

ผลของการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียชนิดฉายรังสี กับวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

Effect of Different Surface Treatments on Shear Bond Strength of Zirconia Y-TZP Bonded with Resin Cement

เดชิต ททรัพย์สมบุญ¹, พิริยะ ยาวีราช², พิสัยชัย ชัยจรินนท์¹

¹นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Techit Subsomboon¹, Piriya Yavirach², Pisaisit Chaijareenont¹

¹Student in Master of Science in Dentistry (Prosthodontics), Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

²Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2561; 39(2) : 31-46

CM Dent J 2018; 39(2) : 31-46

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: ศึกษาผลของวิธีการเตรียมพื้นผิวเซอรโคเนียชนิดฉายรังสีที่แตกต่างกัน ต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวกับวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: เตรียมชิ้นงานแผ่นเซอรโคเนียชนิดฉายรังสี ลักษณะแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 7 x 7 x 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร จำนวน 120 ชิ้น สุ่มแบ่งตามการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน 6 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ชิ้น ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด

Abstract

Objective: To study shear bond strength between resin cement and Y-TZP by various surface treatments.

Materials and Methods: One hundred and twenty Y-TZP plates were fabricated in size of 7 x 7 x 1 mm³ Randomly divided into six groups by type of surface treatment for 20 samples per group: Group 1: Control, Group 2: Sandblasted with 50-micron abrasive alumina airborne particles under pressure 4

Corresponding Author:

พิสัยชัย ชัยจรินนท์

อาจารย์ ดร. ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Pisaisit Chaijareenont

Lecturer, Dr., Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai, 50200, Thailand
E-mail: yodent@hotmail.com

50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 4 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 เป็นเวลา 15 นาที กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยา เป็นเวลา 1 นาที กลุ่มที่ 5 กลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน ร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 กลุ่มที่ 6 กลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอนร่วมกับสารละลายปิรันยา ยึดชิ้นงานด้วยวัสดุยึดติดชนิดเรซินรีไลน์เอกซ์ยูสองร้อย นำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ที่ความเร็วหัวตัด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวร่วมกับจำแนกรูปแบบการเสียหายของแต่ละตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเซอริโคเนียชนิดวายทีซีพีในกลุ่มที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน ร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

บทสรุป: การเตรียมพื้นผิวเซอริโคเนียชนิดวายทีซีพี ด้วยวิธีที่ต่างกันมีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยว และลักษณะของพื้นผิว โดยกลุ่มที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอนร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 มีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว และลักษณะจุลภาคของพื้นผิวที่มีความขรุขระมากที่สุด

คำสำคัญ: วัสดุยึดติดชนิดเรซิน ความแข็งแรงยึดเหนี่ยว การเตรียมพื้นผิว เซอริโคเนียชนิดวายทีซีพี

bar for 20 secs, Group 3: Acid etched with 48% hydrofluoric for 15 minutes, Group 4: Acid etched with Piranha's solution for 1 minute, Group 5: Sandblasted with 50-micron abrasive alumina airborne particles plus 48% hydrofluoric, Group 6: Sandblasted with 50-micron abrasive alumina airborne particles plus Piranha's solution. Specimens were bonded with RelyX U200 resin cement then stored in distilled water at 37°C for 24 hours then tested in universal testing machine for shear bond strength at crosshead speed 0.5 mm per minute. Statistical analysis of the mean shear bond strength was performed by one-way ANOVA and the failure mode was investigated under light microscope at 40 magnifications.

Results: Group of Y-TZP plate surface abraded with 50-micron abrasive alumina airborne particle plus 48% hydrofluoric group showed the highest mean shear bond strength ($p < 0.05$).

Conclusion: Various Y-TZP surface treatment methods affected the mean shear bond strength and retentive patterns. Group of Y-TZP surface abraded with 50-micron abrasive alumina airborne particle plus 48% hydrofluoric group showed the highest mean shear bond strength and roughness surface topography.

Keywords: resin cement, shear bond strength, surface treatment, zirconia Y-TZP

บทนำ

ปัจจุบันเซอร์โคเนีย (zirconia) เป็นวัสดุที่นิยมใช้ในทางทันตกรรมมากขึ้น เนื่องจากมีสีเหมือนฟันที่ให้ความสวยงาม และมีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อการแตกหัก โดยเซอร์โคเนียจัดเป็นสารประกอบระหว่างออกไซด์ (oxide) และเซอร์โคเนียม (zirconium) รวมตัวกัน⁽¹⁾ โดยในสภาวะปกติจะมีลักษณะโครงสร้างแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิในการเผา ส่วนโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงและนิยมนำมาใช้มากที่สุดคือ โครงสร้างผลึกแบบเทตระโกนอล (tetragonal crystal) ซึ่งการคงสภาพโครงสร้างนี้ไว้จำเป็นต้องอาศัยการเติมส่วนของยิตเรียม (yttria:Y₂O₃) เกิดเป็นวัสดุเซรามิก ชนิดเซอร์โคเนียชนิดวายทิตซีฟ (yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystalline:Y-TZP) ที่ถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมในปัจจุบัน ทั้งในการสร้างชิ้นงานทางทันตกรรมรากเทียมและทันตกรรมประดิษฐ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำครอบฟันชนิดเซรามิกล้วน⁽²⁾

เซอร์โคเนีย จัดเป็นวัสดุที่มีพหุสัณฐาน (polymorphic) มีรูปแบบผลึกที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ ผลึกรูปร่างโมโนคลินิก (monoclinic form) ผลึกรูปร่างเทตระโกนอล (tetragonal form) และผลึกรูปร่างคิวบิก (cubic form)⁽³⁾ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปมาระหว่างการเผา แต่การเปลี่ยนโครงสร้างดังกล่าวจะสูญเสียไปเมื่ออุณหภูมิลดลงจนกลับเป็นผลึกรูปร่างโมโนคลินิกอีกครั้งหนึ่ง⁽³⁾ จึงต้องอาศัยการเติมสารประกอบเช่น แคลเซีย (calcia:CaO) อลูมินา (alumina:Al₂O₃) แมกนีเซีย (magnesia:MgO) ยิตเรียม หรือ ซีเรีย (ceria:CeO₂)^(3,4) เพื่อช่วยคงสภาพลักษณะโครงสร้างรูปแบบเทตระโกนอล ที่มีความแข็งแรงสูงในอุณหภูมิห้อง แต่ในหลาย ๆ การศึกษาพบว่า ผลึกรูปร่างเทตระโกนอล นั้นมีความคงตัว (metastable) ที่อุณหภูมิห้องค่อนข้างต่ำ และเสียสภาพเมื่อได้รับความเครียดจากภายนอก เช่น การเป่าทราย (sand blasting) การกรอขัดแต่ง (grinding) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal aging) การแช่ชิ้นงานในสภาวะเปียก (wet environment) และ ความเครียดสะสมจากการบดเคี้ยว (cyclic fatigue from chewing) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างโครงสร้างจากเทตระโกนอลย้อนกลับเป็นโมโนคลินิก อันเป็นผลให้ความแข็งแรงของวัสดุเสื่อมสภาพลง (strength degradation) แต่ก็ยังมีอีกหลาย

การศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้จะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาตรโดยรวม ประมาณร้อยละ 3 ถึง 5 อันนำไปสู่การอัดแน่นภายใน และการหลุดลั่นรอยร้าวเพื่อลดการขยายตัวของรอยแตก โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การเพิ่มความเหนียวด้วยการเปลี่ยนภาค (transformation toughening) ซึ่งถือเป็นลักษณะที่ทำให้วัสดุเซอร์โคเนีย นั้นมีคุณสมบัติเชิงกลที่ยอดเยี่ยม เมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น⁽⁴⁾

ในปัจจุบันการยึดติดชิ้นงานบูรณะด้วยวัสดุยึดติดชนิดเรซินซีเมนต์ (resin cement) และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass ionomer cement) ถือเป็นตัวเลือกแรกในการนำมายึดติดวัสดุบูรณะครอบฟันเซรามิกล้วน กับส่วนของเนื้อฟันธรรมชาติที่เป็นฟันหลัก ซึ่งความสำเร็จของการยึดติดนั้นขึ้นกับคุณภาพและความคงทนในกลไกการยึดติด⁽⁴⁾ โดยการสร้างให้เกิดการยึดติดในระยะยาวระหว่างรอยต่อของวัสดุที่เป็นชิ้นงานบูรณะและวัสดุยึดติดชนิดเรซิน บริเวณพื้นผิวรอยต่อระหว่างวัสดุควรมีการยึดติดทั้งทางกลและทางเคมีเกิดขึ้นร่วมกัน⁽⁵⁾ แต่จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า เซอร์โคเนียชนิดวายทิตซีฟนั้นมีส่วนประกอบของกลาสเมทริกซ์ (glass matrix) ที่น้อยมาก ทำให้ผิวมีความทนทานต่อสารเคมี ไม่สามารถทำการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการใช้กรดความเข้มข้นต่ำที่ร่วมกับสารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) ดังที่ใช้ในชิ้นงานบูรณะแบบเซรามิก ชนิดแก้ว (glass ceramic restoration) ในการเพิ่มยึดติดกับวัสดุยึดติดชนิดเรซินได้⁽⁶⁻⁸⁾ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการเตรียมพื้นผิวเซอร์โคเนียได้หลัก ๆ 2 วิธี⁽⁵⁻⁷⁾ ได้แก่ วิธีที่หนึ่ง การเพิ่มส่วนซิลิกา (silicatisation) ไปบนพื้นผิวของเซอร์โคเนียชนิดวายทิตซีฟจากนั้นจึงทำการเตรียมผิวแบบเซรามิกชนิดแก้วปกติ และวิธีที่สอง การใช้ส่วนของวัสดุเตรียมพื้นผิวเซรามิก (ceramic primer) หรือวัสดุยึดติดชนิดเรซิน (resin cement) ที่มีส่วนประกอบของโมโนเมอร์ชนิดไบโอฟังก์ชันนอล (bio-functional monomer) อันได้แก่ เอ็มดีพี (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate:MDP)^(6,9,10)

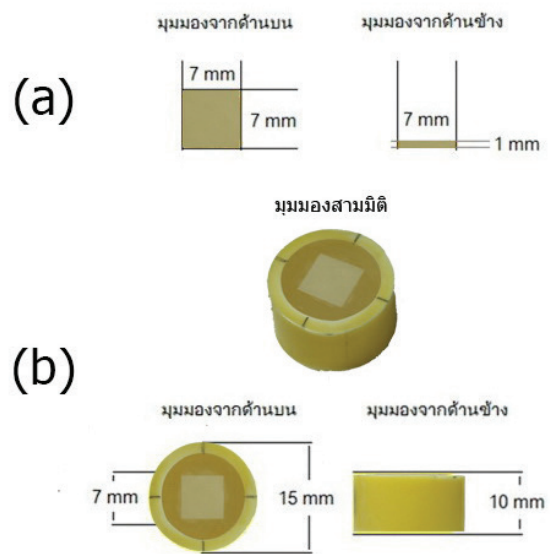
โดยเอ็มดีพี ดังกล่าวจะมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็นโมเดลแบบเอ็ม-อาร์-เอกซ์ (M-R-X) ส่วนเอ็มจะแทนส่วนของกลุ่มเมทาคริล (methacryl group) ที่มีหน้าที่ไปยึดกับวัสดุยึดติดชนิดเรซินผ่านการพอลิเมอร์ไรเซชัน

(polymerization) ร่วมกันกับส่วนเรซินเมตริก (resin matrix) ส่วนอาร์จะแทนส่วนของสายไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon chain) ที่เป็นโครงสร้างเชื่อมปลายทั้งสองด้าน และส่วนเอกซ์แทนส่วนของกลุ่มเอซิดิกฟอสเฟต (acidic phosphate group) ที่มีหน้าที่เชื่อมกับออกไซด์ของโลหะซึ่งในที่นี้จะได้แก่ เซอร์โคเนียออกไซด์นั่นเอง นอกจากนี้การใช้สารเอมิตีฟแล้ว การสร้างให้เกิดการยึดติดในระยะยาวระหว่างรอยต่อของวัสดุที่เป็นชิ้นงานบูรณะ และวัสดุยึดติดชนิดเรซิน บริเวณพื้นผิวรอยต่อระหว่างวัสดุควรมีการยึดติดทั้งทางกลและทางเคมีเกิดขึ้นร่วมกัน⁽⁵⁾

การศึกษาการเตรียมพื้นผิวของเซอร์โคเนียเพื่อเพิ่มการยึดติดกับวัสดุยึดติดชนิดเรซินพบว่า การขัดสีแบบพ่นอนุภาคในอากาศ (airborne particle abrasion) ด้วยอนุภาคอลูมินา หรืออนุภาคอลูมินาที่ดัดแปลงด้วยซิลิกาจะมีส่วนในการเพิ่มความขรุขระของพื้นผิว (surface roughness)⁽¹¹⁻¹³⁾ และเมื่ออ้างอิงจากการศึกษาของ Moon และคณะในปี 2015 ได้แนะนำให้ทำการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน เป็นเวลา 20 วินาที ภายใต้ความดัน 4 บาร์ บนพื้นผิวเซอร์โคเนีย ซึ่งส่งผลให้เกิดค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวกับวัสดุยึดติดชนิดเรซิน มีค่ามากที่สุดในการศึกษาดังกล่าว⁽¹⁴⁾ และนอกจากการเตรียมพื้นผิวดังที่กล่าวมาแล้วยังมีการเตรียมพื้นผิวชนิดอื่น^(7,15) เช่น การศึกษาของ Lohbauer และคณะในปี 2008 ได้แนะนำการใช้สารผสมของกรดซัลฟูริก (sulphuric acid) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ในอัตราส่วน 10 ต่อ 3 ซึ่งถูกเรียกว่า สารละลายปิรันยา (piranha's solution) ที่จัดเป็นสารกัดกร่อนที่รุนแรงและสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) พื้นผิวได้เกือบทุกชนิดมาใช้กับเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี⁽¹⁵⁾ โดยหวังให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl) บนพื้นผิวของเซอร์โคเนียซึ่งเป็นส่วนที่เกิดการยึดติดทางเคมีกับวัสดุยึดติดชนิดเรซินที่มีเอมิตีฟเป็นองค์ประกอบ⁽¹⁶⁾ โดยจากการศึกษานี้พบว่าพื้นผิวของเซอร์โคเนียที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยานั้นส่งผลให้มีการเกิดกลุ่มไฮดรอกซิลมากที่สุด เมื่อเทียบกับการเตรียมพื้นผิวด้วยสารเคมีชนิดอื่น⁽¹⁵⁾ และนอกจากการใช้สารละลายปิรันยาในการเตรียมผิวแล้ว จากการศึกษานี้ของ Smielak และ Klimek ในปี 2015 รวมถึง Piascik และคณะ

ในปี 2012 ยังพบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วย กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) ที่ความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 40 และ 48 นั้นก็สามารถทำให้เกิดความขรุขระ^(17,18) และลักษณะของกลุ่มไฮดรอกซิล ขึ้นบนพื้นผิวของเซอร์โคเนียอีกด้วย⁽¹⁹⁻²¹⁾ ซึ่งในการศึกษาดังกล่าวพบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นสูงร่วมกับการเตรียมพื้นผิวเป็นเวลา 15 นาที จะช่วยเพิ่มค่าความขรุขระของพื้นผิว เซอร์โคเนียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้เกิดกลุ่มไฮดรอกซิลขึ้นบนพื้นผิวเซอร์โคเนีย โดยหมู่ไฮดรอกซิลที่เพิ่มขึ้นนั้นจะมีส่วนช่วยในการทำปฏิกิริยากับโมโนเมอร์ชนิดไปโอฟังก์ชันนอลในวัสดุยึดติดชนิดเรซินโดยเฉพาะเอมิตีฟ ซึ่งการเพิ่มขึ้นดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ผ่านการศึกษามุมสัมผัสที่ลดลงระหว่างพื้นผิววัสดุ⁽²²⁾

จากการทบทวนวรรณกรรมดังที่กล่าวมา พบว่ายังมี ความแตกต่างกันในการเตรียมพื้นผิวชิ้นงานเพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีที่สุดในด้านทางกลและทางเคมี ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลของการเตรียมพื้นผิวที่ต่างกัน อันได้แก่ การเป่าทราย การกัดพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก การกัดพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยา รวมไปถึงการรวมขั้นตอน



รูปที่ 1 แสดงขนาดของชิ้นงาน (a) แผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี (b) ชิ้นงานทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

Figure 1 Show dimensions of specimen (a) Y-TZP plate (b) Specimen of shear bond strength test

การเตรียมผิวทั้งทางกลและทางเคมีในการเตรียมพื้นผิวของชิ้นงานบูรณะเซอริโคเนียชนิดวายทีซีพี เพื่อให้เกิดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ดีที่สุดต่อไปโดยมีสมมุติฐานหลักของงานวิจัยที่ว่า การเตรียมพื้นผิวแผ่นเซอริโคเนียชนิดวายทีซีพีที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวกับวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

วิธีการ

เตรียมแผ่นเซอริโคเนียชนิดวายทีซีพี ที่เผาโดยสมบูรณ์จากห้องปฏิบัติการ ให้มีขนาดกว้าง 7 มิลลิเมตร ยาว 7 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1(a) จำนวน 186 ชิ้น

นำชิ้นทดสอบทำการขัดพื้นผิวด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 100 400 และ 600 ตามลำดับ ด้วยเครื่องขัดชิ้นงาน (grinder polisher, Weiyi MaPao™ 160E, Qingdao, China) ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที ภายใต้การหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อปรับความขรุขระของพื้นผิว จากนั้นทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค (ultrasonic cleaner, Coltene/Whaldent UC125H

BioSonic®, Ohio, USA) ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง แบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 31 ชิ้น ตามรูปแบบที่จะเตรียมพื้นผิว ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอนที่ความดันบรรยากาศ 4 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที ด้วยเครื่องเป่าทราย (sandblasting machine, Renfert basic classic, Hilzingen, Germany) กลุ่มที่ 3 ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 เป็นเวลา 15 นาที กลุ่มที่ 4 ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยา เป็นเวลา 1 นาที กลุ่มที่ 5 ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 4 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที ร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 เป็นเวลา 15 นาที และกลุ่มที่ 6 ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 4 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที ร่วมกับสารละลายปิรันยา เป็นเวลา 1 นาที นำชิ้นตัวอย่างที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวทำการล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionize water) และทิ้งไว้ให้แห้ง

วัสดุอุปกรณ์

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

Table 1 Materials used in this research

วัสดุ	บริษัทผู้ผลิต
แผ่นเซอริโคเนียชนิดวายทีซีพี	Bruxir™, Glidewell, Newport Beach, USA
อนุภาคทรายอลูมินาออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน	Cobra™, Renfert, Hilzingen, Germany
กรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 48	EMSURE™, Merck, Madrid, Spain
กรดซัลฟูริก ความเข้มข้นร้อยละ 98	EMSURE™, Merck, Madrid, Spain
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 30	Perhydrol™, Merck, Madrid, Spain
วัสดุยึดติดชนิดเรซินรีไลเอกซ์ยูสองร้อย	RelyX™U200, 3M Deutschland GmbH, Neuss, Germany
กระดาษทรายน้ำ	Sand paper, TOA, Samut Prakan, Thailand

การศึกษาความขรุขระของพื้นผิว ของแผ่นเซอริโคเนีย ชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่อง ตรวจสอบความขรุขระ (profilometer, Mitutoyo SurfTest SJ-310, Kanagawa, Japan)

นำชิ้นงานตัวอย่างกลุ่มละ 5 ชิ้น ไปทำการวัดความ ขรุขระ ด้วยเครื่องวัดความขรุขระ 3 บริเวณ จากนั้นนำไป ผ่านการเตรียมพื้นผิว และวัดความขรุขระ เพื่อนำมาพิจารณา ความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลก่อนและหลังการเตรียมพื้นผิว ด้วยสถิติการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสอง ประชากรไม่อิสระ (pair sample T-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และพิจารณาค่าเฉลี่ยความแตกต่างก่อนและหลัง ระหว่างกลุ่มด้วยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทาง เดียว (one way ANOVA) ร่วมกับสถิติเชิงซ้อน Dunnett3 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทาง สถิติเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 24.0 (statistics analysis program, SPSS version 24, IBM, New York, USA)

การศึกษาลักษณะของพื้นผิว (surface topography) ของแผ่นเซอริโคเนียชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่ แตกต่างกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, Jeol JSM-5910LV, Massachusetts, USA)

นำชิ้นงานตัวอย่างกลุ่มละ 2 ชิ้นไปทำการส่องดู ลักษณะของพื้นผิว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ ส่องกราด แบบ LV ที่กำลังขยาย 5,000 และ 10,000 เท่า และ ส่องดูแนวตัดขวางที่กำลังที่ขยาย 1,500 และ 5,000 เท่า ด้วยอัตราเร่งอนุภาค 15 kV โดยทำการเตรียมพื้นผิวแผ่น ทดสอบและนำไปยึดกับส่วนแท่งโลหะ จึงนำไปเข้าตู้อบ ความชื้นและทำการเคลือบทองเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า ก่อน นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การศึกษาการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของ แผ่นเซอริโคเนียชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่ แตกต่างกัน ด้วยอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ (energy dispersive X-Ray spectrometer: EDS)

นำชิ้นงานตัวอย่างกลุ่มละ 1 ชิ้นไปทำการส่องดู ลักษณะของพื้นผิว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ

ส่องกราด แบบ LV ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า จากนั้นเลือกสุ่ม บริเวณในการวิเคราะห์ 3 บริเวณต่อหนึ่งแผ่น เพื่อพิจารณา ถึงปริมาณและอัตราส่วนของธาตุที่เป็นส่วนประกอบ จาก นั้นพิจารณาเลือกวิเคราะห์เชิงปริมาณในธาตุที่มีอัตราส่วน มากกว่าร้อยละ 1 โดยทำการเตรียมพื้นผิวแผ่นทดสอบและ นำไปยึดกับส่วนแท่งโลหะ จึงนำไปเข้าตู้อบความชื้นและ ทำการเคลือบทองเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า ก่อนนำไปส่องด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การศึกษามุมสัมผัส (contact angle) ของแผ่นเซอริโคเนีย ชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน

นำชิ้นงานตัวอย่างกลุ่มละ 3 ชิ้น ไปทำการส่องดูมุม สัมผัส โดยทำการหยดน้ำปราศจากไอออน 20 ไมโครลิตร ลงบนพื้นผิวด้วยไมโครปิเปต และทำการถ่ายรูปบริเวณ พื้นผิวสัมผัส ด้วยกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวระบบดิจิทัล (DSLR camera, Canon kiss-X, Tokyo, Japan) ร่วมกับ เลนส์ถ่ายภาพมาโคร (macro lens, Canon EF 100mm f/2.8L macro USM, Tokyo, Japan) โดยกำหนดระยะห่าง จากชิ้นงาน 30 เซนติเมตร จากนั้นนำภาพที่ได้ ไปคำนวณ หามุมสัมผัสด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่าย อิมเมจเจ เวอร์ชัน 1.6.0_24 (image processing program, image-J version 1.6.0_24, New York, USA) ร่วมกับส่วนเสริม แอลบีเอดีเอสเอ (low-Bond Axisymmetric Drop Shape Analysis: LBADSA) และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้ สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ร่วมกับสถิติ เชิงซ้อน Tukey HSD ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ เอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 24.0

การศึกษาทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเซอริโค เนียชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน และ วัสดุยึดติดชนิดเรซิน (shear bond test)

นำชิ้นงานตัวอย่างกลุ่มละ 20 ชิ้น ใส่ในท่อพลาสติก พิวีซีทรงกระบอกหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง วัดจากขอบใน 15 มิลลิเมตรและมีความสูง 10 มิลลิเมตร ด้วยวัสดุอีพอกซีเรซิน (epoxy resin) ในการยึดชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 1(b)

จากนั้นนำพื้นผิวเซอโรโคเนียชนิดวายเป็นซีพียึดกับวัสดุยึดติดชนิดเรซินรีไลเอกซ์ยูสองร้อย ด้วยอัตราส่วนวัสดุฐานต่อตัวกระตุ้น (base : catalyst ratio) 1 ต่อ 1 ด้วยไม้พาย (spatula) โดยใช้เวลาผสมไม่เกิน 20 วินาทีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และใส่ลงในแม่แบบให้เต็ม ให้ส่วนของวัสดุยึดติดมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดจากขอบใน 3 มิลลิเมตรและมีความสูง 3 มิลลิเมตร จากนั้นฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม (dental curing light: Elipar™, 3M Deutschland GmbH, Neuss, Germany) ที่ความเข้มแสง 600 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรเป็นเวลา 20 วินาทีโดยทำการฉายแสงทั้ง 4 ด้าน ให้งานวัสดุยึดติดก่อตัวโดยสมบูรณ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง^(12,27) จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเซอโรโคเนียชนิดวายเป็นซีพี และวัสดุยึดติดชนิดเรซินด้วยเครื่องทดสอบสากล (universal testing machine: Instron 5566, Massachusetts, USA) ตามมาตรฐาน ISO/TS 11405:2003 โดยกำหนดค่าความเร็วหัวตัดอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที จนส่วนของแท่งวัสดุยึดติดชนิดเรซินหลุดออก บันทึกค่าแรงมากที่สุดที่แยกวัสดุออกจากกัน นำมาคำนวณค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในหน่วย เมกะปาสคาล ด้วยสมการ⁽¹¹⁾ ดังแสดงในสมการที่ 1

นำข้อมูลค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วย สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวร่วมกับสถิติเชิงซ้อน Dunette T3 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 24.0 จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างที่แตกหักไปตรวจรูปแบบการเสียหายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พร้อมตัวบันทึกภาพ (stereo microscope with digital camera: Olympus SZX7 & SZ2-ILST led illuminator stand & E-330, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า และบันทึกโดยแบ่งลักษณะรูปแบบของการเสียหาย (mode of failure) ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่⁽¹¹⁾

กลุ่มที่ 1: การเสียหายยึดติด (adhesion failure) หมายถึง พบการแตกหักระหว่างรอยต่อแผ่นเซอโรโคเนียชนิดวายเป็นซีพี และวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

กลุ่มที่ 2: การเสียหายเชื่อมแน่น (cohesion failure) หมายถึง พบการแตกหักในส่วนของวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

กลุ่มที่ 3: การเสียหายผสม (mixed cohesion and adhesion failure) หมายถึง พบการแตกหักทั้งในส่วนของวัสดุยึดติดชนิดเรซินร่วมกับการแตกหักระหว่างรอยต่อ

ผลการศึกษา

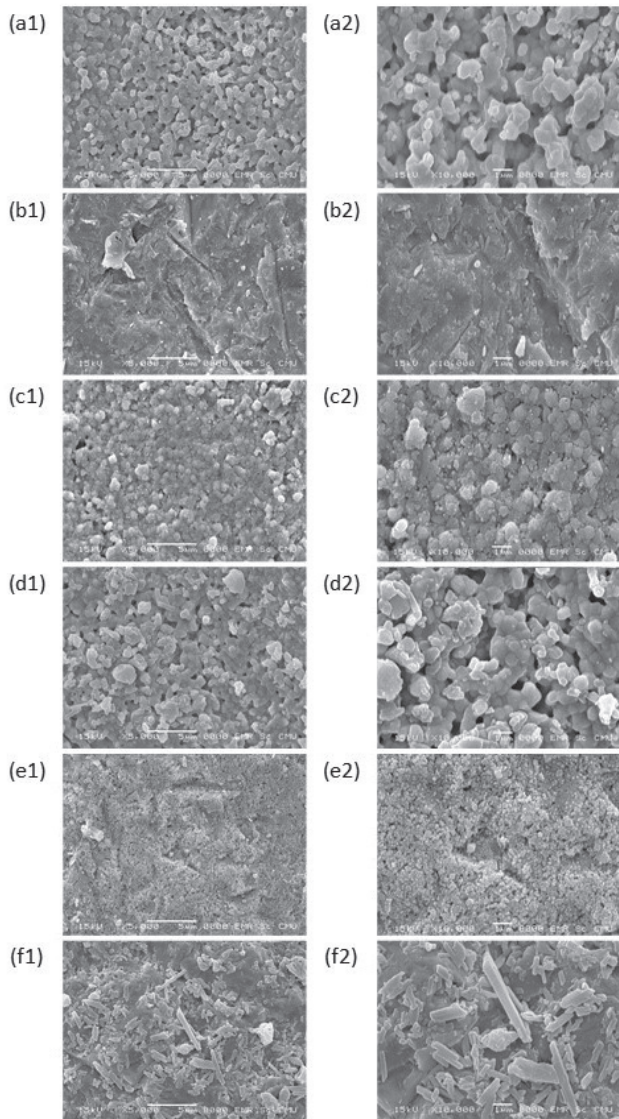
ผลการศึกษาความขรุขระของพื้นผิว ของแผ่นเซอโรโคเนียชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่องตรวจสอบความขรุขระ

ผลการทดสอบค่าความขรุขระของพื้นผิวทุกกลุ่มบรรยายในตาราง ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความขรุขระพื้นผิวเฉลี่ยเลขคณิต (roughness average:Ra) ระหว่างชิ้นงานก่อนและหลังการเตรียมพื้นผิว ด้วยสถิติการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรไม่อิสระ พบว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยการเป่าทรายและกลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต ระหว่างการเตรียมพื้นผิวในแบบต่างกัน ที่พบว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอน และกลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก นั้นมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดและมีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวร่วมกับสถิติเชิงซ้อน Dunett T3 และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวเฉลี่ยรูปร่าง (roughness kurtosis:Rku) พบว่า กลุ่มที่ผ่านการกัดด้วยสารละลายปิรันยานั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นที่มีค่าไปในทางที่เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาลักษณะของพื้นผิวของแผ่นเซอโรโคเนียชนิดวายเป็นซีพี จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิวพบลักษณะของพื้นผิวประกอบไปด้วยผลึกเซอโรโคเนียชนิดวายเป็นซีพี ร่วมกับช่องว่างบางส่วนดังแสดงในรูปที่ 2(a1) 2(a2) และภาพแนวตัดขวางในรูปที่ 3(a1) 3(a2) ซึ่งใกล้เคียง

รูปที่ 2



แสดงลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซรามิกเนื้อชนิดวายทีซีพี ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราด (a1) กลุ่มควบคุมที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (a2) กลุ่มควบคุมที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (b1) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอนที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (b2) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอนที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (c1) กลุ่มกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (ลูกศรสีขาวแสดงอนุภาคลักษณะทรงกลม) (c2) กลุ่มกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (ลูกศรสีขาวแสดงอนุภาคลักษณะทรงกลม) (d1) กลุ่มกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (d2) กลุ่มกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยาที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (e1) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (e2) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (ลูกศรสีขาวแสดงอนุภาคลักษณะทรงกลมอัดแน่น) (f1) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (ลูกศรสีขาวแสดงอนุภาคลักษณะทรงกระบอก) (f2) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยาที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (ลูกศรสีขาวแสดงอนุภาคลักษณะทรงกระบอกเกาะกันอย่างหลวม ๆ)

Figure 2 Show surface topography of specimen from scanning electron microscope (a1) Control group at 5,000x (a2) Control group at 10,000x (b1) 50-micron sandblasting at 5,000x (b2) 50-micron sandblasting at 10,000x (c1) HF at 5,000x (white arrow show round particles) (c2) HF at 10,000x (white arrow show round particles) (d1) Piranha's solution at 5,000x (d2) Piranha's solution at 10,000x (e1) 50-micron sandblasting with HF at 5,000x (e2) 50-micron sandblasting with HF at 10,000x (white arrow show tighten round particles) (f1) 50-micron sandblasting with Piranha's solution at 5,000x (white arrow show cylinder particles) (f2) 50-micron sandblasting with Piranha's solution at 10,000x (white arrow show loosen cylinder particles)

รูปที่ 3

แสดงลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซอรัโคเนียชนิด วายทีซีพี ในแนวตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนส่องกราด (a1) กลุ่มควบคุมที่กำลังขยาย 1,500 เท่า (a2) กลุ่มควบคุมที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (b1) กลุ่มแปาทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอนที่กำลังขยาย 1,500 เท่า (b2) กลุ่มแปาทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอนที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (c1) กลุ่มกัดผิวด้วย กรดไฮโดรฟลูออริกที่กำลังขยาย 1,500 เท่า (c2) กลุ่ม กัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (d1) กลุ่มกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยาที่กำลังขยาย 1,500 เท่า (d2) กลุ่มกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยาที่ กำลังขยาย 5,000 เท่า (e1) กลุ่มแปาทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า (e2) กลุ่มแปาทรายด้วย อนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยกรดไฮโดร ฟลูออริกที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (f1) กลุ่มแปาทราย ด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยสารละลาย ปิรันยาที่กำลังขยาย 1,500 เท่า (f2) กลุ่มแปาทราย ด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยสารละลาย ปิรันยาที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

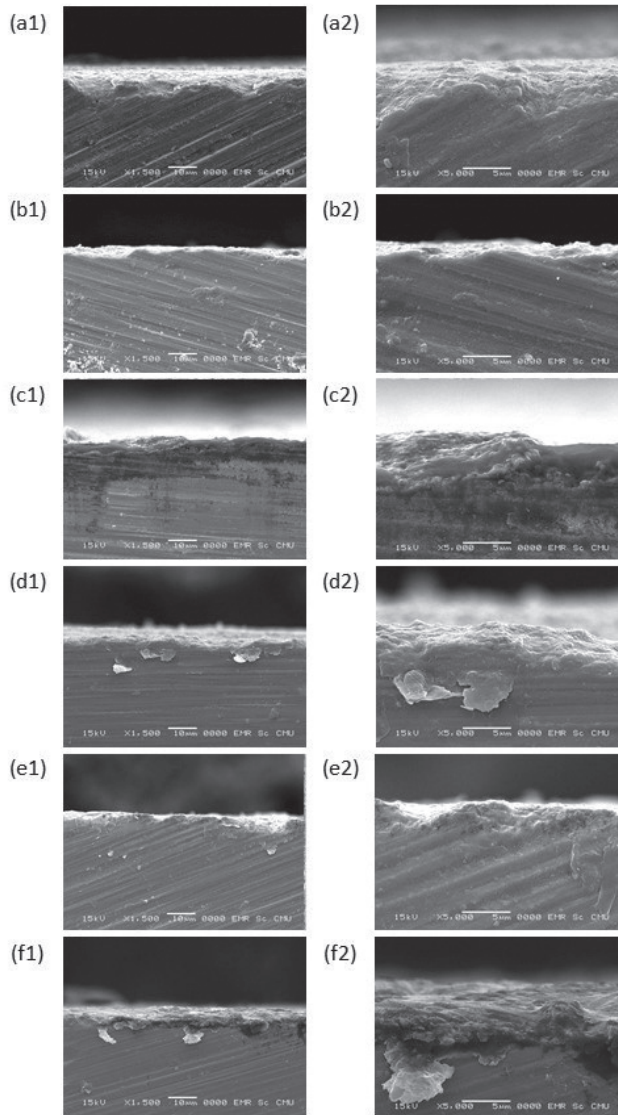


Figure 3 Show cross-sectional surface topography of specimen from scanning electron microscope (a1) Control group at 1,500x (a2) Control group at 5,000x (b1) 50-micron sandblasting at 1,500x (b2) 50-micron sandblasting at 5,000x (c1) HF at 1,500x (c2) HF at 5,000x (d1) Piranha's solution at 1,500x (d2) Piranha's solution at 5,000x (e1) 50-micron sandblasting with HF at 1,500x (e2) 50-micron sandblasting with HF at 5,000x (f1) 50-micron sandblasting with Piranha's solution at 1,500x (f2) 50-micron sandblasting with Piranha's solution at 5,000x

กับกลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยา เพียงแต่ในกลุ่มที่ใช้สารละลายปิรันยานั้นจะพบช่องว่างมากกว่าร่วมกับลักษณะอนุภาคที่มีการยึดติดแบบหลวม ๆ จากพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 2(d1) 2(d2) และภาพแนวตัดขวางในรูปที่ 3(d1) 3(d2) ซึ่งแตกต่างจากการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่พบลักษณะอนุภาคเปลี่ยนสภาพเป็นทรงกลมและอัดตัวกันอย่างหนาแน่น ดังแสดงในรูปที่ 2(c1) 2(c2) และภาพแนวตัดขวางในรูปที่ 3(c1) 3(c2)

ส่วนในกลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายนั้นจะพบลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี

มีอนุภาคลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม ยึดเกาะกันของผลึกอย่างหนาแน่น ดังแสดงในรูปที่ 2(b1) 2(b2) และภาพแนวตัดขวางในรูปที่ 3(b1) 3(b2) แต่เมื่อทำการเป่าทรายร่วมกับการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก นั้นพบการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคเป็นลักษณะทรงกลม อัดแน่นบนพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 2(e1) 2(e2) และภาพแนวตัดขวางในรูปที่ 3(e1) 3(e2) ส่วนการเป่าทรายร่วมกับการใช้สารละลายปิรันยา นั้นจะพบลักษณะของพื้นผิวมีอนุภาคเป็นแท่งทรงกระบอก เกาะกันอย่างหลวม ๆ บริเวณพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 2(f1) 2(f2) และภาพแนวตัดขวางในรูปที่ 3(f1) 3(f2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยดัชนีชี้วัดความขรุขระของพื้นผิว

Table 2 Mean surface roughness parameter

Treatment	Parameter			Mean ΔRa (μm)[n=5]	Mean ΔRku [n=5]
	T-Test	Mean pre Ra (μm)[n=5]	Mean post Ra (μm)[n=5]		
Control		0.92±0.23	0.87±0.25	0.296	(a) -0.05±(0.14) 0.56±(0.45)
SB 50		1.31±0.24	1.58±0.41	0.035	(ab) 0.27±(0.26) 0.72±(1.36)
HF		0.95±0.24	1.00±0.17	0.317	(a) 0.02±(0.10) -0.89±(1.41)
Piranha		1.15±0.33	1.16±0.42	0.894	(a) 0.01±(0.10) -0.14±(0.35)
SB50 + HF		1.43±0.29	1.87±0.48	0.000	(b) 0.44±(0.12) 0.19±(0.67)
SB50 + Piranha		1.55±0.35	1.44±0.38	0.401	(a) -0.11±(0.37) 0.19±(0.71)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษบริเวณซ้ายมือของตัวเลข แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติเชิงซ้อน

Control คือ กลุ่มทดสอบที่ไม่ผ่านการเตรียมพื้นผิว

SB 50 คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย การเป่าทรายอนุภาคขนาด 50 ไมครอน

HF คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย กรดไฮโดรฟลูออริก

Piranha คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย สารละลายปิรันยา

SB 50 + HF คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย การเป่าทราย

SB 50 + Piranha คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยอนุภาคขนาด 50 ไมครอน และสารละลายปิรันยา

English alphabets on left side mean statistic relation

Control = no surface treatment

SB 50 = surface treat with 50-micron grit blasting

HF = surface treat with hydrofluoric acid

Piranha = surface with Piranha's solution

SB 50 + HF = surface treat with 50-micron grit blasting and hydrofluoric acid

SB 50 + Piranha = surface treat with 50-micron grit blasting and Piranha's solution

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของแผ่นเซอรโคเนียชนิดวายทีซีที จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ด้วยอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ

ผลการทดสอบการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพบรรยายในตาราง ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยพบว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย จะแสดงอัตราส่วนของธาตุอลูมิเนียม (aluminium:Al) มากขึ้นจาก

กลุ่มควบคุม และในกลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกนั้นจะพบอัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุฟลูออรีน (fluorine:F) เพิ่มมากขึ้น ส่วนในกลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้านสารละลายปิรันยา ส่งผลให้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุ ออกซิเจน (oxygen:O) เพิ่มสูงขึ้นจากกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยว รูปแบบการแตกหัก ค่าเฉลี่ยมุมสัมผัส และผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ
Table 3 Mean shear bond strength, mode of failure, mean contact angle and EDS analysis

Treatment	Parameter							
	Shear bond strength (MPa) [n=20]	Mode of failure [n=20]		Mean contact angle (θ C) [n=3]	EDS analysis [n=3]			
		Adhesion	Mixed-type		O (wt%)	Al (wt%)	F (wt%)	
Control	(a) 2.95±(0.77)	100%		(e) 84.50±(3.43)	15.27	-	-	
SB 50	(c) 7.78±(1.47)	90%	10%	(bc) 34.84±(5.93)	18.79	3.13	-	
HF	(c) 6.25±(2.37)	90%	10%	(cd) 47.91±(8.36)	16.48	-	1.08	
Piranha	(a) 2.92±(1.23)	100%		(d) 51.78±(3.98)	21.84	-	-	
SB50 + HF	(d) 13.89±(2.85)	40%	60%	(ab) 24.62±(2.69)	19.78	2.29	5.86	
SB50 + Piranha	(b) 4.44±(0.79)	100%		(a) 21.08±(0.17)	19.92	2.59	-	

ตัวอักษรภาษาอังกฤษบริเวณซ้ายมือของตัวเลข แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติเชิงซ้อน

Control คือ กลุ่มทดสอบที่ไม่ผ่านการเตรียมพื้นผิว

SB 50 คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย การเป่าทรายอนุภาคขนาด 50 ไมครอน

HF คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย กรดไฮโดรฟลูออริก

Piranha คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย สารละลายปิรันยา

SB 50 + HF คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วย การเป่าทราย

SB 50 + Piranha คือ กลุ่มทดสอบที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยอนุภาคขนาด 50 ไมครอน และสารละลายปิรันยา

English alphabets on left side mean statistic relation

Control = no surface treatment

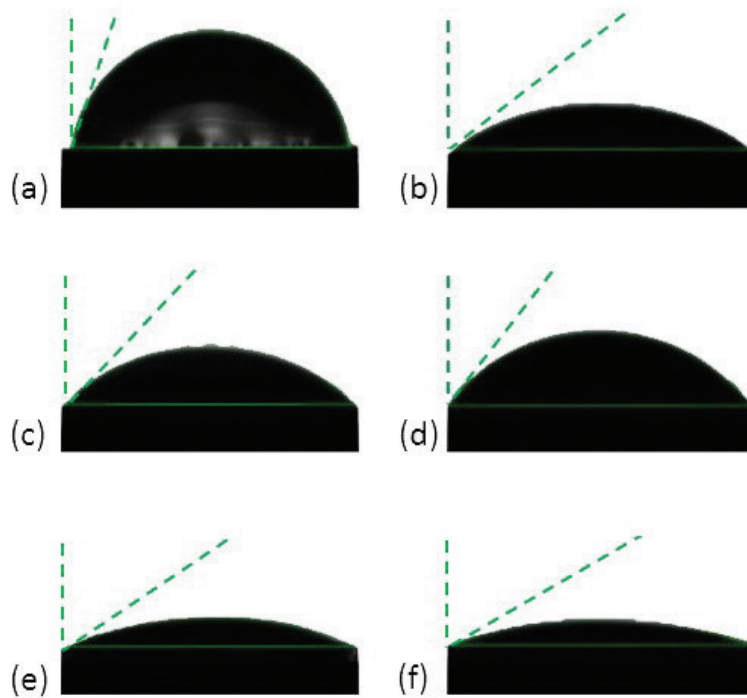
SB 50 = surface treat with 50 micron grit blasting

HF = surface treat with hydrofluoric acid

Piranha = surface with piranha's solution

SB 50 + HF = surface treat with 50 micron grit blasting and hydrofluoric acid

SB 50 + Piranha = surface treat with 50 micron grit blasting and piranha's solution



รูปที่ 4 แสดงรูปตัวอย่างชิ้นงานทดสอบมุมสัมผัสที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีที (a) กลุ่มควบคุม (b) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน (c) กลุ่มกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (d) กลุ่มกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยา (e) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (f) กลุ่มเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกัดผิวด้วยสารละลายปิรันยา

Figure 4 Show specimens in experiment of contact angle on Y-TZP surface (a) Control group (b) 50-micron sandblasting (c) HF (d) Piranha's solution (e) 50-micron sandblasting with HF (f) 50-micron sandblasting with Piranha's solution

ผลการศึกษามุมสัมผัสของแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีทีจากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษามุมสัมผัสบรรยายในตาราง ดังแสดงในตารางที่ 3 จากการศึกษพบว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับการใช้สารละลายปิรันยา ส่งผลให้มีค่ามุมสัมผัสที่น้อยที่สุด และกลุ่มที่มีค่ามุมสัมผัสมากที่สุดคือกลุ่มควบคุม สังเกตได้จากรูปตัวอย่างชิ้นงานทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4

ผลการศึกษาทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีที จากการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน และวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

ผลการทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวบรรยายในตารางดังแสดงในตารางที่ 3 โดยพบว่า กลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิว

ด้วยการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอนร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นสูงมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ $13.89 \pm (2.85)$ ซึ่งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามด้วยกลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอน กลุ่มที่กัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และกลุ่มที่ผ่านการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับสารละลายปิรันยา ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวต่ำที่สุดทางสถิติคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยา

โดยเมื่อพิจารณารูปแบบการเสียหายจะพบว่า กลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นสูงจะพบลักษณะการเสียหายเป็นแบบผสม ถึงร้อยละ 60 ร่วมกับการเสียหายยึดติดร้อยละ 40 ส่วนกลุ่มที่ผ่านการเตรียม

พื้นผิวด้วยการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอน และกลุ่มที่กัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก พบว่ามีการเสียหายเป็นแบบผสมร้อยละ 10 แต่ในกลุ่มอื่น พบการเสียหายเป็นแบบการเสียหายยึดติดทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3

บทวิจารณ์

จากผลการศึกษาพบว่า ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก คือ มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวจากการเตรียมพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพีที่แตกต่างกัน ซึ่งการศึกษานี้ได้พิจารณาผลของการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกันของพื้นผิวเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี ต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวกับวัสดุยึดติดชนิดเรซิน โดยอาศัยการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย และการใช้สารละลายทางเคมีในการช่วยเตรียมพื้นผิว ที่ถือเป็นข้อแนะนำในการเพิ่มการยึดติดจากหลาย ๆ การศึกษาร่วมกับการใช้วัสดุยึดติดชนิดเรซินที่มีโมโนเมอร์ชนิดไบโอฟังก์ชันนอลเป็นส่วนประกอบ^(5,11,13-15,19,23-25) ซึ่งการศึกษานี้ได้รวบรวมรูปแบบการเตรียมพื้นผิวที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวและความขรุขระของพื้นผิวมากที่สุด ในด้านการเป่าทราย⁽¹⁴⁾ การใช้สารละลายกัดพื้นผิว^(15,19) และนำวิธีดังกล่าวมาผสมผสานเป็นวิธีใหม่ เพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีที่สุดในระหว่าง พื้นผิวเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี และวัสดุยึดติดชนิดเรซิน

ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่า การเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายอนุภาค 50 ไมครอน ร่วมกับการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีอื่น ตามสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวร่วมกับสถิติเชิงซ้อน DunettT3 และยังพบรูปแบบการเสียหายเป็นแบบการเสียหายผสมมากถึงร้อยละ 60 อันหมายถึงมีการยึดติดที่ดีต่อกันระหว่างพื้นผิวแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี และวัสดุยึดติดชนิดเรซิน ซึ่งสาเหตุที่การเตรียมพื้นผิวดังกล่าวให้ผลดีที่สุทธินั้นมาจากคุณสมบัติของพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากทั้งการเป่าด้วยทราย และการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก

โดยเมื่อพิจารณาในส่วนของการเป่าทรายจะพบว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายนั้นจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมี

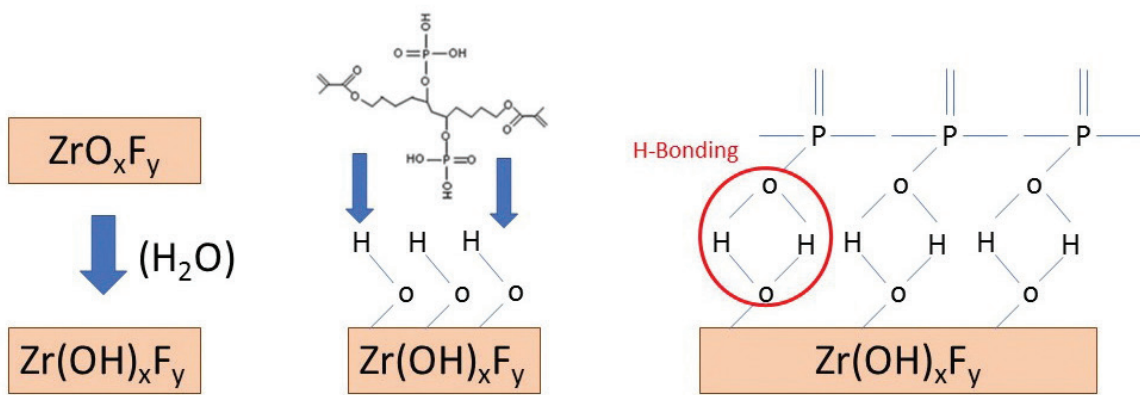
นัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเมื่ออ้างอิงจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการเป่าทรายด้วยอนุภาคร่วมกับความดันนั้นสามารถกำจัดส่วนของสารปนเปื้อนอินทรีย์ อาทิเช่น น้ำลายหรือคราบไขมันออกจากพื้นผิวของเซรามิก^(13,23) และส่งผลให้เกิดความขรุขระบนพื้นผิวซึ่งเปลี่ยนจากพื้นผิวที่เรียบให้มีหลุมร่อง เอื้อให้เกิดการแทรกซึมของวัสดุยึดติดลงไป^(10-13,26) สอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่า ค่าเฉลี่ยผลต่างของความขรุขระพื้นผิวเฉลี่ยเลขคณิตในกลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยการเป่าทรายมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม รวมไปถึงลักษณะของพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีลักษณะขรุขระเอื้อให้เกิดการแทรกซึมได้ดี^(11,12,14) ดังแสดงในรูปที่ 2(b1) 2(b2) 2(e1) 2(e2) 2(f1) 2(f2) และ 3(b1) 3(b2) 3(e1) 3(e2) 3(f1) 3(f2) ซึ่งการเป่าทรายด้วยอนุภาค 50 ไมครอน นั้นถือเป็นการเตรียมผิวเหมาะสมที่สุดในการเพิ่มความขรุขระของพื้นผิวและการเกิดโครงสร้างผลึกรูปร่างโมโนคลินิกในระดับที่เหมาะสม⁽¹⁴⁾ และไม่ทำให้ความแข็งแรงของเซอร์โคเนียลดต่ำลง⁽²⁷⁾ อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดการยึดติดที่ดีที่สุดตามการศึกษาของ Moon และคณะ ในปี 2015⁽¹⁴⁾

นอกจากนี้ การยึดติดที่ดีนั้นยังเป็นผลมาจากคุณสมบัติในการเปลี่ยนพื้นผิวจากสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นสูง โดยจากการศึกษาของ Smielak และ Klimek ในปี 2015 พบว่าการกัดพื้นผิวเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี ด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นสูงนั้นสามารถเพิ่มความขรุขระของพื้นผิวในระดับนาโนได้⁽¹⁹⁾ สอดคล้องกับการศึกษาของ Sriamporn และคณะ ในปี 2014 ที่พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดจะส่งผลให้เกิดความขรุขระแบบนาโนเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลมากจากการที่อะตอมรอบ ๆ ขอบเขตของคริสตัล ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีมากกว่า จึงถูกกัดกร่อนรวดเร็วกว่าภายใน ส่งผลให้เกิดความขรุขระรอบ ๆ คริสตัล และขนาดของเกรนที่ลดลง⁽¹⁷⁾ แต่อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการเพิ่มเติมของความขรุขระระดับนาโนนั้นไม่สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวได้^(17,28) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกนั้นไม่ส่งผลให้ ค่าเฉลี่ยผลต่างของความขรุขระพื้นผิวเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งเป็นการวัดความขรุขระในระดับไมโคร เกิดความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 2 แต่อย่างไรก็ดีในการศึกษานี้กลับพบว่า กลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก นั้นส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงชันกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากคุณสมบัติทางเคมีที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวนั้นเอง โดยการเพิ่มส่วนของ ฟลูออรีนขึ้นบนพื้นผิวของ เซอร์โคเนียจะช่วยให้เกิดความแข็งแรงในการกระจายตัว (wettability) และส่งเสริมการยึดติดทางเคมีกับวัสดุทางทันตกรรมได้^(22,29,30) โดยเมื่ออ้างอิงจากการศึกษาของ Piascik และคณะ ในปี 2012 ที่พบว่าเมื่อทำการเพิ่มส่วนของธาตุฟลูออรีน ผ่านกระบวนการฟลูออรีนชันไปบนพื้นผิวของเซอร์โคเนีย จะทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างยึดติดทางเคมีที่มีส่วนประกอบของ ฟลูออไรด์ (fluoride) และออกซีฟลูออไรด์ (oxyfluoride) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเมื่ออยู่ในบรรยากาศปกติ แยกตัวเกิดหมู่ไฮดรอกซิลขึ้นและเข้าจับกับโมโนเมอร์ชนิดไบโอฟังก์ชันนอลที่มีอยู่ในวัสดุยึดติดชนิดเรซินผ่านพันธะไฮโดรเจน ดังแสดงในรูปที่ 5 ก่อให้เกิดค่าการยึดติดที่เพิ่มขึ้นของวัสดุทั้งสองชนิด โดยจากการศึกษานี้ยังพบอีกว่า พื้นผิวเซอร์โคเนียที่ถูกเพิ่มส่วนของฟลูออไรด์นั้นมีมุมสัมผัสที่ลดลงจากกลุ่มควบคุมอันแสดงถึงการมีหมู่ไฮดรอกซิลที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง⁽²²⁾ ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษานี้ ที่พบว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก นั้นจะมีธาตุฟลูออรีนขึ้นบนพื้นผิวจากการทดสอบการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและเชิง

คุณภาพ โดยเมื่อพิจารณาถึงกลุ่มที่ทำการเป่าทรายร่วมกับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกในการเตรียมพื้นผิว ยิ่งพบว่ามุมสัมผัสมากกว่าการใช้กรดกัดเพียงชนิดเดียว โดยมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักสูงกว่าประมาณ 5 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 3 และเมื่อพิจารณาถึงมุมสัมผัสจะพบว่า กลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดกัดมีค่ามุมสัมผัสที่ลดลงจากกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 4 อันแสดงถึงความสามารถในการกระจายตัวที่สูงขึ้น ส่งผลให้มีการยึดติดที่ดีขึ้นตาม

แต่อย่างไรก็ดีในการศึกษานี้ยังพบว่า การใช้สารละลายปิรียาในการเตรียมพื้นผิวนั้นส่งผลให้มีมุมสัมผัสที่น้อยลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อันแสดงถึงปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลที่สูงขึ้นและมีความสามารถในการกระจายตัวที่ดีขึ้น⁽²²⁾ แต่กลับพบว่าค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้นั้นไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณากลุ่มที่ใช้สารละลายปิรียาร่วมกับการเป่าทราย ก็พบค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่มากขึ้น สอดคล้องตามการศึกษาของ Lohbauer และคณะ ในปี 2008 ที่พบว่า กลุ่มที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับการใช้สารละลายปิรียานั้นจะมีค่าการยึดติดสูงกว่ากลุ่มควบคุม⁽¹⁵⁾ แต่ในการศึกษานี้เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเป่าทรายเพียงอย่างเดียว กลับพบว่ามีความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการยึดติดทางกลที่เป็นผลมาจากความขรุขระของพื้นผิว โดยกลุ่มที่ทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับสารละลายปิรียานั้น จะมีค่าการ



รูปที่ 5 แสดงภาพจำลองพันธะเคมีระหว่างโมโนเมอร์ชนิดไบโอฟังก์ชันนอลและหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวแผ่นเซอร์โคเนียชนิดฉายรังสีหลังจากการเพิ่มฟลูออรีน

Figure 5 Show chemical bonded model of bio-functional monomer and hydroxyl group on Y-TZP surface after fluorination

เปลี่ยนค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวเฉลี่ยรูปร่างลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ผ่านการเป่าทรายเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งหมายถึงการมีพื้นผิวที่เรียบตื้นมากขึ้นส่งผลให้การยึดติดลดลง ดังแสดงในรูปที่ 3(b1) 3(b2) เปรียบเทียบกับรูปที่ 3(f1) 3(f2) และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะของพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะพบลักษณะของผิวเรียบตื้นร่วมกับรูพรุน และเกาะกันอย่างหลวม ๆ ของอนุภาคบริเวณพื้นผิว ดังแสดงในรูป 2(f1) 2(f2) ซึ่งสามารถหลุดออกได้ง่ายเมื่อมีการทดสอบการยึดติด สอดคล้องกับการศึกษาของ Hallmann และคณะในปี 2016 ที่พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายปิรันยาทำให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวลดลง เนื่องมาจากการละลายของสารประกอบออกแกนิก บริเวณพื้นผิวที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารละลายปิรันยา และชั้นของสารประกอบดังกล่าวยังมีการละลายตัวที่สูง อันนำไปสู่การสูญเสียการยึดติดทันทีหลังยึดกับวัสดุยึดติดชนิดเรซิน (spontaneous debonding) ตามมา⁽³¹⁾

อย่างไรก็ดี ถึงแม้การศึกษานี้ได้ทำการศึกษารูปแบบการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกันต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวกับวัสดุชนิดเรซินที่มีส่วนประกอบของโมโนเมอร์ชนิดไปโอฟังก์ชันนอล ร่วมกับการดูลักษณะของพื้นผิวและธาตุที่เกิดขึ้น แต่ยังไม่ได้ทำการจำลองถึงสภาวะในช่องปากผ่านการบ่มเทียม (artificial aging) ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็น (thermocycling machine) ซึ่งมีผลต่อการยึดติดในระยะยาวของวัสดุสองชนิด ดังนั้นในอนาคตจึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องในส่วนนี้ต่อไป

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดในการศึกษานี้สามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่า การเตรียมพื้นผิวแผ่นเซอโรโคเนียชนิดวายทีซีพี ด้วยวิธีที่แตกต่างกันให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่แตกต่างกัน โดยวิธีการเตรียมพื้นผิวเซอโรโคเนียชนิดวายทีซีพี ด้วยการเป่าทรายอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน เป็นเวลา 20 วินาที ภายใต้ความดัน 4 บาร์ ร่วมกับการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 48 เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 95 ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มการยึดติดทางกลและทางเคมีร่วมกัน

เอกสารอ้างอิง

1. Manicone PF, Iommetti PR, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent* 2007; 35(11): 819-826.
2. Madfa AA, Al-Sanabani FA, Al-Qudami NH, Al-Sanabani JS, Amran AG. Use of zirconia in dentistry an overview. *The Open Biomater J* 2014; 5: 1-9.
3. Arwatchanakan S. Dental ceramics. *J Dent Assoc Thai* 2008; 58(4): 263-271.
4. Bona AD, Pecho OE, Alessandretti R. Zirconia as a dental biomaterial. *Materials* 2015;8(8):4978-4991.
5. Sciasci P, Abi-Rached FO, Adabo GL, Baldissara P, Fonseca RG. Effect of surface treatments on the shear bond strength of luting cements to Y-TZP ceramic. *J Prosthet Dent* 2015; 113(3): 212-219.
6. Souza GD, Hennig D, Aggarwal A, Tam LE. The use of MDP-based materials for bonding to zirconia. *J Prosthet Dent* 2014; 112(4): 895-902.
7. Ana P, Ruxandra S. Adhesive Cementation Protocol of Zirconia Restorations. *Romanian J Oral Rehabil* 2011; 3(3): 114-119.
8. Chaijareenont P, Takahashi H, Nishiyama N, Arksornnukit M. Effects of silane coupling agents and solutions of different polarity on PMMA bonding to alumina. *Dent Mater J* 2012; 31(4): 610-616.
9. Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Seo DG. Shear bond strength of MDP-containing self-adhesive resin cement and Y-TZP ceramics: effect of phosphate monomer-containing primers. *Biomed Res Int* 2015; 2015: 1-6.
10. Cheung GCK, Botelho MG, Matinlinna JP. Effect of surface treatments of zirconia ceramics on the bond strength to resin cement. *J Adhes Dent* 2014; 16(1): 49-56.
11. Su N, Yue L, Liao Y, Liu W, Zhang H, Li X. The effect of various sandblasting conditions on surface changes of dental zirconia and shear bond strength between zirconia core and indirect composite resin. *J Adv Prosthodont* 2015; 7(3): 214-223.

12. Abi-Rached FO, Martins SB, Campos JA, Fonseca RG. Evaluation of roughness, wettability, and morphology of an yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal ceramic after different airborne-particle abrasion protocols. *J Prosthet Dent* 2014; 112(6): 1385-1391.
13. Ersu B, Yuzugullu B, Yazici AR, Canay S. Surface roughness and bond strengths of glass-infiltrated alumina-ceramics prepared using various surface treatments. *J Dent* 2009; 37(11): 848-856.
14. Moon JE, Kim SH, Lee J-B, Han JS, Yeo IS, Ha SR. Effects of airborne-particle abrasion protocol choice on the surface characteristics of monolithic zirconia materials and the shear bond strength of resin cement. *Ceram Int* 2016; 42(1): 1552-1562.
15. Lohbauer U, Zipperle M, Rischka K, Petschelt A, Muller FA. Hydroxylation of dental zirconia surfaces: characterization and bonding potential. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008; 87(2): 461-467.
16. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester monomer and zirconate coupler. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 77(1): 28-33.
17. Sriamporn T, Thamronganskul N, Busabok C, Poolthong S, Uo M, Tagami J. Dental zirconia can be etched by hydrofluoric acid. *Dent Mater J* 2014; 33(1): 79-85.
18. Liu D, Tsoi JK-H, Matinlinna JP, Wong HM. Effects of some chemical surface modifications on resin zirconia adhesion. *J Mech Behav Biomed Mater* 2015; 46: 23-30.
19. Smielak B, Klimek L. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching duration on select surface roughness parameters for zirconia. *J Prosthet Dent* 2015; 113(6): 596-602.
20. Flamanta Q, Marro FG, Rovira JJR, Anglada M. Hydrofluoric acid etching of dental zirconia. Part 1: etching mechanism and surface characterization. *J Eur Ceram Soc* 2016; 36(1): 121-134.
21. Flamanta Q, Anglada M. Hydrofluoric acid etching of dental zirconia. Part 2: effect on flexural strength and ageing behavior. *J Eur Ceram Soc* 2016; 36(1): 135-145.
22. Piascik JR, Swift EJ, Braswell K, Stoner BR. Surface fluorination of zirconia: adhesive bond strength comparison to commercial primers. *Dent Mater* 2012; 28(6): 604-608.
23. Angkasith P, Burgess JO, Bottino MC, Lawson NC. Cleaning methods for zirconia following salivary contamination. *J Prosthodont* 2016; 25(5): 375-379.
24. Murthy V, Manoharan, Balaji, David L. Effect of four surface treatment methods on the shear bond strength of resin cement to zirconia ceramics-a comparative in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2014; 8(9): ZC65-ZC68.
25. Re D, Augusti D, Sailer I, Spreafico D, Cerutti A. The effect of the surface treatment on the adhesion of resin cements to Y-TZP. *Int J Esthet Dent* 2008; 3(2): 14-24.
26. Wahsh MM, Ghallab OH. Influence of different surface treatments on microshear bond strength of repair resin composite to two CAD/CAM esthetic restorative materials. *Tanta Dent J* 2015; 12(3): 178-184.
27. Magne P, Paranhos MPG, Burnett LH. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent Mater* 2010; 26(4): 345-352.
28. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent Mater* 2011; 27(1): 71-82.
29. Wolter SD, Piascik JR, Stoner BR. Characterization of plasma fluorinated zirconia for dental applications by X-ray photoelectron spectroscopy. *Appl Surf Sci* 2011; 257(23): 10177-10182.
30. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Development of a novel surface modification for improved bonding to zirconia. *Dent Mater* 2011; 27(5): e99-e105.
31. Hallmann L, Ulmer P, Lehmann F, Wille S, Polonskyi O, Johannes M. Effect of surface modifications on the bond strength of zirconia ceramic with resin cement resin. *Dent Mater* 2016; 32(5): 631-639.