บทที่ 4
ผลการทดลอง

ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 12 กลุ่มและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5 โดยค่าสูงสุดที่ได้คือ เซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์แช่น้ำ 24 ชั่วโมง (20.20 ± 1.38 MPa) ค่าต่ำสุดที่ได้คือ กลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยหลังเทอร์โมไซคลิง (4.67 ± 0.73 MPa) เมื่อแยกกลุ่มแช่น้ำ 24 ชั่วโมงและกลุ่มเทอร์โมไซคลิงเปรียบเทียบได้ดังกราฟรูปที่ 18, 19

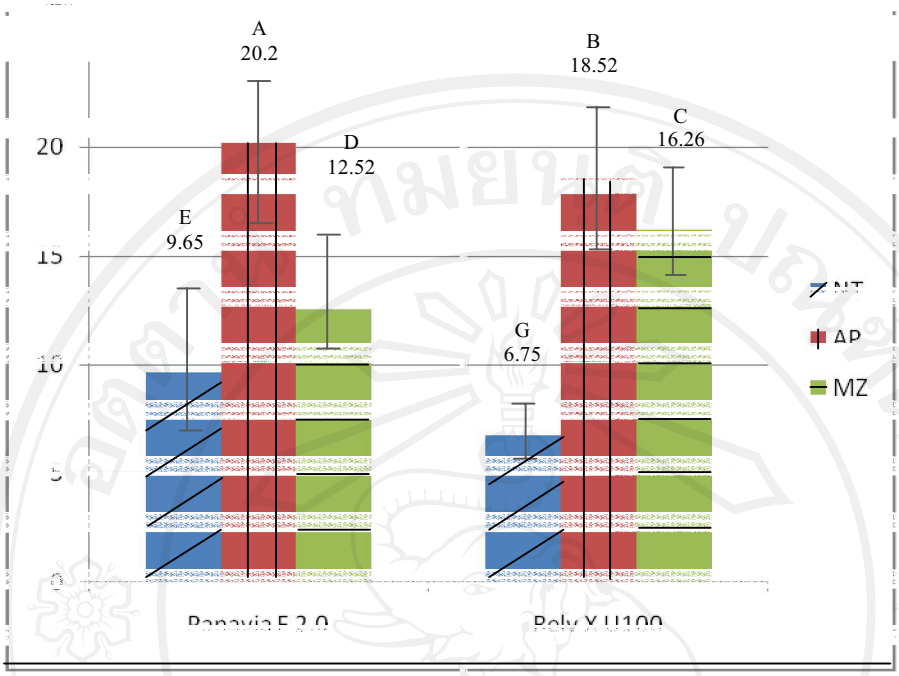
ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนการเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างเรซินซีเมนต์และการเตรียมพื้นผิวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงหรือผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ และแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนการเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างการแช่น้ำ 24 ชั่วโมงและเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบของเรซินซีเมนต์และการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน

เรซินซีเมนต์	การเตรียมพื้นผิว	ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน(MPa)	
		แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	เทอร์โมไซคลิง 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 ±standard deviations. Group with the same upper case superscripts are not significantly different (p>0.01)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

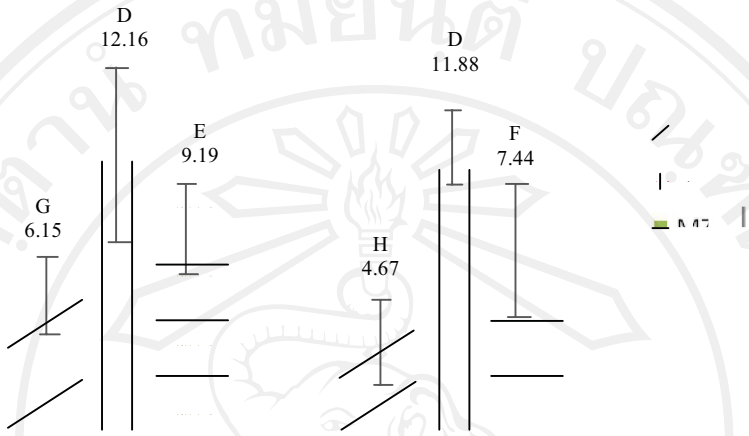
Shear bond strength(MPa)



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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Shear bond strength(MPa)



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

กลุ่มที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมงพบว่าเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงที่สุด คือเท่ากับ 20.20 เมกกะปาสคาล รองลงมาคือกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย คือเท่ากับ 18.52 เมกะปาสคาล กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยและพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ คือเท่ากับ 16.26 และ12.52 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ตามด้วยกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ คือเท่ากับ 9.65 เมกะปาสคาลและกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนต่ำสุด คือเท่ากับ 6.75 เมกกะปาสคาล ดังรูปที่ 18

เมื่อดูในกลุ่มหลังผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ พบว่าเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่สูงที่สุด คือเท่ากับ 12.16 เมกกะปาสคาล และ 11.88 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ รองลงมาคือกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศูนย์ คือเท่ากับ 9.19 เมกะปาสคาลตามมาด้วยกลุ่มเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยและกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ คือเท่ากับ 7.44 เมกะปาสคาลและ 6.15 เมกะปาสคาลตามลำดับ และกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดต่ำสุด คือเท่ากับ 4.67 เมกกะปาสคาล ดังรูปที่ 19

เมื่อเปรียบเทียบการเตรียมพื้นผิวแบบเดียวกันแต่ใช้เรซินซีเมนต์คนละชนิด พบว่าโดยรวมการใช้เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ดีกว่าการใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ยูร้อย

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์กลุ่มที่แช่น้ำ พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงที่สุด (20.20 เมกะปาสคาล) รองลงมาคือเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ (12.52 เมกะปาสคาล) และกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนต่ำสุด (9.65 เมกะปาสคาล) เช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย คือ ใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงที่สุด (18.52 เมกะปาสคาล) รองลงมาคือเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ (16.26 เมกะปาสคาล) และกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนต่ำสุด (6.75 เมกะปาสคาล)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแช่น้ำและกลุ่มเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ พบว่ากลุ่มแช่น้ำไม่ว่าเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีใดๆ และยึดด้วยเรซินซีเมนต์ใดๆ ก็ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่สูงกว่ากลุ่มเทอร์โทไซคลิง ดังตารางที่ 5

สำหรับชิ้นทดสอบที่ผ่านการกดแรงเฉือนแล้วนำไปส่องด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคปเพื่อตรวจดูลักษณะการหลุดของเรซินซีเมนต์กับพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์ได้ผลดังตารางที่ 6 โดยส่วนมากจะเป็นแอดฮีซีฟและไม่มีกลุ่มใดเป็นโคฮีซีฟเลย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ของลักษณะการหลุดของเรซินซีเมนต์กับพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์

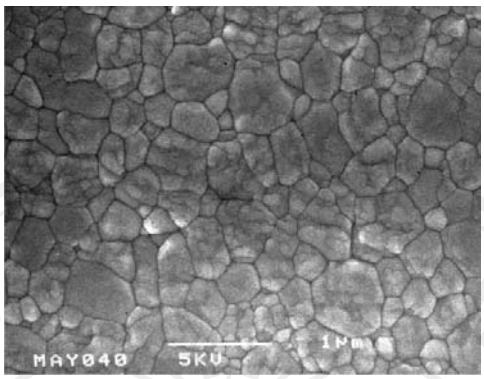
Percentage of failure mode after shear testing						
Failure mode	**Adhesive**		**Cohesive**		**Mixed**	
	หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	หลังเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ	หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	หลังเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ	หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	หลังเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ
Panavia F 2.0 NT	100%	100%				
Panavia F 2.0 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

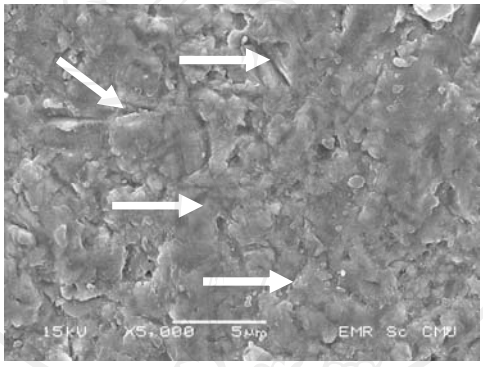
ลักษณะพื้นผิวของเซอร์โคเนียเซรามิกส์ที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการ เมื่อส่องดูที่กำลังขยาย 5000 เท่าจะพบลักษณะของผลึกเตตร้าโกนอลเซอร์โคเนียโพลีคริสตัลส์ดังรูปที่ 20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 20 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะผลึกเตตร้าโกนอลเซอร์โคเนียโพลีคริสตัลส์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)

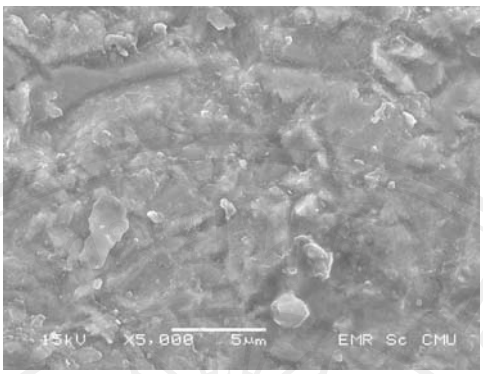
เมื่อนำมาขัดด้วยกระดาษทรายและทำการเป่าทราย ลักษณะผลึกเตตร้าโกนอลเซอร์โคเนียโพลีคริสตัลส์หายไปกลายเป็นพื้นผิวที่มีความขรุขระดังรูปที่ 21



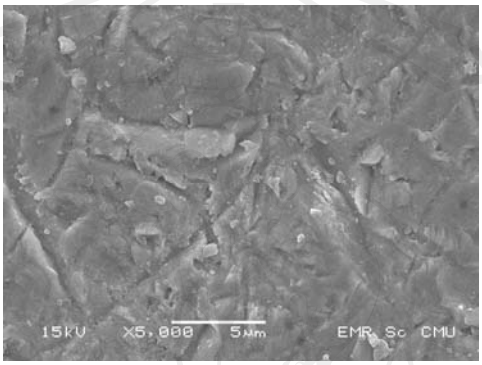
รูป 21 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวหลังขัดกระดาษทรายและทำการเป่าทราย (ลูกศรแสดงลักษณะความขรุขระที่เกิดขึ้น) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

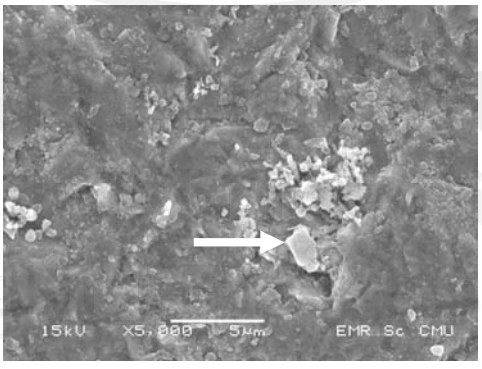


รูป 22 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)



รูป 23 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย (กำลังขยาย 5000 เท่า)

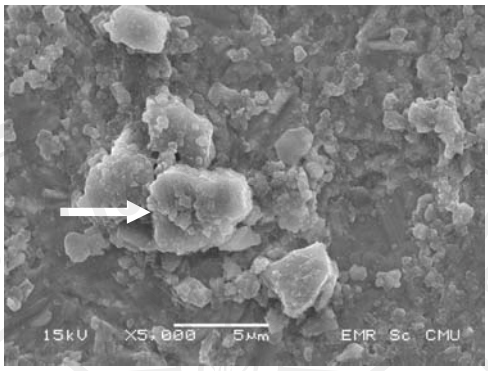
สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยแช่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักของพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์เป็นแบบแอดฮีซีฟ 75% แบบรวม 25% และลักษณะการแตกหักของรีไลเอกซ์ยูร้อยเป็นแบบแอดฮีซีฟ 65% แบบรวม 35% ดังรูปที่ 24 และ 25



รูป 24 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้

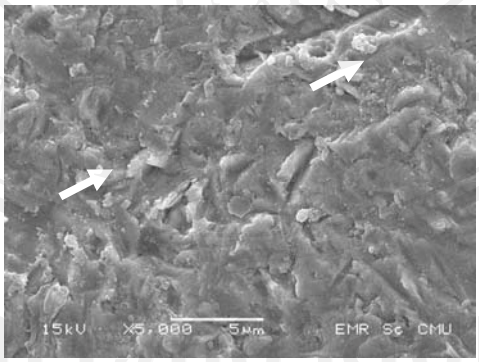
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)



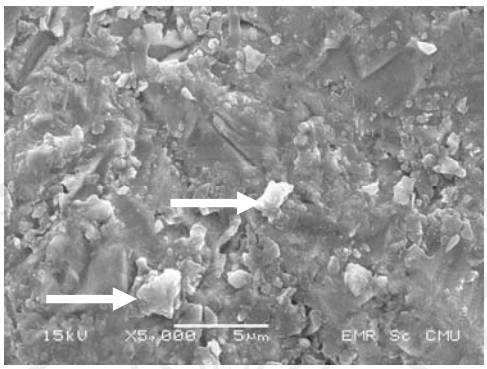
รูป 25 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยแช่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักของพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์เป็นแบบแอดฮีซีฟ 85% แบบรวม 15% และลักษณะการแตกหักของรีไลเอกซ์ยูร้อยเป็นแบบแอดฮีซีฟ 80% แบบรวม 20% ดังรูปที่ 26 และ 27



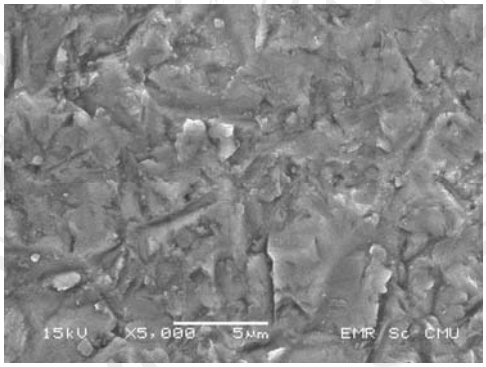
รูป 26 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



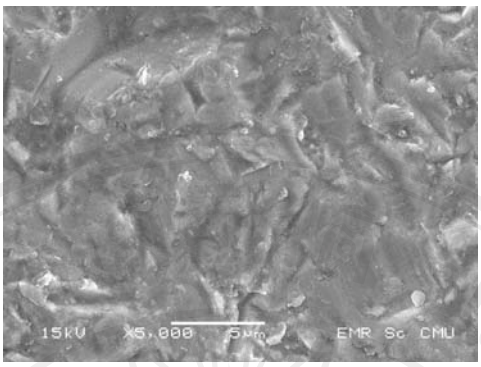
รูป 27 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย (ลูกศรชี้เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์หลังการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าเป็นการแตกหักแบบรวม) (กำลังขยาย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

สำหรับกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1000 รอบ หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักเป็นแบบแอดฮีซีฟทั้งหมด โดยยืนยันภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังรูปที่ 28 และ 29 ว่าไม่มีลักษณะของเรซินซีเมนต์อยู่บนพื้นผิวเลย ซึ่งพื้นผิวที่เห็นเหมือนกับพื้นผิวหลังขัดกระดาษทรายและทำการเป่าทราย



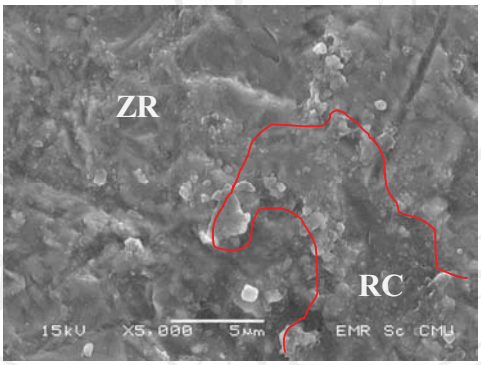
รูป 28 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ผ่านการเทอร์โมไซคลิง (กำลังขยาย 5000 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



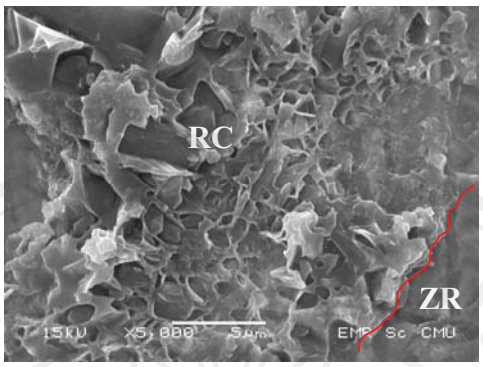
รูป 29 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ผ่านการเทอร์โมไซคลิง (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1000 รอบ หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักทั้งของพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และรีไลเอกซ์ยูร้อยเป็นแบบแอดฮีซีฟ 50% แบบรวม 50% ดังรูปที่ 30 และ 31



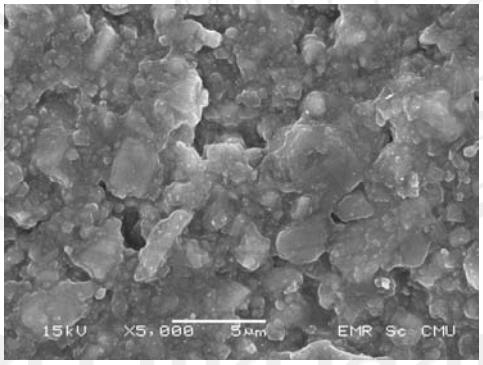
รูป 30 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ผ่านการเทอร์โมไซคลิง (ZR = พื้นผิวเซอร์โคเนีย, RC = เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่หลังการทดสอบ) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



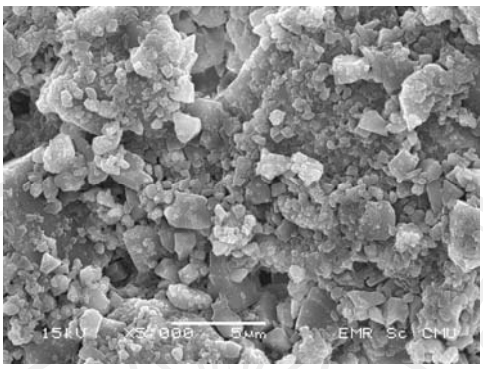
รูป 31 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ผ่านการเทอร์โมไซคลิง (ZR = พื้นผิวเซอร์โคเนีย, RC = เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่หลังการทดสอบ) (กำลังขยาย 5000 เท่า)

สำหรับกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์หรือเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยหลังผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1000 รอบ หลังการทดสอบพบว่าลักษณะการแตกหักของพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์เป็นแบบแอดฮีซีฟ 35% แบบรวม 65% และลักษณะการแตกหักของรีไลเอกซ์ยูร้อยเป็นแบบแอดฮีซีฟ 40% แบบมิกซ์ 60% ดังรูปที่ 32 และ 33



รูป 32 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ผ่านการเทอร์โมไซคลิง พบลักษณะของเรซินซีเมนต์ที่ครอบคลุมพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 33 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย ผ่านการเทอร์โมไซคลิง พบลักษณะของเรซินซีเมนต์ที่ครอบคลุมพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์ (กำลังขยาย 5000 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ Three-Way ANOVA ดังตารางที่ 7 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($p<0.01$) เนื่องจากค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน พบว่า ชนิดของเรซินซีเมนต์ การปรับสภาพพื้นผิวเซอร์โคเนียเซรามิกส์แบบต่าง ๆ ความชื้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดเฉือน

ตาราง 7 แสดงการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนของปัจจัยต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares Error	df	Mean Square Error	F	Sig.
Corrected Model	5431.331	11	493.757	287.585	0.000
Intercept	30552.319	1	30552.319	17794.939	0.000
Surface_treatment	3157.764	2	1578.882	919.606	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 ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่าการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนปัจจัยเรซินซีเมนต์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ปัจจัยการผ่านการเทอร์โมไซคลิงมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่าหลังการเทอร์โมไซคลิง ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาในส่วนปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของปัจจัยต่างๆ พบว่าปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิวและเรซินซีเมนต์ มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่าปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิวและเรซินซีเมนต์ ที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิวและการเทอร์โมไซคลิง มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่า ปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิว และการเทอร์โมไซคลิง ที่แตกต่างกันให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สำหรับปฏิสัมพันธ์เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิง มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.009 < 0.01) หมายความว่าปฏิสัมพันธ์เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิงที่แตกต่างกันให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิว เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิง มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน (Sig. = 0.000 < 0.01) หมายความว่าปฏิสัมพันธ์การเตรียมพื้นผิว เรซินซีเมนต์และการเทอร์โมไซคลิงที่แตกต่างกัน ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

และจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนของแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่า

- ในส่วนของเรซินซีเมนต์พบว่าเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่สูงกว่าเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย คือ 11.65 เมกะปาสคาล และ 10.92 เมกะปาสคาล ตามลำดับ โดยพบว่าพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงกว่าเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) โดยพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ารีไลเอกซ์ยูร้อยเท่ากับ 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	Rely X U100					
11.65	10.92	0.73	0.169	0.000	0.393	1.060

- การปรับสภาพพื้นผิวที่ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่สูงที่สุด คือ การปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์คือเท่ากับ 15.65 เมกะปาสคาล รองลงมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ เมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์คือเท่ากับ 11.35 เมกะปาสคาล และกลุ่มที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ต่ำที่สุดคือเท่ากับ 6.81 เมกะปาสคาล โดยการปรับสภาพพื้นผิวที่ใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) กลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ เท่ากับ 8.84 หรืออยู่ในช่วง 8.476 – 9.292 และกลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่า กลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) โดยกลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ เท่ากับ 4.30 หรืออยู่ในช่วง 3.927– 4.744 ส่วนกลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig. = 0.000 < 0.01) โดยกลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ 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

- ความชื้นและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน โดยกลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิงจะมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่ต่ำกว่ากลุ่มที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมง คือ 8.58 เมกะปาสคาลและ13.99 เมกะปาสคาล ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่มแช่น้ำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Sig.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

= 0.000 < 0.01) โดยกลุ่มแช่น้ำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิงเท่ากับ 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% โดยเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงสุด ตามด้วยเซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อย กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ กลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆ ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยตามลำดับ

ในกลุ่มที่ผ่านการเทอร์โมไซคลิง 1,000 รอบ เซอร์โคเนียเซรามิกส์กลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์กับกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดอัลลอยด์ไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนสูงกว่ากลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยเมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ชนิดเมทัลเซอร์โคเนียไพรเมอร์ยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามด้วยกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวใดๆยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนต่ำที่สุดและต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved