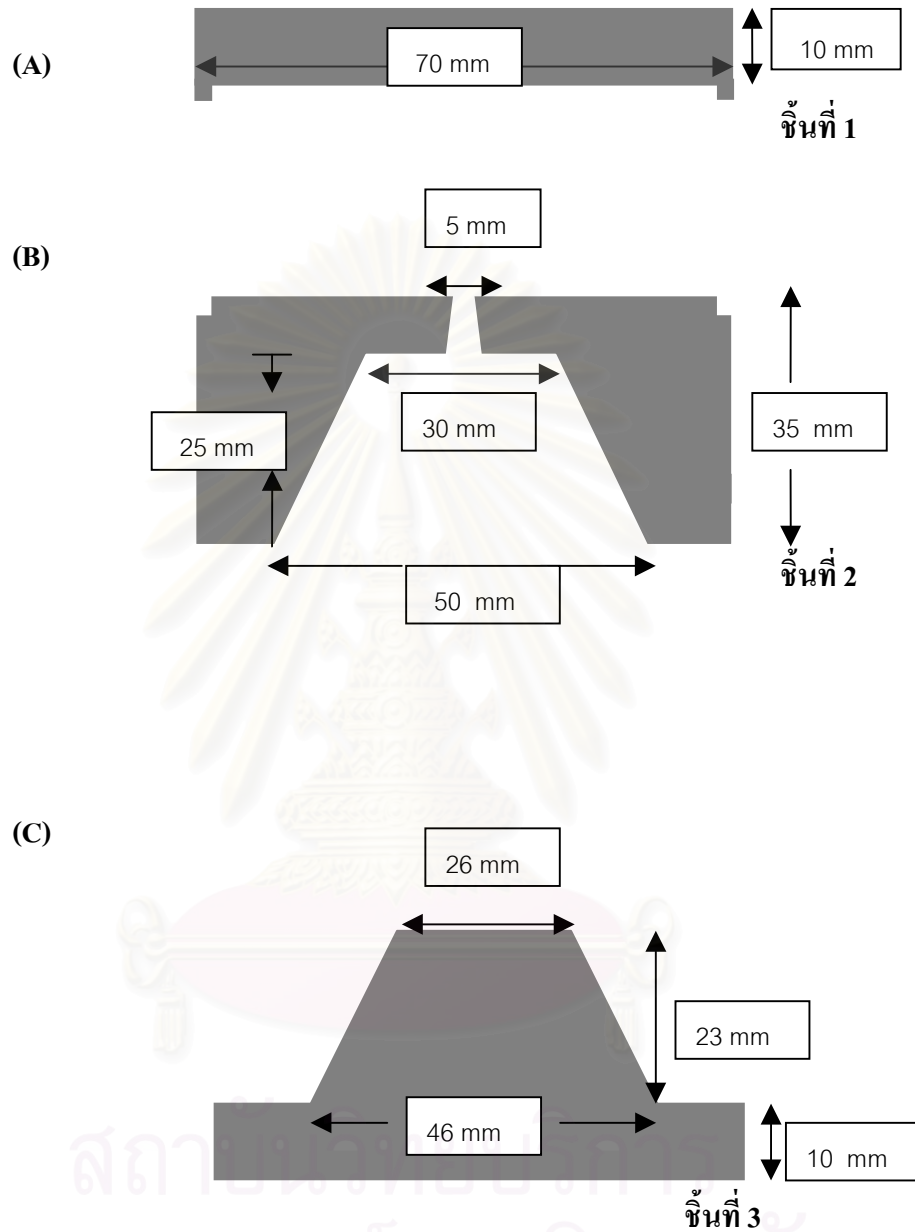
ชุดที่ 2 เป็นแบบอัดสำหรับส่วนฐาน มีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร โดยชั้นที่ 1 เป็นฝาปิดมีลักษณะเป็นทรงกระบอกตันหนา 10 มิลลิเมตร ชั้น ที่ 2 เป็นทรงกระบอกหนา 10 มิลลิเมตร ภายในกลวงเป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร มีความสูง 2 มิลลิเมตร และมีรูสำหรับระบายความดันทางด้านบน ส่วนชั้น ที่ 3 เป็นแท่นทรงกระบอกตันหนา 10 มิลลิเมตร โดยแต่ละชั้นจะมีร่องสำหรับยึดแต่ละชั้นให้อยู่กับที่ ไม่ขยับหนา 5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 แล้วนำไปยึดเข้าด้วยกันโดยใช้ เครื่องยึดชนิดเกลียว ชั้นให้แน่นในขณะบ่ม

จากแบบอัดนี้ทำให้เกิดขึ้นตัวอย่าง 2 แบบ เป็นส่วนฐานและส่วนฝาครอบ เพื่อนำ มาประกอบกันเป็นขึ้นตัวอย่างรูปกระถางมีฝาปิด มีส่วนกลวงภายในที่มีลักษณะและขนาดคล้าย กับเครื่องมือปิดพาดานโหว่แบบกลวงชนิดปิดที่ใช้กับผู้ป่วยทางคลินิก

ลักษณะขึ้นตัวอย่างส่วนฝาครอบ มีลักษณะเป็นทรงกรวยตัดยอด โดยหน้าตัดด้าน บน มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 26 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 30 มิลลิเมตร ส่วนหน้าตัดด้านฐาน มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 46 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 50 มิลลิเมตร ส่วนความสูงของขึ้นตัวอย่างนั้น จากฐานถึงขอบด้านนอก 25 มิลลิเมตร และ ฐานถึงขอบด้านใน 23 มิลลิเมตร ขึ้นตัวอย่างมีความหนา 2 มิลลิเมตรโดยตลอด

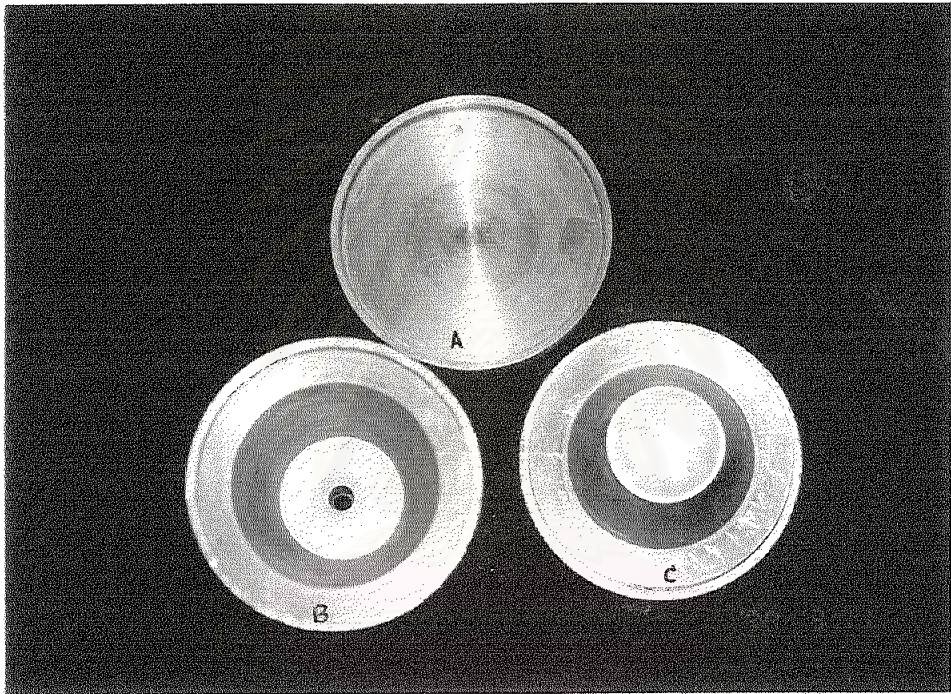
ลักษณะขึ้นตัวอย่างส่วนฐานนั้น มีลักษณะเป็นทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และมีความหนา 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11 a, b

ส่วนฝาครอบ



รูปที่ 6 แสดงแบบด้านข้างของแบบอัดทองเหลืองส่วนฝาครอบ

(A) ชั้นฝาปิด (B) ชั้นแกนกลาง (C) ชั้นฐาน

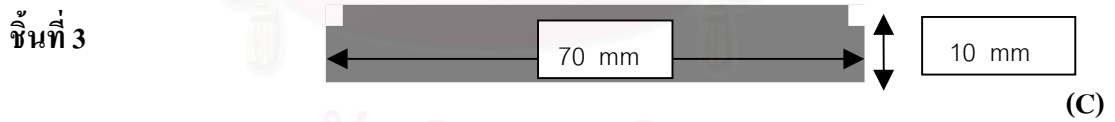
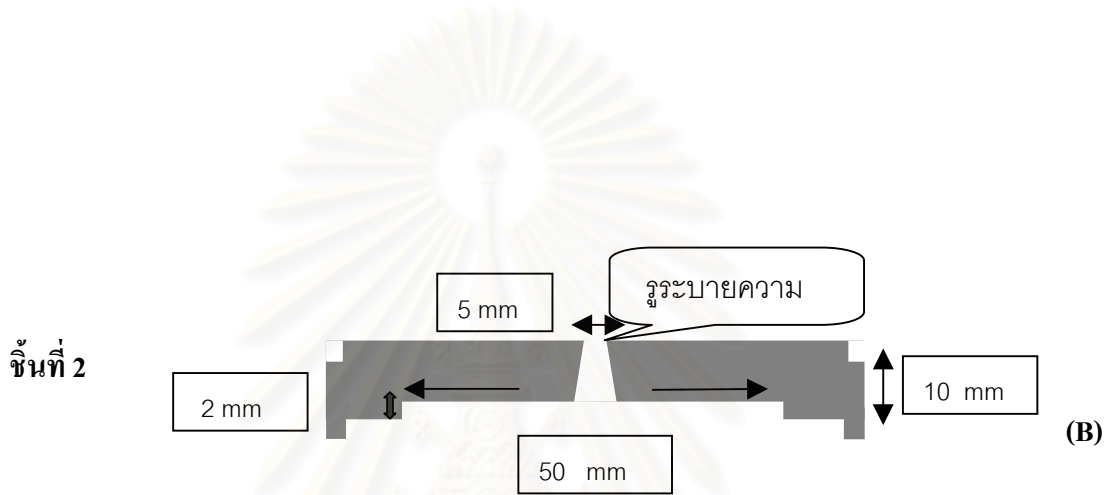
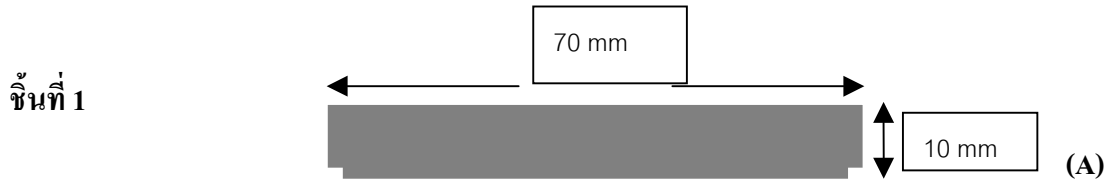


รูปที่ 7 แสดงแบบสำเร็จของแบบอัดทองเหลืองส่วนฝาครอบ

(A) ชั้นฝาปิด (B) ชั้นแกนกลาง (C) ชั้นฐาน



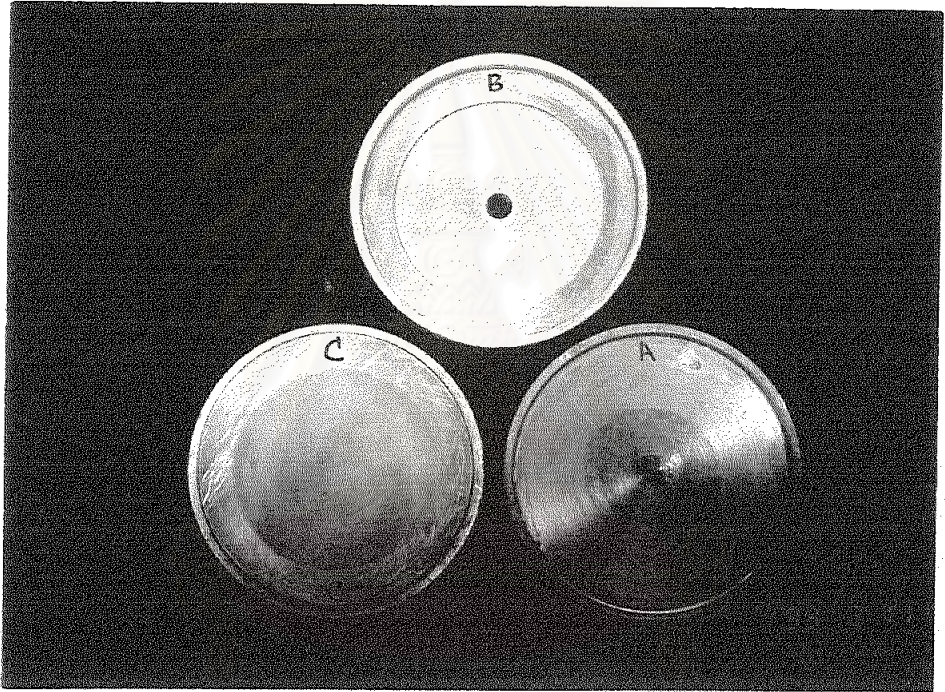
ส่วนฐาน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 8 แสดงแบบด้านข้างของแบบอัดทองเหลืองส่วนฐาน

(A) ชั้นฝาปิด (B) ชั้นแกนกลาง (C) ชั้นฐาน



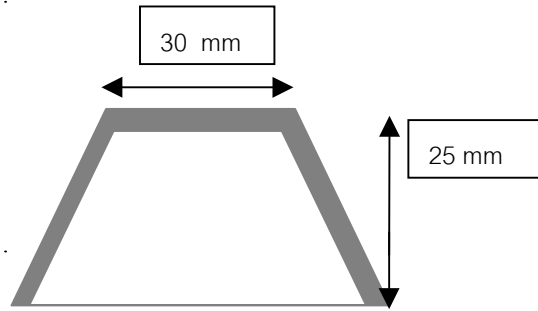
สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 9 แสดงแบบตำเริงของแบบอัดทองเหลืองส่วนฐาน

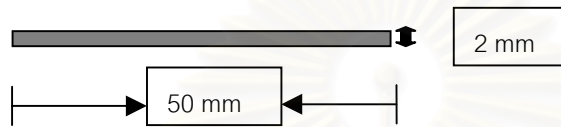
(A) ชั้นฝาปิด (B) ชั้นแกนกลาง (C) ชั้นฐาน

(A)



ส่วนฝาครอบ

(B)



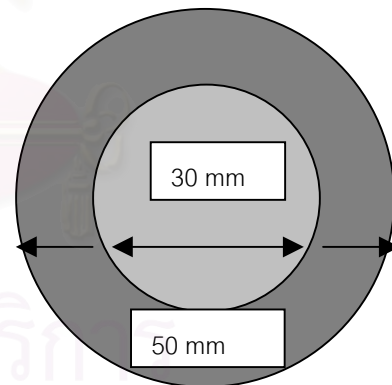
ส่วนฐาน

(C)



ภาพด้านข้าง

(D)

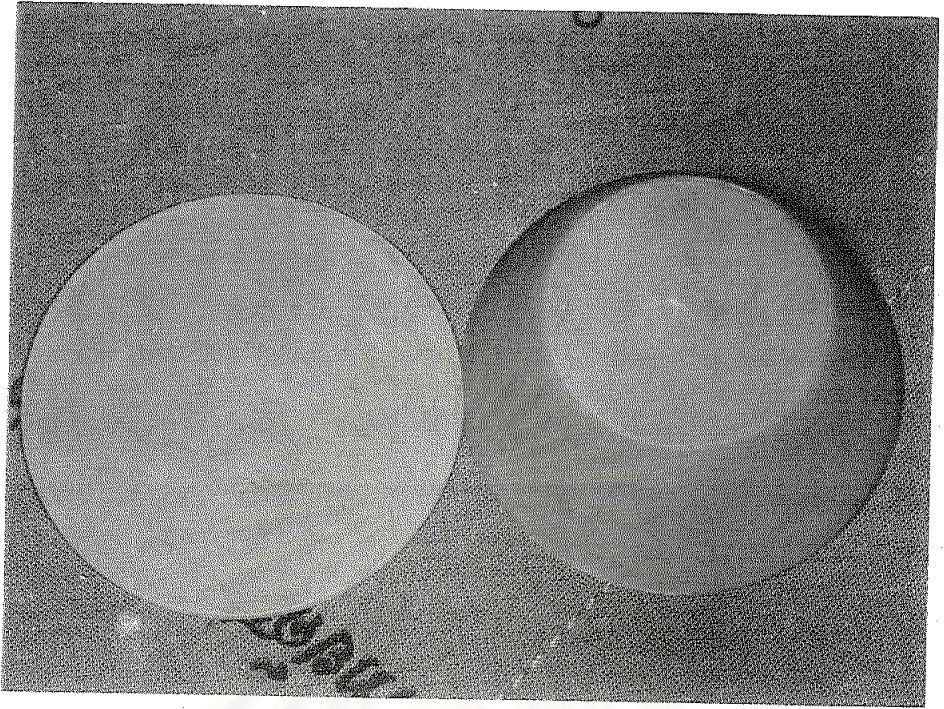


ภาพด้านบน

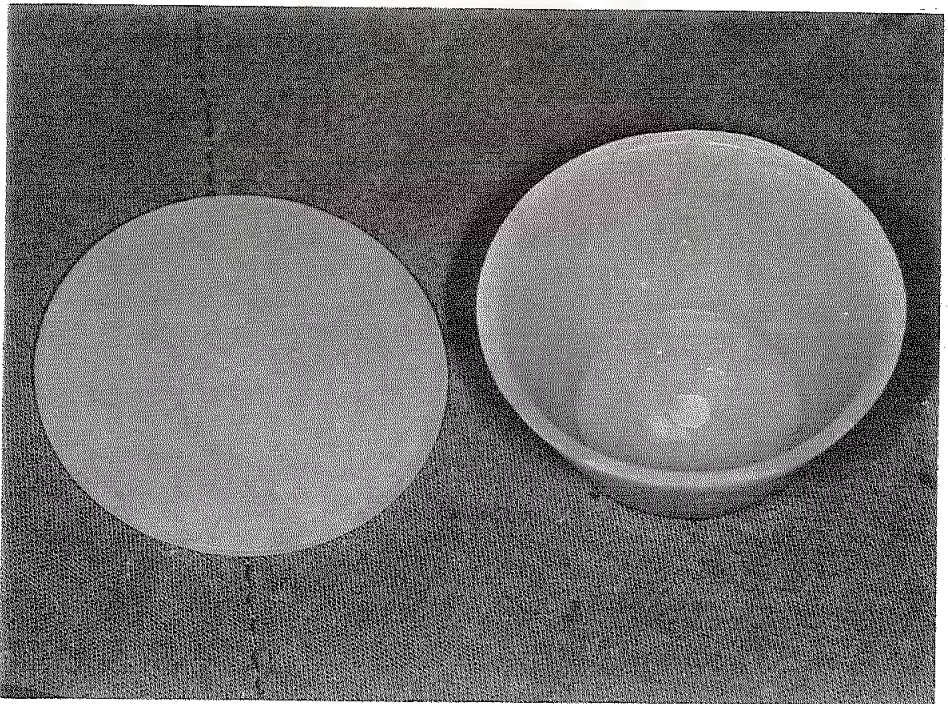
รูปที่ 10 แสดงชิ้นตัวอย่างส่วนฝาครอบและส่วนฐาน

- (A) แสดงภาพด้านข้างของชิ้นตัวอย่างส่วนฝาครอบ
- (B) แสดงภาพด้านข้างของชิ้นตัวอย่างส่วนฐาน
- (C) แสดงภาพด้านข้างของชิ้นตัวอย่างที่สำเร็จ
- (D) แสดงภาพด้านบนของชิ้นตัวอย่างที่สำเร็จ

(a)



(b)



รูปที่ 11 a,b แสดงชิ้นตัวอย่างสำเร็จของส่วนฝาครอบและส่วนฐาน

จำนวนตัวอย่างทั้งหมด ประกอบด้วยชิ้นตัวอย่างทั้งหมด 60 ชิ้น เป็นส่วนฐาน 30 ชิ้น และส่วนครอบ 30 ชิ้น นำมาสุ่มเลือกเป็น 3 กลุ่ม เป็นกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม และกลุ่มทดลองอีก 2 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะประกอบด้วยจำนวนตัวอย่าง 10 ชิ้น ตัวอย่าง 1 ชิ้น ประกอบด้วยส่วนฐานและส่วนครอบ เชื่อมติดกันด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง สีชมพูของ Acron (Howmedica, London)

กลุ่มควบคุมนั้น นำส่วนฐานและส่วนฝาครอบมาเชื่อมติดกัน โดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองของ Acron (Howmedica, London) ผสมในอัตราส่วนตามคำแนะนำของบริษัท และตามอเนอเมอร์บนส่วนขอบของส่วนฐาน และบริเวณขอบของส่วนฝาครอบ โดยรอบที่จะใช้ยึดให้ชุ่มเป็นเวลา 180 วินาที ก่อนนำอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองมาใส่บริเวณขอบของส่วนครอบ โดยใส่ในหลอดฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร จะให้ความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตรเท่ากัน โดยรอบ ดังรูปที่ 12 ใช้แทนสำหรับยึดทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกันเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ดังรูปที่ 13 ใช้น้ำหนัก 2 กิโลกรัม กดทับชิ้นตัวอย่างให้ติดกัน รอให้แข็งตัวเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาขัดแต่งส่วนเกินให้เรียบด้วยหัวกรอหินสีชมพูรูปกรวยตัดยอดให้เรียบ

สำหรับกลุ่มทดลองอีก 2 กลุ่ม ที่ต้องเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อด้วยสารละลายโมโนโพลี จึงต้องผสมสารละลายโมโนโพลี โดยใช้ส่วนผสมของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนชนิดใสของ Rodex (SPD, Italy) และส่วนเหลวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองชนิดใสของ Rodex (SPD, Italy) ผสมในอัตราส่วน ส่วนผงพอลิเมอร์ 1 ส่วน ต่อ ส่วนเหลว 10 ส่วน ผสมในถ้วยแก้วที่อยู่ในหม้อต้ม (Low temperature water bath , teledyne Hanau, USA) ที่อุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮต์ คนอย่างต่อเนื่องให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เวลาประมาณ 8 - 10 นาที จนกระทั่งสารละลายมีลักษณะข้น ทิ้งไว้ให้เย็นเก็บในขวดสีชาเข้ม ที่มีฝาปิดสนิท ในการเคลือบแต่ละครั้งจะทำการผสมใหม่และใช้ทันที

กลุ่มทดลองที่ 1 เป็นการเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อกายในส่วนกลาง โดยนำสารละลายโมโนโพลีมาเคลือบพื้นผิวภายในของชิ้นตัวอย่างทั้งหมด โดยการใช้ฟู่กันปลายแบนจุ่มโมโนโพลี แล้วปาดฟู่กันทั้ง 2 ด้านให้หมด นำมาทาที่ผิวเครื่องมือไปในทิศทางเดียวกัน ในแต่ละครั้งจะไม่ทาทับส่วนที่ทาแล้ว เมื่อทาจนทั่วแล้วทิ้งให้แห้งประมาณ 10 นาที ก่อนทาครั้งต่อไป เคลือบทั้งหมด 3 ครั้ง ในการเคลือบแต่ละครั้งจะทาให้ตั้งฉากกับครั้งก่อน



เมื่อขึ้นตัวอย่างแห้งดีแล้ว นำส่วนกรอบมาเจาะรูที่ผนังด้านข้างบริเวณกึ่งกลางขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 มิลลิเมตร นำทั้ง 2 ส่วนมาเชื่อมติดกันโดยใช้วิธีเดียวกับกลุ่มควบคุม แล้วนำสารละลายโมโนโพลีประมาณ 0.25 มิลลิลิตร หยดลงภายในส่วนกลวงโดยใช้ เข็มฉีดยาขนาดปลายรูเข็มเบอร์ 18 โดยเอียงขึ้นตัวอย่างไปรอบๆ เพื่อให้เคลือบส่วนที่เป็นรอย ต่อด้านในทั้งหมด ทิ้งให้แห้งประมาณ 10 นาที เคลือบ 3 ครั้ง ปิดรูที่เจาะโดยใช้อะคริลิก เรซินชนิดบ่มเอง แล้วทำการขัดแต่งส่วนเกินให้เรียบร้อย

กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นการเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อภายนอกส่วนกลวง โดยนำ ส่วนฐานและส่วนฝาครอบมาเชื่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองเหมือนกลุ่มควบคุม แล้วทำ การเคลือบพื้นผิวภายนอก และรอยต่อทั้งหมดด้วยสารละลายโมโนโพลี โดยใช้วิธีเหมือนกับ กลุ่มทดลองที่ 1 ที่กล่าวข้างต้นแล้ว

เมื่อได้ขึ้นตัวอย่างทั้งหมดแล้ว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน เพื่อให้เกิด ปฏิกริยาอย่างเต็มที่ ทดสอบการรั่วซึมเบื้องต้นจากการฉนึกรอยต่อที่ไม่ดี โดยการจุ่มน้ำใน ภาชนะทรงกระบอกสูง ที่มีความสูงของน้ำ 30 เซนติเมตร จะต้องไม่มีฟองอากาศรั่วออกมา จากภายในส่วนกลวง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

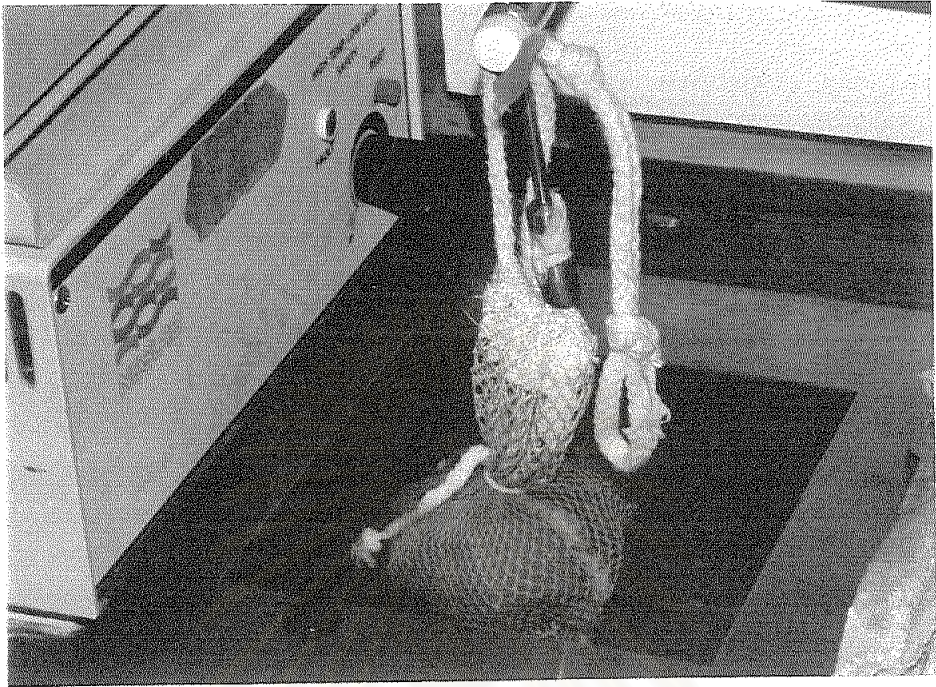
## ขั้นตอนการวิจัย

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด จดบันทึกไว้ แล้วใส่ในเครื่องดูดความชื้น (desiccator) ที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 23 ชั่วโมง ทิ้งไว้ในอุณหภูมิบรรยากาศ 1 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง อีกหนึ่งครั้ง เพื่อให้ได้ค่ามวลที่คงที่ (condition mass) จดบันทึกน้ำหนักไว้ นำชิ้นตัวอย่าง 1 ชิ้น ของแต่ละกลุ่มโดยการสุ่ม ในการทำเทอร์โมไซคลิง แต่ละครั้งรวม 3 ชิ้น มาใส่ในถุงตาข่ายที่มีคีมน้ำหนักถ่วงไว้ให้อยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำในเครื่องเทอร์โมไซคลิง (Thermocycling, SER No. 89 EML 00120-1, Neslab Instruments, INC., USA) ดังรูปที่ 14 และรูปที่ 15 ที่อุณหภูมิ 4 - 55 องศาเซลเซียส รอบละ 90 วินาที ชั่งน้ำหนักทุก 5 รอบ โดยนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เช็ดด้วยผ้าแห้งจนกระทั่งไม่เห็นความชื้นที่ผิว แล้วชั่งน้ำหนัก สังเกตดูภายในส่วนกลางของตัวอย่างโดยใช้สายตาว่ามีน้ำอยู่หรือไม่ ทำการบันทึกตามเวลาที่กำหนด เพื่อดูอัตราการเพิ่มของน้ำ ทำซ้ำทุก 5 รอบ จนเทอร์โมไซคลิงครบ 70 รอบ เมื่อครบรอบแล้วก็จะสุ่มอีกหนึ่งชิ้นของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำมาเทอร์โมไซคลิงครั้งต่อไป ทำไปจนครบ 30 ชิ้น

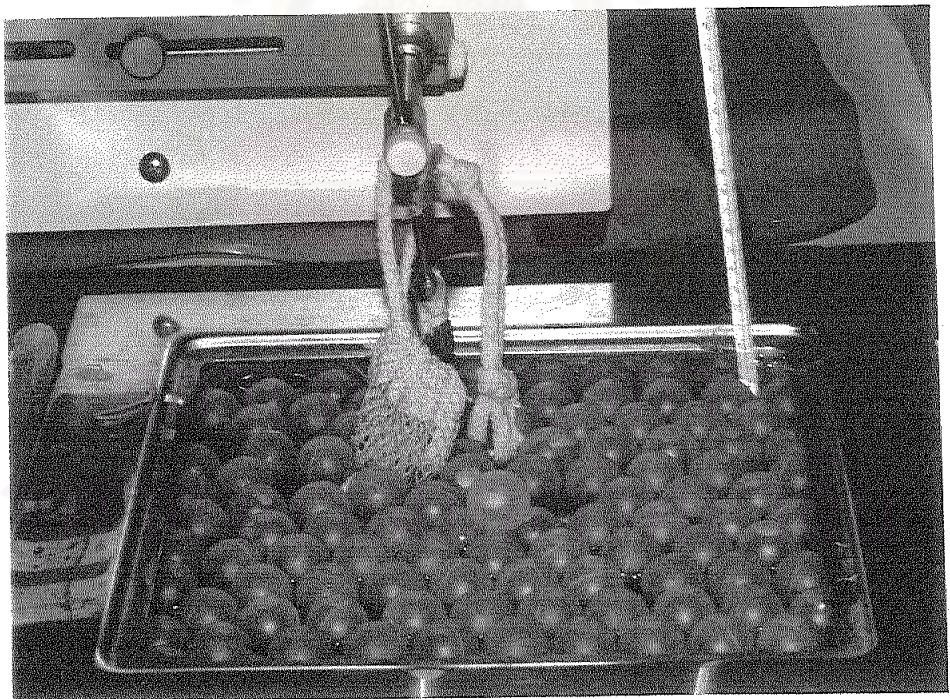
เมื่อเทอร์โมไซคลิงเสร็จแล้ว ให้นำชิ้นตัวอย่างมาแช่น้ำดีไออนิซด์ โดยผสมสี 0.5 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร เพื่อดูตำแหน่งการรั่วซึม แช่เป็นเวลา 30 วัน โดยนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เช็ดด้วยผ้าแห้งจนกระทั่งไม่เห็นความชื้นที่ผิว ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกอีกครั้ง และนำมาสังเกตดูรอยติดสีที่บริเวณรอยเชื่อมต่อ และปริมาณน้ำภายในส่วนกลาง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 14 แสดงเครื่องมือเทอร์โมไซคลิงที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 15 แสดงเครื่องมือเทอร์โมไซคลิงที่อุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$

(Thermocycling, SER No. 89 EML 00120-1, Neslab Instruments, INC., USA)

## การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ประกอบด้วย การบันทึกน้ำหนักน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาที่น่าขึ้นตัวอย่างมาซึ่งน้ำหนัก หน่วยเป็นกรัม การบันทึกจำนวนรอบของการเทอร์โมไซคลิงที่สังเกตเห็นการรั่วซึมเกิดขึ้นตัวอย่างแต่ละชิ้น และการสังเกตลักษณะการดิสทีที่เกิดขึ้นที่รอยเชื่อมต่อของชิ้นตัวอย่างภายหลังการแช่น้ำสี่เมธิลินบลู

นำข้อมูลน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงมา วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง (Two-Way Analysis of Variance) ระหว่าง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มเคลือบภายใน และกลุ่มเคลือบภายนอก เพื่อดูความแตกต่างของการรั่วซึมของน้ำ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (Post Hoc comparison) โดยวิธีทดสอบตุคีย์ (Tukey's test)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

จากข้อมูลของน้ำหนักน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น และจากการสังเกตพบว่า กลุ่มควบคุมจะเกิดการรั่วซึมของน้ำอย่างรวดเร็วเข้าไปในส่วนกลางของชั้นตัวอย่าง ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำภายในได้อย่างชัดเจนใน 5 รอบแรกของการเทอร์โมไซคลิงเป็นจำนวนถึง 5 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ดังต่อไปนี้ คือ 0.15 0.21 2.02 6.45 และ 8.22 กรัม ต่อมาในรอบที่ 10 ของการเทอร์โมไซคลิงเกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 5.30 กรัม ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำได้อย่างชัดเจน ต่อมาในรอบที่ 15 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 5.74 กรัม ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำได้อย่างชัดเจนเช่นกัน ต่อมาในรอบที่ 35 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.17 กรัม ซึ่งเห็นปริมาณน้ำเล็กน้อยแต่ชัดเจน มีชั้นตัวอย่าง 2 ชั้น ที่ทำการเทอร์โมไซคลิงถึง 70 รอบ แล้วไม่พบเห็นการรั่วซึมของน้ำเข้าไปภายในส่วนกลางของชั้นตัวอย่างเลย โดยพบว่า มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นเพียง 0.02 และ 0.03 กรัม ชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมเข้าไปในส่วนกลางมากที่สุดเมื่อเทอร์โมไซคลิงครบ 70 รอบ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 19.69 กรัม

สำหรับกลุ่มเคลือบภายใน เกิดการรั่วซึมอย่างรวดเร็วของน้ำเข้าไปในส่วนกลางของชั้นตัวอย่าง ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำภายในได้อย่างชัดเจนใน 5 รอบแรกของการเทอร์โมไซคลิงเป็นจำนวนถึง 2 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.16 และ 1.43 กรัม ต่อมาในรอบที่ 10 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 1.72 กรัม ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำได้อย่างชัดเจน ต่อมาในรอบที่ 15 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 2 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.11 และ 0.15 กรัม ซึ่งเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงหยดเล็กๆ เท่านั้น ต่อมาในรอบที่ 20 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดย

มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.15 กรัม ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงหยดเล็กๆ เช่นกัน ต่อมาในรอบที่ 35 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.17 กรัม ซึ่งสามารถเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงหยดเล็กๆ เช่นกัน แต่มีชั้นตัวอย่าง 3 ชั้น ที่เทอร์โมไซคลิงถึงจำนวน 70 รอบ แล้วยังไม่พบเห็นการรั่วซึมของน้ำเข้าไปภายในส่วนกลวงของชั้นตัวอย่าง โดยพบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นเพียง 0.01 0.01 และ 0.03 ชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมเข้าไปในส่วนกลวงมากที่สุดเมื่อเทอร์โมไซคลิงครบ 70 รอบ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 22.58 กรัม

ส่วนกลุ่มเคลือบภายนอก การรั่วซึมของน้ำเข้าไปในส่วนกลวงของชั้นตัวอย่างเริ่มเกิดขึ้น เมื่อเทอร์โมไซคลิงเป็นจำนวน 30 รอบ พบว่ามีการรั่วซึมเกิดขึ้น 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.42 กรัม ต่อมาในรอบที่ 35 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.10 กรัม ซึ่งเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงจุดเล็กๆ ที่เคลื่อนได้ ต่อมาในรอบที่ 60 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.11 กรัม ซึ่งเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงจุดเล็กๆ ที่เคลื่อนได้ ต่อมาในรอบที่ 65 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 1 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.11 กรัม ซึ่งเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงจุดเล็กๆ ที่เคลื่อนได้เช่นกัน ต่อมาในรอบที่ 70 ของการเทอร์โมไซคลิง เกิดการรั่วซึมอีก 2 ชั้น โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.10 และ 0.11 กรัม ซึ่งเห็นปริมาณน้ำเป็นเพียงจุดเล็กๆ ที่เคลื่อนได้ แต่พบว่ามิชั้นตัวอย่างถึง 5 ชั้น ที่เทอร์โมไซคลิงถึงจำนวน 70 รอบ แล้วยังไม่พบเห็นการรั่วซึมของน้ำเข้าไปภายในส่วนกลวงของชั้นตัวอย่างเลย โดยพบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น 0.01 0.01 0.01 0.01 และ 0.02 กรัม ชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมเข้าไปในส่วนกลวงมากที่สุดเมื่อเทอร์โมไซคลิงครบ 70 รอบ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 16.80 กรัม น้ำหนักของชั้นตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการชั่งทุก 5 รอบ ของเทอร์โมไซคลิง แสดงด้วยตารางที่ 1

	รอบ 5	รอบ 10	รอบ 15	รอบ 20	รอบ 25	รอบ 30	รอบ 35	รอบ 40	รอบ 45	รอบ 50	รอบ 55	รอบ 60	รอบ 65	รอบ 70	30 วัน
1	0	0	0	0	0	0	**0.17	0.55	0.84	4.04	4.5	4.63	4.77	5.94	8.14
1	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13
1	**0.21	0.26	0.35	0.39	0.39	0.02	1.55	2.22	1.19	1.86	2.06	4.52	3.7	4.09	5.18
1	**0.15	8.14	6.78	13.73	13.63	15.61	16.61	16.01	17.8	17.63	17.62	17.49	16.85	17.65	18.4
1	**8.22	9.52	9.32	9.49	9.62	9.62	12.33	11.88	16.52	17.9	17.18	17.18	17.18	17.38	18.13
1	0.04	**5.3	8.59	9.35	9.52	14.79	15.41	15.43	14.99	14.84	17.52	17.5	17.29	17.29	18.18
1	**6.45	5.21	10.74	16.48	16.84	16.6	16.29	16.06	15.84	15.66	15.4	15.44	15.44	15.36	16.63
1	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.11
1	0.02	0.02	**5.74	4.55	4.34	3.58	4.23	12.13	11.56	12.35	11.74	15.19	19.78	19.69	20.33
1	**2.02	2.17	2.05	3.08	5.85	8.29	8.29	8.07	11.18	14.38	14.22	14.06	14.49	15.74	23.99
2	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.141
2	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.109
2	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.08	**0.17	0.19	0.21	0.92	1.44	2.27	2.59	2.69	5.2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13
2	**0.16	1.15	2.98	5.94	9.41	11.79	14.67	17.01	17.09	19.91	19.6	21.55	21.6	22.58	23.27
2	0.1	0.5	0.5	**0.15	0.39	0.8	1.02	1.14	1.4	1.92	2.46	2.61	3.07	3.33	3.95
2	0.2	0.2	**0.15	0.29	0.33	0.37	0.39	0.41	0.45	0.49	0.49	0.62	0.86	0.98	1.9
2	**1.43	8.88	14.13	15.96	18.57	19.45	19.41	19.2	19.17	20.09	20.01	20.04	19.87	20.4	22.1
2	0.03	**1.72	7.85	14.29	18.23	18.05	18.04	17.96	17.85	17.63	17.51	17.32	17.16	16.94	18.03
2	0.07	0.08	**0.11	0.11	0.11	0.13	0.17	0.19	0.38	0.54	0.54	0.66	0.77	0.77	1.12
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.124
3	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.142
3	0.02	0.04	0.04	0.04	0.06	**0.42	0.66	0.89	1.51	3.77	7.48	6.99	15.97	15.59	16.11
3	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.107
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0.1	0.225
3	0	0	0	0.01	0.02	0.08	**0.1	0.21	0.21	0.28	4.97	9.05	15.68	16.8	17.41
3	0.01	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	**0.11	0.11	0.258
3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13
3	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.146
3	0.03	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	**0.11	0.17	0.17	5.58

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการเทอร์โมไซคลิกเมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น

เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาของการเทอร์โมไซคลิก ดังตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มเคลือบภายใน มีแนวโน้มของการรั่วซึมมากใน 10 รอบแรก ของการเทอร์โมไซคลิก แต่กลุ่มเคลือบภายใน (3 ชั้น) มีจำนวนชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (6 ชั้น) ซึ่งกลุ่มเคลือบภายในนอกยังไม่มีการรั่วซึมเลย ต่อมาในช่วงเทอร์โมไซคลิกรอบที่ 11 - 20 นั้น ทั้ง 2 กลุ่มนี้ก็ยังมีการรั่วซึมเกิดขึ้น แต่จำนวนชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมน้อยลง คือ กลุ่มควบคุม 1 ชั้น กลุ่มเคลือบภายใน 3 ชั้น และยังไม่พบการรั่วซึมของกลุ่มเคลือบภายในนอก จนกระทั่งเทอร์โมไซคลิกในช่วง 21 - 35 รอบ จึงเริ่มพบการรั่วซึมของชั้นตัวอย่างในกลุ่มเคลือบภายในนอกเกิดขึ้น (2 ชั้น) แต่ก็ยังมีการรั่วซึมของชั้นตัวอย่างในกลุ่มควบคุม (1 ชั้น) และกลุ่มเคลือบภายใน (1 ชั้น) อยู่ ส่วนในช่วงเทอร์โมไซคลิก 36 - 70 รอบสุดท้าย จะพบการรั่วซึมของชั้นตัวอย่างเฉพาะกลุ่มเคลือบภายในนอก (3 ชั้น) เท่านั้น เนื่องจากชั้นตัวอย่างใน 2 กลุ่มแรกนั้น เกิดการรั่วซึมไปเกือบหมดแล้ว

พบว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักที่ได้จากการซั่งขึ้นตัวอย่างจะมากขึ้นเรื่อยๆ โดยบางชั้นจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว บางชั้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ขึ้นกับขนาดของรูรั่วที่รอยเชื่อมต่อ ส่วนชั้นตัวอย่างที่ไม่มีการรั่วซึมเกิดขึ้นนั้น มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นค่อนข้างคงที่และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เพียง 0.01 - 0.03 กรัมเท่านั้น และในบางช่วงของการซั่งน้ำหนัก พบว่าน้ำหนักที่ซั่งได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่ซั่งในรอบก่อนหน้านั้นลดลง เนื่องจากมีการไหลของน้ำจากภายในส่วนกลางของชั้นตัวอย่าง โดยไหลออกสู่ภายนอก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความดันระหว่างภายในและภายนอกส่วนกลางของชั้นตัวอย่าง เกิดเฉพาะในชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมของน้ำและมีน้ำขังอยู่ในส่วนกลางในปริมาณหนึ่งแล้วเท่านั้น พบว่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมเข้าไปภายในส่วนกลางน้อยที่สุดที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า มีน้ำหนักเท่ากับ 0.10 กรัม โดยสามารถเห็นเป็นสะเก็ดน้ำเล็กๆ เท่านั้น

เมื่อนำข้อมูลของน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ดังตารางที่ 3 มาทำการเปรียบเทียบระหว่าง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง กลุ่มเคลือบภายใน และกลุ่มเคลือบภายใน เพื่อดูความแตกต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง (Two-way Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการรั่วซึมของชั้นตัวอย่าง มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการเตรียมชั้นตัวอย่างที่แตกต่างกัน และ/หรือเวลาที่ใช้ในการทำเทอร์โมไซคลิกแตกต่างกัน

	จำนวนชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมจากการทำ เทอร์โมไซคลิง N รอบ				ไม่เกิดการ รั่วซึมหลัง 70 รอบ	รวม
	≤ 10	11-20	21-35	36-70		
กลุ่มควบคุม	6	1	1	0	2	10
กลุ่มเคลือบภายใน	3	3	1	0	3	10
กลุ่มเคลือบภายนอก	0	0	2	3	5	10
รวม	9	4	4	3	10	30

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมที่เวลาต่างๆ ของการเทอร์โมไซคลิง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่ม	รอบ 5	รอบ 10	รอบ 15	รอบ 20	รอบ 25	รอบ 30	รอบ 35	รอบ 40	รอบ 45	รอบ 50	รอบ 55	รอบ 60	รอบ 65	รอบ 70
1	0	0	0	0	0	0	0.17	0.38	0.29	3.2	0.46	0.13	0.14	1.17
1	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0
1	0.21	0.05	0.09	0.04	0	-0.37	1.53	0.67	-1.03	0.67	0.2	2.46	-0.82	0.39
1	0.15	7.99	-1.36	6.95	-0.1	1.98	1	-0.6	1.79	-0.17	-0.01	-0.13	-0.64	0.8
1	8.22	1.3	-0.2	0.17	0.13	0	2.71	-0.45	4.64	1.38	-0.72	0	0	0.2
1	0.04	5.26	3.29	0.76	0.17	5.27	0.62	0.02	-0.44	-0.15	2.68	-0.02	-0.21	0
1	6.45	-1.24	5.53	5.74	0.36	-0.24	-0.31	-0.23	-0.22	-0.18	-0.26	0.04	0	-0.08
1	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.02	0	5.72	-1.19	-0.21	-0.76	0.65	7.9	-0.57	0.79	-0.61	3.45	4.59	-0.09
1	2.02	0.15	-0.12	1.03	2.77	2.44	0	-0.22	3.11	3.2	0.16	-0.16	0.43	1.25
2	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
2	0.01	0	0	0.02	0.03	0.02	0.09	0.02	0.02	0.71	0.52	0.83	0.32	0.1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0
2	0.16	0.99	1.83	2.96	3.47	2.38	2.88	2.34	0.04	2.82	-0.31	1.95	0.05	0.98
2	0.01	0.04	0.01	0.14	0.24	0.41	0.22	0.12	0.26	0.52	0.54	0.15	0.46	0.26
2	0.02	0	0.13	0.14	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04	0	0.13	0.24	0.12
2	1.43	7.45	5.25	1.83	2.61	0.88	-0.04	-0.21	-0.03	0.92	-0.08	0.03	-0.17	0.53
2	0.03	1.69	6.13	6.44	3.94	-0.18	-0.01	-0.08	-0.11	-0.22	-0.12	-0.19	-0.16	-0.22
2	0.07	0.01	0.03	0	0	0.02	0.04	0.02	0.19	0.16	0	0.12	0.11	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.02	0.02	0	0	0.02	0.36	0.24	0.23	0.62	2.26	3.71	-0.49	8.98	-0.38
3	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
3	0	0	0	0.01	0.01	0.06	0.02	0.11	0	0.07	4.69	4.08	6.63	1.12
3	0.01	0.03	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0
3	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.03	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.03	0.06	0

ค่า (-) หมายถึง น้ำไหลออกจากภายในส่วนกลาง

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของการเทอร์โมไซคิล ทั้ง 70 รอบ



รวมทั้งวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างการเตรียมชิ้นตัวอย่างและเวลาในการทำเทอร์โมไซคลิงด้วย ผลที่ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4

จากผลทางสถิติพบว่า มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการร่วซึม อย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่แตกต่าง จากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีค่า F-Ratio เท่ากับ 5.331 และมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.005 แต่ไม่พบความแตกต่างที่เป็นผลมาจากเวลาในการทำเทอร์โมไซคลิง รวมทั้งไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเตรียมชิ้นตัวอย่างและเวลาในการทำเทอร์โมไซคลิงด้วย

เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (Post Hoc comparison) โดยใช้วิธีทดสอบแบบคูคี (Tukey' Test) เพื่อวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างทีละคู่ ได้ผลดัง ตารางที่ 5

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า

เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มเคลือบภายใน ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.153

เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มเคลือบภายนอก ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ

0.003

เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเคลือบภายในกับกลุ่มเคลือบภายนอก ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ

0.334

เมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ) จึงเห็นว่ามีการเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มเคลือบภายนอกเท่านั้น ที่มีค่าความน่าจะเป็นที่น้อยกว่า 0.05 (0.003) จึงสรุปได้ว่า

มีความแตกต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการร่วซึมของน้ำ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มเคลือบภายนอก อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

กลุ่มควบคุมมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการร่วซึมของน้ำ ไม่แตกต่างจากกลุ่มเคลือบภายใน อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

กลุ่มเคลือบภายในมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการร่วซึมของน้ำ ไม่แตกต่างจากกลุ่มเคลือบภายนอก อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

	Experimental Method				
	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
<b>Weight main effects (combined)</b>	<b>41.756</b>	<b>15</b>	<b>2.784</b>	<b>1.269</b>	<b>.219</b>
<b>Group</b>	<b>23.393</b>	<b>2</b>	<b>11.696</b>	<b>5.331</b>	<b>.005</b>
<b>Time</b>	<b>18.363</b>	<b>13</b>	<b>1.413</b>	<b>.644</b>	<b>.817</b>
<b>2-Way interactions Group * time</b>	<b>61.858</b>	<b>26</b>	<b>2.379</b>	<b>1.084</b>	<b>.356</b>
<b>Model</b>	<b>103.614</b>	<b>41</b>	<b>2.527</b>	<b>1.152</b>	<b>.248</b>
<b>Residual</b>	<b>829.386</b>	<b>378</b>	<b>2.194</b>		
<b>Total</b>	<b>933.00</b>	<b>419</b>	<b>2.227</b>		

a. weight by Group, Time

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง

(Two-Way Analysis of Varaince)

Tukey HSD		Mean Difference		
(I) group	(J) group	(I-J)	Std. Error	Sig.
Control	Coat in	.3269	.177	.153
	Coat out	.5764**	.177	<b>.003</b>
Coat in	Control	-.3269	.177	.153
	Coat out	.2495	.177	.334
Coat out	Control	.5764**	.177	<b>.003</b>
	Coat in	-.2495	.177	.334

\*\* The mean difference is significant at the 0.05 level

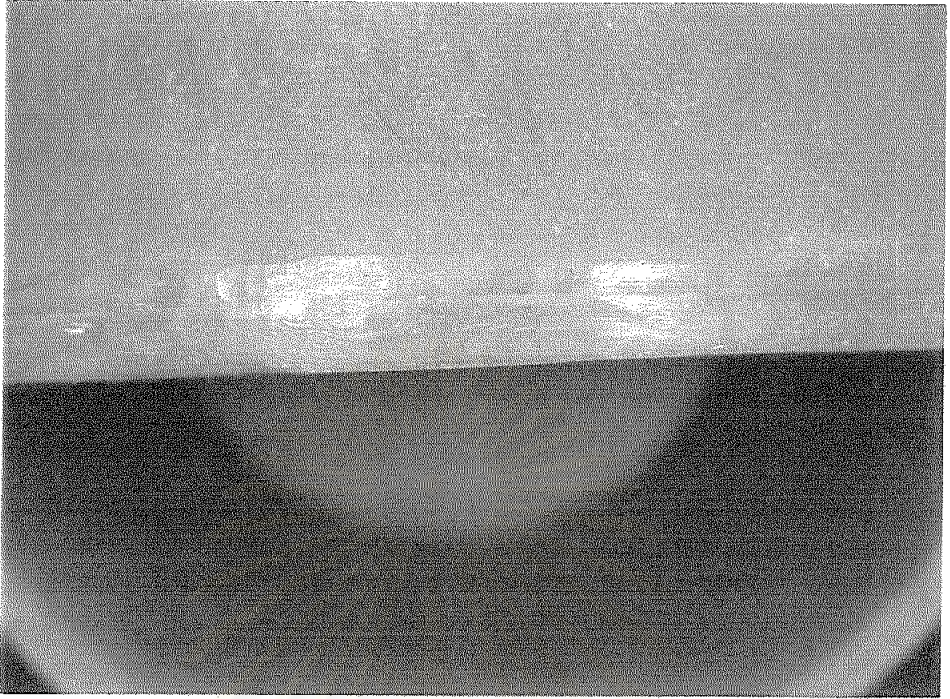
ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Tukey' Test

จากการสังเกตขึ้นตัวอย่างทั้งหมดที่แช่ลงในน้ำสีเมธิลินบลูเป็นเวลา 30 วัน ขึ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมและพบว่ามีน้ำเข้าไปภายในส่วนกลาง จะเห็นรอยซึมของสีที่บริเวณรอยเชื่อมต่อเป็นสีน้ำเงินอย่างชัดเจน แต่ในกลุ่มที่ไม่มีอาการรั่วซึมของน้ำเกิดขึ้นจะไม่พบเห็นว่ามีรอยซึมของสีเลย ดังรูปที่ 16 และรูปที่ 17 และไม่พบการติดสีที่ขอบของรูที่เจาะและปิดด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองในขึ้นตัวอย่างที่ทำการเคลือบภายในด้วย

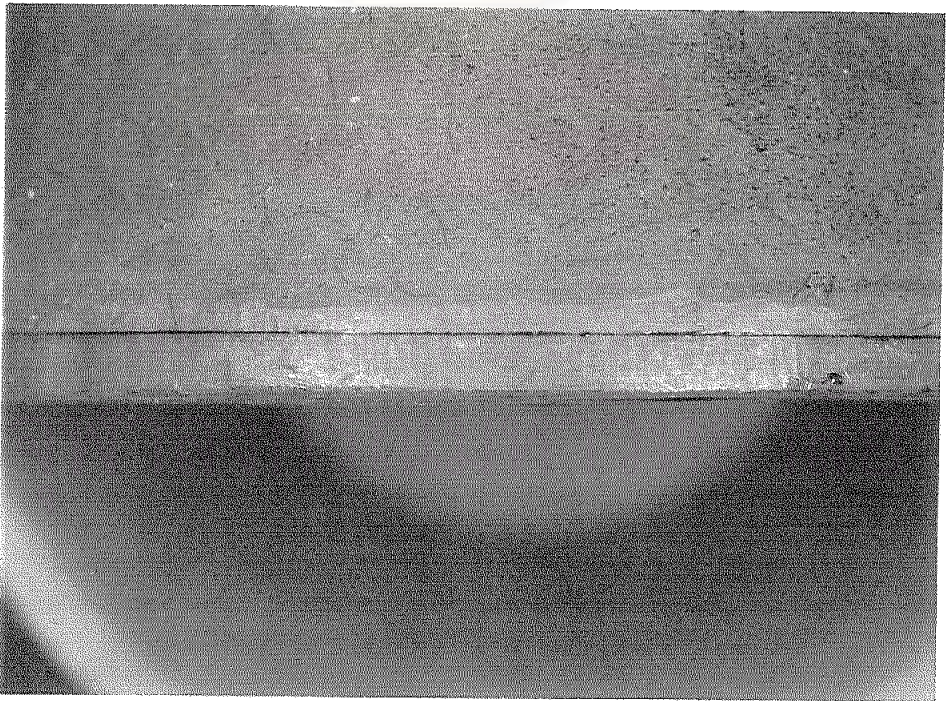
ขึ้นตัวอย่างทุกชิ้นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ชั่งในรอบที่ 70 ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยขึ้นตัวอย่างที่มีการรั่วซึมเกิดขึ้นอยู่แล้วนั้น พบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นกว่าเดิมและน้ำภายในขึ้นตัวอย่างกลายเป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 18 ส่วนขึ้นตัวอย่างที่ไม่เกิดการรั่วซึมในช่วงที่ทำการเทอร์โมไซคลิง 70 รอบนั้น จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ไม่สามารถสังเกตเห็นน้ำภายในได้ ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้อยู่ระหว่าง 0.08 - 0.136 กรัม



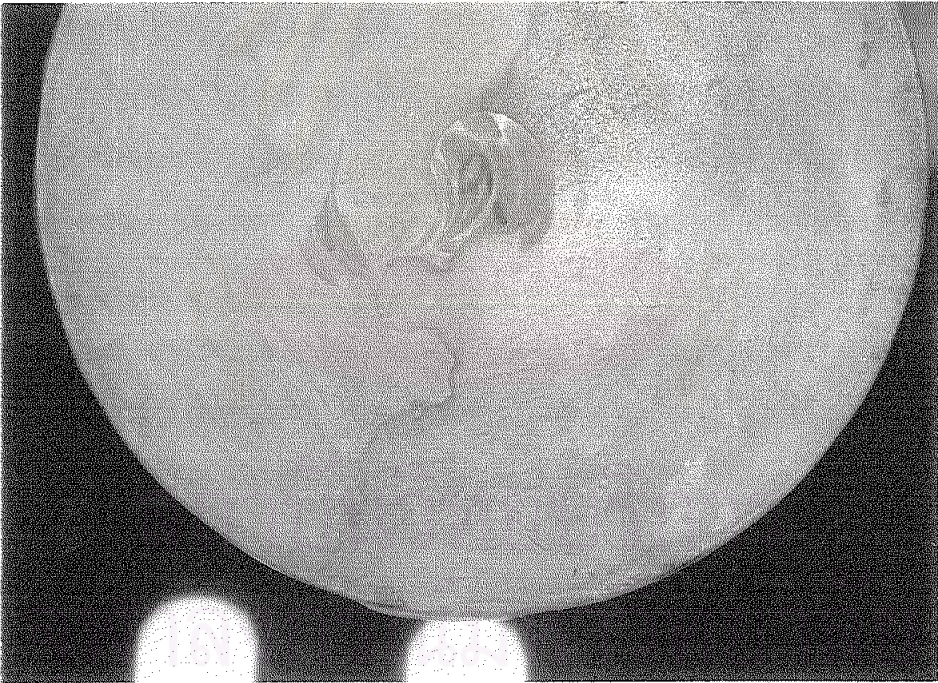
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 16 แสดงการติดสีบริเวณรอยต่อของชั้นตัวอย่างที่ไม่เกิดการรั่วซึม



รูปที่ 17 แสดงการติดสีบริเวณรอยต่อของชั้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึม



รูปที่ 18 แสดงการร่วซึมของเมธิลินบลูเข้าไปภายในจีนตัวอย่าง

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาเพื่อทดสอบการรั่วซึมของน้ำในครั้งนี ได้จำลองลักษณะของเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิด ที่ใช้สำหรับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติเกิดช่องติดต่อระหว่างช่องจมูกและช่องปาก ในบริเวณเพดานอ่อนและเพดานแข็ง ซึ่งลักษณะของเครื่องมือมีขนาดใหญ่ จึงต้องทำภายในให้กลวงเพื่อลดน้ำหนักของเครื่องมือ โดยขึ้นตัวอย่างที่ทำขึ้นในการศึกษานี้ ใช้เทคนิคการทำให้กลวงเหมือนกับ การทำเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิดที่นิยมทำกัน โดยทำเครื่องมือเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฝาครอบและส่วนฐาน แล้วนำมาเชื่อมให้ติดกันภายในภายหลังโดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย (Nidiffer และ Shipmon, 1957; Zarb, 1967; Brown, 1969; Buckner, 1974) แต่ปัญหาที่พบของการทำวิธีนี้คือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีที่รอยเชื่อมต่อ และเกิดการรั่วซึมของน้ำได้ (Coffin, 1964; Oral และคณะ, 1979; Phankosol และ Martin, 1985; McAndrew และคณะ, 1997)

ขึ้นตัวอย่างที่ใช้ทดลองมีน้ำหนักประมาณ 13 - 14 กรัม ทำให้มีลักษณะเป็นกรวยตัดยอดเป็นส่วนฝาครอบ และมีฝาปิดด้านฐาน ทำให้เกิดปริมาตรของส่วนกลวงภายในประมาณ 24.013 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีรอยเชื่อมต่อของส่วนฐานและส่วนฝาครอบยาวประมาณ 14.45 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2 มิลลิเมตร รวมพื้นที่ในการยึดติดประมาณ 3.016 ตารางเซนติเมตร ขนาดของขึ้นตัวอย่างนี้จะใกล้เคียงกับเครื่องมือปิดเพดานโหว่แบบกลวงชนิดปิดที่ใช้ในผู้ป่วยจริงทางคลินิก ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณที่ใช้ในการเชื่อมส่วนฐานกับส่วนฝาครอบมีความยาวมาก จึงมีผลต่อการเชื่อมต่อ และบริเวณรอยเชื่อมต่อนี้เป็นบริเวณที่สำคัญ มักพบว่าเกิดพันธะของการเชื่อมต่อที่ไม่ดี โดยเฉพาะการเชื่อมขึ้นตัวอย่างที่ทำจากอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง (Ohata และคณะ, 1996) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดปัญหามาก โดยจะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือนี้ลดลง จากการที่มีน้ำซึมเข้าไปในส่วนกลวงจากรอยเชื่อมต่อ ทำให้น้ำหนักเครื่องมือเพิ่มขึ้น มีผลต่อการคงอยู่และความเสถียรของเครื่องมือในปาก จากการที่เครื่องมือนี้มีลักษณะของหลักยึดข้างเดียว (cantilever) (Brown, 1970; Oral และคณะ, 1979; Phankosol และ Martin, 1985; McAndrew และคณะ, 1997)

ขึ้นตัวอย่างทั้งส่วนฐานและส่วนฝาครอบนั้น ทำขึ้นจากอะคริลิเกรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ซึ่ง Brown (1970) กล่าวว่า เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการทำเครื่องมือปิดผนึกท่อ เนื่องจากสามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และจัดแต่งได้ง่าย ส่วนการเชื่อมรอยต่อนั้นจะใช้อะคริลิเกรซินชนิดบ่มเองมากกว่า ซึ่งอะคริลิเกรซินชนิดบ่มเองและบ่มด้วยความร้อนนั้น มีส่วนประกอบที่เหมือนกันและต่างกันดังนี้

ส่วนประกอบที่เหมือนกัน คือ ส่วนผงที่ประกอบด้วย พอลิเมทิลเมทาไครเลตที่มีการเกิดพอลิเมอร์มาก่อนแล้ว (prepolymerized spheres of polymethyl methacrylate) เพื่อลดการหดตัว และเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา โดยจะแตกตัวให้อนุมูลอิสระ (free radicals) 2 โมเลกุล เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อนหรือสารเคมี ส่วนในส่วนเหลวนั้นประกอบด้วย เมทิลเมทาไครเลต (methyl methacrylate) ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) ซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพื่อป้องกันขบวนการเกิดพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์ในขณะเก็บรักษา และไกลคอลไดเมทาไครเลต (glycol dimethacrylate) ที่ทำให้เกิดการเชื่อมข้าม เกิดพันธะคู่ของโมเลกุล ทำให้เพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนรูปร่าง

ส่วนประกอบที่ต่างกัน คือ ในส่วนเหลวของอะคริลิเกรซินชนิดบ่มเองมี สารเทอเทียรีเอมีน (tertiary amine) เพิ่มขึ้นมา เพื่อเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา โดยกระตุ้นให้เบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ เกิดการแตกตัวให้อนุมูลอิสระโดยไม่ต้องใช้ความร้อน แต่สารเอมีนนี้เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของอะคริลิเกรซิน เนื่องจากเกิดออกซิเดชันได้ง่าย

ดังนั้นโดยรวมแล้วอะคริลิเกรซินทั้ง 2 ชนิดนี้ จึงน่าจะมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่พบว่ามีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของอะคริลิเกรซินชนิดบ่มเองจะไม่สมบูรณ์เท่า อะคริลิเกรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน จึงทำให้อะคริลิเกรซินชนิดบ่มเอง มีปริมาณมอนอเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเหลือตกค้างอยู่ประมาณร้อยละ 3 - 5 ในขณะที่เรซินอะคริลิเกรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนมีมอนอเมอร์ตกค้างเพียงร้อยละ 0.2 - 0.5 ซึ่งปริมาณมอนอเมอร์ที่ตกค้างนี้สามารถหลุดออกมาทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ และทำให้ฐานฟันปลอมที่ได้มีความแข็งแรงตามขวาง (transverse strength) ลดลง และยังพบว่าอะคริลิเกรซินชนิดบ่มเอง มีการหดตัวร้อยละ 0.26 น้อยกว่าอะคริลิเกรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ที่มีการหดตัวร้อยละ 0.53 เนื่องจากอะคริลิ



เรซินชนิดบ่มเองมีการเกิดพอลิเมอร์สมบูรณ์น้อยกว่า และเวลาในการทำงาน (working time) ของอะคริลิกรีซินชนิดบ่มเองจะน้อยกว่า เนื่องจากปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อมีการผสม ดังนั้นถ้าจะเพิ่มระยะเวลาในการทำงานจะต้องลดอุณหภูมิของส่วนผสมทั้ง 2 นี้

จากคุณสมบัติที่กล่าวมานั้น ทำให้นิยมใช้อะคริลิกรีซินชนิดบ่มเองในการเชื่อมรอยต่อหรือซ่อมแซมฟันปลอมฐานอะคริลิก ที่ทำจากวัสดุที่เป็นอะคริลิกรีซินชนิดบ่มด้วยความร้อนมากกว่า ซึ่ง Caul, Stanford และ Serio (1952) พบว่าอะคริลิกรีซินชนิดบ่มเอง มีความแข็งแรงร้อยละ 70 - 90 ของอะคริลิกรีซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และเป็นวัสดุที่ใช้งานง่าย Jeffreys (1952) กล่าวว่า อะคริลิกรีซินชนิดบ่มเองมีความแข็งแรงเพียงพอในการซ่อมแซมและประหยัดเวลาในการทำงาน ซึ่ง Paprocki และคณะ (1990) แนะนำให้ใช้อะคริลิกรีซินชนิดบ่มเอง ในการยึดส่วนฝาครอบและส่วนฐาน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีราคาถูก ใช้งานง่าย แต่ทำให้เกิดรูพรุนมาก และเกิดการรั่วซึมบริเวณรอยเชื่อมต่อได้ Phillip (1996) ก็แนะนำให้ใช้อะคริลิกรีซินชนิดบ่มเองมากกว่าใช้อะคริลิกรีซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ในการซ่อมแซมหรือปรับปรุงเช่นกัน ถึงแม้ว่าจะมีความแข็งแรงตามขวางต่ำกว่า เนื่องจากการใช้อะคริลิกรีซินชนิดบ่มด้วยความร้อนนั้น จะต้องนำชิ้นตัวอย่างกลับลงไปต้มในน้ำร้อนอีกครั้ง ทำให้เกิดการคลายความเครียด เกิดการโค้งงอและบิดเบี้ยวของฐานฟันปลอมที่มีขบวนการเกิดพอลิเมอร์ก่อนหน้านี้อยู่แล้ว

ปัญหาของการเชื่อมต่ออะคริลิกรีซิน คือ การไม่เกิดพันธะที่แท้จริง จึงทำให้พบการแตกในบริเวณที่ทำการเชื่อมต่อเป็นส่วนมาก (Beyli และ Fraunhofer, 1980) ซึ่งพันธะที่เกิดขึ้นใหม่นี้ เกิดจากการแพร่และมีขบวนการเกิดพอลิเมอร์ข้ามพื้นผิวของเรซิน เพื่อสร้างสายใยพอลิเมอร์อันใหม่ (Chung, Clark และ Darvell, 1995)

ประสิทธิภาพของการเชื่อมต่อ ขึ้นกับความสามารถในการแพร่ของมอนอเมอร์ก่อนการบ่ม ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของอะคริลิกรีซินและอุณหภูมิ โดยมอนอเมอร์สามารถแพร่ได้บนเรซินชนิดบ่มเองได้ดีกว่าในเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการแพร่ของมอนอเมอร์ที่ดีกว่า และยังขึ้นกับระยะเวลาในการแพร่ด้วย ซึ่งเรซินชนิดบ่มเองจะมีระยะเวลา น้อยกว่า เนื่องจากมีขบวนการเกิดพอลิเมอร์ที่เร็วกว่า และยังขึ้นกับการคงรูปของวัสดุในบริเวณที่ทำการเชื่อมต่อ ซึ่งเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนจะมีการคงรูปที่ดีกว่า ต่างจากเรซิน

ชนิดบ่มเองที่มีการไหลของวัสดุและความคุมได้ยาก อีกประการหนึ่งคือ การมีสิ่งแปลกปลอม ขัดขวางการสัมผัสกันของเรซิน (Caul และคณะ, 1952 ; Chung และคณะ, 1995 ; Vallittu และ Ruyter, 1997)

ดังนั้นในการเชื่อมต่อระหว่างอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ด้วยอะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มเองนั้น ต้องทำให้พื้นผิวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนให้สะอาด และชุ่ม ไปด้วยมอนอเมอร์เป็นเวลาประมาณ 180 วินาที เพื่อให้พื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาไครเลตถูก ละลายด้วยเมทาไครเลตของมอนอเมอร์ของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองก่อน และพื้นผิวจะต้อง ไม่มีสิ่งปนเปื้อนใดๆ เพื่อทำให้เกิดการเชื่อมต่อแบบเคมี เกิดสายโซ่พอลิเมอร์อันใหม่ เกิด พันธะที่แข็งแรงระหว่างอะคริลิกเรซินทั้ง 2 ชนิด (Vallittu, Lassila และ Lappalainen, 1994)

สำหรับการผสมนั้น ใช้อัตราส่วนพอลิเมอร์ต่อมอนอเมอร์เท่ากับ 2.5 ต่อ 1 โดย น้ำหนัก หรือ 3 ต่อ 1 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ทำให้มีปริมาณมอนอเมอร์เพียงพอ กับ พอลิเมอร์ ไม่มีมอนอเมอร์ส่วนเกินที่ทำให้เกิดการหดตัวมากขึ้น อัตราส่วนนี้ทำให้เกิดการ หดตัวเชิงปริมาตร (volumetric shrinkage) เพียงร้อยละ 6 - 7 (McCabe, 1985; Phillips, 1996) ส่วนวิธี และระยะเวลาในการบ่มนั้น ขึ้นอยู่กับคำแนะนำของแต่ละบริษัทเพื่อให้เหมาะสมกับ ชนิดของอะคริลิกเรซิน

ขนาดของรอยเชื่อมต่อ และความขรุขระของพื้นผิวบริเวณเชื่อมต่อนั้นก็มีความสำคัญ ต่อการรั่วซึมเช่นกัน โดยขึ้นตัวอย่างที่ทำขึ้นนี้มีความยาวของรอยเชื่อมต่อประมาณ 14.45 เซนติเมตร และมีพื้นผิวที่เรียบ ดังนั้นการเชื่อมต่อโดยใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองและการใช้ วิธีเชื่อมแบบนี้ อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องบริเวณรอยต่อนี้ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของคุณสมบัติ ของวัสดุชนิดนี้ คือ ระยะเวลาในการแข็งตัว และการคงรูปของวัสดุในบริเวณรอยเชื่อมต่อ เมื่อเปรียบเทียบกับอะคริลิกเรซินชนิดอื่น ซึ่ง Keller และ Lautenschlager (1985) กล่าวว่า สภาพการบ่มของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองนั้นสามารถพบรูพรุนได้ถึง ร้อยละ 11 ซึ่งมีผลต่อ คุณสมบัติทางกล ความสวยงาม และยังมีสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรูพรุนอีก เช่น การที่มี อากาศขังอยู่ในเนื้อขณะผสม การหดตัวขณะมีการเกิดพอลิเมอร์ การระเหยของมอนอเมอร์ ซึ่งสัมพันธ์กับปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดความร้อน (exothermic) และการที่ใช้ความดันที่ไม่เพียงพอ

ในการอัด ดังนั้นจึงควรตรวจสอบการรั่วบริเวณรอยเชื่อมต่อเบื้องต้นก่อน โดยการจุ่มขึ้นตัวอย่าง ลงในน้ำเพื่อดูฟองอากาศ (Buckner, 1974)

จากคุณสมบัติของโมโนโพลีที่เป็นพอลิเมอร์อย่างหนึ่ง ที่เกิดจากส่วนผสมส่วนของ อะคริลิเกรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และ ส่วนเหลวจากอะคริลิเกรซินชนิดบ่มเอง ส่วนผสม ที่ได้ออกมามีลักษณะใส และเหลวคล้ายน้ำเชื่อม จึงทำให้สารละลายโมโนโพลีนั้นง่ายต่อการเคลือบไปบนพื้นผิว และสามารถเกิดพันธะกับอะคริลิเกรซินเดิมได้ เนื่องจากกระบวนการของการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดจนกระทั่งมอนอเมอร์ทั้งหมดถูกเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ แต่อย่างไรก็ตามปฏิกิริยานี้ก็จะไม่เกิดสมบูรณ์ (Phillips, 1996) และการเคลือบบริเวณรอยเชื่อมต่อนี้จะทำให้โมโนโพลีสามารถเข้าไปในช่องว่างเล็กๆ ที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการเชื่อมขึ้นตัวอย่าง มีผลทำให้การรั่วซึมของน้ำเกิดยากขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้ทำการเคลือบถึง 3 ชั้น โดยทาตั้งฉากกันในแต่ละครั้ง

ในการศึกษาการรั่วซึมของน้ำของ Paprocki และคณะ (1990) พบว่าการทดสอบการรั่วซึม โดยการแช่เครื่องมือในน้ำที่ความดันบรรยากาศนั้นไม่เพียงพอ แต่เมื่อใช้ความดัน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ในระยะเวลา 10 นาที สามารถดันน้ำปริมาณ 0.5 กรัม เข้าไปภายในส่วนกลวงได้ เมื่อเทียบกับการแช่โดยไม่ใช้ความดันช่วยจะมีน้ำเข้าไป 1.0 กรัม จะต้องใช้เวลาถึง 4 สัปดาห์

การเทอร์โมไซคลิงนั้น เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการศึกษาการรั่วซึมของวัสดุ โดยอาศัยความแตกต่างของ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนระหว่างวัสดุที่จะยึด และสารที่ใช้เป็นกาวยึด (adhesive) (Ohata และคณะ, 1996) และเป็นวิธีเร่งอายุ (aging) ของวัสดุ โดยทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมคล้ายในช่องปาก (Shortall, 1982; Rossomando และ Wendt, 1995) ซึ่ง Ohata และคณะ (1996) แนะนำให้ใช้ในการทดลองการรั่วซึม เพื่อลดระยะเวลาในการเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่กล่าวว่าเป็นวิธีที่ควบคุมยาก โดยวิธีนี้จะกระตุ้นให้เกิดการรั่วซึม เนื่องจากการที่เครื่องมือมีลักษณะกลวง ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งมีผลต่อความดันระหว่างภายในและภายนอกของส่วนกลวงของเครื่องมือปิดช่องโหว่แบบปิด เมื่อมีความแตกต่างของความดัน จะทำให้มีผลต่อความต้านทานการยึดติดของวัสดุที่ใช้เชื่อมด้วย และจากการที่อะคริลิเกรซินมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวน มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ โดย

มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อน เท่ากับ 81 ส่วนในล้านส่วน ต่อองศาเซลเซียส (ppm/°C) เท่ากันทั้งอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน (Nelsen, Wolcott และ Paffenbarger, 1952) ทำให้นำความร้อนได้น้อยกว่าโลหะ หรือโลหะผสม 100 -1000 เท่า มีผลทำให้เนื้อเยื่อในช่องปากไม่สามารถถูกกระตุ้นได้โดยอุณหภูมิปกติ และทำให้สูญเสียกลไกการป้องกันจากสิ่งกระตุ้นที่มีอุณหภูมิมาก หรือน้อยกว่าปกติ (McCabe, 1985) จึงใช้เวลาในแต่ละรอบถึง 90 วินาที เพื่อให้ขึ้นตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจริงๆ

การศึกษานี้ใช้เทอร์โมไซคลิกที่ 4-55 องศาเซลเซียส รอบละ 90 วินาที ในการทดสอบการเกิดการรั่วซึม และจากผลการทดลองพบว่า เกิดการรั่วซึมขึ้นทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง แต่แตกต่างกันที่ระยะเวลา และจำนวนขึ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึม โดยกลุ่มควบคุมนั้นมีการรั่วซึมอย่างรวดเร็วในช่วงเทอร์โมไซคลิก 5 รอบแรก ถึงร้อยละ 50 และเกิดมากในช่วง 35 รอบ และเมื่อเทอร์โมไซคลิกครบ 70 รอบ พบว่าเกิดการรั่วซึมถึงร้อยละ 80 ส่วนในกลุ่มที่มีการเคลือบสารละลายโมโนโพธิภายในนั้น เกิดการรั่วซึมมากในเทอร์โมไซคลิกในช่วง 35 รอบ เช่นกัน และเมื่อเทอร์โมไซคลิกครบ 70 รอบ พบว่าเกิดการรั่วซึมร้อยละ 70 ส่วนกลุ่มที่เคลือบสารละลายโมโนโพธิภายนอกนั้น พบว่าเกิดการรั่วซึมช้ากว่ากลุ่มอื่น โดยขึ้นตัวอย่างแรกเกิดการรั่วซึมที่เทอร์โมไซคลิก 30 รอบ และเมื่อเทอร์โมไซคลิกครบ 70 รอบ พบว่าเกิดการรั่วซึมเพียงร้อยละ 50 ซึ่งจากการศึกษาของ Ohata และคณะ (1996) พบว่าเกิดการรั่วซึมในรอบแรกของเทอร์โมไซคลิกถึงร้อยละ 17 และเกิดการรั่วซึมในทุกกลุ่มการทดลองเช่นกัน

พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เท่ากับ 0.01 กรัม และมากที่สุดเท่ากับ 22.58 กรัม และน้ำหนักน้อยที่สุดที่สามารถสังเกตเห็นการรั่วซึมได้ คือ 0.1 กรัม โดยจะเห็นเป็นหยดน้ำเล็กๆ เพียงหยดเดียวเกาะอยู่ที่พื้นผิวภายในของขึ้นตัวอย่าง สามารถเคลื่อนที่ได้เมื่อเขย่าขึ้นตัวอย่าง และพบว่าน้ำหนักของน้ำที่รั่วซึมเข้าในส่วนกลวงในบางช่วงเวลาจะลดลงกว่าน้ำหนักที่ชั่งในรอบก่อนหน้า เกิดจากการที่มีน้ำรั่วซึมจากภายในส่วนกลวงออกมาสู่ภายนอก ซึ่งจะพบลักษณะเช่นเดียวกันนี้ในการศึกษาของ Paprocki และคณะ (1990)

เนื่องจากการเทอร์โมไซคลิกที่อุณหภูมิต่างกันคือ 4 และ 55 องศาเซลเซียสนั้น มีผลต่อความดันภายในส่วนกลวงของขึ้นตัวอย่าง เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ ดังนั้นเพื่อทำให้เกิดสมดุลของความดันนี้ จึงเกิดการไหลเข้าและออกของน้ำจากภายในส่วนกลวงได้ ดัง

ตารางที่ 3 พบว่า ชี้นตัวอย่างที่มีการไหลออกของน้ำนั้น มีจำนวน 11 ชี้น และเป็นชี้นตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มควบคุม 7 ชี้น กลุ่มเคลือบภายใน 3 ชี้น และกลุ่มเคลือบภายนอก 1 ชี้น โดยชี้นตัวอย่างเหล่านี้มักจะเกิดการรั่วซึมในรอบแรก ๆ (รอบที่ 5 – รอบที่ 30) ซึ่งมีปริมาณน้ำภายในส่วนกลวงค่อนข้างมาก และเป็นชี้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมของน้ำแล้วเท่านั้น อาจเกิดได้จากการมีรูรั่วขนาดใหญ่ ส่วนชี้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมของน้ำแต่ไม่พบการไหลออกของน้ำนั้น มีจำนวน 9 ชี้น โดยอยู่ในกลุ่มควบคุม 1 ชี้น กลุ่มเคลือบภายใน 4 ชี้น และกลุ่มเคลือบภายนอก 4 ชี้น ชี้นตัวอย่างเหล่านี้มักเกิดการรั่วซึมในช่วงท้ายของการเทอร์โมไซคลิกหรือถ้าเกิดการรั่วซึมในช่วงแรกของการเทอร์โมไซคลิกก็จะมีปริมาณน้ำภายในที่ไม่มากนัก อาจเกิดจากการมีรูรั่วขนาดเล็ก อีกกรณีหนึ่งอาจทำให้น้ำหนักลดลงได้คือในขณะที่นำชี้นตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก ความดันภายในส่วนกลวงที่มากกว่าความดันบรรยากาศ สามารถดันน้ำที่อยู่บริเวณรอยต่อพอลิให้ไหลออกมาได้ อย่างไรก็ตามน้ำหนักที่ลดลงนี้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ตามอุณหภูมิของการทำเทอร์โมไซคลิกน่าจะมีผลโดยตรงต่อรอยเชื่อมต่อด้วย โดยอาจทำให้เกิดการขยายขนาดของรอยรั่วได้ โดยเฉพาะในรอยเชื่อมต่อที่มีความยาวมาก เนื่องจากในการศึกษานี้ไม่พบการรั่วซึมของน้ำผ่านทางรอยเชื่อมต่อในบริเวณผนังที่เจาะรู และทำการปิดด้วยเรซินชนิดบ่มเองอีกครั้งในกลุ่มเคลือบภายในเลย เนื่องจากรูที่เจาะนี้มีขนาดเล็ก หรืออาจมีเรซินชนิดบ่มเองอัดเกินอยู่บริเวณขอบภายในรูที่เจาะได้ ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการรั่วซึมในบริเวณดังกล่าว จึงอาจมีน้อยกว่าบริเวณรอยเชื่อมต่อของชี้นตัวอย่าง

จากการสังเกตชี้นตัวอย่างทั้งหมดที่แช่ลงในน้ำดีเมธิลีนบลูเป็นเวลา 30 วัน พบว่าในชี้นตัวอย่างที่มีน้ำเข้าไปภายในส่วนกลวง จะเห็นรอยซึมของสีเป็นสีน้ำเงินอย่างชัดเจนบริเวณรอยต่อของชี้นตัวอย่าง แต่ในชี้นตัวอย่างที่ไม่มีการรั่วซึมของน้ำ จะไม่พบว่ามียอยซึมของสีเลย และพบว่าน้ำหนักของชี้นตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นทุกชี้น และชี้นตัวอย่างที่มีการรั่วซึมอยู่แล้วจะพบว่าน้ำภายในส่วนกลวงเป็นสีน้ำเงิน และไม่พบรอยซึมของสีบริเวณรูที่เจาะในกลุ่มเคลือบภายในเลย ส่วนชี้นตัวอย่างที่ไม่เกิดการรั่วซึมจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถสังเกตเห็นน้ำภายในส่วนกลวงได้ โดยน้ำหนักของชี้นตัวอย่างที่ไม่เกิดการรั่วซึมที่เพิ่มขึ้นนี้อยู่ระหว่าง 0.08 - 0.136 กรัม ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติของอะคริลิเกรซินที่ดูดซึมน้ำ โดยกระบวนการดูดน้ำ

(imbibition) จากการที่มีโครงสร้างที่ไม่มีผลึก (noncrystalline) มีพลังงานภายในสูง และจากคุณสมบัติของพอลิเมอร์ที่มีพันธะของโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว หรือมีแรงระหว่างโมเลกุลที่ไม่สมดุลย์ จึงทำให้พอลิเมอร์ที่เมทาโครเลตมีการดูดซึมน้ำอย่างช้าๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก หลังจากจุ่มน้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และการดูดน้ำนี้จะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิที่ 0 - 60 องศาเซลเซียส แต่ได้รับอิทธิพลจากน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ คือ ถ้าน้ำหนักโมเลกุลมากจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักน้อย และการดูดน้ำนี้สามารถกลับคืนได้โดยการทำให้แห้ง อะคริลิกเรซินสามารถดูดน้ำได้ 0.69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Phillip, 1996)

American Dental Association specification no. 12 (CDMD, 1975) ได้กำหนดค่าการดูดซึมน้ำภายใน 7 วันนั้น ไม่ควรเกิน 0.8 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) และ International Organization for Standardization 1567 (ISO, 1988) กำหนดค่าการดูดซึมของพอลิเมอร์ ไม่ควรเกิน 32 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร ( $\mu\text{g}/\text{mm}$ ) และจากการศึกษาของ Paprocki, และคณะ (1990) พบว่าขึ้นตัวอย่างดูดซึมน้ำ 0.04 กรัม ในระยะเวลา 4 สัปดาห์

กลไกที่ทำให้เกิดการดูดซึมคือการแพร่ (diffusion) เป็นการเคลื่อนของสารหนึ่งเข้าไปในช่องว่าง หรือเข้าไปในสสารที่สอง อะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ( $D$ ) =  $2.34 \times 10^{-12}$  ตารางเมตรต่อวินาที ( $\text{m}^2/\text{sec}$ ) ที่ 37 องศาเซลเซียส ส่วนอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ ( $D$ ) =  $1.08 \times 10^{-12}$  ตารางเมตรต่อวินาที ( $\text{m}^2/\text{sec}$ ) ที่ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าน้อย และเวลาที่ใช้ในการถึงจุดสมดุลย์ของการดูดน้ำ หรือการสูญเสียไอน้ำนั้น เป็นสัดส่วนกับความหนาของวัสดุ สำหรับฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินทั่วไป ใช้เวลาประมาณ 17 วัน เมื่อมีการดูดซึมน้ำพบว่ามีความแตกต่างของมิติ เพียงเล็กน้อยเท่านั้นของ เรซินทั้ง 2 ชนิด (Braden, 1963)

จากผลการทดลองนั้น กล่าวได้ว่า การเคลือบฟันผิวและรอยต่อของชิ้นตัวอย่างด้วยสารละลายโมโนโพลีนี ถึงแม้จะไม่สามารถยับยั้งการรั่วซึมของน้ำได้ แต่ก็สามารถลดการรั่วซึมได้ ซึ่งส่งผลให้เพิ่มระยะเวลาในการทำงานของเครื่องมือปิดช่องโหว่ชนิดปิดในช่องปากได้ แต่จากการที่โมโนโพลีนีเป็นสารละลายที่มีส่วนผสมของมอนอเมอร์ของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองในปริมาณที่สูง ซึ่งอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองมีมอนอเมอร์ตกค้างมากกว่าโดยสูงถึง

ร้อยละ 4 เมื่อเทียบกับชนิดบ่มด้วยความร้อน ซึ่งมีเพียง ร้อยละ 1.5 (Stafford และคณะ, 1980) และโดยปกติพอลิเมทิลเมทาไครเลตนั้นไม่ละลายน้ำ แต่มอนอเมอร์ที่ตกค้างและอยู่ใกล้กับพื้นผิวสามารถแพร่ออกมาสู่น้ำได้ทำให้เกิดน้ำหนักที่ลดลงในช่วงแรก ส่วนมอนอเมอร์ที่ตกค้างฝังอยู่ภายในเนื้อที่ไม่ใกล้กับพื้นผิวนั้น จะไม่สามารถแพร่ออกมาได้ง่ายจะต้องใช้เวลา นาน ซึ่งจะทำให้การดูดน้ำเข้าไปภายในสูงพอที่จะชดเชยการสูญเสียมอนอเมอร์ ทำให้เกิด การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักได้ และปริมาณมอนอเมอร์ที่ตกค้างมากขึ้น จะทำให้จำนวนรูพรุนใน เนื้อวัสดุหลังจากการหลุดของมอนอเมอร์สูงขึ้น และทำให้การดูดกลับของน้ำมากขึ้นด้วย แต่ มอนอเมอร์ที่บริเวณผิวนี้สามารถจะถูกกำจัดได้ หลังจากแช่น้ำ เป็นเวลา 17 วัน (Phillip, 1996 )

ผลของการรั่วซึมน้ำของชิ้นตัวอย่างที่เคลือบสารละลายโมโนโพลีภายนอกจะแตกต่างจาก กลุ่มที่ไม่ได้เคลือบเพียงกลุ่มเดียว แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ทำการเคลือบสารละลายโมโนโพลี ภายใน เนื่องจากการเคลือบสารละลายภายในเครื่องมือนี้มีวิธีทำที่ซับซ้อน และอาจมีเศษผง ของเรซินที่เกิดจากการเจาะรูเพื่อทำการเคลือบภายในของชิ้นตัวอย่างหล่นลงภายใน ไปขัดขวาง การเคลือบบริเวณรอยเชื่อมต่อภายในได้ และเป็นวิธีที่ควบคุมได้ยาก โดยเฉพาะบริเวณรอย เชื่อมต่อที่เป็นบริเวณที่สำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับ การเคลือบภายนอกที่สามารถเห็นได้ชัดเจน ทำให้สามารถทำการเคลือบได้สมบูรณ์กว่า

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพของ โมนาโพลีที่ใช้เคลือบพื้นผิวของเครื่องมือปิดช่องโหว่ชนิดปิด เพื่อลดการรั่วซึมของน้ำ พบว่า

1. ชันตัวอย่างมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นทุกชิ้น การเพิ่มของน้ำหนักนี้เกิดขึ้นจาก 2 สาเหตุ คือ เกิดจากการคุณสมบัติของอะคริลิกเรซินเองที่มีการดูดซึมน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นใน ทุกชิ้นตัวอย่าง ไม่ว่าจะทำการเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อด้วยสารละลายโมนาโพลีหรือไม่ก็ตาม และมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.08 – 0.136 กรัม ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อแช่ชิ้นตัวอย่างในน้ำ 30 วัน อีกสาเหตุหนึ่ง เกิดจากการ รั่วซึมของน้ำเข้าไปภายในส่วนกลวง พบในชิ้นตัวอย่างที่มีการรั่วซึมบริเวณรอย เชื่อมต่อซึ่งจะเกิดในช่วงของการเทอร์โมไซเคลิง เป็นระยะเวลา 70 รอบ จะพบ ปริมาณน้ำได้น้อยที่สุด คือ 0.11 กรัม และมากที่สุด คือ 22.58 กรัม ซึ่งการ รั่วซึมของน้ำนี้จะสัมพันธ์กับการซึมของสีเมดิซินบูลที่บริเวณรอยเชื่อมต่อ
2. เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าการรั่วซึมของน้ำเกิดขึ้นทุกกลุ่ม แต่แตกต่างกัน โดยกลุ่มควบคุม จะพบการรั่วซึมของน้ำเข้าไปในส่วนกลวงในระยะเวลาที่ เร็วกว่า และมีจำนวนชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมมากกว่ากลุ่มเคลือบภายใน และ กลุ่มเคลือบภายนอก ส่วนกลุ่มเคลือบภายใน พบว่าระยะเวลาที่เกิดการรั่วซึม ของน้ำเข้าไปในส่วนกลวงและจำนวนชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึม รองลงมา และ สำหรับกลุ่มเคลือบภายนอกนั้น พบว่าระยะเวลาที่เกิดการรั่วซึมของน้ำเข้าไปใน ส่วนกลวงช้าที่สุด และมีจำนวนชิ้นตัวอย่างที่เกิดการรั่วซึมขึ้นเป็นจำนวนน้อยที่สุด
3. การเคลือบพื้นผิวและรอยเชื่อมต่อภายนอก สามารถลดการรั่วซึมของน้ำได้อย่างมี นัยสำคัญ ที่  $p < 0.05$



## ข้อเสนอแนะ

1. การเชื่อมชิ้นตัวอย่างที่ทำจากอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนทั้ง 2 ส่วน ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเอง และเคลือบบริเวณรอยเชื่อมต่อด้วยสารละลายโมโนโพลิ จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการทำเครื่องมือปิดแผลทันโหว่แบบกวางชนิดปิดได้ เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้รวดเร็ว มีวิธีทำที่ง่ายและสะดวก และใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถยืดอายุการใช้งานไม่จำเป็นต้องแก้ไขหรือเปลี่ยน เครื่องมือบ่อยๆ จึงเหมาะสมในผู้ป่วยกลุ่มนี้ที่มีปัญหาทั้งทางร่างกายและจิตใจอยู่ แล้ว
2. การเคลือบสารละลายโมโนโพลินั้น อาจใช้เคลือบเฉพาะบริเวณรอยต่อเพียงอย่าง เดียวเพื่อลดปริมาณโมโนเมอร์ตกค้างได้
3. น่าจะมีการศึกษาถึงผลของการเคลือบสารละลายโมโนโพลิทั้งภายในและภายนอก ส่วนกวางเพื่อลดการรั่วซึมของน้ำเพิ่มเติม เพื่อที่จะได้ประโยชน์ของการลดการรั่ว ซึมของน้ำ
4. ควรทำการศึกษาในทางคลินิกต่อไป เพื่อติดตามผลของการใช้งานจริงๆ ในผู้ป่วย

## รายการอ้างอิง

- Adisman, I. K. 1990. Prosthesis serviceability for acquired jaw defects. **Dent Clin North Am** 34: 265-284.
- Alkhatib, M. B. ; and McKinstry, R. E. 1991. Construction of an interim obturator using a microwave-polymerized denture base resin. **Int J Prosthodont** 4: 524-528.
- Aramany, M. A. 1971. A history of prosthetic management of cleft palate: Pare' to Suersen. **Cleft Palate J** 8: 415-430.
- Aramany, M. A. 1978a. Basic principles of obturator design for partially edentulous patients. Part I : Classification. **J Prosthet Dent** 40: 554-557.
- Aramany, M. A. 1978b. Basic principles of obturator design for partially edentulous patients. Part II : Design principles. **J Prosthet Dent** 40: 656-662.
- Aramany, M. A. ; and Drane, J. B. 1972. Effect of nasal extension sections on the voice quality of acquired cleft palate patients. **J Prosthet Dent** 27: 194-202.
- Aslan, Y. ; and Avci, M. 1990. Monopoly coating on acrylic resin surfaces : A bacteriologic study. **J Prosthet Dent** 63: 478-481.
- Beder, O. E. ; and Todo, J. 1978. Rapid technique for constructing a hollow-bulb provisional obturator. **J Prosthet Dent** 39: 237-239.
- Benington, I. C. 1989. Light-cured hollow obturators. **J Prosthet Dent** 62: 322-325.
- Benington, I. C. ; and Clifford, T. 1982. An injection impression technique for palatal defects. **J Prosthet Dent** 47: 414-418.
- Beumer III, J. ; and Curtis, T. A. 1979. **Maxillofacial rehabilitation: Prosthodontic and surgical considerations.** St Louis: CV Mosby Co.
- Beyli, M. S. ; and Fraunhofer, J. A. 1980. Repair of fractured acrylic resin. **J Prosthet Dent** 44: 497-503
- Birnbach, H. ; and Barnhard B. 1989. Direct conversion of a solid obturator to a hollow obturator prosthesis. **J Prosthet Dent** 62: 58-60.
- Boucher, L. J. ; and Heupel, E. M. 1966. Prosthetic restoration of a maxilla and associated structures. **J Prosthet Dent** 16: 154-168.

- Braden, M. 1963. The absorption of water by acrylic resins and other materials. **J Prosthet Dent** 14: 307-316.
- Brown, K. E. 1968. Peripheral consideration in improving obturator retention. **J Prosthet Dent** 20: 176-181.
- Brown, K. E. 1969. Fabrication of a hollow-bulb obturator. **J Prosthet Dent** 21: 97-103.
- Brown, K. E. 1970. Clinical considerations improving obturator treatment. **J Prosthet Dent** 24: 461-466.
- Browning, J. D. ; and Kinderknecht, J. 1984. Fabrication of a hollow obturator with fluid resin. **J Prosthet Dent** 52: 891-895.
- Buckner, H. 1974. Construction of a denture with hollow obturator ,lid and soft acrylic lining. **J Prosthet Dent** 31: 95-99.
- Casey, D. M. ; and Scheer, E. C. 1993. Surface treatment of a temporary soft liner for increased longevity. **J Prosthet Dent** 69: 318-324.
- Caul, H. J. ; Stanford, J. W. ; and Serio, A. F. 1952. Properties of self-curing denture base resins. **J Am Dent Assoc** 44: 295-298
- Chalian, V. A. ; and Barnett, M. O. 1972. A new technique for constructing a one-piece hollow obturator after partial maxillectomy. **J Prosthet Dent** 28: 448-453.
- Chung, R. W. C. ; Clark, R. K. F. ; and Darvell, B. W. 1995. The bonding of cold-cured acrylic resin to acrylic denture teeth. **Aust Dent J** 40: 241-245
- Coffin, F. 1964. Cancer and the dental surgeon. **Br Dent J** 116: 243-253.
- Council of the journal of prosthetic dentistry. 1999. The glossary of prosthodontic terms. 7th ed. **J Prosthet Dent** 81: 39-110.
- Council on dental materials and devices. 1975. Revised American Dental Association Specification No.12 for denture base polymers. **J Am Dent Assoc** 90: 451-458.
- Crim, G. A. ; Swartz, M. L. ; and Phillips, R. W. 1985. Comparison of four thermocycling techniques. **J Prosthet Dent** 53: 50-53.
- Desjardins, R. P. 1977. Early rehabilitative management of the maxillectomy patient. **J Prosthet Dent** 38: 311-318.

- Desjardins, R. P. 1978. Obturator prosthesis design for acquired maxillary defects. **J Prosthet Dent** 39: 424-435.
- Dominguez, N. E. ; Thomas, C. J. ; and Gerzina, T. M. 1996. Tissue conditioners protected by a poly(methyl methacrylate) coating. **Int J Prosthodont** 9: 137-141.
- El Mahdy, A. S. 1969. Processing a hollow obturator. **J Prosthet Dent** 22: 682-686.
- Fischman, B. 1989. The use of light-cured material for immediate hollow obturator prosthesis. **J Prosthet Dent** 61: 215-216.
- Gardner, L. K. ; and Parr, G. R. 1988. Extending the longevity of temporary soft liners with a mono-poly coating. **J Prosthet Dent** 59: 71-72.
- Gardner, L. K. ; Parr, G. R. ; and Rahn, A. O. 1990. Combination nasal support breathing flange with hollow obturator prosthesis: A clinical report. **J Prosthet Dent** 63: 497-501.
- Gronet, P. M. ; Driscoll, C. F. ; and Hondrum, S. O. 1997. Resiliency of surface-sealed temporary soft denture lines. **J Prosthet Dent** 77: 370-374.
- Hahn, G. W. 1972. A comfortable silicone bulb obturator with or without dentures. **J Prosthet Dent** 28: 313-317.
- Hammond, J. 1966. Dental care of edentulous patients after resection of maxilla. **Br Dent J** 21: 591-594.
- Hayakawa, I. ; Takahashi, Y. ; Morizawa, M. ; Kobayashi, S. ; and Nagao, M. 1997. The effect of a fluorinated copolymer coating agent on tissue conditioners. **Int J Prosthodont** 10: 44-48.
- International organization for standardization: Specification 1567 1988. **Denture base polymers**. 2nd ed Switzerland : ISO
- Jeffreys, F. E. 1952. Use of self-curing resins in repairing and relining dentures. **J Am Dent Assoc** 44: 298-301.
- Keller, J. C. ; and Lautenschlager, E. P. 1985. Porosity reduction and its associated effect on the diametral tensile strength of activated acrylic resins. **J Prosthet Dent** 53: 374-379.
- King, G.E. ; and Martin, J. W. 1996. Complete dentures for the obturator patient. **Dent Clin North Am** 40: 217-237.

- Matalon, V. ; and LaFuente, H. 1976. A simplified method for making a hollow obturator. **J Prosthet Dent** 36: 580-582.
- McCabe, J. F. 1985. **Anderson's applied dental materials**. 6th ed. Oxford: Blackwell Scientific
- McAndrew, K. S. ; Rothenberger, S. ; and Minsley, G. E. 1998. An innovative investment method for the fabrication of a closed hollow obturator prosthesis. **J Prosthet Dent** 80: 129-132.
- Minsley, G. E. ; Nelson, D. R. ; and Rothenberger, S. L. 1986. An alternative method for fabrication of a closed hollow obturator. **J Prosthet Dent** 55: 485-489.
- Nelsen, R. J. ; Wolcott, R. B. ; and Paffenbarger, G. C. 1952. Fluid exchange at the margins of dental restorations. **J Am Dent Assoc** 44: 288-295.
- Nidiffer, T. J. ; and Shipmon, T. H. 1957. The hollow bulb obturator for acquired palatal openings. **J Prosthet Dent** 7: 126-134.
- Ohata, N. ; Takamichi, O. ; Okuda, K. ; and Uchiyama, Y. 1996. Fabrication of maxillary obturator Prosthesis : A study of hollow-type obturator leakage. **Maxillo Prosthet** 19:26-30
- Ohyama, T. ; Gold, H. O. ; and Pruzansky, S. 1975. Maxillary obturator with silicone-lined hollow extension. **J Prosthet Dent** 34: 336-341.
- Olinger, N. A. 1952. Cleft palate prosthesis rehabilitation. **J Prosthet Dent** 2: 117-135
- Oral, K. 1979. Construction of a buccal flange obturator. **J Prosthet Dent** 41: 193-197.
- Oral, K. ; Aramany, M. A. ; and McWilliams, B. J. 1979. Speech intelligibility with the buccal flange obturator. **J Prosthet Dent** 41: 323-328.
- Palmer, B. ; and Coffey, K. W. 1985. Fabrication of the hollow bulb obturator. **J Prosthet Dent** 53: 595-596.
- Palmer, D. S. ; Barco, M. T. ; and Billy, E. J. 1992. Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. **J Prosthet Dent** 67: 325-327.
- Paprocki, G. J. ; Jacob, R. F. ; and Kramer, R. C. 1990. Seal integrity of hollow-bulb obturators. **Int J Prosthodont** 3: 457-462.

- Phankosol, P. ; and Martin, J. W. 1985. Hollow obturator with removable lid. **J Prosthet Dent** 54: 98-100.
- Phillips, R. W. 1996. **Skinner's science of dental materials**. 10th ed. Philadelphia: WB Saunders.
- Radcliffe, G. J. ; Mady, S. ; Burr, R. ; Cheesman, A. D. ; and Wilson, D. 1984. A new immediate temporary lightweight obturator for maxillectomy cavities. **Br J Oral Maxillofac Sur** 22: 50-53.
- Rossomando, K. J. ; and Wendt, S. L. 1995. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. **Dent Mater** 11: 47-51.
- Schaaf, N. G. 1977. Obturators on complete dentures. **Dent Clin North Am** 21: 395-401.
- Schneider, A. 1978. Method of fabricating a hollow obturator. **J Prosthet Dent** 40: 351.
- Sharry, J. J. 1962. Extensions of partial denture treatment. **Dent Clin North Am** 6: 821-835
- Shifman, A. 1983. A technique for the fabrication of the open obturator. **J Prosthet Dent** 50: 384-385
- Shortall, A. C. 1982. Microleakage, marginal adaptation and composite resin restorations. **Br Dent J** 153: 223-226.
- Stafford, G. D. ; Bates, J. F. ; Huggett, R. ; and Handley, R. W. 1980. A review of the properties of some denture base polymers. **J Dent** 4: 292-306.
- Szabo, G. ; Valderhaug, J. ; and Ruyter, I. E. 1985. Some properties of a denture acrylic coating. **Acta Odontol Scand** 43: 249-256.
- Taicher, S. ; Rosen, A. G. ; Arbree, N. S. ; Bergen, S. F. ; Levy, M. ; and Lepley, J. B. 1983. A technique for fabrication of polydimethylsiloxane-acrylic resin obturators. **J Prosthet Dent** 50: 65-68.
- Tanaka, Y. ; Gold, H. O. ; and Pruzansky, S. 1977. A simplified technique for fabricating a lightweight obturator. **J Prosthet Dent** 38: 638-642.
- Toremalm, N. G. 1973 . A disposable obturator for maxillary defects. **J Prosthet Dent** 29: 94-96.

- Vallittu, P. K. ; Lassila, V. P. ; and Lappalainen, R. 1994. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. **J Prosthet Dent** 72: 639-643.
- Vallittu, P. K. ; and Ruyter, I. E. 1997. Swelling of poly(methyl methacrylate) resin at the repair joint. **Int J Prosthodont** 10: 254-258
- Wang, R. R. ; and Hirsch, R. F. 1997. Refining hollow obturator base using light-activated resin. **J Prosthet Dent** 78: 327-329.
- Watson, R.M. ; and Gray, B.J. 1985. Assessing effective obturation. **J Prosthet Dent** 54: 88-930.
- White, K. C. ; Beckley E. ; and Connelly M. E. 1990. Trial base adapted with sealed temporary soft liner. **J Prosthet Dent** 64: 618-621.
- Wood, R. H. ; and Carl, W. 1977. Hollow silicone obturators for patients after total maxillectomy. **J Prosthet Dent** 38: 643-651.
- Worley, J. L. ; and Kniejski, M. E. 1983. A method for controlling the thickness of hollow obturator prostheses. **J Prosthet Dent** 50: 227-229.
- Wu, Y. ; and Schaaf, N. G. 1989. Comparison of weight reduction in different designs of solid and hollow obturator prostheses. **J Prosthet Dent** 62: 214-217.
- Zaki, H. S. 1980. Modified bypass in maxillary hollow-bulb obturators. **J Prosthet Dent** 43: 320-321.
- Zarb, G. A. 1967. The maxillary resection and its prosthetic replacement. **J Prosthet Dent** 18: 268-281.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## เทอร์โมไซคลิก

Nelsen, Wolcott และ Paffenbarger (1952) แสดงการรั่วซึมของขอบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยมีสาเหตุจากความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุที่แตกต่างกัน

การศึกษาการรั่วซึมนั้นพบว่า อุณหภูมิ ช่วงเวลา และจำนวนรอบ ที่ใช้นั้นแตกต่างกันตามลักษณะของการศึกษา ซึ่ง Crim, Swartz และ Phillips (1985) กล่าวว่า กระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีผลต่อการรั่วซึมมากกว่าการที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความสัมพันธ์ระหว่าง การขยายตัวตามอุณหภูมิ และระยะเวลา เป็นปัจจัยที่สำคัญในการประเมินการรั่วซึมของวัสดุ (Rossomando และ Wendt, 1995)

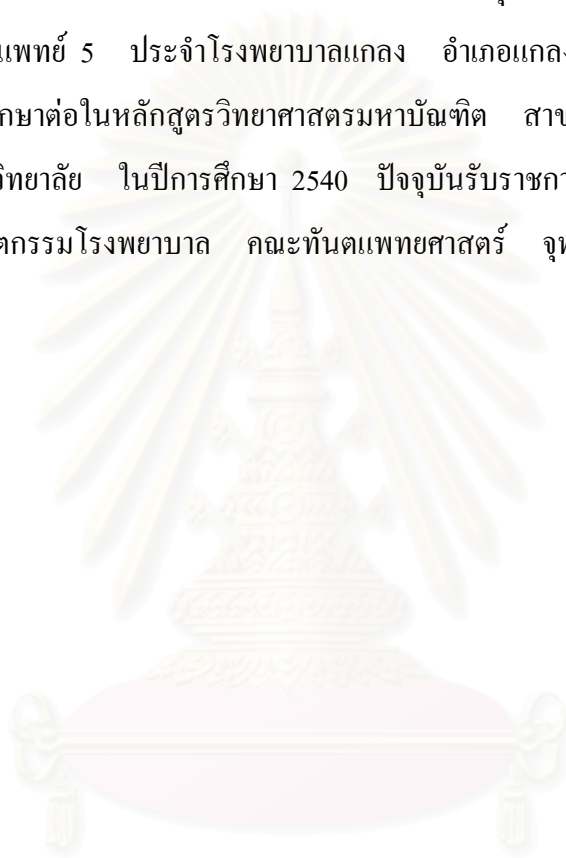
อุณหภูมิส่วนมากที่ใช้กัน คือ อุณหภูมิ 9 - 52 องศาเซลเซียส (Nelsen และคณะ, 1952) 0 - 68 องศาเซลเซียส (Shortall, 1982) อุณหภูมิ 0 - 67 องศาเซลเซียส (Palmer, Barco และ Billy, 1992)  $18 \pm 1$  -  $53 \pm 1$  องศาเซลเซียส (Rossomando และ Wendt, 1995) และ 4 - 60 องศาเซลเซียส (Ohata และคณะ, 1996) เป็นต้น อุณหภูมิ ต่างๆ เหล่านี้เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำเทอร์โมไซคลิก ของวัสดุทางทันตกรรมซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สามารถเกิดขึ้นจริงได้ในช่องปาก ไม่ทำให้เกิดความเครียดที่มากหรือน้อยเกินไปต่อวัสดุ

สำหรับช่วงเวลาที่ใช้นั้น มีตั้งแต่ไม่กี่วินาทีจนถึงหลายชั่วโมง Rossomando และ Wendt (1995) เปรียบเทียบ การใช้ช่วงเวลาที่ขึ้นตัวอย่างจุ่มอยู่ในหม้ออุณหภูมิเฉพาะ (dwell times) ระหว่าง 30 และ 60 วินาที ของสารละลายฟลูออไรด์ 0.5 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้การรั่วซึมมากขึ้นด้วย ส่วนจำนวนรอบมีตั้งแต่ 1 - 5,000 รอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียน

นางสาว เกศสุดา โทวนิช เกิดวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2514 ที่อำเภอเมือง จังหวัด  
ขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536 เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ 4  
ประจำโรงพยาบาลสอยดาว อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี เป็นเวลา 2 ปี และได้ย้ายมา  
รับตำแหน่งทันตแพทย์ 5 ประจำโรงพยาบาลแกลง อำเภอแกลง จังหวัดระยอง เป็นเวลา  
1 ปี ก่อนเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งทันตแพทย์ 5  
ประจำหน่วยทันตกรรมโรงพยาบาล คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย