การปรับสภาพผิวเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียทางทันตกรรม ตอนที่ 2: วิธีการเคลือบด้วยซิลิกา

ตุลย์ ศรีอัมพร
นิสิตดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์
ดร. นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล
ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนอังรีดูนังต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 02-2188534
อีเมล: niyom.t@chula.ac.th

บทคัดย่อ

จากบทความปริทัศน์ตอนที่ 1 ได้กล่าวถึงวิธีการปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียโดยสร้างแรงยึดอยู่เชิงกลระดับจุลภาค ซึ่งใช้หลักการสร้างความขรุขระเพื่อเพิ่มพื้นที่และพลังงานผิว ส่วนวิธีการสร้างแรงยึดอยู่ทางเคมีอาศัยหลักการทาสารเคมีที่ผิวของเซอร์โคเนีย เพื่อให้เกิดพันธะทางเคมีกับเรซินซีเมนต์ โดยบทความนี้ได้กล่าวถึงการสร้างชั้นเคลือบซิลิกา ซึ่งประกอบด้วย ไทรโบเคมีคอล ซิลิโคเตอร์ และซีวีดี โดยทั้งสามวิธีเป็นกระบวนการสร้างชั้นไฮเดรตออกไซด์ของซิลิกาบนผิวของเซอร์โคเนีย โดยชั้นออกไซด์นี้สามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับสารคู่ควบไซเลนที่ใช้ในทางทันตกรรม ซึ่งสารคู่ควบจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างผิวเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์ต่อไป

บทนำ

เนื่องด้วยวิวัฒนาการที่ทันสมัย ในปัจจุบันได้มีการนำเซรามิกมาใช้แทนโลหะเพื่อบูรณะฟันในช่องปาก โดยเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียในรูปของวายทีแซสพี (Y-TZP, Yttria partially stabilized tetragonal zirconia polycrystal) เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีความแข็งแรงเชิงกลสูง ทนต่อความเป็นกรด-ด่างได้ ส่งเสริมด้านความสวยงาม และมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อในช่องปาก

สำหรับงานบูรณะฟัน การยึดติดที่สมบูรณ์ของวัสดุกับฟันเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะสามารถลดความล้มเหลวอันเนื่องจากการหลุดของวัสดุบูรณะ การรั่วซึมระหว่างรอยต่อของวัสดุบูรณะกับฟันมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาและเสนอวิธีสร้างการยึดติดระหว่างผิวของเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์ (resin cement) เพราะวัสดุชนิดนี้เป็นเซรามิกที่มีความเป็นผลึกสูงจึงไม่สามารถปรับสภาพผิวด้วยกรดกัดแก้วในสภาวะปกติเหมือนเช่นเซรามิกชนิดที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบ ขณะเดียวกันผิวของเซอร์โคเนียไม่สามารถสร้างพันธะเคมีกับเรซินซีเมนต์หรือสารปรับสภาพผิวบางชนิดได้ มีหลายการศึกษาเสนอวิธีการปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียเพื่อเพิ่มการยึดติดกับเรซินซีเมนต์ อาทิเช่น การพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) ซีเลคทีพอินฟิลเทรชันเอตชิง ฮอทเอตชิงโซลูชัน ใช้เลเซอร์เคลือบผิวเซรามิกด้วยสเลอร์รี และเคลือบด้วยอะลูมินาโครงสร้างนาโน รวมไปถึงการทาด้วยสารเคมีซึ่งได้แก่ สารคู่ควบเซอร์โคเนต เมทัลไพรเมอร์ และเซอร์โคเนียไพรเมอร์ ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทความเรื่องการปรับสภาพผิวเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียทางทันตกรรมตอนที่ 1 อย่างไรก็ตาม ยังมีวิธีการปรับสภาพผิวโดยสร้างชั้นเคลือบซิลิกาที่ผิวเซอร์โคเนีย เพื่อให้สามารถใช้ร่วมกับสารคู่ควบไซเลนและเรซินซีเมนต์ซึ่งจะกล่าวในบทความนี้

วิธีการเคลือบด้วยซิลิกา (Silica-coating methods)

เป็นวิธีการสร้างชั้นซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิกาบนผิวเซอร์โคเนีย เพื่อให้เกิดชั้นไฮเดรตออกไซด์ (hydrate oxide layer) หรืออาจจะเรียกว่าชั้นออกไซด์ก็ได้ ดังรูปที่ 1 ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่

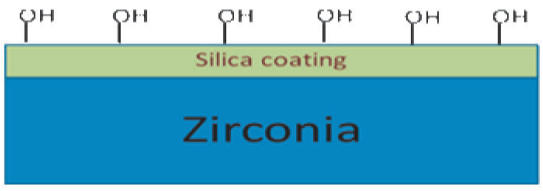
ไทรโบเคมีคอล (Tribochemical)

ไทรโบเคมีคอลเป็นคำผสม โดย "Tribo" มาจากรากศัพท์ภาษากรีกที่แปลว่า ขัดถู (rubbing) หรือการสึกกร่อน (attrition)[1,2] ส่วน "Chemical" แปลว่า เคมี เมื่อแปลตามรากศัพท์ จึงหมายถึงกระบวนการขัดถูเพื่อให้เกิดพันธะทางเคมี ซึ่งทางทันตกรรมได้ประยุกต์หลักการของไทรโบเคมีคอลมาใช้ปรับสภาพผิวของวัสดุ โดยบริษัทสามเอ็มเอสเปี (3M ESPE) ได้เสนอระบบโรคาเทก (Rocatec system)[3] เพื่อใช้สร้างความขรุขระและสร้างชั้นซิลิกาที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งไม่ต้องอาศัยพลังงานแสงหรือความร้อน โดยโรคาเทกเป็นระบบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมซึ่งประกอบด้วยวัสดุและสารเคมีที่สำคัญคือ

ไมโครบลาสติงแซนด์โรคาเทกพรี (microblasting sand Rocatec pre) คือ ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 110 ไมโครเมตร ที่ใช้พ่นลงบนชิ้นงานเพื่อทำความสะอาด เพิ่มความขรุขระและพลังงานผิว (surface area and surface energy)

โคทติงแซนด์โรคาเทกพลัสและโรคาเทกซอฟท์ (coating sand Rocatec plus and Rocatec soft) คือผงอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เคลือบด้วยกรดซิลิซิก (silicic acid) หรือซิลิกอนไดออกไซด์ (silicon dioxide) ถ้าอนุภาคมีขนาด 110 ไมโครเมตรเรียกว่า โรคาเทกพลัส ส่วนขนาด 30 ไมโครเมตรเรียกว่า โรคาเทกซอฟท์ การพ่นด้วยผงสองชนิดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชั้นซิลิกาบนพื้นผิวหน้าของชิ้นงาน

สารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) คือ สารคู่ควบที่ใช้ทาเพื่อสร้างพันธะเคมีระหว่างชั้นซิลิกากับเรซินซีเมนต์หรือเรซินคอมโพสิต

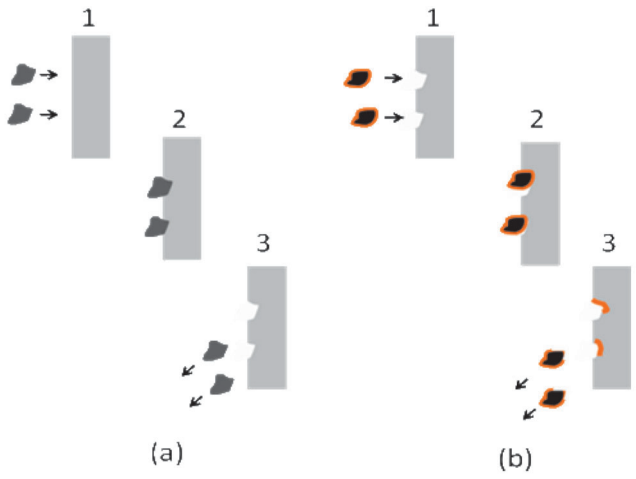


รูปที่ 1 *ชั้นของซิลิกอนออกไซด์ที่เกิดจากการเคลือบด้วยซิลิกาบนผิวของเซอร์โคเนีย*
Fig. 1 *Silicon oxide layer created by silica-coating on zirconia surface*

หลักการของระบบโรคาเทก คือ หลังจากพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 110 ไมโครเมตร (โรคาเทกพรี) ด้วยแรงดัน 0.25 เมกะปาสกาล เพื่อสร้างความขรุขระที่ผิวของชิ้นงาน (รูปที่ 2 a.) จากนั้นพ่นผงอะลูมิเนียมออกไซด์ชนิดดัดแปลง ขนาด 110 ไมโครเมตร (โรคาเทกพลัส) ด้วยแรงดัน 0.25 เมกะปาสกาล โดยระยะห่างระหว่างหัวพ่นกับชิ้นงานประมาณ 10 มิลลิเมตร ด้วยอัตรา 13 วินาทีต่อตารางเซนติเมตร จากการพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ชนิดดัดแปลงนี้ จะทำให้อนุภาคซิลิกาฝังตัว (รูปที่ 2 b.) ลึกประมาณ 15 ไมโครเมตร ที่ผิวของชิ้นงาน ในบางบริเวณของชิ้นงานที่มีความแข็งแรงน้อย เช่น บริเวณขอบที่บาง ๆ ให้ใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ชนิดดัดแปลงขนาด 30 ไมโครเมตร (โรคาเทกซอฟท์) จากที่กล่าวมาโรคาเทกเป็นระบบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรม (dental laboratory) แต่การปรับสภาพผิวของชิ้นงานในคลินิกทันตกรรมโดยใช้หลักการเดียวกันนี้สามารถทำได้ด้วยระบบโคเจท (Cojet) ซึ่งเป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้ปรับสภาพผิวชิ้นงานในช่องปาก โดยใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ชนิดดัดแปลงขนาด 30 ไมโครเมตร (โรคาเทกซอฟท์)

เซอร์โคเนียเป็นวัสดุที่ไม่มีซิลิกอนเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้ไม่สามารถใช้สารคู่ควบไซเลนในการปรับสภาพผิวโดยตรงได้ ดังนั้นการปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียโดยใช้วิธีไทรโบเคมีคอลระบบโรคาเทก หรือโคเจท จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง Tsukakoshi และคณะ[4] ศึกษาค่าแรงยึดดึงและการรั่วซึมระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ กับเซอร์โคเนียที่ผ่านการปรับสภาพผิว 4 วิธี คือ 1) ขัดด้วยกระดาษทรายความละเอียด 600 กริท 2) พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร 3) ทาด้วยสารคู่ควบไซเลน และ 4) ทำไทรโบเคมีคอลด้วยระบบโรคาเทกแล้วทาด้วยสารคู่ควบไซเลนพบว่ากลุ่มสุดท้ายให้ค่าแรงยึดดึงสูงสุดและมีการรั่วซึมต่ำสุด

Valandro และคณะ[5] ศึกษาค่าแรงยึดระหว่างผิวของเซอร์โคเนียและเรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟ ด้วยการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึด 2 วิธีคือ กำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาค (micro tensile bond strength) และกำลังแรงยึดเฉือน (shear bond strength) จากการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ 1) พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 110 ไมโครเมตร แล้วทาด้วยไซเลน 2) ทำไทรโบเคมีคอลระบบโคเจท และ 3) ทำไทรโบเคมีคอลระบบโรคาเทก พบว่าค่ากำลังแรงยึดของทั้ง 2 ระบบคือกำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาคและกำลังแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และรูปแบบของความล้มเหลว (mode of failure) จากแรงดึงมากกว่าร้อยละ 80.0 เป็นแบบผสม (mixed failure) ขณะที่แรงเฉือนทำให้เกิดความล้มเหลวระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์



รูปที่ 2 *a, b การปรับสภาพผิวด้วยวิธีไทรโบเคมีคอลของระบบโรคาเทก*

Fig. 2 *a, b Surface modified by tribrochemical tecnique of Rocatec system*

(a) การพ่นผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 110 ไมโครเมตร (โรคาเทกพรี) เพื่อสร้างความขรุขระที่ผิวของชิ้นงาน

(a) Airborne abrasive with 110 µm Al_2O_3 (Rocatec pre) to create the surface roughness of specimen

(b) การพ่นผงอะลูมิเนียมออกไซด์ชนิดดัดแปลงที่เคลือบด้วยกรดซิลิซิกขนาด 110 ไมโครเมตร (โรคาเทกพลัส) ที่ผิวของชิ้นงานเพื่อให้เกิดการฝังตัวของอนุภาคของซิลิกาบนผิวชิ้นงาน

(c) Airaborne abrasive with 110 µm coating-modified aluminium oxide with silicic acid (Rocatec plus) to embed silica partical on specimen surface

กับเซอร์โคเนีย (adhesive failure) ของทุกชิ้นทดสอบ และยังพบว่าการทำไทรโบเคมีคอลแล้วทาด้วยสารไซเลน ให้ค่าแรงยึดดึงมากกว่าการพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 110 ไมโครเมตร แล้วทาด้วยสารไซเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาของ Amaral และคณะ[6] ให้ผลที่สอดคล้องกันคือการใช้สารคู่ควบไซเลนร่วมกับการทำไทรโบเคมีคอลระบบโรคาเทกหรือระบบโคเจท ให้ค่ากำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาคสูงกว่าใช้ร่วมกับการพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมขนาด 110 ไมโครเมตร

จากผลของการปรับสภาพผิวด้วยวิธีไทรโบเคมีคอล จึงมีผู้สนใจศึกษาหาปริมาณของหมู่ธาตุซิลิกอนที่ผิวหน้าของเซอร์โคเนีย โดย Matinlinna และคณะ[7] วิเคราะห์ผิวเซอร์โคเนียที่ผ่านการทำไทรโบเคมีคอลระบบโรคาเทก ด้วยเครื่องอีดีเอ็กซ์เอ (EDXA, Energy Dispersive X-ray Analysis) พบว่า มีปริมาณอะตอมของธาตุซิลิกอน อะลูมิเนียม และเซอร์โคเนีย ร้อยละ 11.2, 13.6 และ 75.2 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังมีการผสมสารคู่ควบไซเลนกับสารเอ็มดีพี เพื่อใช้เป็นสารปรับสภาพผิว โดย Atsu และคณะ[8] พบว่า เซอร์โคเนียที่ผ่านการทำไทรโบเคมีคอลระบบโคเจท แล้วทาด้วยสารผสมดังกล่าวจะให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนกับเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสูงกว่าการทำไทรโบเคมีคอลระบบโคเจท แล้วทาด้วยสารคู่ควบไซเลนอย่างเดียว

ขณะเดียวกันมีคณะผู้วิจัยได้ใช้สารเคมีประเภทอัลลอยไพรเมอร์ (Alloy primer, Kuraray) ซึ่งมีสารเอ็มดีพีที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid derivative) เป็นองค์ประกอบ และใช้สารเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ (Metal/Zirconia Primer, Ivoclar Vivadent) ที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอนิก(phosphonic acid derivative) เป็นองค์ประกอบ เพื่อใช้ปรับสภาพผิว โดย Ozcan และคณะ[9] เปรียบเทียบระหว่างวิธีพ่นผิวเซอร์โคเนียด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร แล้วทาด้วยอัลลอยไพรเมอร์กับวิธีไทรโบเคมีคอลระบบโรคาเทก แล้วทาด้วยสารคู่ควบไซเลน พบว่าค่ากำลังยึดเฉือนระหว่างผิวเซอร์โคเนียกับพานาเวียเอฟทูของทั้งสองวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วน Qeblawi และคณะ[10] พบว่า การทำไทรโบเคมีคอลระบบโคเจทร่วมกับการใช้สารคู่ควบไซเลนให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่า การพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์แล้วทาด้วยเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์

ซิลิโคเตอร์ (Silicoater)[11]

ซิลิโคเตอร์เป็นวิธีการสร้างชั้นซิลิกาที่ผิวหน้าของวัสดุ โดยวิธีการนี้ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ ปี ค.ศ.1984 โดยบริษัท เฮอราอูส-คูลเซอร์ ประเทศเยอรมนี (Heraeus-Kulzer, Hanau, Germany) ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้งานในระยะแรก ๆ นั้น ใช้เพื่อปรับสภาพผิวของโลหะทั้งกลุ่มมีตระกูลและกลุ่มพื้นฐาน (noble and base metal) โดยการสร้างชั้นซิลิกาที่ผิวของโลหะเพื่อหวังผลให้เกิดพันธะเคมีเมื่อใช้ร่วมกับสารคู่ควบไซเลน โดยวิธีซิลิโคเตอร์มีหลักการคือ ให้ความร้อนเพื่อทำลายโครงสร้างของสารตั้งต้นซึ่งมีหมู่ธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบ โดยสารนี้จะเกิดการสลาย (decompose) โครงสร้างทางโมเลกุลกลายเป็นโครงสร้างที่สั้นลงของซิลิกอนออกไซด์ (SiO_x-fragment) ซึ่งจะเคลือบและยึดติดอยู่ที่ผิวหน้าชิ้นงานที่ต้องการเคลือบผิว โดยขั้นตอนคร่าว ๆ ของซิลิโคเตอร์สำหรับการปรับสภาพผิวของโลหะมีลำดับคือ ทำความสะอาดและเพิ่มพื้นที่ผิวของวัสดุโดยการพ่นด้วยผงคาร์บอรันดัม (carborundum) ขนาดอนุภาค 250 ไมโครเมตร จากนั้นเผาแก๊สที่เป็นของผสมระหว่างแก๊สโพรเพน (propane gas) และไอระเหยของสารเตตระเอทอกซิไซเลน (tetraethoxy silane) โดยความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ จะทำให้

ไซเลนสลายตัวเป็นซิลิกอนออกไซด์ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปตามเปลวเพลิงที่พุ่งไปยังผิวหน้าของชิ้นงานเกิดการเคลือบและยึดติดที่ผิวหน้าชิ้นงานในที่สุด

เนื่องจากซิลิโคเตอร์เป็นวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติงานทางทันตกรรมและต้องใช้อุปกรณ์จำเพาะที่มีขนาดใหญ่ไม่เหมาะกับงานทันตกรรมข้างเก้าอี้ จึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือให้มีขนาดกระทัดรัดและขั้นตอนการทำงานไม่ยุ่งยาก แต่ใช้หลักการเดียวกันกับซิลิโคเตอร์ โดยเครื่องมือดังกล่าว ได้แก่ ไซลาโนเพน (SilanoPen, Bredent GmbH, Senden Germany) และไพโรซิลเพน (PyrosilPen, SurA Instruments, Jena, Germany)

เนื่องด้วยวัสดุประเภทเซอร์โคเนียเป็นวัสดุที่ไม่มีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบจึงไม่สามารถปรับสภาพผิวโดยการใช้สารคู่ควบไซเลนเพียงลำพังได้ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างชั้นซิลิกาที่ผิวหน้าของเซอร์โคเนียเสียก่อน เพื่อให้สามารถใช้สารคู่ควบไซเลนในการปรับสภาพผิวมีหลายการศึกษาที่นำเครื่องมือไซลาโนเพนและไพโรซิลเพนมาใช้เพื่อเพิ่มแรงยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซอร์โคเนีย โดย Ozcan และคณะ[9] ศึกษาแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ชนิดที่มีสารเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบหลักกับเซอร์โคเนีย ที่ผ่านการปรับสภาพผิว 4 วิธีคือ 1) พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร แล้วทาด้วยอัลลอยไพรเมอร์ 2) พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร แล้วทาด้วยซีซีดทูโอเพคไพรเมอร์ (Cesead II Opaque Primer, Kuraray) 3) พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร ร่วมกับการใช้ไซลาโนเพน และทาด้วยสารคู่ควบไซเลน และ 4) ทำไทรโบเคมีคอลด้วยระบบโรคาเทก และทาด้วยคู่ควบไซเลน จากนั้นนำทุกกลุ่มไปผ่านกระบวนการเร่งอายุโดยทำเทอร์โมไซคลิงที่อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส จำนวน 6,000 รอบ พบว่ากำลังแรงยึดเฉือนที่ได้จากการปรับสภาพผิวทั้ง 4 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Chang และคณะ[12] ศึกษาค่ากำลังแรงยึดเฉือนของชิ้นเซอร์โคเนียที่ผ่านการปรับสภาพผิวโดยการพ่นและไม่พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์จากนั้นนำทั้งสองกลุ่มไปสร้างชั้นเคลือบซิลิกาโดยการใช้ไซลาโนเพนแล้วทาด้วยสารคู่ควบไซเลนพบว่ากลุ่มที่ผ่านการพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์เสียก่อนให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Janda และคณะ[13] วิเคราะห์หาหมู่ธาตุบนผิวของเซอร์โคเนียที่ผ่านการปรับสภาพโดยใช้ไพโรซิลเพนพบว่า มีธาตุซิลิกอนปรากฏอยู่จริง นอกจากนี้ ยังได้รายงานว่า ถ้าจ่อเปลวไฟจากไพโรซิลเพนไปที่ชิ้นงานด้วยอัตรา 5 วินาทีต่อตารางเซนติเมตร จะได้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่สูงกว่าการจ่อเปลวไฟด้วยด้วยอัตรา 2.5 หรือ 10 วินาทีต่อตารางเซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิธีการเคลือบด้วยไอเคมีหรือซีวีดี (Chemical vapor deposition technique, CVD)[14]

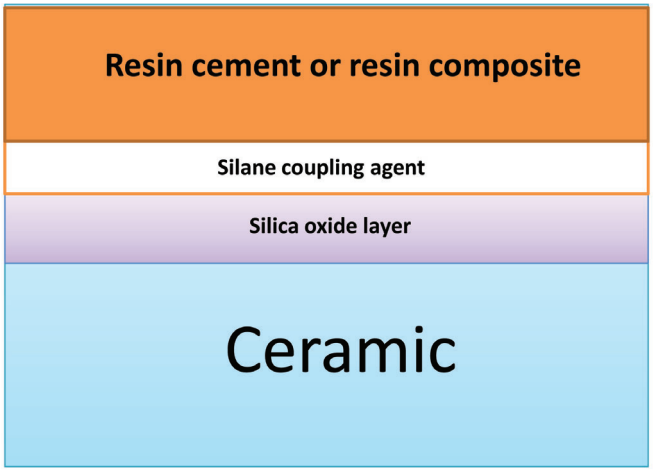
เป็นวิธีการเคลือบผิวประเภทหนึ่งซึ่งอาศัยกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแก๊สต่าง ๆ ในเตาเคลือบ โดยจะบรรจุชิ้นงานอยู่ในเตาแล้วให้ความร้อน จากนั้นจะปล่อยแก๊สที่เป็นสารตั้งต้นต่าง ๆ เข้าไปในเตา โดยสารเคลือบจะขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่ปล่อยเข้าไป แก๊สจะทำปฏิกิริยาเคมีกัน เกิดเป็นสารเคลือบลงบนผิวหน้าของชิ้นงาน ในวงการอุตสาหกรรมมีการใช้วิธีซีวีดีเพื่อเคลือบผิวของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าขนาดเล็ก หัวเจาะ ดอกสว่าน จานเจีย เครื่องตัดที่ต้องการความคมคงทน ในงานทันตกรรมได้มีการประยุกต์ใช้กับการเคลือบผิวของหัวกรอบางประเภทเพื่อใช้ในการกรอตัดฟันหรือตัดกระดูก[15-18] และนอกจากนี้ ยังมีการนำเอาวิธีซีวีดีมาใช้ปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนีย โดยเคลือบด้วยซิลิกาเพื่อให้เกิดพันธะทางเคมีเมื่อใช้ร่วมกับสารคู่ควบไซเลน[19] และยังมีแนวโน้มว่าจะมีการพัฒนานำมาใช้เคลือบผิววัสดุต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในด้านการเข้ากันได้ทางชีวภาพอีกด้วย[20]

Piascik และคณะ[19] ศึกษาผลของการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียด้วยวิธีการสร้างชั้นของซิลิกาที่เรียกว่าชั้นซีด (seed layer) ที่ผิวของเซอร์โคเนียด้วยวิธีซีวีดี โดยใช้ไอระเหยของสารซิลิกอนเททระคลอไรด์ (silicon tetrachloride, $SiCl_4$) เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากับไอระเหยของน้ำ ได้ไอระเหยของธาตุซิลิกอนซึ่งจะตกตะกอน และสะสมที่ผิวเซอร์โคเนียเกิดเป็นชั้นซิลิกา จากนั้นทาด้วยสารคู่ควบไซเลน โดยการศึกษานี้เปรียบเทียบค่ากำลังแรงดึงกับกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีไทรโบเคมีคอลระบบโคเจท และกลุ่มที่ไม่ทำการปรับสภาพผิวใด ๆ พบว่า กลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยวิธีการตกตะกอนของไอระเหยของธาตุซิลิกอนให้มีความหนา 2.6 นาโนเมตร แล้วทาด้วยสารคู่ควบไซเลนมีค่ากำลังแรงดึงสูงกว่าทุก ๆ กลุ่ม

บทวิจารณ์

เนื่องจากค่าแรงยึดระหว่างผิวของเซอร์โคเนียที่ไม่ผ่านการปรับสภาพใด ๆ กับเรซินซีเมนต์มีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงมีวิธีการปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียเพื่อเพิ่มแรงยึดให้มีความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานในช่องปากของผู้ป่วยโดยการปรับสภาพผิวเพื่อสร้างการยึดอยู่เชิงกลระดับจุลภาคสามารถทำได้หลายวิธีอาทิเช่น

การพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ซีเลคทีพอินฟิลเทรชันเอตชิงฮอทเอตชิงโซลูชัน ใช้เลเซอร์ การเคลือบผิวเซรามิกด้วยสเลอร์รี การเคลือบด้วยอะลูมินาโครงสร้างนาโน ส่วนการปรับสภาพผิวเพื่อสร้างการยึดอยู่ทางเคมี สามารถทำได้โดยใช้สารเคมีบางชนิดทาที่ผิวเพื่อสร้างพันธะทางเคมีกับเรซินซีเมนต์ ซึ่งปัจจุบันได้มีผลิตสารเคมีดังกล่าวออกวางจำหน่ายหลายผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น เซอร์โคเนียไพรเมอร์ และสารคู่ควบไซเลน เป็นต้น โดยบทความนี้ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างชั้นเคลือบซิลิกาที่ผิวของเซอร์โคเนีย เพื่อหวังผลให้สามารถใช้กับสารคู่ควบไซเลนได้ เนื่องจากหลักปฏิบัติทางอุตสาหกรรมที่นิยมใช้สารคู่ควบไซเลนเป็นตัวเชื่อมระหว่างวัสดุที่มีองค์ประกอบเป็นซิลิกากับวัสดุพอลิเมอร์ เพื่อให้เกิดการยึดติดด้วยพันธะทางเคมี ซึ่งสมบัติเด่นของสารคู่ควบไซเลน คือสามารถเกิดพันธะไซลอกเซน (siloxane bond) กับผิวของวัสดุที่เป็นซิลิกาได้ โดยพันธะนี้สามารถทนต่อการสลายตัวเมื่อสัมผัสกับน้ำได้ นอกจากนี้สารคู่ควบไซเลนยังใช้งานง่ายและราคาไม่แพง จากนั้นได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางทันตกรรมโดยใช้ปรับสภาพผิวของเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบเพื่อสร้างพันธะทางเคมีเมื่อใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ แต่เซอร์โคเนียที่ใช้ในทางทันตกรรมไม่สามารถใช้สารคู่ควบไซเลนปรับสภาพผิวโดยตรงได้ ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการสร้างชั้นเคลือบซิลิกาที่ผิวของเซอร์โคเนียเสียก่อน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 *ชั้นของซิลิกอนออกไซด์ที่เกิดจากการเคลือบด้วยซิลิกาบนผิวของเซรามิกและเชื่อมยึดกับเรซินซีเมนต์โดยใช้สารคู่ควบไซเลน*

Fig. 3 *Silicon oxide layer created by silica-coating on ceramic surface and adhered to resin cement by silane coupling agent.*

สำหรับขั้นตอนของการปรับสภาพผิวของเซรามิกที่มีซิลิกอนเป็นองค์ประกอบ อาทิเช่น เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน (feldspathic porcelain) ลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิก (lithium disilicate ceramic) มีหลายการศึกษาแนะนำให้กัดผิวด้วยกรดกัดแก้วเป็นเวลา 1 ถึง 4 นาที[21-23] แล้วล้างน้ำออก จากนั้นทาด้วยสารคู่ควบไซเลน แล้วจึงยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ ส่วนเซรามิกชนิดที่ไม่มีซิลิกอนเป็นองค์ประกอบ อาทิเช่น อะลูมินาและเซอร์โคเนียเซรามิก (alumina and zirconia ceramic) มีหลายการศึกษาได้แนะนำให้พ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์เพื่อเพิ่มความขรุขระให้กับผิวของชิ้นงานก่อนการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ และมีบางการศึกษาเสนอการสร้างชั้นเคลือบซิลิกาที่ผิวเซอร์โคเนียด้วยวิธีไทรโบเคมีคอล ซึ่งอาศัยหลักการพ่นด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ที่ดัดแปลงจากการเคลือบด้วยซิลิกา โดยจะเกิดการฝังตัวของซิลิกาที่ผิวของชิ้นงานจากนั้นจึงสามารถใช้สารคู่ควบไซเลนเพื่อปรับสภาพผิวของชิ้นงานได้ ขณะที่ซิลิโคเตอร์เป็นวิธีที่ต้องอาศัยความร้อนสูงจากเปลวเพลิง เพื่อทำให้สารตั้งต้นเกิดการสลายตัวทางโครงสร้างของโมเลกุลกลายเป็นสารประกอบของธาตุซิลิกอน เพื่อไปเคลือบและเกิดเป็นชั้นซิลิกอนออกไซด์ที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องไซลาโนเพนและไพโรซิลเพน ที่อาศัยหลักการเดียวกับซิลิโคเตอร์นำมาประยุกต์ใช้กับงานทันตกรรมข้างเก้าอี้ได้ ส่วนวิธีซีวีดีซึ่งเป็นวิธีเคลือบสารที่นิยมใช้ในทางอุตสาหกรรมแต่ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานทันตกรรมเพื่อเคลือบผิวของเซอร์โคเนีย ซึ่งอาศัยหลักการที่ใช้แก๊สและความดันนำพาไอระเหยของธาตุซิลิกอนไปเคลือบที่ผิวของชิ้นงาน อย่างไรก็ตาม จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทั้ง 3 วิธี ล้วนแล้วแต่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือ สารเคมี ซึ่งอาจมีความยุ่งยากและอาจมีราคาแพง อีกทั้งยังเป็นกระบวนการในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในอนาคตอาจจะต้องมีการพัฒนาวิธีการเหล่านี้ให้มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้กับงานทันตกรรมข้างเก้าอี้เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วยต่อไป

บทสรุป

การปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียในงานทันตกรรมไม่ว่าวิธีใด ๆ ก็ตาม ล้วนแต่มีวัตถุประสงค์ให้เกิดการยึดอยู่ที่ดีกับซีเมนต์เพื่อให้ชิ้นงานคงอยู่ในช่องปากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นปัจจุบันได้มีการเสนอวิธีการต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับห้องปฏิบัติการ หรือในคลินิกทันตกรรมได้ นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียออกวางจำหน่ายเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการเลือกใช้สารเคมีเหล่านั้นให้เหมาะสมและถูกต้อง เพื่อให้ชิ้นงานบูรณะอยู่ในช่องปากได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพและยาวนานที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Stachowiak GW, Batchelor AW. Engineering tribology. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann; 2005.
2. Williams JA. Engineering tribology. New York: Cambridge University Press; 2005.
3. Scientific Product Profile: Rocatec Bonding. 3M ESPE AG Seefeld G.
4. Tsukakoshi M, Shinya A, Gomi H, Lassila LV, Vallittu PK. Effects of dental adhesive cement and surface treatment on bond strength and leakage of zirconium oxide ceramics. ***Dent Mater J*** 2008;27:159-71.
5. Valandro LF, Ozcan M, Amaral R, Vanderlei A, Bottino MA. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia-alumina ceramic: microtensile versus shear test. ***Dent Mater J*** 2008;27:849-55.
6. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. ***Dent Mater*** 2006;22:283-90.
7. Matinlinna JP, Heikkinen T, Ozcan M, Lassila LV, Vallittu PK. Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. ***Dent Mater*** 2006;22:824-31.
8. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. ***J Prosthet Dent*** 2006;95:430-6.
9. Ozcan M, Nijhuis H, Valandro LF. Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. ***Dent Mater J*** 2008;27:99-104.
10. Qeblawi DM, Munoz CA, Brewer JD, Monaco EA Jr. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. ***J Prosthet Dent*** 2010 103:210-20.
11. Tay W. Resin-Bonded Bridges: Apractitioner's Guide. London: Martin Dunitz Ltd; 1992.
12. Chang MS, Kim JH, Cho SK, Bok WM, Song KY, Park JM. Bond strength of resin cements to zirconia ceramic. ***J Korean Acad Prosthodont*** 2005;43:426-37.
13. Janda R, Roulet JF, Wulf M, Tiller HJ. A new adhesive technology for all-ceramics. ***Dent Mater*** 2003;19:567-73.
14. Pierson HO. Handbook of chemical vapor deposition. 2nd ed. Norwich, NY: Noyes Publications; 1999.
15. Borges CF, Magne P, Pfender E, Heberlein J. Dental diamond burs made with a new technology. ***J Prosthet Dent*** 1999;82: 73-9.
16. Cardoso MV, Coutinho E, Ermis RB, Poitevin A, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Influence of dentin cavity surface finishing on micro-tensile bond strength of adhesives. ***Dent Mater*** 2008;24:492-501.
17. Vanderlei AD, Borges AL, Cavalcanti BN, Rode SM. Ultrasonic versus high-speed cavity preparation: analysis of increases in pulpal temperature and time to complete preparation. ***J Prosthet Dent*** 2008;100:107-9.
18. Carvalho CA, Fagundes TC, Barata TJ, Trava-Airoldi VJ, Navarro MF. The use of CVD diamond burs for ultraconservative cavity preparations: a report of two cases. ***J Esthet Restor Dent*** 2007;19:19-28; discussion 29.
19. Piascik JR, Swift EJ, Thompson JY, Grego S, Stoner BR. Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. ***Dent Mater*** 2009;25:1116-21.
20. Rupprecht S, Bloch A, Rosiwal S, Neukam FW, Wiltfang J. Examination of the bone-metal interface of titanium implants coated by the microwave plasma chemical vapor deposition method. ***Int J Oral Maxillofac Implants*** 2002;17:778-85.
21. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. The effect of different etching times of acidulated phosphate fluoride gel on the shear bond strength of high-leucite ceramics bonded to composite resin. ***J Prosthet Dent*** 2007;98:17-23.
22. Della Bona A, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. ***Int J Prosthodont*** 2002;15:159-67.
23. Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. ***J Oral Rehabil*** 2001;28:95-101.

Review Article

Surface Modification of Dental Zirconia Ceramic Part II: Silica-Coating Methods

Tool Sriamporn
Ph.D. Student
Department of Prosthodontics Dentistry
Faculty of Dentistry,
Chulalongkorn University
Niyom Thamrongananskul
Assistant Professor
Department of Prosthodontics Dentistry
Faculty of Dentistry,
Chulalongkorn University

Correspondence to:
Assistant Professor Dr. Niyom Thamronganansku**l**
Department of Prosthodontics Dentistry
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Henri-Dunant Rd., Patumwan Bangkok 10330
Tel.: 02-2188534
E-mail: niyom.t@chula.ac.th

Abstract

In the first part of the literature had been described the zirconia surface modification methods to create micro-mechanical retention on the basis of increased surface roughening and surface energy. Besides micro-mechanical retention methods, the chemical retention methods using chemical agents applied on zirconia surface to enhance the chemical functionalization for effective attachment with resin cement. Therefore, the purpose of this literature review is to describe chemical retention methods in the topic of silica coating including Tribochemical technique, Silicoater technique, and CVD technique. These three methods are the process to create the hydrate oxide layer that able to react with silane that works as coupling agent between zirconia and resin cement.

Key words: CVD; silica-coated; silicoater; tribochemical; zirconia