

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว

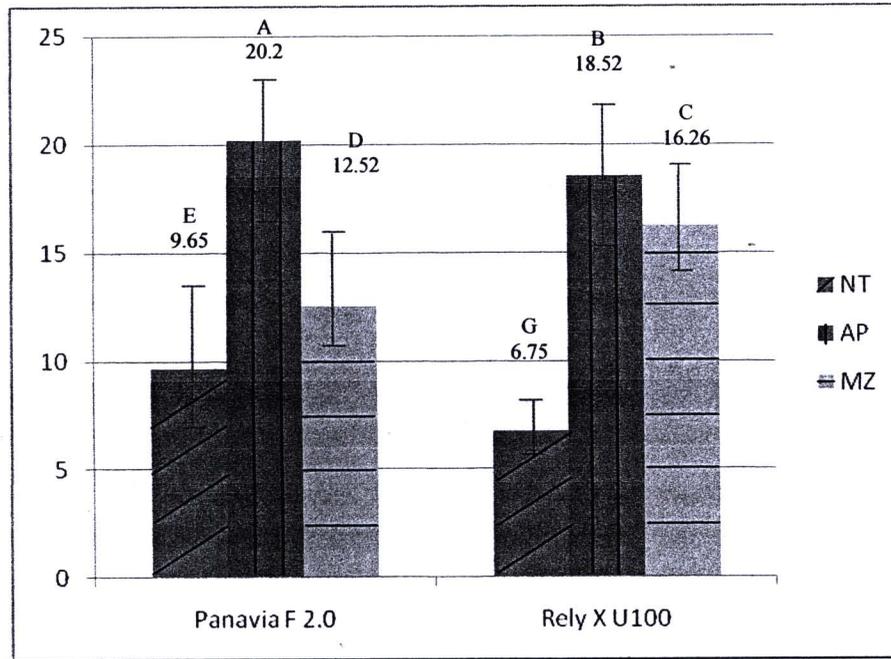
ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มทดลองทั้ง 12 กลุ่มและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5 โดยค่าสูงสุดที่ได้คือ เซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมออร์ชนิดอัลลอยด์ไพโรเมออร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์แช่น้ำ 24 ชั่วโมง (20.20 ± 1.38 MPa) ค่าต่ำสุดที่ได้คือ กลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยหลังเทอร์โมไซคลิก (4.67 ± 0.73 MPa) เมื่อแยกกลุ่มแช่น้ำ 24 ชั่วโมงและกลุ่มเทอร์โมไซคลิกเปรียบเทียบได้ดังกราฟรูปที่ 18, 19

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวการเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างเรซินซีเมนต์และการเตรียมพื้นผิวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงหรือผ่านการเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ และแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวการเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างการแช่น้ำ 24 ชั่วโมงและเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบของเรซินซีเมนต์และการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน

เรซินซีเมนต์	การเตรียมพื้นผิว	ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว(MPa)	
		แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	เทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ
Panavia F 2.0	NT	$9.65^E \pm 1.60$	$6.15^G \pm 1.52$
Panavia F 2.0	AP	$20.20^A \pm 1.38$	$12.16^D \pm 1.55$
Panavia F 2.0	MZ	$12.52^D \pm 1.52$	$9.19^E \pm 0.87$
Rely X U100	NT	$6.75^G \pm 0.79$	$4.67^H \pm 0.73$
Rely X U100	AP	$18.52^B \pm 1.55$	$11.88^D \pm 1.18$
Rely X U100	MZ	$16.26^C \pm 1.09$	$7.44^F \pm 1.48$

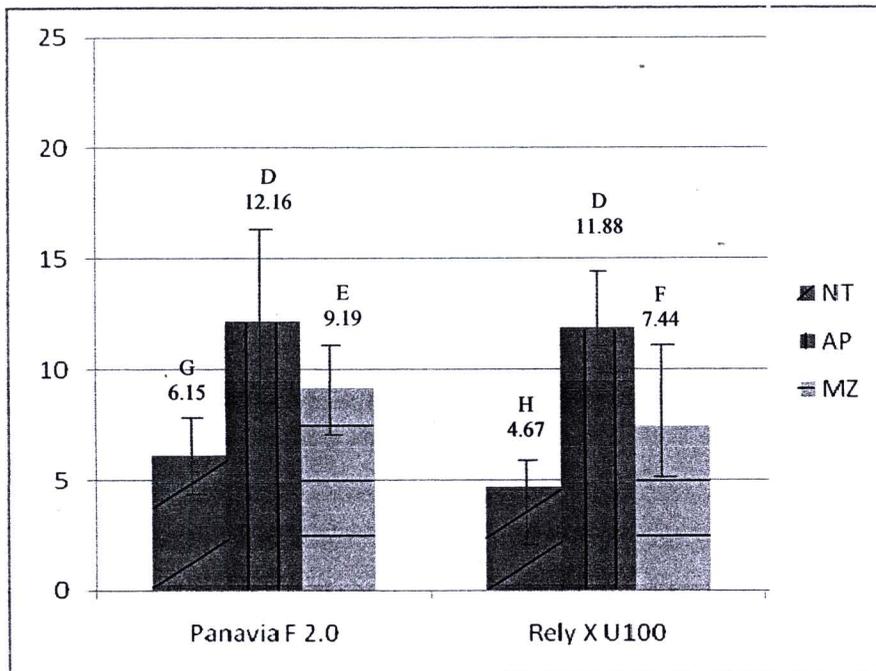
Values are mean \pm standard deviations. Group with the same upper case superscripts are not significantly different ($p > 0.01$)

Shear bond strength(MPa)



รูป 18 กราฟค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆกับเซอรัโคเนียเซรามิกส์ที่เตรียมพื้นผิวแบบต่างๆ หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (NT, no treatment; AP, ALLOY PRIMER; MZ, Metal/Zirconia Primer)

Shear bond strength(MPa)



รูป 19 กราฟค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆกับเซอร์โคเนียเซรามิกส์ที่เตรียมพื้นผิวแบบต่างๆ หลังเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ (NT, no treatment; AP, ALLOY PRIMER; MZ, Metal/Zirconia Primer)

กลุ่มที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมงพบว่าเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีซีฟไพร์เมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพร์เมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด คือเท่ากับ 20.20 เมกะปาสคาล รองลงมาคือกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีซีฟไพร์เมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพร์เมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย คือเท่ากับ 18.52 เมกะปาสคาล กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีซีฟไพร์เมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพร์เมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยและพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ คือเท่ากับ 16.26 และ 12.52 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ตามด้วยกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ คือเท่ากับ 9.65 เมกะปาสคาลและกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวต่ำสุด คือเท่ากับ 6.75 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 18

เมื่อดูในกลุ่มหลังผ่านการเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ พบว่าเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีซีฟไพร์เมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพร์เมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่สูงสุด คือเท่ากับ 12.16 เมกะปาสคาล และ 11.88 เมกะปาสคาล ตามลำดับ รองลงมาคือกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีซีฟไพร์เมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพร์เมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุด

ศูนย์ คือเท่ากับ 9.19 เมกะปาสคาลตามมาด้วยกลุ่มเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิด เมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ยี่ห้อด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร็อยและกลุ่มที่ไม่มีเตรียมพื้นผิวใดๆ ยี่ห้อด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ คือเท่ากับ 7.44 เมกะปาสคาลและ 6.15 เมกะปาสคาล ตามลำดับ และกลุ่มที่ไม่มีเตรียมพื้นผิวใดๆยี่ห้อด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร็อยให้ค่าเฉลี่ยกำลัง แรงยึดต่ำสุด คือเท่ากับ 4.67 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 19

เมื่อเปรียบเทียบการเตรียมพื้นผิวแบบเดียวกันแต่ใช้เรซินซีเมนต์คนละชนิด พบว่าโดยรวมการใช้เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ดีกว่าการใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ ยูร็อย

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์กลุ่มที่แห้งน้ำ พบว่าการ เตรียมพื้นผิวด้วยการใช้เมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึด เฉือนสูงที่สุด (20.20 เมกะปาสคาล) รองลงมาคือเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟร เมอร์ (12.52 เมกะปาสคาล) และกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนต่ำสุด (9.65 เมกะปาสคาล) เช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร็อย คือ ใช้เมทัลแอคทีฟไฟร เมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงที่สุด (18.52 เมกะปาสคาล) รองลงมา คือเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ (16.26 เมกะปาสคาล) และกลุ่มที่ไม่ได้ เตรียมพื้นผิวให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนต่ำสุด (6.75 เมกะปาสคาล)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแห้งน้ำและกลุ่มเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ พบว่ากลุ่มแห้งน้ำไม่ว่า เตรียมพื้นผิวด้วยวิธีใดๆ และยึดด้วยเรซินซีเมนต์ใดๆ ก็ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่สูงกว่ากลุ่ม เทอร์โมไซคลิง ดังตารางที่ 5

สำหรับขั้นตอนสอบที่ผ่านการกดแรงเฉือนแล้วนำไปส่องด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคปเพื่อ ตรวจสอบลักษณะการหลุดของเรซินซีเมนต์กับพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์ได้ผลดังตารางที่ 6 โดย ส่วนมากจะเป็นแอคทีฟและไม่มีกลุ่มใดเป็น โคฮีซีฟเลย

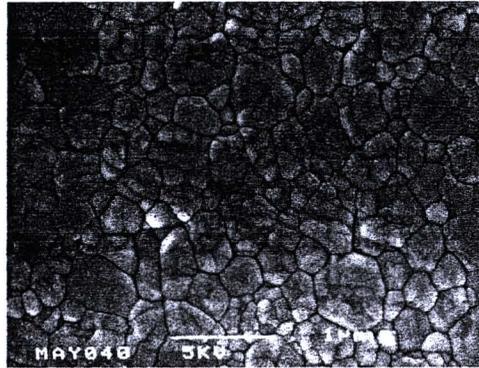
ตาราง 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะการหลุดของเรซินซีเมนต์กับพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์

Percentage of failure mode after shear testing						
Failure mode	Adhesive		Cohesive		Mixed	
	หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	หลังเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ	หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	หลังเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ	หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	หลังเทอร์โมไซคลิก 1,000 รอบ
Panavia F 2.0 NT	100%	100%				
Panavia F 2.0 AP	75%	50%			25%	50%
Panavia F 2.0 MZ	85%	35%			15%	65%
Rely X U100 NT	100%					
Rely X U100 AP	65%	50%			35%	50%
Rely X U100 MZ	80%	40%			20%	60%

ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

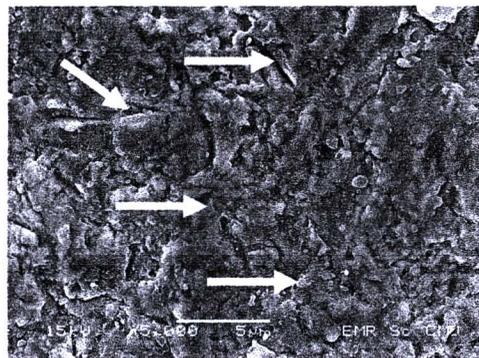
ภาพพื้นผิวของเซอร์โคเนียเซรามิกส์จากห้องปฏิบัติการและเซอร์โคเนียเซรามิกส์ที่เตรียมพื้นผิวแบบต่างๆ หลังจากเรซินซีเมนต์หลุดออกจากเซรามิกส์ แสดงได้ดังรูปที่ 20-33 ที่ขนาดกำลังขยาย 5000 เท่า

ลักษณะพื้นผิวของเซอร์โคเนียเซรามิกส์ที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการ เมื่อส่องดูที่กำลังขยาย 5000 เท่าจะพบลักษณะของผลึกเตตราโกโนลเซอร์โคเนียโพลีคริสตัลล์ดังรูปที่ 20



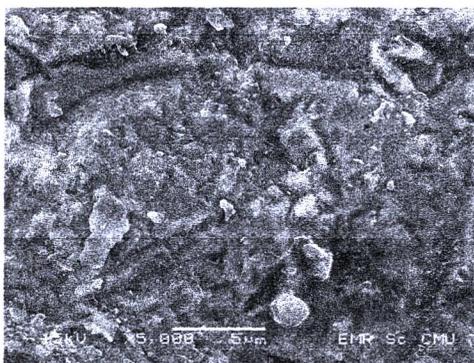
รูป 20 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะผลึกเตตราโกโนลเซอร์โคเนียโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลตส์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)

เมื่อนำมาขัดด้วยกระดาษทรายและทำการเป่าทราย ลักษณะผลึกเตตราโกโนลเซอร์โคเนียโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลตส์หายไปกลายเป็นพื้นผิวที่มีความขรุขระดังรูปที่ 21

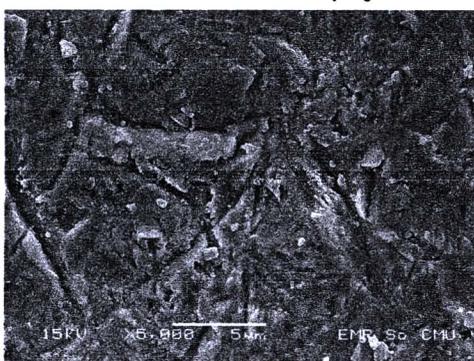


รูป 21 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวหลังขัดกระดาษทรายและทำการเป่าทราย (ถูกสรแสดงลักษณะความขรุขระที่เกิดขึ้น) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ขีดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรียอแซ่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักเป็นแบบแอดฮีซีฟทั้งหมด โดยยืนยันภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังรูปที่ 22 และ 23 ตามลำดับ ว่าไม่มีลักษณะของเรซินซีเมนต์อยู่บนพื้นผิวเลย ซึ่งพื้นผิวที่เห็นเหมือนกับพื้นผิวหลังขัดกระดาษทรายและทำการเป่าทราย

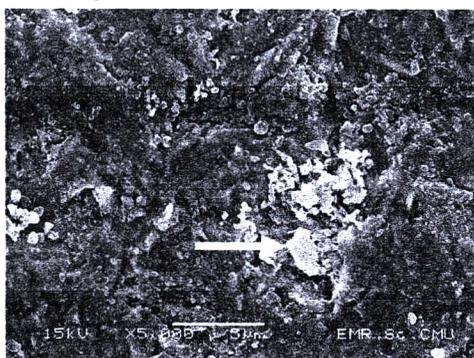


รูป 22 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)



รูป 23 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร็อย (กำลังขยาย 5000 เท่า)

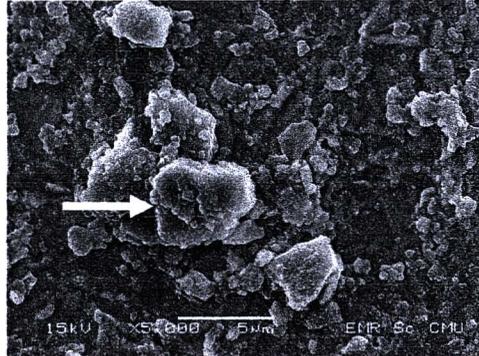
สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟโรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟโรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร็อยแช่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักของพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์เป็นแบบแอคทีฟ 75% แบบรวม 25% และลักษณะการแตกหักของรีไลเอกซ์ยูร็อยเป็นแบบแอคทีฟ 65% แบบรวม 35% ดังรูปที่ 24 และ 25



รูป 24 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟโรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟโรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้

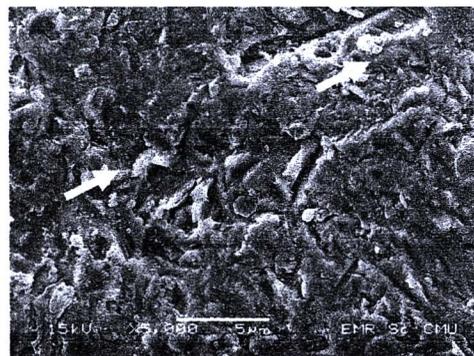


เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

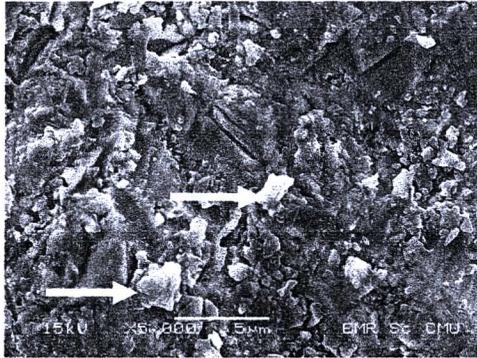


รูป 25 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรีย (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรียแช่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักของฟานาเวียเฟสองจุดศูนย์เป็นแบบแอคทีฟ 85% แบบรวม 15% และลักษณะการแตกหักของรีไลเอกซ์ยูรียเป็นแบบแอคทีฟ 80% แบบรวม 20% ดังรูปที่ 26 และ 27

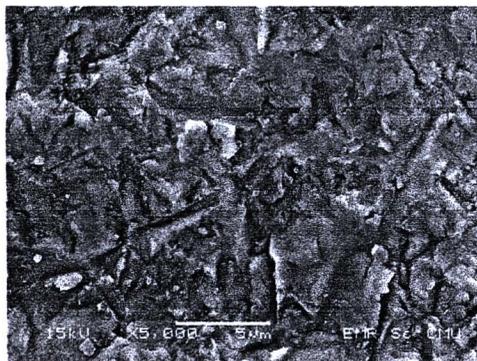


รูป 26 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเฟสองจุดศูนย์ (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

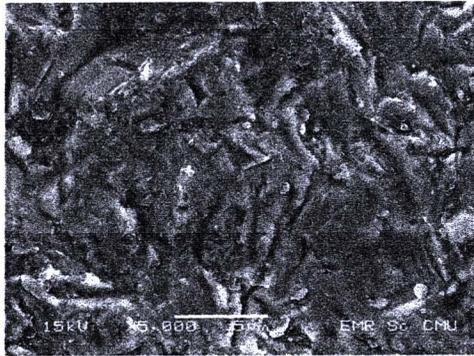


รูป 27 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟโรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรีย (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยัดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรียผ่านการเทอร์โมไซคลิก 1000 รอบ หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักเป็นแบบแอคทีฟทั้งหมด โดยยืนยันภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังรูปที่ 28 และ 29 ว่าไม่มีลักษณะของเรซินซีเมนต์อยู่บนพื้นผิวเลย ซึ่งพื้นผิวที่เห็นเหมือนกับพื้นผิวหลังขัดกระดาษทรายและทำการเป่าทราย

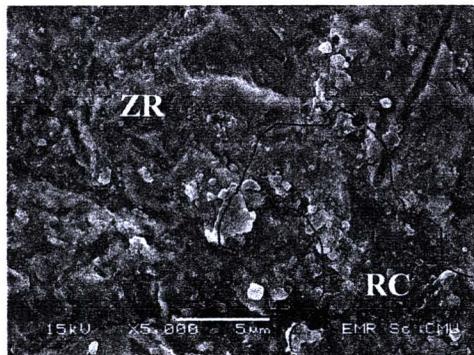


รูป 28 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยัดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ผ่านการเทอร์โมไซคลิก (กำลังขยาย 5000 เท่า)

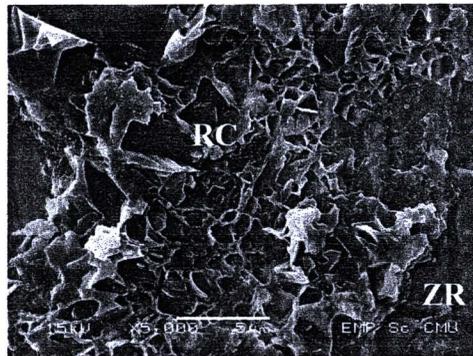


รูป 29 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร่อยผ่านการเทอร์โมไซคลิง (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟโรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟโรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร่อยผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1000 รอบ หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักทั้งของฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และรีไลเอกซ์ยูร่อยเป็นแบบแอคทีฟ 50% แบบรวม 50% ดังรูปที่ 30 และ 31

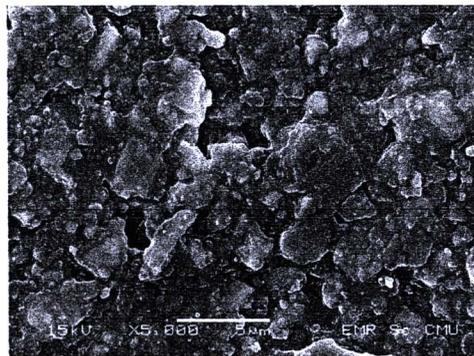


รูป 30 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟโรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟโรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ผ่านการเทอร์โมไซคลิง (ZR = พื้นผิวเซอร์โคเนีย, RC = เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่หลังการทดสอบ) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

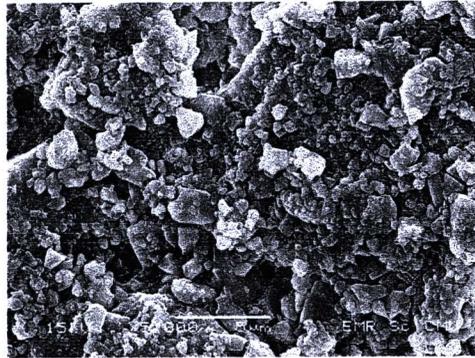


รูป 31 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรีย่อยผ่านการเทอร์โมไซคลิง (ZR = พื้นผิวเซอร์โคเนีย, RC = เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่หลังการทดสอบ) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรีย่อยหลังผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1000 รอบ หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักของฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์เป็นแบบแอคทีฟ 35% แบบรวม 65% และลักษณะการแตกหักของรีไลเอกซ์ยูรีย่อยเป็นแบบแอคทีฟ 40% แบบมิกซ์ 60% ดังรูปที่ 32 และ 33



รูป 32 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพโรเมอร์ยัดด้วยเรซินซีเมนต์ฟานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ผ่านการเทอร์โมไซคลิง พบลักษณะของเรซินซีเมนต์ที่ครอบคลุมพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)



รูป 33 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไพโรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพโรเมอร์ชนิดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูรื้อย ผ่านการเทอร์โมไซคลิง พบลักษณะของเรซินซีเมนต์ที่ครอบคลุมพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนือนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ Three-Way ANOVA ดังตารางที่ 7 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($p < 0.01$) เนื่องจากค่ากำลังแรงยึดเหนือนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน พบว่า ชนิดของเรซินซีเมนต์ การปรับสภาพพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์แบบต่าง ๆ ความชื้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ส่วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดเหนือน

ตาราง 7 แสดงการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนของปัจจัยต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Error		Error		
Corrected Model	5431.331	11	493.757	287.585	0.000
Intercept	30552.319	1	30552.319	17794.93	0.000
Surface_treatment	3157.764	2	1578.882	9	0.000
Resin_cement	31.680	1	31.680	18.452	0.000
TC	1748.338	1	1748.338	1018.304	0.000
Surface_treatment * resin_cement	102.889	2	51.445	29.964	0.000
Surface_treatment * TC	220.233	2	110.117	64.136	0.000
Resin_cement * TC	11.773	1	11.773	6.857	0.009
Surface_treatment * Resin_cement * TC	158.653	2	79.326	46.203	0.000
Error	391.456	228	1.717		
Total	36375.105	240			
Corrected Total	5822.786	239			

จากตารางที่ 7 ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือน ($\text{Sig.} = 0.000 < 0.01$) หมายความว่า การเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนปัจจัยเรซินซีเมนต์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือน ($\text{Sig.} = 0.000 < 0.01$) หมายความว่า การใช้เรซินซีเมนต์ที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ปัจจัยการผ่านการเทอร์โมไซคลิก มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือน ($\text{Sig.} = 0.000 < 0.01$) หมายความว่า หลังการเทอร์โมไซคลิก ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อพิจารณาในส่วนปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของปัจจัยต่างๆ พบว่าปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิวและเรซินซีเมนต์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่า ปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิวและเรซินซีเมนต์ ที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิวและการเทอร์โมไซคลิก มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่า ปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิว และการเทอร์โมไซคลิก ที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สำหรับปฏิสัมพันธ์เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิก มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Sig. = 0.009 < 0.01) หมายความว่าปฏิสัมพันธ์เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิกที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิว เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิก มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่าปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิว เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิกที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

และจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทุกที่ระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่ม ทดลอง พบว่า

- ในส่วนของเรซินซีเมนต์พบว่าเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวที่สูงกว่าเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย คือ 11.65 เมกะปาสกาล และ 10.92 เมกะปาสกาล ตามลำดับ โดยพบว่าพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) โดยพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ารีไลเอกซ์ยูร้อยเท่ากับ 0.73 หรืออยู่ในช่วง 0.393 – 1.060 ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 แสดงการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปัจจัยเรซินซีเมนต์

(I) Resin cement (MPa)	(J) Resin cement (MPa)	Mean Difference (I-J)	SE.	Sig.	95% Confidence Interval for Difference	
					Lower Bound	Upper Bound
Panavia F 2.0 11.65	Rely X U100 10.92	0.73	0.169	0.000	0.393	1.060

- การปรับสภาพพื้นผิวที่ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวที่สูงที่สุด คือ การปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟโพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟโพรเมอร์คือเท่ากับ 15.65 เมกะปาสกาล รองลงมา

คือ เมทัลแอคทีฟไฟโพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟโพรเมอร์คือเท่ากับ 11.35 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ต่ำที่สุดคือเท่ากับ 6.81 เมกะปาสคาล โดยการปรับสภาพพื้นผิวที่ใช้เมทัลแอคทีฟไฟโพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟโพรเมอร์ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) กลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไฟโพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ เท่ากับ 8.84 หรืออยู่ในช่วง 8.476 – 9.292 และกลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไฟโพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่า กลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไฟโพรเมอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) โดยกลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไฟโพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่ากลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไฟโพรเมอร์ เท่ากับ 4.30 หรืออยู่ในช่วง 3.927– 4.744 ส่วนกลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไฟโพรเมอร์ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) โดยกลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไฟโพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ เท่ากับ 4.54 หรืออยู่ในช่วง 4.140 – 4.957 ดังตารางที่ 9

ตาราง 9 แสดงการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปัจจัยการเตรียมพื้นผิว

(I) Surface treatment (MPa)	(J) Surface Treatment (MPa)	Mean Difference (I-J)	SE.	Sig.	95% Confidence Interval for Difference	
					Lower Bound	Upper Bound
AP 15.65	NT 6.81	8.84	0.207	0.000	8.476	9.292
	MZ 11.35	4.30	0.207	0.000	3.927	4.744
MZ 11.35	NT 6.81	4.54	0.207	0.000	4.140	4.957

- ความชื้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือน โดยกลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิกจะมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนที่ต่ำกว่ากลุ่มที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมง คือ 8.58 เมกะปาสคาลและ 13.99 เมกะปาสคาล ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่มแช่น้ำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนือนมากกว่ากลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig.

= 0.000 < 0.01) โดยกลุ่มแช่น้ำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิงเท่ากับ 5.41 หรืออยู่ในช่วง 5.065 – 5.731 ดังตารางที่ 10

ตาราง 10 แสดงการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปัจจัยการแช่น้ำและเทอร์โมไซคลิง

(I) Water storage 24 hrs. (MPa)	(J) Thermo-cycling (MPa)	Mean Difference (I-J)	SE.	Sig.	95% Confidence Interval for Difference	
					Lower Bound	Upper Bound
13.99	8.58	5.41	0.169	0.000	5.065	5.731

ในกลุ่มแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 99% โดยเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด ตามด้วยเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ กลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยตามลำดับ

ในกลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ เซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์กับกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอคทีฟไฟรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามด้วยกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวต่ำที่สุดและต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ