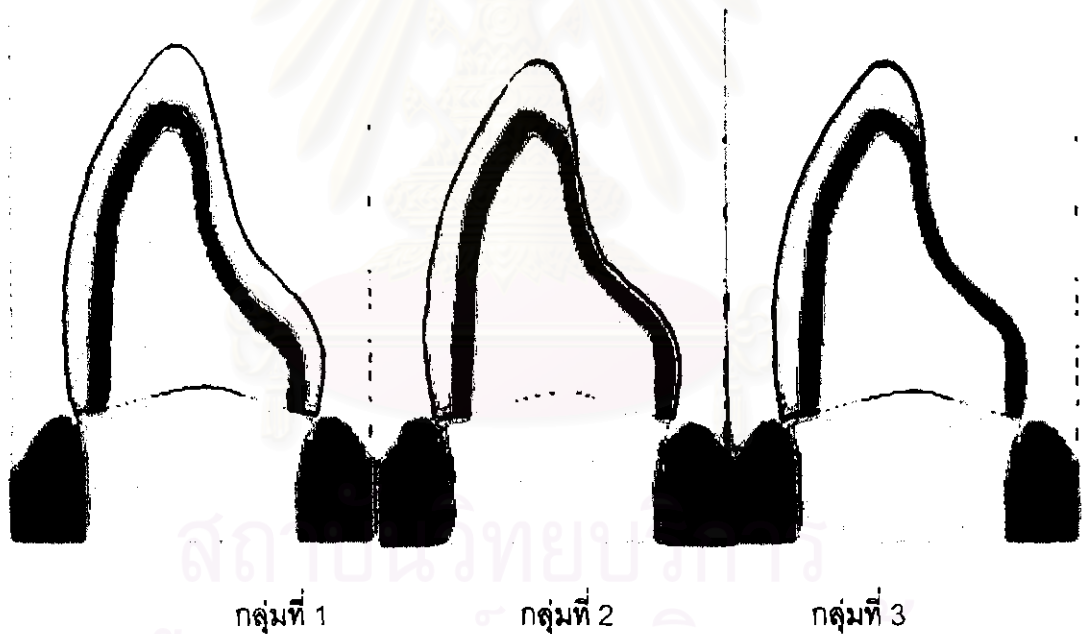


### บทที่ 3

#### ระเบียบและวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบหาปริมาณแรงกดสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกร้าว (Maximum compressive failure load) ในหน่วยนิวตัน (Newton) ของครอบฟันอินซีแรม 3 กลุ่ม ซึ่งทุกกลุ่มมีลักษณะโครงสร้างของแกนอินซีแรมตามกำหนดของบริษัทผู้ผลิต แต่มีความหนาของพอร์ซเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้นที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม มีความหนาของพอร์ซเลนวีเนียร์โดยรอบตามกำหนดของบริษัทผู้ผลิต เปรียบเทียบกับอีก 2 กลุ่มทดลองที่มีการปรับเปลี่ยนความหนาของพอร์ซเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้น (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงลักษณะโครงสร้างของครอบฟันอินซีแรมทั้ง 3 กลุ่ม

ขั้นตอนต่างๆของการวิจัย ประกอบด้วย

1. การสร้างแบบฟันโลหะ
  - 1.1 การเตรียมฟันพลาสติกต้นแบบ
  - 1.2 การหล่อแบบฟันโลหะจากฟันพลาสติกต้นแบบ

2. การสร้างครอบฟันอินซีแรมบนแบบฟันโลหะ
  - 2.1 การขึ้นรูปส่วนแกนอินซีแรม
  - 2.2 การขึ้นรูปครอบฟันด้วยฟอร์ชเลนวีเนียร์
3. การยึดครอบฟันอินซีแรมกับแบบฟันโลหะ
4. การทดสอบแรงด้านการแตก
5. การรวบรวมข้อมูล,วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

## 1. การสร้างแบบฟันโลหะ

### 1.1 การเตรียมฟันพลาสติกต้นแบบ

#### 1. การเตรียมฟันพลาสติก

นำแบบฟันพลาสติกที่ตัดกลางขวาของชากรรไกรบน (Nissin dental products inc., Kyoto, Japan) จำนวน 3 ซี่ ตกแต่งบริเวณรากฟันด้วยอะคริลิกเรซินสำหรับสร้างแบบ (Duralay, Reliance dental Mfg., Illinois, USA) ให้มีฐานเป็นลักษณะแท่งสี่เหลี่ยมสูงประมาณ 1.5 นิ้ว (ภาพที่ 3.2) เป็นส่วนฐานสำหรับใช้ยึดกับตัวจับในการทดสอบแรงกดกับเครื่องทดสอบยูนิเวอร์ซอล (Universal testing machine)



ภาพที่ 3.2 แบบฟันพลาสติก ที่ทำการตกแต่งบริเวณฐานแล้ว

## 2. เตรียมเบ้าของแบบพื้นพลาสติก

เพื่อให้ครอบพื้นอินซีเมนต์ที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายมีขนาดและรูปร่างเท่ากับซีพื้นพลาสติกก่อนหล่อ จึงทำการควบคุมขนาดของครอบพื้นโดยจัดเตรียมเบ้า (Mould) พลาสติก 2 ขนาด สำหรับใช้ควบคุมขนาดครอบพื้นในขั้นตอนการขึ้นรูปพอร์ซเลนวีเนียร์และขนาดจริงก่อนนำไปทดสอบ วิธีการจัดทำเบ้าทำโดย

ใช้แผ่นพลาสติกแข็งโพลีคาร์บอเนตหนา 0.5 มิลลิเมตร อุ่นให้ร้อนและใช้เครื่องดูดสูญญากาศ (Keystone, Cherry Hill, New Jersey ,USA.) ดูดแผ่นพลาสติกให้แนบสนิทกับซีพื้น ใช้ใบมีดตัดแต่งส่วนเกินแล้วกรีดแผ่นพลาสติกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ด้านหน้าและด้านหลังตามแนวด้านประชิดของซีพื้น จากนั้นทำเบ้าพลาสติกชุดที่ 2 ทับลงไปบนซีพื้นและเบ้าพลาสติกชุดแรกเบ้าพลาสติกชุดที่ 2 จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของซีพื้นพลาสติกประมาณ 0.5 มิลลิเมตรโดยรอบ ทำการตัดแต่งเบ้าพลาสติกเช่นเดียวกับชุดที่ 1 เบ้าพลาสติกที่ได้ (ภาพที่ 3.3)

เบ้าพลาสติกชุดที่ 1. มีขนาดของเบ้าเท่ากับขนาดจริงของแบบพื้นพลาสติก ใช้สำหรับช่วยตรวจสอบและควบคุมขนาดของครอบพื้นอินซีเมนต์ในขั้นตอนสุดท้าย

เบ้าพลาสติกชุดที่ 2. จะใช้สำหรับควบคุมความหนาในการเติมผงพอร์ซเลนวีเนียร์ขนาดของเบ้าที่ใหญ่กว่าแบบพื้นจริงประมาณ 0.5 มิลลิเมตร จะช่วยชดเชยการหดตัวของพอร์ซเลนหลังจากที่ทำการเผา



ภาพที่ 3.3 ลักษณะของเบ้าพลาสติกบนแบบพื้นโลหะ

### 3. การกรอแต่งฟันพลาสติก

นำแบบฟันพลาสติกจากข้อ 1. มาทำการกรอแต่งตามแบบของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

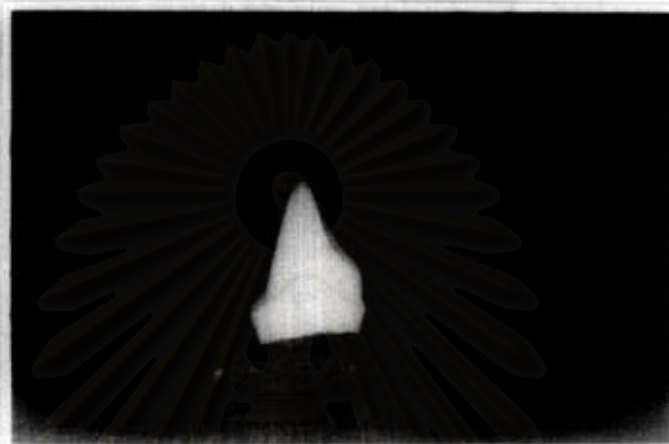
แบบที่ 1. กลุ่มควบคุม ทำการกรอแต่งสำหรับทำครอบฟันทั้งซี่ (Full coverage crown) โดยกรอเนื้อฟันบริเวณปลายฟัน 2.0 มิลลิเมตร ส่วนด้านหน้าด้านลิ้นและด้านประชิดของกรอตัด 1.5 มิลลิเมตร บริเวณขอบกรอแต่งเป็นขอบตัดตั้งฉาก (Shoulder margin) ที่รอยต่อระหว่างเคลือบรากฟันและเคลือบฟัน ความหนาของเนื้อฟันที่กรอออกควบคุมโดยการกรอกำหนดความลึก (Depth cut) ด้วยหัวกรอสำหรับกรอกำหนดความลึก (Pilot S15, Intensive SA, Switzerland) จากนั้นกรอแต่งฟันด้วยเข็มกรอ ดี 8 ชนิดหยาบ (D8 Coarse, Intensive SA, Switzerland) ส่วนบริเวณขอบใช้หัวกรอรูปร่างกระบอกที่มีความคมเฉพาะส่วนปลาย 221 และ 222 (Tissue-protective end-cutting 221,222, Intensive SA, Switzerland) จากนั้นขัดแต่งให้เรียบ ฟันที่กรอเสร็จแล้วจะมีลักษณะลู่เข้าหาปลายฟัน (Convergence angle) ประมาณ 6 องศา ตามลักษณะของเข็มกรอ และมีบริเวณมุมทุกมุมเป็นมุมมน



ภาพที่ 3.4 ลักษณะการกรอแต่งแบบฟันพลาสติกแบบที่ 1. สำหรับกลุ่มควบคุม

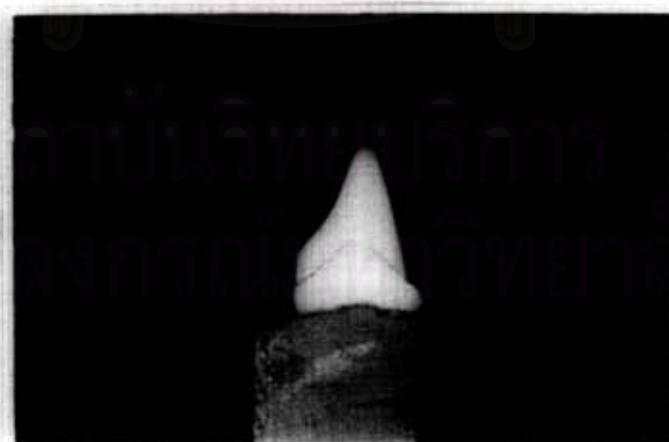
แบบที่ 2. ทำการกรอเช่นเดียวกับแบบที่ 1 ยกเว้นด้านลิ้นตั้งแต่บริเวณเส้นมุมใกล้กลางด้านลิ้น (Mesial lingual line angle) ถึงเส้นมุมไกลกลางด้านลิ้น (Distal lingual line angle) และตั้งแต่ปลายฟันไปจนถึงรอยต่อระหว่างเคลือบรากฟันและเคลือบฟัน กรอตัดเนื้อฟันออกเพียง

0.8 มิลลิเมตร ส่วนทางด้านประชิด (Proximal surface) ตั้งแต่เส้นมุมด้านล่างจะค่อยๆกรอขยายไป เป็น 1.5 มิลลิเมตรที่บริเวณเส้นมุมด้านแก้ม (Buccal line angle) (ภาพที่ 3.5)



ภาพที่ 3.5 ลักษณะการกรอแต่งแบบฟันพลาสติกสำหรับกลุ่มที่ 2

แบบที่ 3. เตรียมเช่นเดียวกับแบบที่ 1 แต่กรอตัดเนื้อฟันด้านล่างออก 0.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3.6)



ภาพที่ 3.6 ลักษณะการกรอแต่งแบบฟันพลาสติกสำหรับกลุ่มที่ 3

## 1.2 การหล่อแบบฟันโลหะจากฟันพลาสติกต้นแบบ

พิมพ์แบบฟันพลาสติกที่ทำการรอกแต่งไว้แล้วนำมาเทแบบด้วยอะคริลิกสำหรับสร้างแบบ (Acrylic pattern resin) นำแบบจำลองที่ได้ไปหล่อแบบด้วยโลหะผสมโคบอลต์โครเมียม (Cobalt-chromium alloy) เป็นแม่แบบฟันโลหะ โดยมีรายละเอียดในการจัดเตรียมดังต่อไปนี้

1. เตรียมภาคพิมพ์ลักษณะทรงกระบอกขนาดใหญ่กว่าแบบฟันพลาสติกและฐานประมาณ 2.0 มิลลิเมตรสำหรับใช้พิมพ์แบบฟันพลาสติก โดยใช้อะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีสำหรับทำภาคพิมพ์ปาก (Formatray, Kerr cooperation, Miami, USA) เตรียมช่องว่างระหว่างภาคพิมพ์กับแบบฟันพลาสติกมีความหนาสม่ำเสมอเพื่อเป็นที่อยู่ของวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคน

2. พิมพ์แบบฟันพลาสติก ทั้งสามแบบที่เตรียมไว้ด้วยวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคนชนิดความหนืดต่ำ (Presidentmicro System; Coltene/Whaledent Inc., New Jersey, USA) ควบคุมการผสมโดยใช้ปืนฉีดผสม (Gun type) เมื่อวัสดุพิมพ์แข็งตัว ดึงแบบฟันออกแล้วทิ้งแบบพิมพ์ไว้ 30 นาทีให้วัสดุคืนตัวและมีการระเหยของก๊าซจากปฏิกิริยา นำรอยพิมพ์ที่ได้มาเทแบบด้วย อะคริลิกสำหรับสร้างแบบ ทำการพิมพ์และเทแบบจากแบบฟันพลาสติกที่รอกแต่งไว้ทั้งสามแบบๆ ละ 10 ชิ้น

3. การหล่อโลหะ แกะแบบจำลองอะคริลิกที่ได้มายึดติดกับแบบสร้างแอ่งเท (Crucible former) ที่บริเวณฐานของแบบจำลองอะคริลิก แล้วนำมาใส่ในวงแหวนสำหรับหล่อ (Casting ring) นำแผ่นบุวงแหวนสำหรับหล่อ (Non-asbestos ribbon, Shofu Inc., Kyoto, Japan) ที่ชุ่มน้ำมาบุภายในวงแหวน เทเข้าด้วยวัสดุทำเบ้าชนิดฟอสเฟตบอนด์ (Biosint-supra, Degussa AG, Frankfurt, Germany) ทิ้งไว้จนแข็งตัวเต็มที่ 1 ชั่วโมงแล้วนำไปเผาใส่อะคริลิกที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 1050 องศาเซลเซียสก่อนนำไปหล่อโลหะด้วยโลหะผสมโคบอลต์โครเมียม (Biosil f, Shofu Inc., Kyoto, Japan) หลังจากหล่อโลหะเข้าสู่เบ้าหล่อ 1 นาที นำเบ้าหล่อจุ่มลงในน้ำ (Quenching) เมื่อโลหะเย็นตัวลงนำแบบหล่อออกจากเบ้าขัดแต่งส่วนเกินและเป่าด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน (Hi-Aluminas; Shofu Inc., Kyoto, Japan) เพื่อควบคุมลักษณะผิวของแม่แบบโลหะให้มีความเรียบสม่ำเสมอ

## 2. การสร้างครอบฟันอินซีรามบนแบบฟันโลหะ

### 2.1 การขึ้นรูปส่วนแกนอินซีราม

ขั้นตอนนี้เป็น การเตรียมแกนอินซีราม (In-Ceram core) สำหรับแม่แบบฟันโลหะแต่ละซี่รวม 30 ซี่ โดยมีความหนา 0.5 มิลลิเมตรโดยตลอดตามกำหนดของบริษัทผู้ผลิต การเตรียมแกนอินซีรามจะมีขั้นตอนสำคัญคือการเตรียมแกนอะลูมินา (Alumina core) และเผาให้แก้วแทรกซึมเข้าไปในแกนอะลูมินา

1. การเตรียมแบบจำลองพลาสติกเตอร์ (Plaster die) สำหรับเป็นแม่แบบใช้งาน (Working die) ขั้นตอนต่าง ๆ ดำเนินการตามขั้นตอนซึ่งกำหนดไว้ของบริษัทผู้ผลิต ดังนี้

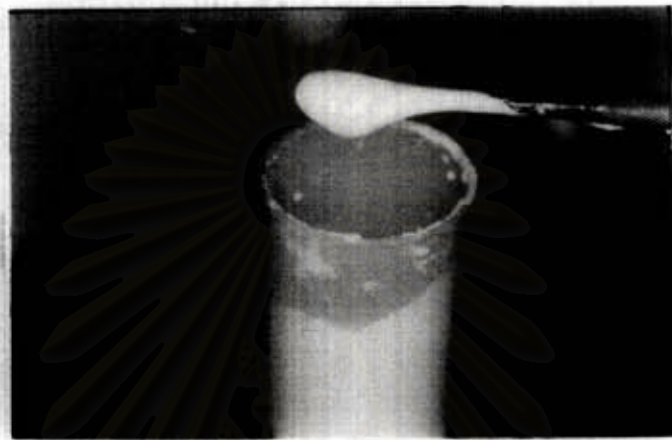
ทาสารคั้นแม่แบบ (Interspace varnish) ที่แม่แบบฟันโลหะจำนวน 2 ชั้นมีความหนาประมาณ 30 ไมครอน เพื่อเป็นที่อยู่สำหรับซีเมนต์ซึ่งเป็นความหนาที่พอเหมาะสำหรับเรซินซีเมนต์พานาเวีย 21 (Panavia21)<sup>81</sup> ทำการพิมพ์แม่แบบฟันโลหะด้วยวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคนชนิดเดียวกับข้อ 1.2 ทิ้งแบบพิมพ์ไว้ 30 นาทีให้วัสดุคืนสภาพและมีการระเหยของก๊าซจากปฏิกิริยาของวัสดุแบบพิมพ์ที่ได้ด้วยพลาสติกเตอร์ชนิดพิเศษ (Special plaster) ของอินซีรามโดยอัตราส่วนผงพลาสติกเตอร์ 20 กรัมต่อน้ำกลั่น 4.6 มิลลิลิตร ผสมในเครื่องผสมสุญญากาศเป็นเวลา 20 วินาที ที่ให้แบบจำลองพลาสติกเตอร์ก่อตัวเป็นเวลา 2 ชั่วโมงในแบบพิมพ์ นำแบบจำลองพลาสติกเตอร์ออกจากแบบพิมพ์และทิ้งไว้ให้มีการแข็งตัวต่ออีก 1 ชั่วโมงแล้วนำมาทาสารเคลือบผิว (Sealant) เพื่อควบคุมการดูดน้ำของแบบจำลองพลาสติกเตอร์ไม่ให้มีมากเกินไป ในขั้นตอนนี้ต้องระวังไม่ให้แบบจำลองพลาสติกเตอร์สัมผัสกับน้ำเพราะจะทำให้การดูดน้ำของแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไป

### 2. การเตรียมแกนอะลูมินา (Alumina core)

#### การผสมสารแขวนลอยอะลูมินา

ผสมสารแขวนลอยของอะลูมินา ตามวิธีการของบริษัทผู้ผลิตโดยใช้ผงอะลูมินา (Alumina powder) 38 กรัมกับส่วนเหลว (Mixing liquid) 5 มิลลิลิตร พร้อมด้วยส่วนผสมเพิ่ม (Additive) 1 หยด ผสมให้เข้ากันโดยค่อยๆ เติมผงอะลูมินาเข้าไปในส่วนเหลว เขย่าให้ส่วนประกอบเข้ากันระหว่างการผสมด้วยเครื่องสั่นอุลตราโซนิก (Vitasonic, Vita Zahnfabrik; Bad Sackingen, Germany) เป็นช่วงๆ รวมทั้งหมด 3 ช่วงๆ ละ 2 นาที จนกระทั่งเติมส่วนผสมลงในส่วนเหลวจนหมดและผสมให้เข้ากันแล้ว เขย่าในเครื่องอุลตราโซนิกอีกครั้งเป็นเวลา 7 นาที สาร

แขวนลอยที่ได้จะมีลักษณะเข้ากันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำส่วนผสมเข้าเครื่องดูดอากาศเพื่อกำจัดฟองอากาศภายในสารแขวนลอยที่ได้ จะได้ส่วนผสมที่พร้อมสำหรับการทำงานขั้นต่อไป (ภาพที่ 3.7)



ภาพที่ 3.7 สารแขวนลอยอะลูมินา

#### วิธีการขึ้นรูปแกนอะลูมินา

การขึ้นรูปแกนอะลูมินาทำโดยใช้กุกันป้ายสารแขวนลอยอะลูมินาลงบนแบบจำลองพลาสติก ค่อยๆเพิ่มส่วนผสมเข้าไปจนมีความหนามากกว่า 0.5 มิลลิเมตรเล็กน้อย และเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด การป้ายส่วนผสมต้องทำอย่างต่อเนื่องระวังไม่ให้ส่วนที่เติมไปก่อนแห้งเกินไป ซึ่งจะทำให้ส่วนที่เติมเข้าไปใหม่ไม่เป็นเนื้อเดียวกับส่วนที่เติมไปก่อน ส่งผลต่อความแข็งแรงของแกนอะลูมินา

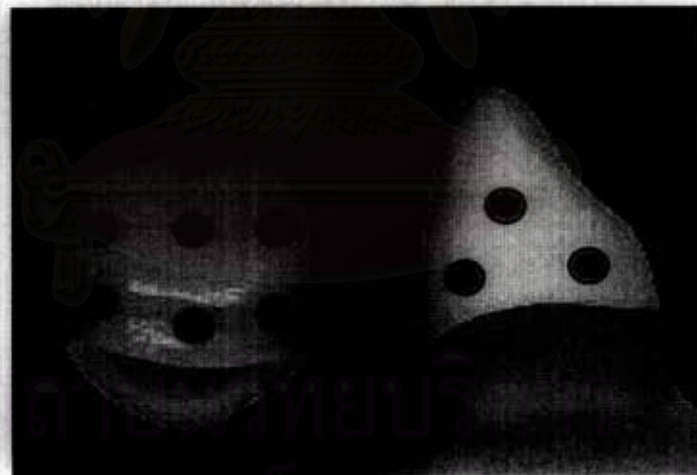
หลังจากอะลูมินาแห้งและแข็งตัว ตัดแต่งเอาส่วนเกินที่ไม่ต้องการออกโดยใช้ใบมีด ทา น้ำยาคงสภาพ (Stabilizer) ที่ผิวอะลูมินา แล้วนำไปเผาในเตาเผา (Inceramat II, Vita Zahnfabrik; Bad Sackingen, Germany) โดยมีขั้นตอนในการเผาที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิจนเป็น 1,120 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลา 2 ชั่วโมงแล้วคงอุณหภูมิไว้ที่ 1,120 องศาเซลเซียสอีก 2 ชั่วโมงแล้วจึงปล่อยให้ค่อยๆเย็นตัวลงในเตาจนมีอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3.1) แล้วจึงเอาออกจากเตาปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้อง



การเผา	ช่วงที่ 1		เวลาในการ เพิ่มอุณหภูมิ	ช่วงที่ 2	
	อุณหภูมิ	เวลา (ช.ม.)		อุณหภูมิ	เวลา (ช.ม.)
การเผาอะลูมินา	120° C	6:00	2:00 ช.ม.	1120° C	2:00
เผาเพื่อแทรกซึมแก้ว	200° C	--	0:30 ช.ม.	1100° C	4:00

ตารางที่ 3.1 แสดงวงจรการเผาทั้งสองขั้นตอนของอินซีแรม

นำเอาแกนอะลูมินาที่ได้จากการเผาครั้งแรกมาตรวจวัดความหนาด้วยที่วัดความหนาสำหรับครอบฟัน (Crown gauge, TKC, Bangkok, Thailand) และกรอแก้ไขควบคุมให้แกนอะลูมินามีความหนาสม่ำเสมอเท่ากับ  $0.5 \pm 0.05$  มิลลิเมตรโดยตลอด การวัดความหนาจะทำการบริเวณต่างๆรวม 24 จุด แบ่งเป็นด้านหน้า 9 จุด ด้านหลัง 9 จุด และด้านประชิดด้านละ 3 จุด (รูปที่ 3.8)



ภาพที่ 3.8 แสดงตำแหน่งที่ใช้วัดความหนา

นำแกนอะลูมินาที่กรอแต่งแล้วมาตรวจสอบหาจุดบกพร่อง รอยแตกร้าว รูพรุนขนาดใหญ่ โดยการใช้สีสำหรับตรวจสอบรอยร้าวของบริษัทผู้ผลิต (Blue testing liquid) ชิ้นส่วนที่ตรวจพบรูพรุนหรือรอยร้าวจะถูกคัดออกและทำชิ้นใหม่ จนไม่มีจุดบกพร่องใดๆในชิ้นตัวอย่างที่จะนำมาใช้งานต่อไป

### 3. การเผาเพื่อแทรกซึมแก้วในแกนอะลูมินา

นำผงแก้ว (ในปริมาณร้อยละ 80-100 ของน้ำหนักแกนอะลูมินา) ผสมกับน้ำกลั่นในปริมาณเล็กน้อยเพื่อให้ผงแก้วจับตัวกัน นำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้ทำผิวนอกของแกนอะลูมินา ระวังไม่ให้มีส่วนเกินเข้าไปด้านในของแกนอะลูมินาแล้วนำไปเผา (Infiltrated firing) อีกครั้งที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิเป็น 1100 องศาเซลเซียสในเวลา 30 นาทีแล้วคงอุณหภูมิไว้เป็นเวลา 4 ชม. (ตารางที่ 3.1) ผงแก้วจะค่อยๆหลอมตัวและซึมเข้าไปภายในมีรูพรุนของอะลูมินา แกนอะลูมินาที่มีแก้วแทรกซึมอย่างทั่วถึงจะมีผิวมันและเปลี่ยนสีไปตามสีของแก้วที่ใช้ทั้งด้านนอกและในของแกนอะลูมินา

### 4. การควบคุมขนาดและความหนาของแกนอินซีแรม

นำเอาแกนอะลูมินาที่ผ่านกระบวนการแทรกซึมด้วยแก้วที่ได้ตามข้อ 3. มากโรตแต่งเอาแก้วส่วนเกินออกด้วยหัวกรอกากเพชร และเป่าด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตรที่ความดันระหว่าง 3-6 บาร์ จากนั้นทำการตรวจสอบความหนาที่ตำแหน่งต่างๆ 24 ตำแหน่งด้วยวิธีการเดิม จากนั้นนำมาลองความแนบสนิทในแม่แบบฟันโลหะจนเข้าที่ แกนอินซีแรมที่จะนำมาใช้งานต่อไปจะต้องมีขอบแนบสนิทกับแม่แบบโลหะเมื่อดูด้วยตาเปล่า

## 2.2 การขึ้นรูปครอบฟันด้วยพอร์ซเลนวีเนียร์

ขั้นตอนนี้เป็น การเติมพอร์ซเลนวีเนียร์ลงบนแกนอินซีแรม และควบคุมให้มีลักษณะรูปร่างและความหนาของครอบฟันตามที่กำหนดไว้

### 1. การเติมพอร์ซเลนวีเนียร์

นำเอาแกนอินซีแรมมาแต่งด้วยพอร์ซเลนวีเนียร์วิตาดัวร์-อัลฟา (Vitadur Alpha, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) เป็นลำดับขั้นตั้งแต่ เนื้อฟันทึบแสง (Opaque-dentin porcelain 1034), เนื้อฟัน (Dentin porcelain 1054), เคลือบฟัน (Enamel porcelain EN2 1072), และพอร์ซเลนโปร่งแสง (Translucent porcelain T4 1084) ตามขั้นตอนที่ผู้ผลิตกำหนด ใช้แป้นพลาสติกสำหรับจำลองแบบชุดที่ 2 ที่เตรียมไว้ จากข้อ 1.1 ในขั้นตอนการสร้างแบบฟันโลหะสำหรับควบคุมความหนาของพอร์ซเลนวีเนียร์ ทาสารคั่นกลาง (Separating media: Iso-Stift 1709; Renfert) ป้องกันไม่ให้ผงพอร์ซเลนติดกับแผ่นพลาสติก ค่อยๆประกบแผ่นพลาสติกทั้งสอง

ขึ้นเข้าหากันไล์พอร์ชเลนส่วนเกินออก ถอดแผ่นพลาสติกออกแล้วนำไปเผาในเตาเผาพอร์ชเลน (Dentsply mach II, Dentsply, Germany) ขั้นตอนการเผาทำโดยค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิทำให้พอร์ชเลนแห้งเป็นเวลา 6 นาที ก่อนเข้าสู่เตาเผาที่อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 600 องศาเซลเซียส จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 960 องศาเซลเซียสในอัตรา 60 องศาเซลเซียสต่อนาทีในสภาวะสุญญากาศ แล้วคงอุณหภูมิไว้ที่ 960 องศาเซลเซียส 1 นาที (ตารางที่ 3.2)

การเผา	อบแห้ง (นาที)	อุณหภูมิ เริ่มต้น	เวลาในการเพิ่ม อุณหภูมิ	อุณหภูมิ สูงสุด	เวลาที่อุณหภูมิ สูงสุด
เผาขึ้นรูปครั้งแรก	6.00	600	6 นาที, สุญญากาศ	960	1.00 นาที
เผาแก้ไขครั้งที่1และ2	6.00	600	6 นาที, สุญญากาศ	950	1.00 นาที
เผาเคลือบผิว	4.00	600	3 นาที, บรรยากาศ	940	1.00 นาที

ตารางที่ 3.2 แสดงวงจรการเผาของพอร์ชเลนวีเนียร์

วัดความหนาของครอบฟันที่ตำแหน่งต่างๆ 24 จุด ให้ได้ความหนาที่ต้องการในแต่ละกลุ่ม ทำการรอกแต่งความหนามากเกินไปให้มีความหนาสมาเสมอตามที่กำหนด ใช้แปะพลาสติกชุดที่ 1 ที่เตรียมไว้ จากข้อ 1.1 ในขั้นตอนการสร้างแบบฟันโลหะ ช่วยในการตรวจสอบความหนาของครอบฟัน สำหรับบริเวณที่มีความหนาน้อยเกินไปก็จะทำการเติมพอร์ชเลนเคลือบฟันแล้วเผาอีกจนได้ความหนาตามต้องการ (ตารางที่ 3.2) จนกระทั่งได้ครอบฟันที่มีความหนาตามที่กำหนด ครอบฟันที่จะนำมาใช้ในการทดสอบจะมีการเผาขึ้นรูปพอร์ชเลนวีเนียร์ไม่เกิน 3 ครั้ง

## 2. การเผาเคลือบผิว (Glazing)

นำครอบฟันจากข้อ 1 มาเคลือบผิว (Glazing ) โดยใช้ผงเคลือบ (Glaze No.740) ผสมกับส่วนเหลวผสม ( Vitachrome delta liquid) แล้วนำไปเผาตามกำหนดของบริษัทผู้ผลิต (ตารางที่ 3.2)

### 3. การยึดครอบฟันอินซีแรมกับแบบฟันโลหะ

#### 1. การเตรียมพื้นผิวครอบฟันและแม่แบบฟันโลหะ

ทำการเตรียมพื้นผิวของแม่แบบฟันโลหะและผิวด้านในของครอบฟันอินซีแรม โดยการใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน เป่าด้วยความดันประมาณ 2.5 บาร์ แล้วทำความสะอาดครอบฟันและแม่แบบฟันโลหะในเครื่องสั่นอัลตราโซนิกและเป่าให้แห้ง

#### 2. การยึดครอบฟันกับแม่แบบฟันโลหะ

นำครอบฟันที่ได้มายึดกับแม่แบบโลหะด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวีย 21 (Panavia 21 , Kuraray, Osaka, Japan) โดยการผสมซีเมนต์ตามขั้นตอนของบริษัทผู้ผลิต ยึดครอบฟันลงบนแม่แบบฟันโลหะไปด้วยแรงจากนิ้วมือ จากนั้นนำเข้ายึดกับเครื่องทดสอบยูนิเวอร์ซอล (Lloyd LR, Lloyd instruments PLC, Southamton, England) กดครอบฟันด้วยแรง 25 นิวตัน<sup>77</sup> ตามแนวแกนของครอบฟันในขณะที่ซีเมนต์กำลังก่อตัวโดยให้หัวกดตกลงด้วยความเร็ว 5.0 มิลลิเมตรต่อนาทีจนเกิดแรงตามต้องการเป็นเวลา 5 นาทีเพื่อให้ซีเมนต์ก่อตัวสมบูรณ์ (4 นาที) ใช้แผ่นวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคนชนิดปั้นรองระหว่างตัวครอบฟันกับหัวกดเพื่อช่วยในการกระจายแรงป้องกันไม่ให้มีแรงกระทำที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งมากเกินไป (ภาพที่ 3.9) ในระหว่างนั้นทำการกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกแล้วทาเจลป้องกันออกซิเจน (Oxyguard) ที่บริเวณขอบของครอบฟันเพื่อให้มีการก่อตัวที่สมบูรณ์ของเรซินซีเมนต์

หลังจากที่ยึดครอบฟันกับแม่แบบฟันโลหะ จะเก็บชิ้นตัวอย่างในตู้ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37 องศาเซลเซียสภายใต้สภาวะบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.9 แสดงตำแหน่งของชิ้นตัวอย่างและหัวกดขณะทำการยึดด้วยซีเมนต์

#### 4. การทดสอบแรงด้านการแตกของครอบฟันอินซีแรม

1. ยึดขึ้นตัวอย่างเข้ากับที่จับขึ้นตัวอย่าง ที่ออกแบบให้แนวแกนของขึ้นตัวอย่างเอียงทำมุม 45 องศากับแนวดิ่ง (ตามรูปที่ 3.10) เลียนแบบสภาพการสบฟันจริงในช่องปากตามธรรมชาติที่ฟันตัดบนและล่างจะสัมผัสทำมุมกันประมาณ 135-137 องศา<sup>82,83</sup>

#### 2. การทดสอบหาปริมาณแรงที่ทำให้วัสดุแตกร้าว

วางขึ้นตัวอย่างที่ยึดอยู่บนที่จับขึ้นตัวอย่างบนฐานของเครื่องทดสอบยูนิเวอร์ซอล (Lloyd LR, Lloyd instrument PLC, Southamton, England ) ใช้โหลดเซล (Load cell ) ขนาด 1000 นิวตัน (ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1) ต่อกับหัวกดที่สำหรับทดสอบซึ่งมีลักษณะปลายมนเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร จัดให้หัวกดตกลงที่ตำแหน่งกลางซี่ฟันทางด้านลิ้นและห่างจากปลายครอบฟัน 1 มิลลิเมตร การควบคุมตำแหน่งการกดในฟันแต่ละซี่ให้ตรงกันทำโดยการเจาะรูบนเบ้าพลาสติก (ชุดที่ 1) ในตำแหน่งที่จะใช้กด จากนั้นนำเบ้าพลาสติกวางทาบลงบนด้านลิ้นของครอบฟันแต่ละซี่ ใช้สีทำเครื่องหมายบนครอบฟันตรงกับตำแหน่งที่เจาะรูไว้ ก็จะได้ตำแหน่งที่เหมือนกันในทุกขึ้นตัวอย่าง

เคลื่อนหัวกดลงในอัตรา (Cross head speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งมีการแตกร้าวที่ส่วนหนึ่งส่วนใดของครอบฟัน บันทึกค่าปริมาณแรงกดสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกร้าว (Maximum compressive failure load) ในหน่วยนิวตัน ใช้เป็นค่าแรงด้านการแตก (Fracture resistance) เนื่องจากวัสดุเซรามิกมีค่าความแข็งแรงกดสูงสุดที่วัสดุรับได้ก่อนเกิดการแตกร้าว (Ultimate compressive strength) ใกล้เคียงกับค่าความแข็งแรงในขณะที่วัสดุแตกร้าว (Fracture strength)<sup>8,9,18,84</sup>



ภาพที่ 3.10 แสดงตำแหน่งของหัวกตและชิ้นตัวอย่างขณะทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย