

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษานี้ใช้อ้างอิงวิธีทดสอบความแข็งแรงดัดขวางตามมาตรฐานของ ISO 20795-1(2008) และ ADA specification No.12 สำหรับอะคริลิกที่ใช้สร้างฐานฟันเทียม” รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงในตารางที่ 1

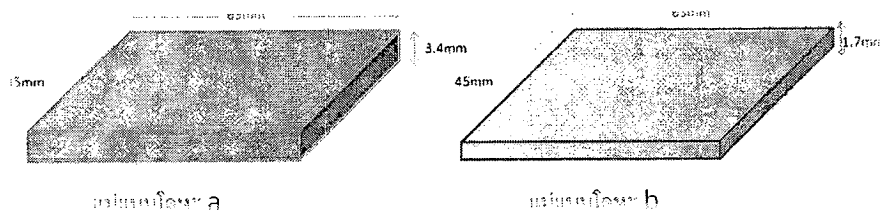
ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

Materials	Manufacturer
Heat polymerized PMMA (Triplex hot™)	Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada
Industrial E-glass fiber	JN-transos, Samut sakorn,Thailand
Dental glass fiber (INTERLIG fiber glass tape®)	Angelus, Brazil
Silane coupling agent ((Monobond-S™)	Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada

การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

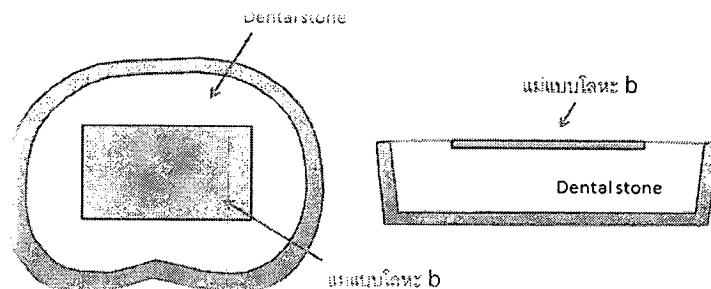
ก. การสร้างแบบหล่อ

- เตรียมแม่แบบโลหะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า a และ b ขนาด 45 x 65 x 3.4 มิลลิเมตร และ 45 x 65 x 1.7 มิลลิเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 1)



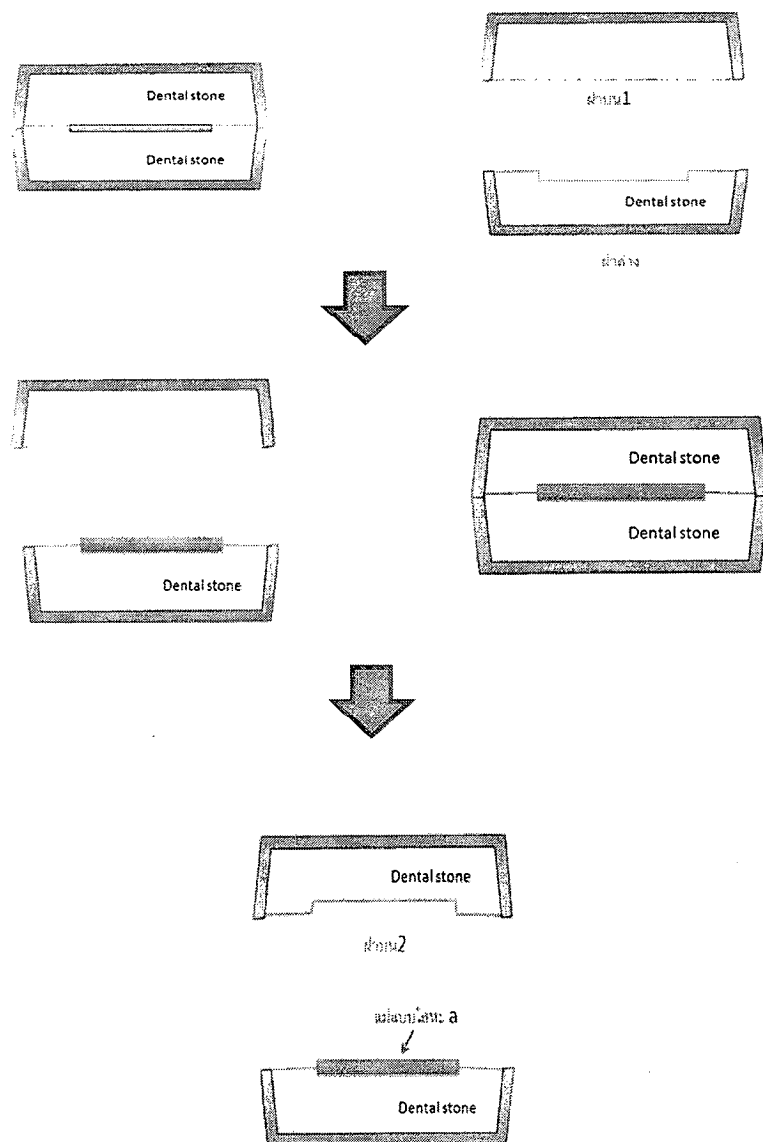
รูปที่ 6 แม่แบบโลหะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า a และ b สำหรับสร้างแบบหล่อเพื่อสร้างชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวางตามข้อกำหนดของไอเอสโอ หมายเลข 20795-1(2008)

2. ผสมปูนปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 กับน้ำ โดยใช้อัตราส่วนผง 100 กรัมต่อน้ำ 50 มิลลิลิตร เทวัสดุที่ผสมได้ลงในส่วนล่างของภาชนะหล่อแบบล่าง วางแม่แบบโลหะ b ที่เตรียมไว้ลงบนผิวของปูนปลาสเตอร์ กดให้แม่แบบโลหะจมลงในปูนปลาสเตอร์จนผิวหน้าของแผ่นโลหะอยู่ในระดับเดียวกันกับผิวหน้าของปูนปลาสเตอร์ รอให้ปูนปลาสเตอร์ก่อตัว (รูปที่ 2)



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแม่แบบโลหะ b กับปลาสเตอร์ในภาชนะหล่อแบบล่าง

3. ทาสารคั่นกลางบนผิวหน้าของแบบหล่อล่างที่มีแม่แบบโลหะ b ติดอยู่ นำภาชนะหล่อแบบบน ประกบเข้ากับภาชนะหล่อแบบล่าง เทปูนปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ให้เสมอขอบบนของภาชนะหล่อแบบ รอให้ปูนปลาสเตอร์ก่อตัว แยกภาชนะหล่อแบบบน-ล่างออกจากกัน จะได้ภาชนะหล่อแบบบนชิ้นที่หนึ่ง
4. นำแม่แบบโลหะ b ออกจากแบบหล่อล่าง ใส่แม่แบบโลหะ a เข้าไปแทนที่ในตำแหน่งที่เคยเป็นที่อยู่ของแม่แบบโลหะ b ทาสารคั่นกลาง ประกบภาชนะหล่อแบบบนชิ้นใหม่เข้ากับภาชนะหล่อแบบล่างที่มีแม่แบบโลหะ a เทปูนปลาสเตอร์ให้เต็มภาชนะหล่อแบบบน รอให้ปูนก่อตัว แยกภาชนะบน-ล่าง ออกจากกัน จะได้ภาชนะหล่อแบบบนชิ้นที่สอง (รูปที่ 3)



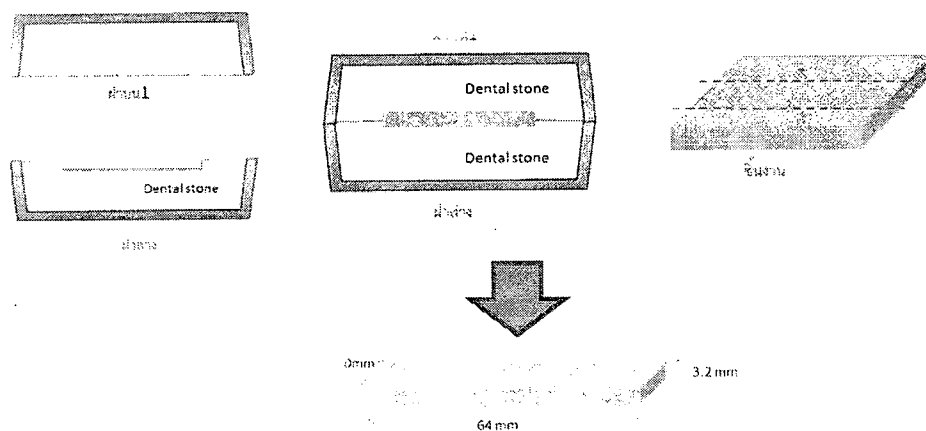
รูปที่ 8 ขั้นตอนการเตรียมแบบหล่อสำหรับสร้างชิ้นตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง

ข. การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

การสร้างชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 1

(กลุ่มควบคุม)

1. ผสมวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดก่อดัวด้วยความร้อนตามอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด (ผง 23.4 กรัมต่อโมโนเมอร์ 10 มิลลิลิตร)
2. นำพอลิเมทิลเมทาคริเลตใส่ในภาชนะหล่อแบบบน 1 ที่เตรียมไว้ประกบฝาล่างให้เข้าที่แล้ว อัดภาชนะหล่อแบบด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้วัสดุเกิดปฏิกิริยาการก่อดัวของพอลิเมอร์ นำภาชนะหล่อแบบออกจากหม้อต้ม วางให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และขึ้นตัวอย่างเรซินอะคริลิกออกจากแบบหล่อ กรอตัดอะคริลิกส่วนเกินบริเวณขอบโดยรอบ ขัดผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100, 500, และ 1000 ตามลำดับ กำหนดให้ชิ้นตัวอย่างหลังการขัดมีขนาด 45 x 65 x 3.2 มิลลิเมตร (รูปที่ 4)
3. ตัดชิ้นงานที่เตรียมได้ด้วยเลเซอร์ให้มีขนาด 10 x 64 x 3.2 มิลลิเมตร ตามข้อกำหนดไอเอสโอ หมายเลข 20795-1 วัดขนาดชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดชนิดดิจิตอล เลือกชิ้นตัวอย่างจำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง และ 2 ชิ้นสำหรับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด เก็บชิ้นงานที่เตรียมได้ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 50 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบเพื่อกำจัดมอนอเมอร์ส่วนเกินในเนื้อวัสดุ

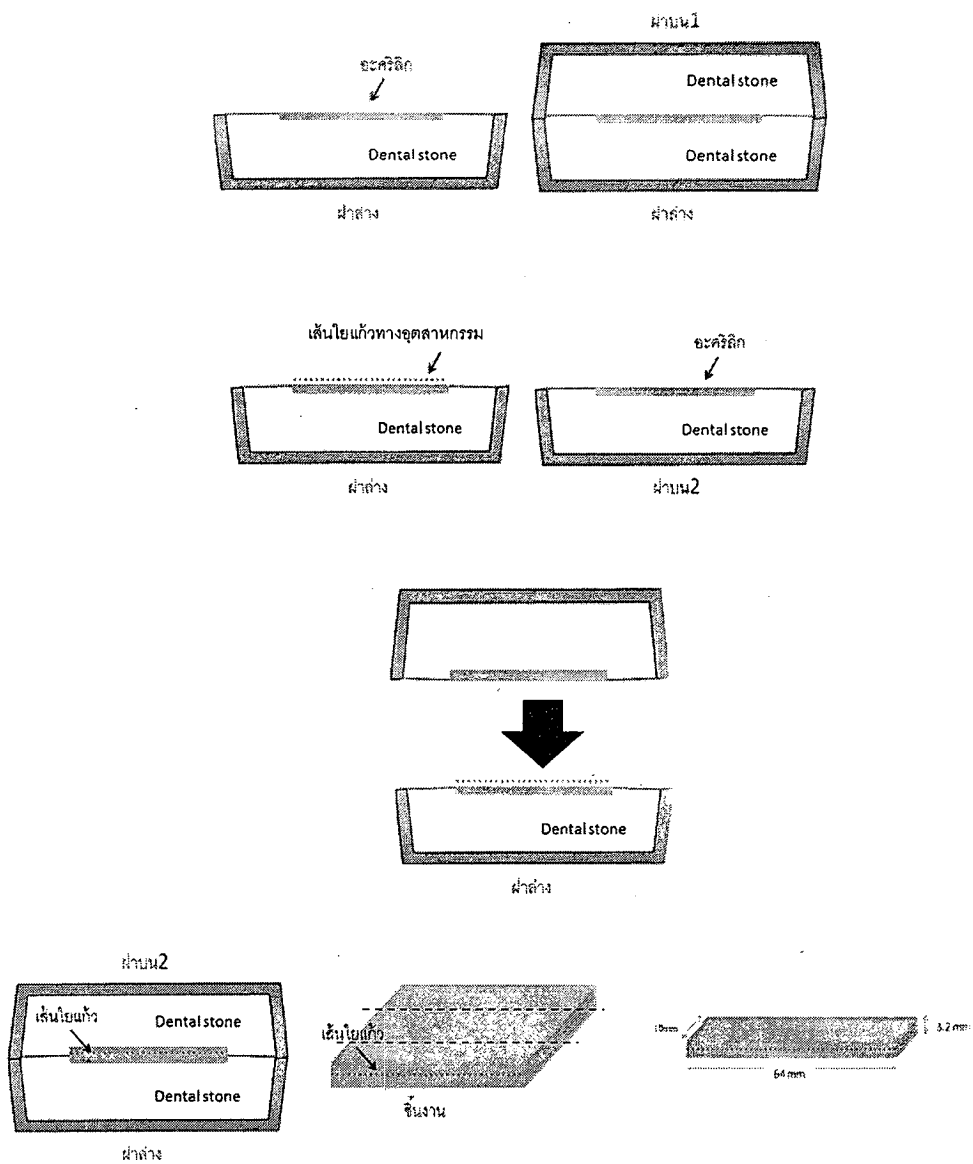


รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)

การสร้างขึ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 2

(เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรมโดยไม่ใช้สารก่อกวนไขเลน)

1. ผสมพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดก่อกวด้วยความร้อนตามอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด (ผง 23.4 กรัมต่อโมโนเมอร์ 10 มิลลิลิตร) ตามคำแนะนำของผู้ผลิต
2. เตรียมชิ้นงานครึ่งล่าง โดยนำพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่เตรียมได้ใส่ในภาชนะหล่อแบบบน 1 ที่เตรียมไว้ ประกอบด้านล่างให้เข้าที่แล้ว อัดภาชนะหล่อแบบด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำภาชนะหล่อแบบไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทั้งภาชนะหล่อแบบให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 ชั่วโมง แยกภาชนะหล่อแบบบน-ล่าง ออกจากกัน
3. เตรียมแผ่นเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรม ขนาด 8 x 62 ตารางมิลลิเมตร สำหรับใช้เสริมความแข็งแรงขึ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 ชิ้น ต้มทำความสะอาดในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แฉกแผ่นเส้นใยแก้วให้แห้งที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง
4. วางแผ่นเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรมที่เตรียมไว้บนผิวของเรซินอะคริลิกครึ่งล่างที่เตรียมไว้ ผสมเรซินอะคริลิกชนิดก่อกวด้วยความร้อนตามคำแนะนำของผู้ผลิต วางวัสดุทับบนแผ่นเส้นใยแก้ว นำฝาบน 2 ประกอบกับด้านล่างให้สนิท นำไปอัดด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที แล้วจึงนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทั้งภาชนะหล่อแบบที่อุณหภูมิห้องนาน 5 ชั่วโมง ก่อนแกะชิ้นงานออกจากแบบหล่อ กรอแต่งอะคริลิกส่วนเกินบริเวณขอบโดยรอบ ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100, 500, และ 1,000 ตามลำดับ
5. ตัดชิ้นงานที่เตรียมได้ด้วยเลเซอร์ให้มีขนาด 10 x 64 x 3.2 มิลลิเมตร ตามข้อกำหนด ไอเอสโอ หมายเลข 20795-1 วัดขนาดขึ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดชนิดดิจิตอล เลือกชิ้นตัวอย่างจำนวน 15 ชิ้น สำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง เก็บชิ้นงานที่เตรียมได้ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 50 ชั่วโมง เพื่อกำจัดมอนอเมอร์ส่วนเกินในเนื้อวัสดุ เก็บชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้ในภาชนะปิด

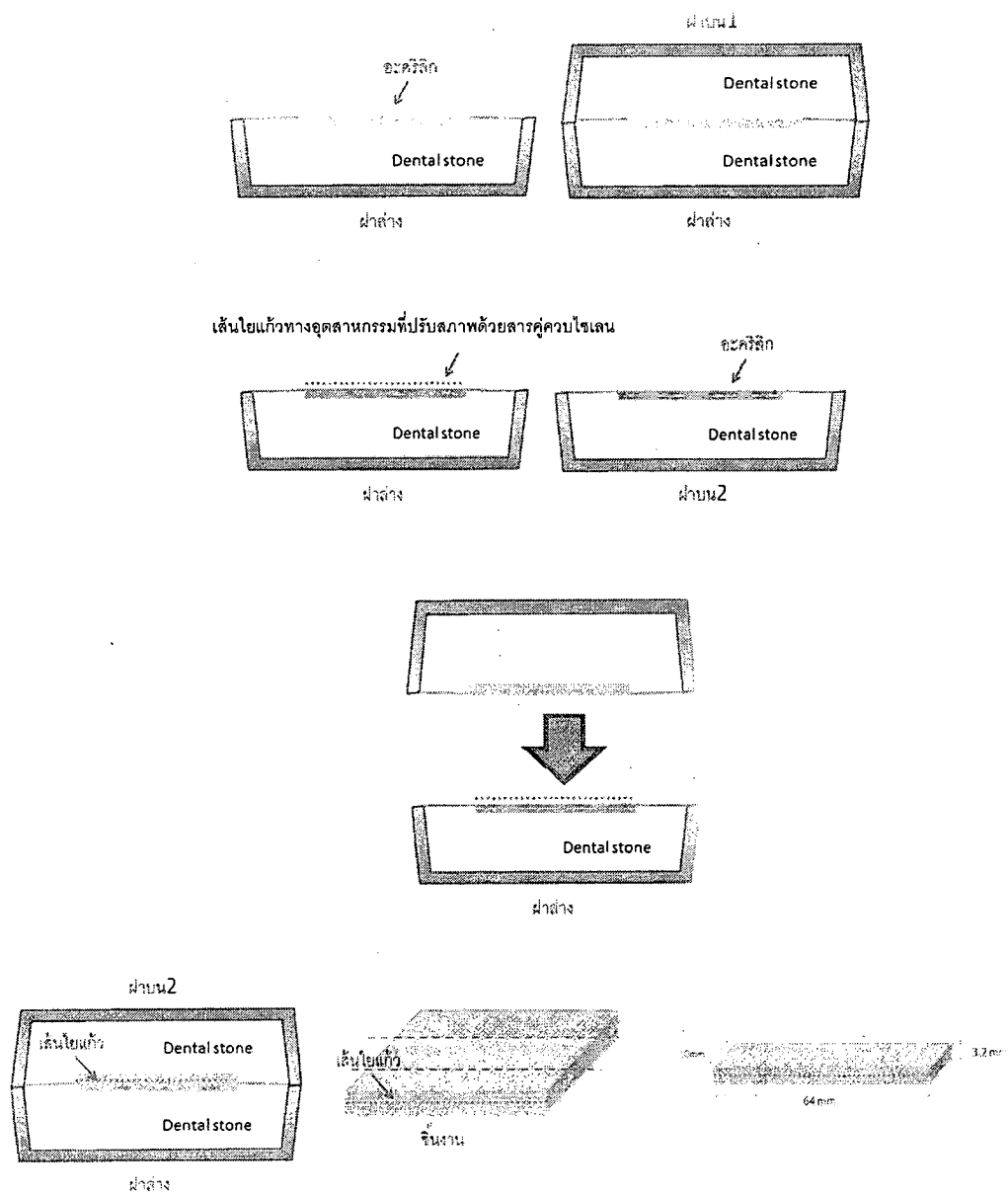


รูปที่ 10 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับกลุ่มที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรม (กลุ่มที่ 2)

การสร้างชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 3

(เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรมร่วมกับการใช้สารคู่ควบไซเลน)

1. ผสมพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดกึ่งตัวด้วยความร้อนตามอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด (อัตราส่วนผง 23.4 กรัมต่อโมโนเมอร์ 10 มิลลิลิตร)
2. นำวัสดุใส่ในฝาล่างของภาชนะหล่อแบบ ประกบฝาบ้น 1 ให้สนิท อัดภาชนะหล่อแบบด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง วางภาชนะหล่อแบบให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 ชั่วโมง
3. ตัดเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรม ขนาด 8 x 62 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 10 ชิ้น นำไปทำความสะอาดด้วยการต้มในน้ำกลั่น 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แขนวนแผ่นเส้นใยแก้วให้แห้งในอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง
4. ทาสารคู่ควบไซเลนให้ทั่วแผ่นเส้นใยแก้วทั้งสองด้าน ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องนาน 20 นาที เพื่อกำจัดสารคู่ควบไซเลนส่วนเกิน จากนั้นนำไปอบที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วเก็บในภาชนะปิดสนิท
5. วางแผ่นเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรมที่เคลือบสารคู่ควบไซเลนแล้วบนผิวหน้าของเรซินอะคริลิกที่เตรียมไว้ในภาชนะหล่อแบบล่าง
6. ผสมเรซินอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดตาม นำวัสดุที่ผสมได้ใส่ในฝาบ้น 2 แล้วประกบเข้ากับภาชนะหล่อแบบล่างที่มีแผ่นเรซินอะคริลิก และแผ่นเส้นใย นำภาชนะหล่อแบบบน-ล่าง ไปอัดด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง วางภาชนะหล่อแบบให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 ชั่วโมง
7. แกะชิ้นตัวอย่างออกจากเบ้า กรอตัดอะคริลิกส่วนเกินบริเวณขอบโดยรอบ ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100, 500 และ 1,000 ตามลำดับ โดยให้ชิ้นงานมีขนาด 45 x 65 x 3.2 มิลลิเมตร
8. ตัดชิ้นเรซินอะคริลิกให้มีขนาด 10 x 64 x 3.2 มิลลิเมตร ด้วยเลเซอร์ เพื่อให้ได้ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง ตามข้อกำหนดของ ISO 20795-1 วัดขนาดชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดชนิดดิจิตอล
9. แช่ชิ้นงานที่เตรียมได้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 50 ชั่วโมง เพื่อกำจัดมอนอเมอร์ส่วนเกินก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง

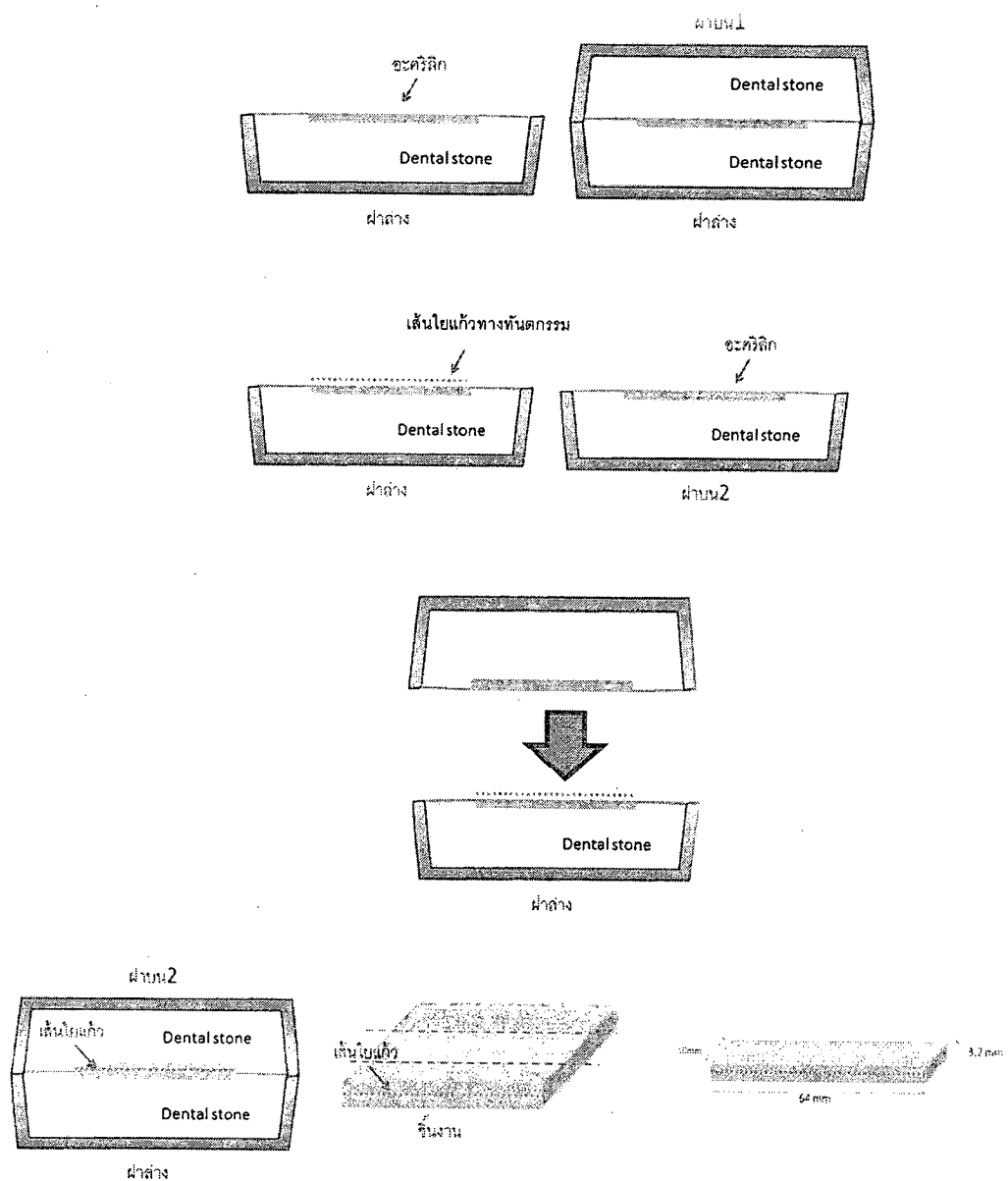


รูปที่ 11 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับกลุ่มที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วทางอุตสาหกรรมที่ปรับสภาพด้วยสารกึ่งควบไฮเลน (กลุ่มที่ 3)

การสร้างชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 4

(เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วสำเร็จรูปทางทันตกรรม)

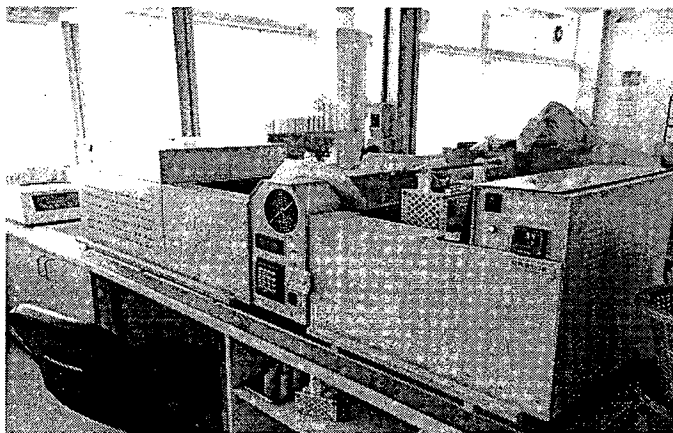
1. ผสมพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดกึ่งตัวด้วยความร้อนตามอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด (อัตราส่วนผง 23.4 กรัมต่อโมโนเมอร์ 10 มิลลิลิตร)
2. นำวัสดุใส่ในฝาล้างของภาชนะหล่อแบบ ประคบฝาบ่น 1 ให้สนิท อัดภาชนะหล่อแบบด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง วางภาชนะหล่อแบบให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 ชั่วโมง
3. ตัดเส้นใยแก้วทางทันตกรรม ขนาด 8 x 62 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 10 ชิ้น วางแผ่นเส้นใยแก้วทางทันตกรรมบนผิวหน้าของเรซินอะคริลิกที่เตรียมไว้ในภาชนะหล่อแบบล่าง
4. ผสมเรซินอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดตาม นำวัสดุที่ผสมได้ใส่ในฝาบ่น 2 แล้วประคบเข้ากับภาชนะหล่อแบบล่างที่มีแผ่นเรซินอะคริลิกและแผ่นเส้นใย นำภาชนะหล่อแบบบน-ล่าง ไปอัดด้วยความดัน 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง วางภาชนะหล่อแบบให้เย็นลงช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 ชั่วโมง
5. แกะชิ้นตัวอย่างออกจากเบ้า กรอตัดอะคริลิกส่วนเกินบริเวณขอบโดยรอบ ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100, 500 และ 1,000 ตามลำดับ โดยให้ชิ้นงานมีขนาด 45 x 65 x 3.2 มิลลิเมตร
6. ตัดชิ้นเรซินอะคริลิกให้มีขนาด 10 x 64 x 3.2 มิลลิเมตร ด้วยเลเซอร์ เพื่อให้ได้ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง ตามข้อกำหนดของ ISO 20795-1 วัดขนาดชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดชนิดดิจิตอล
7. แช่ชิ้นงานที่เตรียมได้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 50 ชั่วโมง เพื่อกำจัดมอนอเมอร์ส่วนเกินก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง



รูปที่ 12 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับกลุ่มที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้วทางทันตกรรม (กลุ่มที่ 4)

. การเตรียมชิ้นตัวอย่างภายใต้การควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ

นำชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียมได้เข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ โดยกำหนดรอบการแช่ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที พักก่อนเปลี่ยนอุณหภูมิ 20 วินาที ละแช่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที จำนวน 2,000 รอบ



รูปที่ 13 เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ

. การทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง

ทดสอบคุณสมบัติความแข็งแรงดัดขวางของชิ้นตัวอย่างแต่ละกลุ่มด้วยวิธีทดสอบการโค้งงอโดยจุดสัมผัส 3 จุด (3-point bending) ตามข้อกำหนดมาตรฐานไอเอสโอ หมายเลข 20795-1(2008) โดยใช้เครื่องทดสอบสากล (universal testing machine model 5566, Instron Co., USA) กำหนดระยะห่างของแกนรองรับชิ้นตัวอย่างเท่ากับ 50 ± 0.1 มิลลิเมตร ให้แรงกระทำขนาด 1000 นิวตัน บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน เคลื่อนหัวกดด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตร/วินาที บันทึกผลค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานหัก (นิวตัน) วัดความหนาของชิ้นงานในตำแหน่งที่เกิดการแตกหัก คำนวณค่ากำลังดัดขวาง จากสมการ

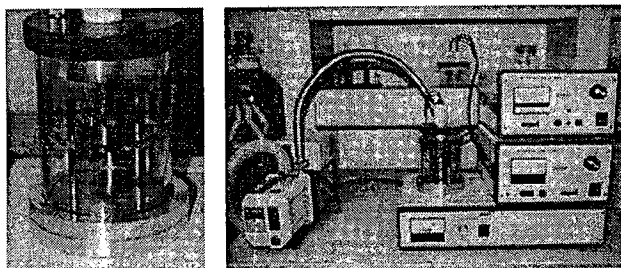
$$\delta = \frac{3FL}{2bd^2}$$

เมื่อ δ = ค่ากำลังดัดขวาง (flexural stress), F = แรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหัก (นิวตัน), L = ระยะห่างระหว่างแท่งรองรับ, b = ความกว้างชิ้นตัวอย่าง, d = ความหนาชิ้นตัวอย่าง

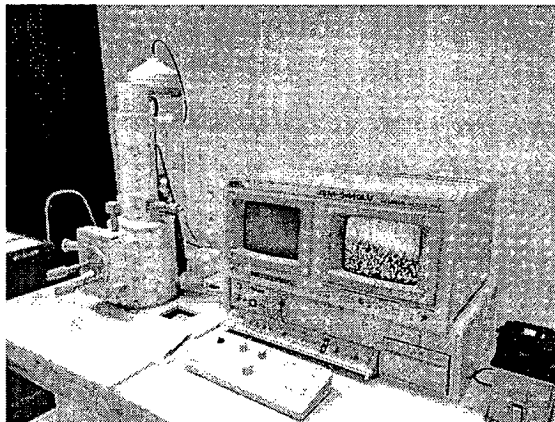
การศึกษาลักษณะชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

การเตรียมชิ้นงานเพื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

1. สุ่มเลือกชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบค่าความแข็งแรงดัดขวาง กลุ่มละ 1 ชิ้น
2. กรอตัดชิ้นตัวอย่างรูปแท่งด้วยหัวตัดกากเพชรแบบจาน (carborundum diamond disc) ให้ได้ขนาด 5 x 2.5 x 3 มิลลิเมตร
3. นำชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้ไปเคลือบทอง (gold sputter coated) ด้วยเครื่องเคลือบทอง (SPI-ModuleTM Sputtercoater, SPI Supplies, USA) ที่ความดัน 1×10^{-2} AT
4. จากนั้นนำเข้าเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JEOL JSM-5910LV SEM, Tokyo, Japan) ที่ความต่างศักย์ 15 กิโลโวลต์ บันทึกภาพบนพื้นผิวพอลิเมทิล เมทาคริเลตชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนของกลุ่มต่างๆ จำนวน 12 ชิ้น ศึกษาลักษณะชิ้นงานเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง



รูปที่ 14 แสดงเครื่องเคลือบทองสำหรับชิ้นงานที่ต้องการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (JEOL JSM-5910LV SEM, Tokyo, Japan)



รูปที่ 15 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 17.0 (Statistical Package for Statistical Science, Chicago, IL, USA) โดยวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงดัดที่คำนวณได้ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) และ สถิติคินเนท (Dunnett's multiple comparison) ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 0.05