บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อ Meliodent ผลิตโดยบริษัท Heraeus Kulzer GmbH &Co. ประเทศเยอรมัน, Lot No. A1457B-3
2. เส้นใยไหมพันธุ์พื้นบ้านไทยจากจังหวัดบุรีรัมย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15 มิลลิเมตร จำนวน 1 กิโลกรัม
3. สารไซเลน (Methacryloxypropyltrimethoxysilane) ผลิตโดยบริษัท Ultradent ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. แบบพลาสติกสำหรับการศึกษาค่าความแข็งแรงดัดขนาด 12 x 75 x 3 มิลลิเมตร
5. แบบพลาสติกสำหรับการศึกษาค่าความทนทานต่อการแรงกระแทกขนาด 5 x 0.5 x 0.1 นิ้ว
6. แบบพลาสติกสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางมิติเสถียรภาพ ขนาด 25 x 75 x 3 มิลลิเมตร
7. ปลาสเตอร์หิน (dental stone) ยี่ห้อPlanet® ผลิตโดยบริษัท Lafarge prestia ประเทศฝรั่งเศส
8. ใบมีดเบอร์11 และด้ามมีด
9. สารคั่นกลาง (separating media) ผลิตโดยบริษัทโฮมเดนท์กรุ๊ปจำกัด ประเทศไทย
10. กาวไซยาโนอะคริเลต (cyanoacrylate)
11. แผ่นเซลโลเฟน (cellophane)
12. กระดาษทรายน้ำความละเอียดเบอร์ 240, 320, 400 และ 600
13. น้ำยาเคลือบเล็บชนิดใส

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. ฟลาสค์โลหะสำหรับทำเบ้าหล่อแบบชิ้นทดสอบความแข็งแรงดัด
2. ฟลาสค์โลหะสำหรับทำเบ้าหล่อแบบชิ้นทดสอบความทนทานต่อการกระแทก
3. ฟลาสค์โลหะสำหรับทำเบ้าหล่อแบบชิ้นทดสอบการเปลี่ยนแปลงมิติ
4. เครื่องอัดฟลาสค์แบบไฮโดรลิก (hydraulic flask pressure) ยี่ห้อ KAVO รุ่น EWL TYP 5415 ผลิตโดยบริษัท KaVo Elektrotechnishes Werk GmbH ประเทศเยอรมัน
5. เครื่องบ่มเรซินอะคริลิกด้วยความร้อน ยี่ห้อ KAVO รุ่น EWL TYP 5518 ผลิตโดยบริษัท KaVo Elektrotechnishes Werk GmbH ประเทศเยอรมัน
6. เครื่องขัดชิ้นทดสอบแบบจานหมุน (rotating and polishing machine) ยี่ห้อ Jean Wirtz รุ่น Pheonix 4000 ผลิตโดยบริษัท Jean Wirtz ประเทศเยอรมัน
7. เครื่องทดสอบความแข็งแรงดัด Shimadzu autograph, AG-100 kNG, Shimadzu corporation 1995, เกียวโต ประเทศญี่ปุ่น , No. 34102641
8. เครื่องทดสอบความทนทานต่อการกระแทกแบบชาร์ปี้ (Charpy–type pendulum impact tester) ยี่ห้อ TMI รุ่น 43 – 02 ผลิตโดยบริษัท Testing machine inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. เครื่องตัดร่องบากชิ้นทดสอบ (notch cutter) ยี่ห้อ TMI รุ่น 22 – 05 ผลิตโดยบริษัท Testing machine inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา
10. ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ (incubator) ยี่ห้อ Memmert รุ่น Be-400 ผลิตโดยบริษัท Memmert GmbH Co. ประเทศเยอรมัน
11. เครื่องวัดระยะแบบดิจิตอล (digital caliper) ยี่ห้อ Mitutoyo™ ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
12. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-5800 LV ผลิตโดยบริษัท JEOL ประเทศญี่ปุ่น
13. เครื่องชั่งไฟฟ้า (electric balance) ยี่ห้อ Ohaus ผลิตโดยบริษัท Ohaus Corp. ประเทศสหรัฐอเมริกา ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.3 วิธีการทำวิจัย

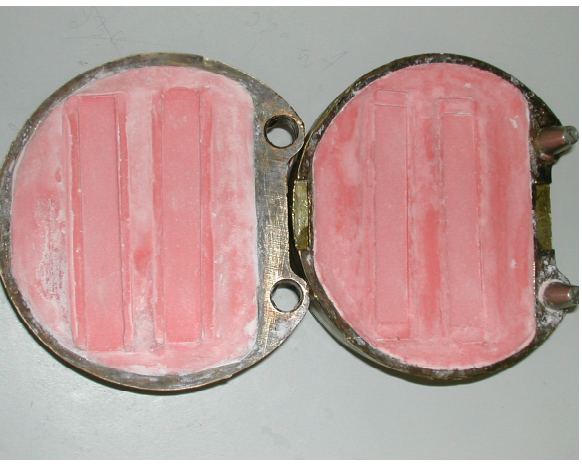
การศึกษาวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นการศึกษาความแข็งแรงดัดและความทนทานต่อการกระแทกของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยไหมร้อยละ 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนัก เมื่อได้ผลปริมาณเส้นใยไหมที่เหมาะสมในการเสริมแรง ซึ่งเท่ากับร้อยละ 1 โดย น้ำหนักจึงนำมาศึกษาตอนที่ 2 และตอนที่ 3 โดยตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความแข็งแรงดัดและความทนทานต่อการกระแทกของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ที่มีการปรับสภาพผิวด้วยสารไซเลน และตอนที่ 3 เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางมิติเสถียรภาพของเรซินอะคริลิก ที่เสริมแรงด้วยเส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยเส้นใยไหม

ตอนที่ 1 การศึกษาค่าความแข็งแรงดัดและความทนทานต่อการกระแทกของเรซิน อะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยไหมร้อยละ 1 ถึง 4 โดยน้ำหนัก

ตอนที่ 1.1 การศึกษาค่าความแข็งแรงดัด

1. การเตรียมเบ้าหล่อแบบ

ผสมผงปลาสเตอร์หินพิเศษชนิดที่ 4 กับน้ำ ด้วยอัตราส่วนผง 100 กรัมต่อน้ำ 24 มิลลิลิตร แล้วเทลงในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ จากนั้นวางแบบพลาสติกขนาดกว้าง 12 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 75 มิลลิเมตร ลงไปโดยให้ด้านบนของแบบพลาสติกพอดีกับขอบปลาสเตอร์หินส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ หลังจากนั้นรอให้ปลาสเตอร์หินแข็งตัว ประกบแผ่นพลาสติกขนาดเท่ากัน หลังจากนั้นรอให้ปลาสเตอร์หินแข็งตัว แล้วจึงทาสารคั่นกลาง ผสมผงปลาสเตอร์หินพิเศษด้วยอัตราส่วนเดิมเทลงทับลงไปเพื่อทำเบ้าหล่อแบบบน หลังจากนั้นรอให้ปลาสเตอร์หิน ที่อยู่ในส่วนบนของเบ้าหล่อแบบแข็งตัว จึงนำแบบพลาสติกออกมาจากเบ้าหล่อแบบ แล้วนำเบ้าหล่อแบบไปทำความสะอาดด้วยน้ำร้อน (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 แสดงเบ้าหล่อแบบบนและล่างสำหรับเตรียมชิ้นงานเพื่อศึกษาความแข็งแรงดัด

2. การเตรียมเส้นใยไหม

นำเส้นใยไหมมาตัดให้มีขนาดยาวกว่าขนาดของเบ้าหล่อแบบที่ได้ จากนั้นนำเส้นใยไหมไปแช่ในมอนอเมอร์เป็นเวลานาน 5 นาที เพื่อให้เส้นใยไหมมีความอิ่มตัว และให้มีการยึดติดกับเรซินอะคริลิกได้ดีขึ้น[22, 32] โดยกลุ่มทดสอบมี 5 กลุ่ม กลุ่มละ10 ชิ้น ดังนี้

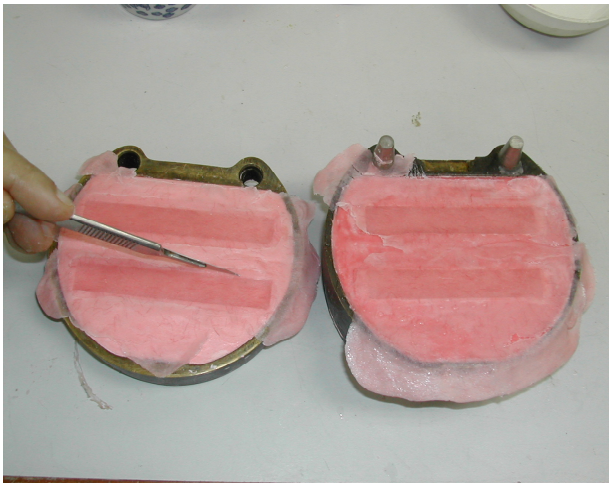
กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมเส้นใยไหม
กลุ่มที่ 2 เส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
กลุ่มที่ 3 เส้นใยไหมร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก
กลุ่มที่ 4 เส้นใยไหมร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก
กลุ่มที่ 5 เส้นใยไหมร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก

3. การเตรียมชิ้นทดสอบ

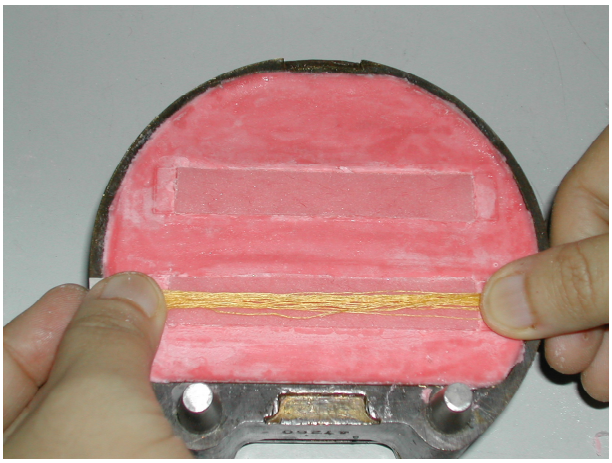
ผสมเรซินอะคริลิกตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยผสมส่วนผงกับส่วนเหลวในอัตราส่วนเท่ากับ 23.4 กรัมต่อ 10 มิลลิลิตร รอให้อยู่ในระยะอ่อนนุ่ม (dough stage) แล้วแบ่งส่วนผสมเป็น 2 ส่วน นำไปใส่ในส่วนบนและล่างของเบ้าหล่อแบบให้เกินขอบเล็กน้อย ปิดทับด้วยแผ่นเซลโลเฟนแล้วจึงประกบเบ้าหล่อแบบสองส่วนเข้าด้วยกัน จากนั้นจึงนำไปอัดโดยใช้ เครื่องอัดฟลาสค์แบบไฮโดรลิกที่ความดัน 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นตัดเรซินอะคริลิกส่วนที่เกินออกแล้วทำการอัดซ้ำอีกสองครั้ง (รูปที่ 10)

วางเส้นใยไหมใส่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบซึ่งได้ตัดเอาส่วนเกินของเรซิน อะคริลิกออกในตำแหน่งกึ่งกลางตามยาวของชิ้นทดสอบ (รูปที่ 11) โดยมีการควบคุมให้ความหนาของ

เส้นใยเป็น 1 ชั้น และควบคุมความกว้างไม่ให้เกิน 1 เซนติเมตร เนื่องจากชิ้นทดสอบมีความกว้าง 1 เซนติเมตร ดังนั้นกลุ่มทดสอบที่มีปริมาณเส้นใยจำนวนมาก คือ มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 3 และ 4 โดยน้ำหนัก จึงอาจมีความหนาของเส้นใยที่มากกว่า 1 ชั้น จากนั้นยึดส่วนต้นและส่วนท้ายของเส้นใยไหมกับส่วนล่างเบ้าหล่อแบบ ด้วยเทปกาวและกาวไซยาโนอะคริเลท รอจนกาวแห้งประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นนำส่วนบนของ เบ้าหล่อแบบมาประกบกัน แล้วนำไปอัดโดยใช้เครื่องอัดฟลาสค์แบบไฮโดรลิกที่ความดัน 3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นจึงนำไปบ่มด้วยความร้อนในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นสมบูรณ์ รอให้เย็น แล้วนำชิ้นทดสอบออกไปขัดโดยใช้เครื่องขัดแบบจานหมุน และใช้กระดาษทรายเปียกน้ำที่มีความละเอียด 240 ถึง 600 เพื่อให้มีขนาดที่กำหนด คือ กว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 2.5 มิลลิเมตร ยาว 6.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน American Dental Association (ADA) Specification No. 12 แล้วเคลือบบริเวณหัวและท้ายของชิ้นทดสอบด้วย น้ำยาทาเล็บชนิดใส รอจนน้ำยาทาเล็บแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมเข้าไปในบริเวณที่มีเส้นใยโผล่ออกมา จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วจึงนำมาทำการทดสอบ



รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างการทำชิ้นทดสอบของการทดลองความแข็งแรงดัด



รูปที่ 11 แสดงการวางเส้นใยไหม

4. การทดสอบความแข็งแรงดัด

นำชิ้นทดสอบมาทดสอบความแข็งแรงดัดแบบด้วยวิธีการกด 3 ตำแหน่ง (3-point bending test) โดยใช้เครื่องทดสอบ (Shimadzu autograph) (ในรูปที่ 12) ที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดทดสอบ (crosshead speed) เท่ากับ 5 ± 1 มิลลิเมตรต่อนาที ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนกระทั่งชิ้นทดสอบแตกหัก แล้วคำนวนผลโดยใช้สูตร

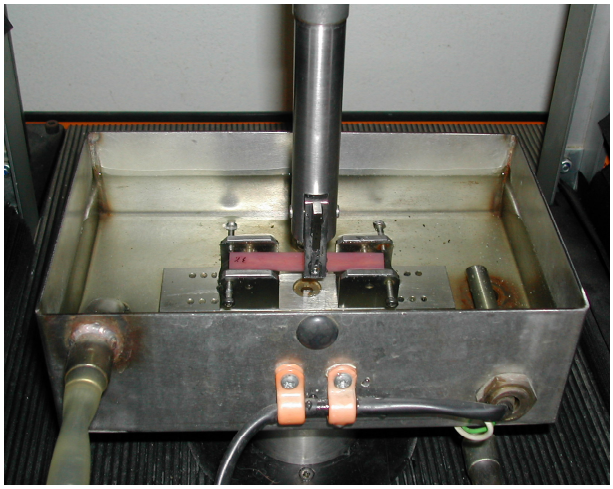
ความแข็งแรงดัด = $3PL/2bd^2$

P = แรงสูงสุด (maximum load)

L = ระยะห่างของฐานรองรับ (span length) 50 มิลลิเมตร

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (width of specimen) 10 มิลลิเมตร

d = ความหนาของชิ้นทดสอบ (thickness) 2.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 12 แสดงการทดสอบความแข็งแรงดัด

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

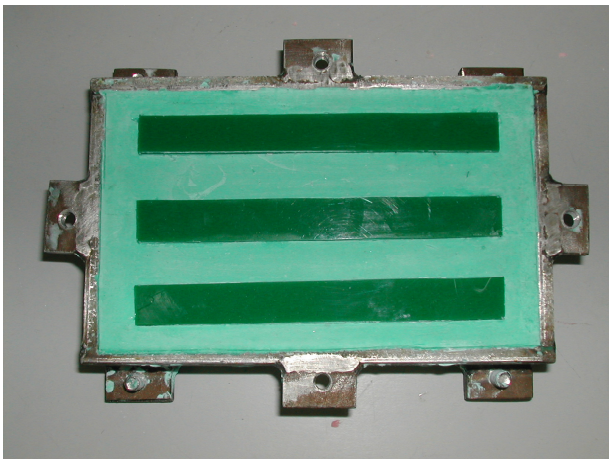
นำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติครัสคาล-วาลลิส (Kruskal Wallis Test) ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบ LSD (Multiple Comparison- LSD)[50] จากนั้นศึกษาลักษณะของรอยแตกด้วยตาเปล่า และเลือกชิ้นทดสอบมาศึกษาด้วยกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราดเพียง 1 ชิ้นต่อกลุ่ม

ตอนที่ 1.2 การศึกษาค่าความทนทานต่อการกระแทก

1. การเตรียมเบ้าหล่อแบบ

ผสมผงปลาสเตอร์หินชนิดที่ 3 กับน้ำ ด้วยอัตราส่วนผง 100 กรัมต่อน้ำ 31 มิลลิลิตร แล้วเทลงในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ วางแบบพลาสติก 3 ชิ้นซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 5 x 0.5 x 0.05 นิ้ว เล็กน้อยลงไป ให้ด้านบนของแบบพลาสติกพอดีกับขอบพลาสเตอร์หินส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบดังแสดง ในรูปที่ 13

ประกบแบบพลาสติก 3 ชิ้นที่มีขนาดเท่ากัน ทาสารคั่นกลางที่ปลาสเตอร์หินที่อยู่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ ผสมผงปลาสเตอร์หินชนิดที่ 3 ด้วยอัตราส่วนเดิม เทลงทับลงไปเพื่อทำเบ้าหล่อแบบบน หลังจากนั้นรอให้ปลาสเตอร์หินที่อยู่ในส่วนบนของเบ้าหล่อแบบแข็งตัว แล้วจึงนำแบบพลาสติกออกมาจากเบ้าหล่อแบบ นำไปทำความสะอาดด้วยน้ำร้อน



รูปที่ 13 แสดงเบ้าหล่อแบบล่างและแบบพลาสติกที่ใช้เป็นต้นแบบ

2. การเตรียมเส้นใยไหม

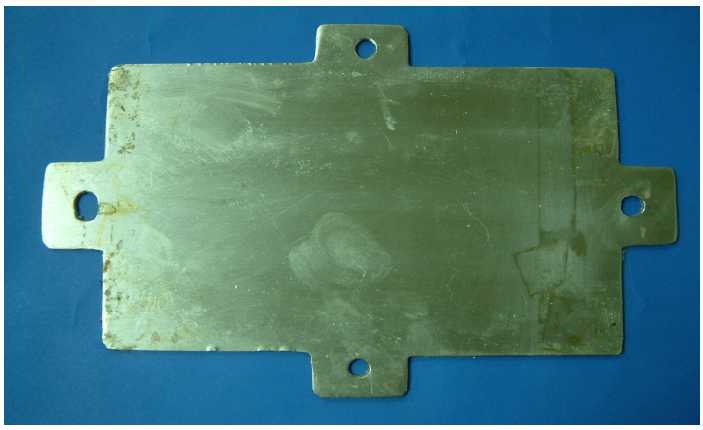
นำเส้นใยโดยน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบที่ไม่ได้ใส่เส้นใยใดๆมาตัดให้มีขนาดยาวกว่าขนาดของเบ้าหล่อแบบเล็กน้อย แล้วแช่เส้นใยในน้ำมอนอเมอร์ เป็นเวลา 5 นาทีก่อนฝังในเรซินอะคริลิกเพื่อให้เส้นใยมีความอิ่มตัว[22,32]

โดยกลุ่มทดสอบมี 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ดังนี้

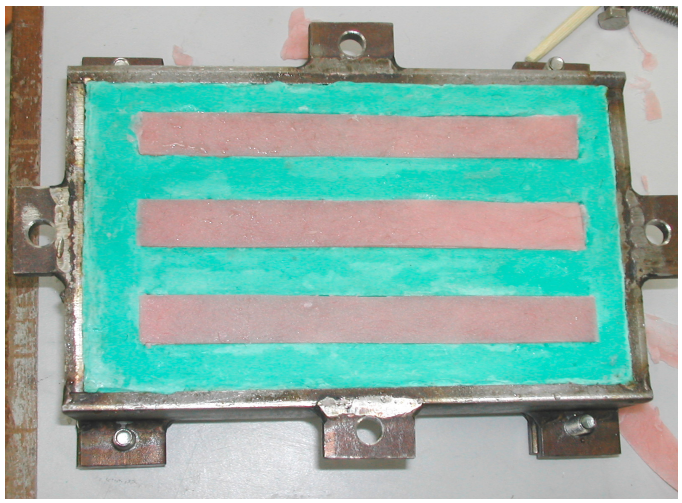
กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เส้นใย
กลุ่มที่ 2 เส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
กลุ่มที่ 3 เส้นใยไหมร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก
กลุ่มที่ 4 เส้นใยไหมร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก
กลุ่มที่ 5 เส้นใยไหมร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก

3. การเตรียมชิ้นทดสอบ

ผสมเรซินอะคริลิกตามคำแนะนำของผู้ผลิต โดยผสมส่วนผงกับส่วนเหลวโมโนเมอร์ ในอัตราส่วน 23.4 กรัมต่อ 10 มิลลิลิตร รอให้อยู่ในระยะอ่อนนุ่ม แล้วแบ่งส่วนผสม เป็น 2 ส่วน นำส่วนแรกไปใส่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบให้เกินขอบเล็กน้อย แล้วใส่เรซินอะคริลิกส่วนที่สองในส่วนบนของเบ้าหล่อแบบ จากนั้นใส่แผ่นเซลโลเฟนและแผ่นโลหะ (รูปที่ 14) ปิดทับประกบ สองส่วนเข้าด้วยกัน แล้วนำไปอัดโดยใช้เครื่องอัดความดันฟลาสค์แบบไฮโดรลิก ที่ความดัน 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หลังจากนั้นตัดเรซินอะคริลิกส่วนเกินออก (รูปที่ 15) แล้ว ทำการอัดซ้ำอีกสองครั้ง



รูปที่ 14 แสดงแผ่นโลหะที่ใช้วางคั่นระหว่างเบ้าหล่อแบบบนและล่าง ก่อนนำไปอัดความดัน



รูปที่ 15 แสดงเรซินอะคริลิกที่อยู่ในเบ้าหล่อแบบหลังจากตัดส่วนเกินออก

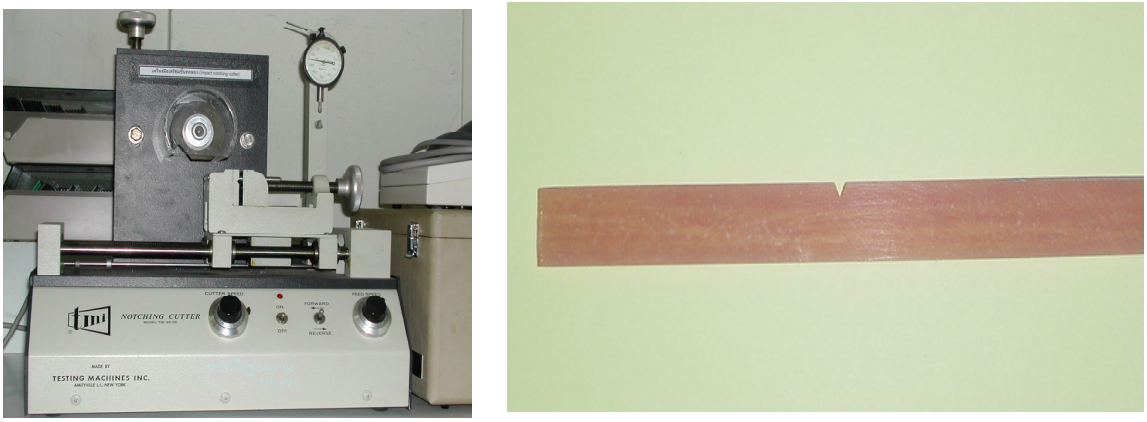
นำเส้นใยไหมที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมเส้นใยไหมตามกลุ่มต่างๆมาใส่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบที่ได้ทำการตัดเอาส่วนเกินของเรซินอะคริลิกออก โดยก่อนใส่จะทำการยึด หัวท้ายของเส้นใยไหมกับส่วนล่างเบ้าหล่อแบบด้วยเทปกาวเพื่อแผ่และยึดเส้นใยออก เพื่อช่วยใน การวางเส้นใยให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยอยู่กึ่งกลางตามยาวชิ้นทดสอบและไม่เกินออกไป ด้านข้าง โดยมีการควบคุมให้ความหนาของเส้นใยเป็น 1 ชั้น และมีความกว้างไม่เกิน 0.4 นิ้ว เนื่องจากชิ้นทดสอบมีความกว้าง 0.5 นิ้ว และต้องมีการทำรอยบากลึก 0.1 นิ้ว โดยจำกัดเส้นใยไม่ให้มีเส้นใยอยู่ในบริเวณรอยบากดังนั้นกลุ่มทดสอบที่มีปริมาณเส้นใยจำนวนมาก คือ มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 3 และ 4 โดยน้ำหนัก จึงอาจมีความหนาของเส้นใยที่มากกว่า 1 ชั้น รอจนกาวแห้ง หลังจาก

นั้นนำส่วนบนของเบ้าหล่อแบบประกบกัน นำไปอัดที่ความดัน 3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปบ่มด้วย ความร้อนในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นสมบูรณ์ รอให้เย็น แล้วจึงแยกเบ้าหล่อแบบ เอาชิ้น ทดสอบออก

จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปขัดโดยใช้เครื่องขัดแบบจานหมุนและใช้กระดาษทรายเปียกน้ำที่มีความละเอียดที่ 240 ถึง 600 วัดให้มีขนาดที่กำหนด คือ 5 x 0.5 x 0.1 นิ้ว ตามมาตรฐาน ASTM D-256 ที่ใช้ทดสอบแรงกระแทก แล้วนำชิ้นทดสอบไปทำรอยบากขนาด 0.1 นิ้ว โดยใช้เครื่องบาก (notch cutter) ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง 2.5 นิ้ว (รูปที่ 16) แล้วเคลือบบริเวณหัวและท้ายของชิ้นทดสอบด้วยน้ำยาทาเล็บชนิดใส เพื่อป้องกันน้ำซึมเข้าไปในเส้นใยในบริเวณที่มีเส้นใยโผล่ออกมา รอจนน้ำยาทาเล็บแห้ง นำชิ้นทดสอบไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 14 วัน ก่อนการทดสอบ

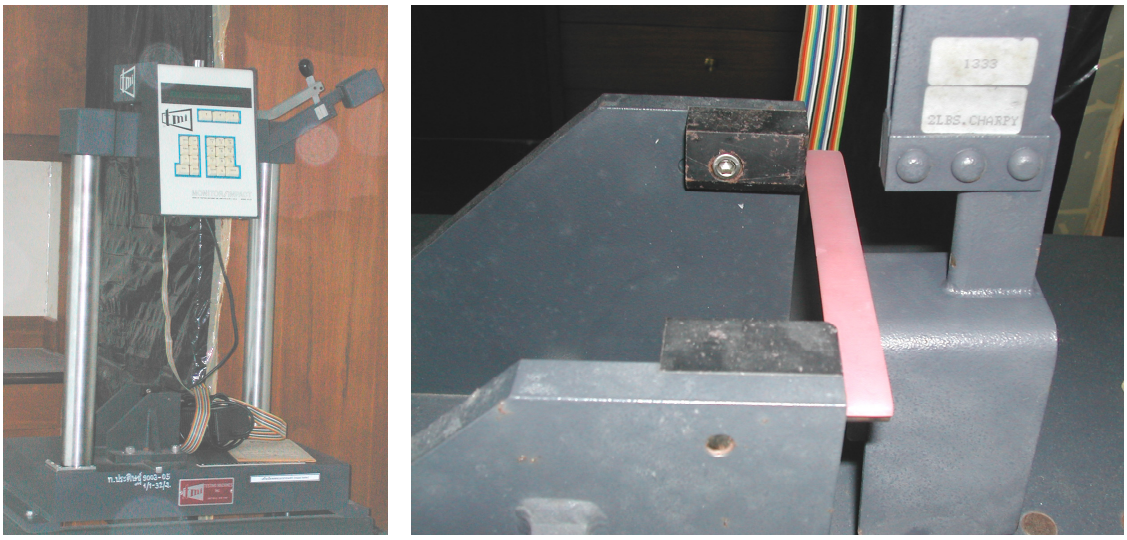
4. การทดสอบความทนทานต่อการกระแทก

นำชิ้นทดสอบมาทดสอบหาค่าความทนทานต่อการกระแทกโดยใช้การทดสอบแบบชาร์ปี้ ดังแสดงในรูปที่ 17 และบันทึกผลการทดสอบ ค่าความทนทานต่อการกระแทก



(A) **(B)**

รูปที่ 16 แสดงเครื่องตัดร่องบากชิ้นทดสอบ (A) และชิ้นทดสอบที่ผ่านการบาก (B)



(A) **(B)**

รูปที่ 17 แสดงเครื่องทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี้ (A) และลักษณะการวางชิ้นทดสอบ (B)

5. การวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติครัสคาล-วาลลิส ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบ LSD^{50} แล้วศึกษาลักษณะของรอยแตกด้วยตาเปล่า แล้วเลือกชิ้นทดสอบเพียง 1 ชิ้นต่อกลุ่มมาศึกษาโดยใช้กล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด

ตอนที่ 2 การศึกษาค่าความแข็งแรงดัด และความทนทานต่อการกระแทกของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก* ที่มีปรับสภาพผิวด้วยการชุบสารไซเลน

* ผลจากตอนที่ 1 พบว่าการใช้เส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการเสริมแรง

ตอนที่ 2.1 การศึกษาค่าความแข็งแรงดัด

1. การเตรียมเบ้าหล่อแบบ

ใช้เบ้าหล่อแบบเหมือนการศึกษาตอนที่ 1.1

2. การเตรียมเส้นใยไหม

นำเส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นทดสอบไปแช่เส้นใยใน สารละลายก่อนที่จะนำเส้นใยไหมไปวางตรงกึ่งกลางตามแนวยาวในชิ้นทดสอบดังนี้

กลุ่มที่ 1 แช่ในส่วนเหลวมอนอเมอร์เป็นเวลานาน 5 นาที ก่อนฝังในเรซินอะคริลิก[22, 32]

กลุ่มที่ 2 แช่ในสารไซเลนเป็นเวลานาน 5 นาที ก่อนฝังในเรซินอะคริลิก[28]

3. การเตรียมชิ้นทดสอบและการทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบและการทดสอบความแข็งแรงดัด เหมือนการทดลองที่ 1.1

4. การวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ Student's t test ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จากนั้นศึกษาลักษณะของรอยแตกด้วยตาเปล่า และเลือกชิ้นทดสอบเพียง 1 ชิ้นต่อกลุ่มมาศึกษาโดยใช้กล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด

ตอนที่ 2.2 การศึกษาค่าความทนทานต่อการกระแทก

1 การเตรียมเบ้าหล่อแบบ

ใช้เบ้าหล่อแบบเหมือนการทดลองที่ 1.2

2 การเตรียมเส้นใย

ใช้เส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความแข็งแรงที่เหมาะสมโดยนำผลจากการทดลองตอนที่ 1 โดยแช่เส้นใยในสารละลายก่อนวางเส้นใยในแนวตามยาวและกึ่งกลาง ชิ้นทดสอบ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นำเส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนักไปแช่ในส่วนเหลวโมโนเมอร์นาน 5 นาที ก่อนวางในเรซินอะคริลิก[22, 32]

กลุ่มที่ 2 นำเส้นใยร้อยละ 1 โดยน้ำหนักไปแช่ในสารไซเลนนาน 5 นาที ก่อนวางในเรซินอะคริลิก[28]

3 การเตรียมชิ้นทดสอบและการทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบและการทดสอบเหมือนการทดลองที่ 1.2

4. การวิเคราะห์ผล

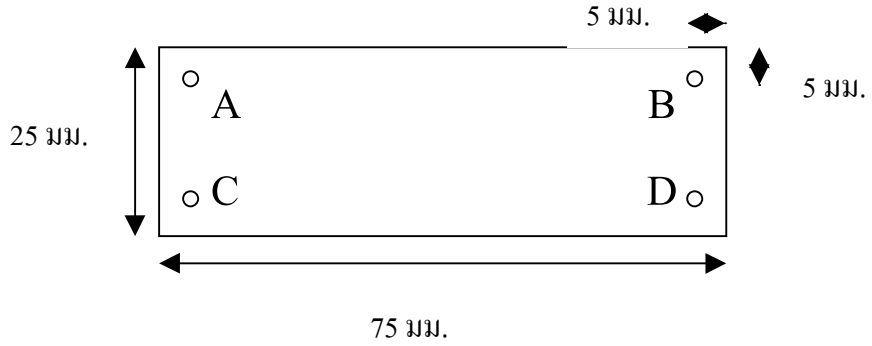
นำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ Student's t test ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จากนั้นศึกษาลักษณะของรอยแตกด้วยตาเปล่า และเลือกชิ้นทดสอบเพียง 1 ชิ้นต่อกลุ่มมาศึกษาโดยใช้กล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด

ตอนที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางมิติของเรซินอะคริลิกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก*

* ผลจากตอนที่ 1 พบว่าการใช้เส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการเสริมแรง

1 การเตรียมแบบพลาสติก

นำแบบพลาสติกขนาดยาว 75 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร ที่มีเครื่องหมายเป็นตุ่มนูนเป็นรูปครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ห่างจากขอบ 5 มิลลิเมตร ที่มุมทั้ง 4 กำหนดเป็นจุดอ้างอิง 4 จุด (A, B, C, D) เพื่อใช้เป็นตำแหน่งในการวัดขนาด ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 แสดงขนาดชิ้นทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางมิติเสถียรภาพและจุดอ้างอิง

2 การเตรียมเบ้าหล่อแบบ (รูปที่ 19)

ผสมผงปลาสเตอร์หินพิเศษชนิดที่ 4 กับน้ำด้วยอัตราส่วนผง 100 กรัม ต่อน้ำ 24 มิลลิลิตร เทลงในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ แล้ววางแบบพลาสติกขนาดเดียวกันจำนวน 2 ชิ้นที่ไม่มีตุ่มนูน โดยให้ผิวด้านบนของแบบพลาสติกเสมอกับปลาสเตอร์หินและขอบส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ หลังจากนั้นรอให้ปลาสเตอร์หินแข็งตัว ขัดแต่งส่วนเกินออก

นำแผ่นพลาสติกขนาดเดียวกันที่มีตุ่มนูน จำนวน 2 ชิ้น วางยึดกับแผ่นพลาสติก ที่อยู่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ จากนั้นทาสารคั่นกลางที่ปลาสเตอร์หินที่อยู่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ แล้วผสมผงปลาสเตอร์หินพิเศษด้วยอัตราส่วนเดิมเททับลงไปเพื่อทำเป็นส่วนบนของเบ้าหล่อ รอให้ปลาสเตอร์หินที่อยู่ในส่วนบนของเบ้าหล่อแบบแข็งตัว นำแบบพลาสติกออก แล้วนำเบ้าหล่อแบบไปทำความสะอาดด้วยน้ำร้อน เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกและคราบต่างๆออก ก่อนนำไปผลิตชิ้นทดสอบ

รูปที่ 19 แสดงเบ้าหล่อแบบการทดลองการเปลี่ยนแปลงมิติ

3. การเตรียมเส้นใยไหมและการเตรียมชิ้นทดสอบ

การทดลองนี้ใช้เส้นใยไหมปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักซึ่งได้ค่ามาจากผล การทดลองตอนที่ 1 เนื่องจากเป็นปริมาณที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความแข็งแรงดัดและความ ทนทานต่อการกระแทกให้แก่เรซินอะคริลิกได้

ผสมเรซินอะคริลิกตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยผสมส่วนผงพอลิเมอร์กับส่วนเหลวมอนอเมอร์ในอัตราส่วน 23.4 กรัม ต่อ 10 มิลลิลิตร รอให้อยู่ในระยะอ่อนนุ่ม แล้วแบ่งส่วนผสมเป็น 2 ส่วน นำส่วนแรกไปใส่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบให้เกินขอบ ใส่แผ่นเซลโลเฟน และนำแผ่นโลหะคั่นกลางปิดทับ นำไปอัดที่ความดัน 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตัดเรซินอะคริลิก ส่วนเกินออก จากนั้นนำเรซินอะคริลิกส่วนที่เหลือใส่ลงในส่วนบนของเบ้าหล่อแบบ ใส่แผ่น เซลโลเฟน แล้วปิดทับด้วยแผ่นโลหะคั่นกลางอีกที นำไปอัดที่ความดัน 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สองครั้ง

นำเส้นใยไหมปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักที่แช่ในส่วนเหลวมอนอเมอร์นาน 5 นาที[22,32] มาใส่ในส่วนล่างของเบ้าหล่อแบบ ทำการยึดหัวท้ายของเส้นใยไหมกับส่วนล่างเบ้าหล่อแบบด้วยเทปกาวเพื่อแผ่และยึดเส้นใยออกและให้เส้นใยให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง หลังจากนั้น นำส่วนบนของเบ้าหล่อแบบที่ได้ทำการตัดเอาส่วนเกินของเรซินอะคริลิกออกมาประกบกัน นำไป อัดที่ความดัน 3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปบ่มด้วยความร้อนในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชั่นสมบูรณ์ รอให้เย็น แล้วแยกเบ้าหล่อแบบเอาชิ้นทดสอบออก โดยมีชิ้นทดสอบ 2 กลุ่มละ 10 ชิ้น

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เส้นใยไหม

กลุ่มที่ 2 ใส่เส้นใยไหมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

โดยแต่ละกลุ่มจะมีชิ้นงานทดสอบกลุ่มละ 10 ชิ้น นำชิ้นทดสอบไปขัดและเคลือบบริเวณหัวและท้ายด้วยน้ำยาทาเล็บชนิดใส เพื่อป้องกันการซึมของน้ำในบริเวณที่มีเส้นใยไหมโผล่ออกมา นำชิ้นงานทดสอบไปวัดขนาด โดยวัดที่จุดอ้างอิงที่ได้กำหนดตำแหน่งไว้ดังในรูปที่ 18 โดยใช้เครื่องวัดระยะแบบดิจิตอล คาลิเปอร์ (AB, BC, CD, AD, AC, BD) วัดตำแหน่งละ 3 ครั้ง[51] และทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในตู้อบ แล้วจึงวัดขนาดอีกครั้งหลังจากเวลาผ่านไป 1 2 7 และ 14 วัน ทำการบันทึกข้อมูล

4 การวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ไปวิเคราะห์ผล หาค่าความยาวของชิ้นทดสอบโดยการคิดคำนวณเป็นเวคเตอร์ (Vector)[51-53] ดังนี้

$$\text{Vector} = (AB^2 + BC^2 + CD^2 + AD^2 + AC^2 + BD^2)^{1/2}$$

จากนั้นคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวคเตอร์ ก่อนแช่น้ำและหลังการแช่น้ำ 1 2 7 และ 14 วัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดชิ้นทดสอบ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure) ทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%