

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าความแข็งผิวในระดับไมโครเมตร(microhardness) โดยวิธีวัดความแข็งผิวแบบวิกเคอร์ (Vickers hardness test) ของวัสดุทดลอง เซรามิก เรซินคอมโพสิต กับเคลือบฟันมนุษย์ (กลุ่มควบคุม)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความแข็งผิวแบบวิกเคอร์เฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Vickers hardness number; VHN) ของวัสดุบูรณะแต่ละกลุ่มและเคลือบฟัน

Group	Number of specimens	VHN
Ceramic	20	550.02 ± 7.90
Resin composite	20	109.79 ± 3.31
Experimental material	20	287.16 ± 6.42
Enamel	20	336.12 ± 11.65

ทุกกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของความแข็งผิวแบบวิกเคอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 2 ค่าความแข็งผิวแบบวิกเคอร์ของกลุ่มเซรามิกมีค่าสูงสุด รองลงมาคือกลุ่มเคลือบฟัน วัสดุทดลอง และกลุ่มเรซินคอมโพสิตตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่าค่าความแปรปรวนของค่าความแข็งผิวแบบวิกเคอร์ไม่เท่ากัน ซึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว จึงไม่สามารถใช้ค่าสถิติทดสอบ F ได้ แต่ต้องใช้สถิติบราวน์ฟอร์ได้(Brown-Forsythe)ในการทดสอบ โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่าความแข็งผิววิกเคอร์ระหว่างกลุ่มและจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparisons) ด้วยวิธีของแทมเฮน (Tamhane) พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่าความแข็งผิวแบบวิกเคอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของโลหะผสมชนิดพื้นฐาน เซรามิก เรซินคอมโพสิตและวัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ 2 ชนิด ผลการศึกษาบริเวณที่แตกหักของชิ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและผลการศึกษารายตัวของเรซินซีเมนต์กับวัสดุทดลองก่อนและหลังแช่สารละลายไฮโดรคลอริก

ตารางที่ 3 ค่าความแข็งแรงดึงยึดเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะปาสคาลหรือMPa) บริเวณรอยต่อระหว่างผิววัสดุบูรณะแต่ละกลุ่มกับเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด

Materials \ Resin cement	Super-Bond	All-Bond2 & DUO-LINK
Experimental material	20.45 ± 5.21 ^a	11.95 ± 2.85 ^b
Metal	22 ± 2.93 ^a	2.12 ± 0.77 ^c
Ceramic	10.49 ± 1.40 ^b	1.38 ± 0.41 ^c
Resin composite	20.38 ± 3.66 ^a	9.67 ± 2.27 ^b

a,b,c =Groups with different letters exhibited statistical difference at the 0.05 level

จากการวิเคราะห์สถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง (two-way ANOVA) พบว่า ปัจจัยวัสดุบูรณะ เรซินซีเมนต์ และปฏิสัมพันธ์(interaction)ระหว่างเรซินซีเมนต์และวัสดุบูรณะมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของวัสดุบูรณะกับเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังแสดงในภาคผนวกตาราง ง) ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวของกลุ่มทดลองที่แต่ละกลุ่มมีชนิดของวัสดุบูรณะและเรซินซีเมนต์ที่ใช้แตกต่างกัน พบว่าค่าความแปรปรวนของความแข็งแรงดึงยึดแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน จึงใช้สถิติบราวน์ฟอร์ได้ในการทดสอบพบว่าค่าความแข็งแรงดึงยึดระหว่างกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 และจากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีของแทมเฮน พบว่าค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของแต่ละวัสดุบูรณะกับเรซินซีเมนต์กลุ่ม Super-Bond มีค่ามากกว่าค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของแต่ละวัสดุบูรณะกับสารยึดเรซินกลุ่มAll-Bond2อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

ค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของโลหะผสมชนิดพื้นฐาน วัสดุทดลอง และเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond มีค่ามากกว่าค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของโลหะผสมชนิดพื้นฐาน เรซินคอมโพสิต และวัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของโลหะผสมชนิดพื้นฐานและเซรามิกกับสารยึดเรซิน All-Bond2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของเรซินคอมโพสิต และวัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของเรซินคอมโพสิตและวัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 มีค่ามากกว่าค่าความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อของโลหะผสมชนิดพื้นฐานและเซรามิกกับสารยึดเรซิน All-Bond2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 ชนิดการแตกหักในแต่ละกลุ่มทดลอง

Materials \ Resin cement	Super-Bond	All-Bond2 & DUO-LINK
Experimental materials	R, R/PMMA	R,A
Metal	R, R/PMMA	A
Ceramic	R,A	A
Resin composite	R, R/PMMA	A

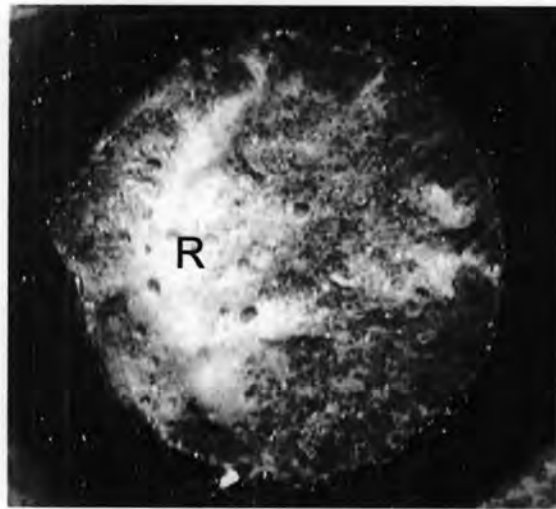
A = Adhesive failure at restorative material/cured-resin interface,

R = cohesive failure in the cured resin, R/PMMA = Adhesive failure at cured-resin/PMMA interface

จากการศึกษาบริเวณที่เกิดการแตกหักของชิ้นตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับแรงดึงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 20 เท่า เพื่อพิจารณาบริเวณที่แตกหัก พบว่ากลุ่มโลหะผสมชนิดพื้นฐาน เรซินคอมโพสิต และวัสดุทดลองที่ยึดกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond เกิดการแตกหักในสองลักษณะคือการแตกในชั้นเรซิน และการแตกแบบผสมของการแตกในชั้นเรซินร่วมกับการแตกระหว่างชั้นเรซินกับแท่งพีเอ็มเอ็มเอ (ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวกตาราง ค และรูปที่ 9-11) กลุ่มเซรามิกที่ยึดกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond เกิดการแตกหักลักษณะเดียวกันทั้งหมดคือ

การแตกแบบผสมของการแตกในชั้นเรซินร่วมกับการแตกระหว่างผิวเซรามิกกับเรซิน(รูปที่12) ส่วนกลุ่มโลหะผสมชนิดพื้นฐาน เซรามิกและเรซินคอมโพสิตที่ยึดกับสารยึดเรซินAll-Bond2 เกิดการแตกหักในลักษณะเดียวกันทั้งหมดคือ การแตกระหว่างผิววัสดุกับเรซิน(ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวกตาราง ค และรูปที่13-15) กลุ่มวัสดุทดลองกับสารยึดเรซินกลุ่ม All-Bond2 ส่วนใหญ่เกิดการแตกแบบผสมของการแตกในชั้นเรซินร่วมกับการแตกระหว่างผิววัสดุกับสารยึดเรซิน(รูปที่ 16) บางชิ้นตัวอย่างเป็นการแตกหักแบบในชั้นเรซินเท่านั้น(รูปที่17)

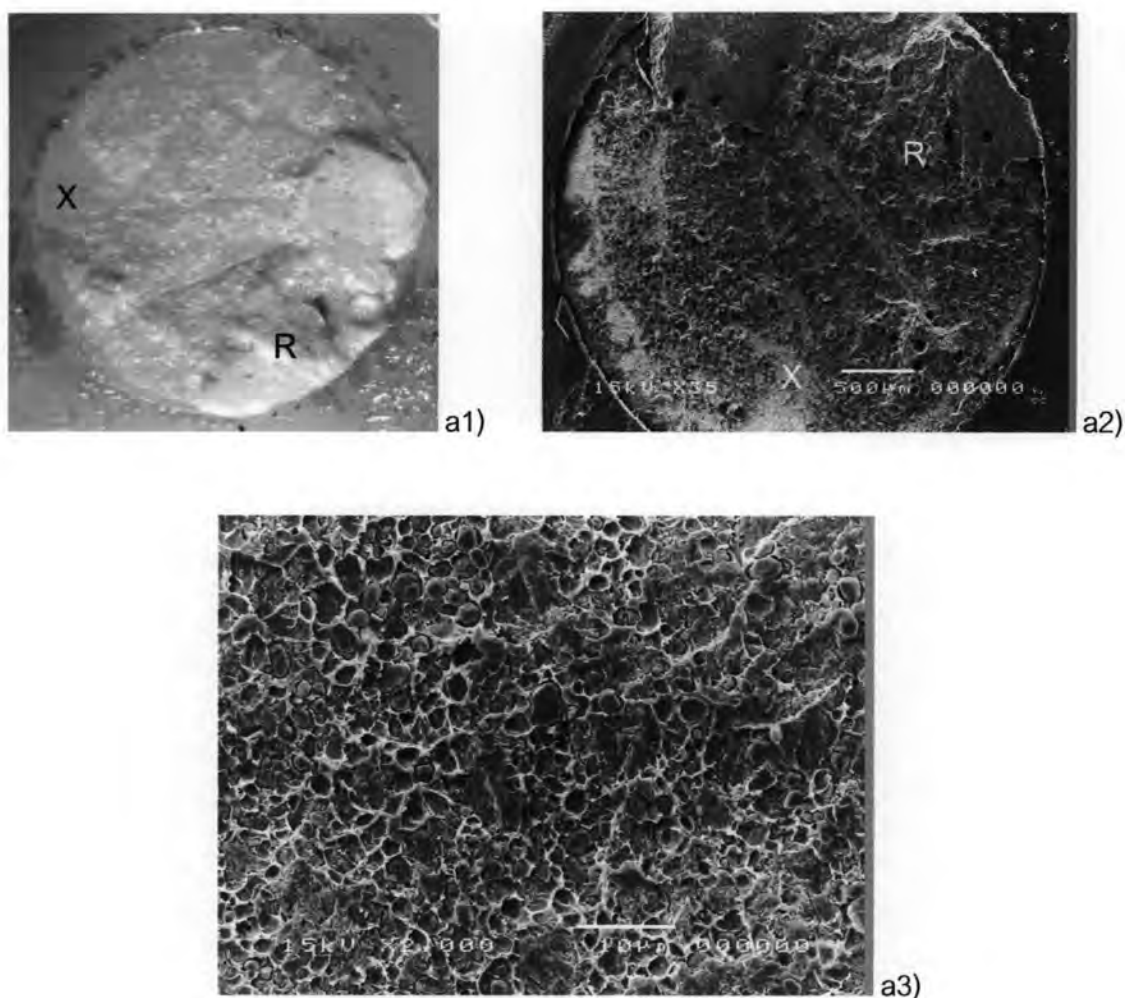
ผลการศึกษาระยะเวลาที่เกิดการแตกหักของชิ้นตัวอย่างในแนวขนานกับแรงดึงภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย35-7,500 ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุกับเรซินซีเมนต์เพื่อพิจารณาบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุกับเรซินพบว่า ลักษณะรอยต่อระหว่างโลหะผสมชนิดพื้นฐานและเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์Super-Bondที่ได้รับการปรับสภาพผิวโดยการเป่าทราย ทำให้เกิดความขรุขระโดยตลอดทั้งพื้นผิวของโลหะผสมชนิดพื้นฐานและเรซินคอมโพสิต(รูปที่18-21) ส่วนกลุ่มเซรามิกพบว่าลักษณะรอยต่อระหว่างเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond ที่ได้รับการปรับสภาพผิวโดยการเป่าทรายมีผิวเซรามิกที่ค่อนข้างเรียบ (รูปที่22และ23) จากการศึกษาชั้นรอยต่อของวัสดุทดลองที่ยึดกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิด พบว่าลักษณะของชั้นรอยต่อของวัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดมีความต่อเนื่องสม่ำเสมอ ไม่พบรอยแยกระหว่างวัสดุทดลองกับเรซิน(รูปที่24) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีพบว่าชั้นรอยต่อมีความหนาไม่แตกต่างกัน(รูปที่25)และพบว่าชั้นรอยต่อนี้มีลักษณะคล้ายรังผึ้งเป็นโครงสร้างตาข่าย3มิติเชื่อมอยู่ในวัสดุทดลอง(รูปที่26) ส่วนกลุ่มวัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 และเรซินซีเมนต์ Duo-Link ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึด ก่อนการแช่กรดไฮโดรคลอริกพบชั้นรอยต่อที่ต่อเนื่อง(รูปที่27a1และa3)แต่ภายหลังจากการแช่กรดพบชั้นรอยต่อที่ไม่ต่อเนื่อง(รูปที่28a2และa4) เมื่อดูการแตกหักในแนวขนานกับแรงดึงพบการแตกหักระหว่างผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 โดยพบว่ามีรอยแยกระหว่างวัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน และเมื่อศึกษาการแตกหักในแนวขวาง(cross-section)ของพื้นผิวด้านบนของวัสดุทดลองพบว่าเกิดจุดบกพร่องใต้ชั้นรอยต่อนี้ที่บริเวณพื้นผิววัสดุทดลองที่ผ่านการกัดด้วยกรดแล้ว(รูปที่29)



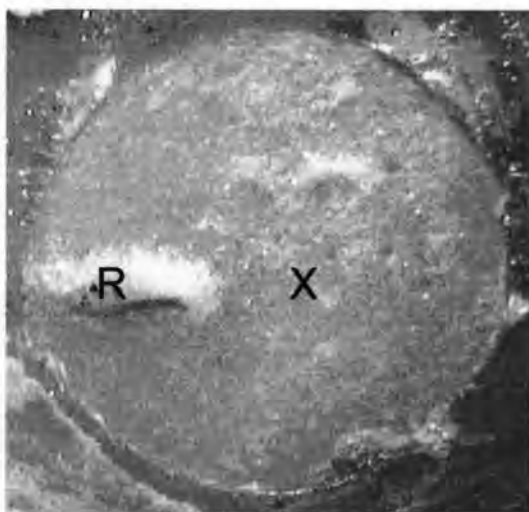
รูปที่ 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหักภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดิ่งยึดบริเวณรอยต่อผิวโลหะผสมชนิดพื้นฐานที่ยึดกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond พบว่าการแตกหักอยู่ในชั้นเรซินและการแตกระหว่างชั้นเรซินกับแท่งพีเอ็มเอ็มเอ โดยจะพบว่ามีเรซิน(R) คลุมอยู่โดยตลอดทั้งพื้นผิวของโลหะผสมชนิดพื้นฐาน



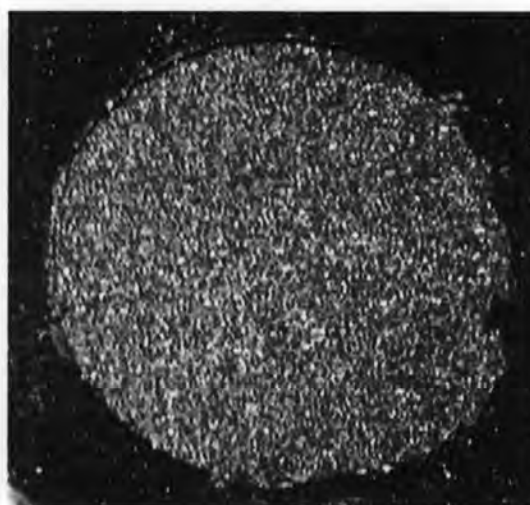
รูปที่ 10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหัก ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดิ่งยึดบริเวณรอยต่อผิวเรซินคอมโพสิตที่ยึดกับเรซินซีเมนต์Super-Bond พบว่าการแตกหักอยู่ในชั้นเรซินและการแตกระหว่างชั้นเรซินกับแท่งพีเอ็มเอ็มเอ โดยจะพบว่ามีเรซิน(R) คลุมอยู่โดยตลอดทั้งพื้นผิวของเรซินคอมโพสิต



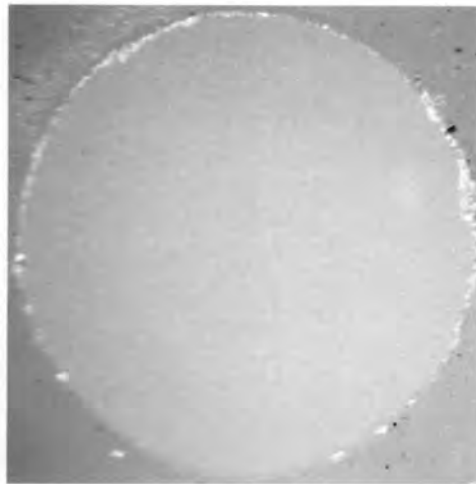
รูปที่ 11 a1)ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหักภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองที่ยึดกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond พบว่าการแตกหักอยู่ในชั้นเรซิน(R) โดยจะพบว่ามีเรซินคลุมอยู่โดยตลอดทั้งพื้นผิวของวัสดุทดลอง a2) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงการแตกหักของชิ้นตัวอย่างกลุ่มวัสดุทดลองภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond จากกำลังขยาย 35 เท่าพบว่าการแตกหักอยู่ในชั้นเรซิน(R)ร่วมกับระหว่างชั้นเรซินกับแท่งพีเอ็มเอ็มและพบบริเวณ X มีลักษณะเรียบไม่มีเรซินปกคลุม a3) เมื่อทำการขยายในบริเวณ X ที่กำลังขยาย 2,000 เท่าพบลักษณะผิววัสดุทดลองถูกปกคลุมด้วยเรซินในลักษณะบางๆ ไม่พบการแตกหักในชั้นวัสดุทดลอง



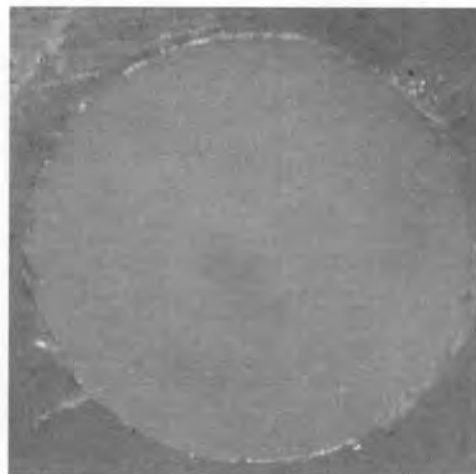
รูปที่ 12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหักภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิวเซรามิกที่ยึดกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond แสดงถึงบริเวณที่เกิดการแตกหักในชั้นเรซิน(R) และบริเวณที่เกิดการแตกหักแบบผสม(X) ซึ่งบริเวณนี้จะพบบริเวณที่มีเรซินปกคลุมและบริเวณที่ไม่มีเรซินปกคลุมบนผิวเซรามิก แสดงถึงการเกิดการแตกหักตรงรอยต่อระหว่างผิวเซรามิกกับชั้นเรซิน



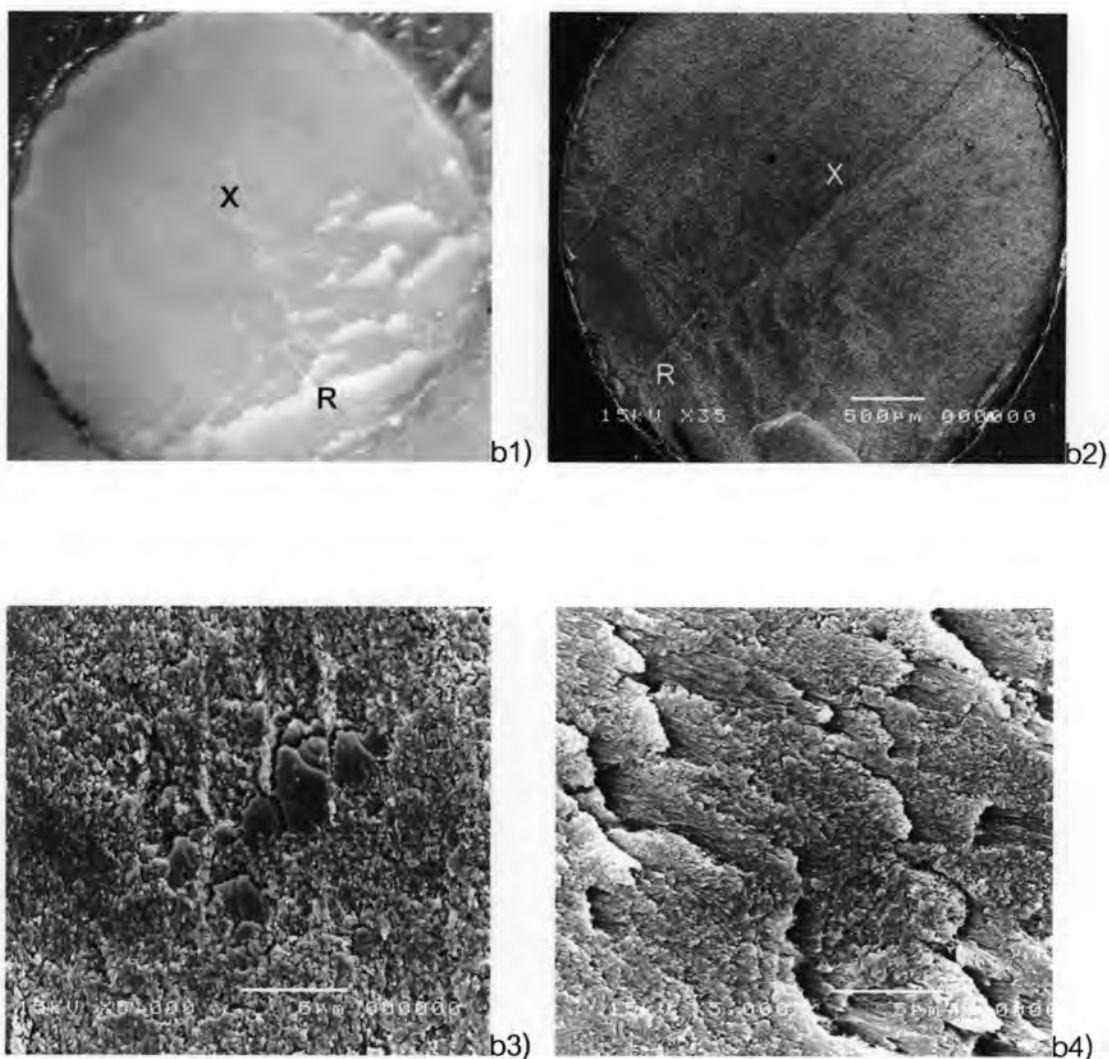
รูปที่ 13 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหักภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิวโลหะผสมชนิดพื้นฐานที่ยึดกับสารยึดเรซิน All-Bond2 พบว่าเกิดการแตกหักตรงรอยต่อระหว่างผิวโลหะผสมชนิดพื้นฐานกับชั้นเรซิน



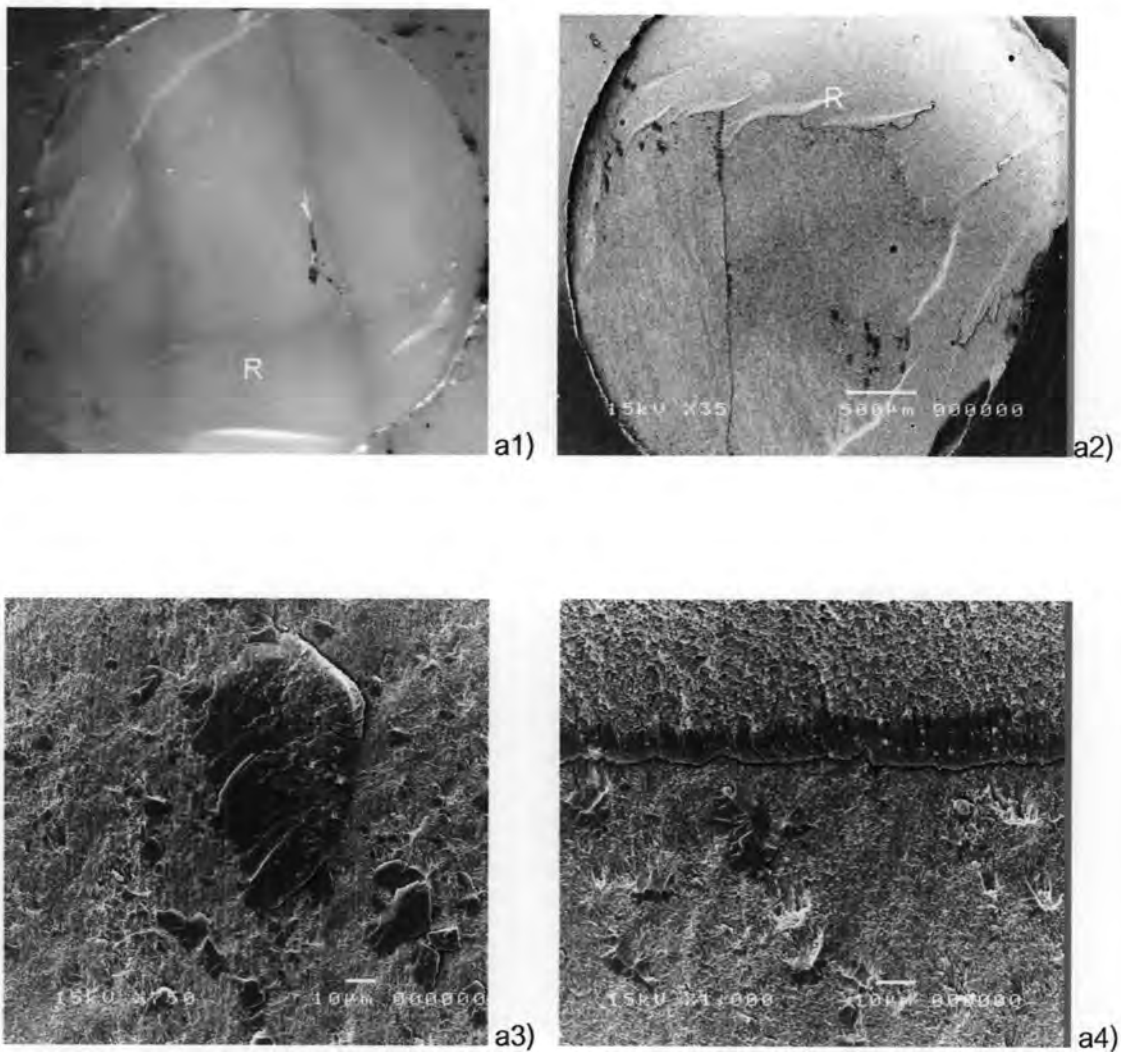
รูปที่ 14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหักภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิวเรซินคอมโพสิตที่ยึดกับสารยึดเรซิน All-Bond2 พบว่าเกิดการแตกหักตรงรอยต่อระหว่างผิวเรซินคอมโพสิตกับชั้นเรซิน



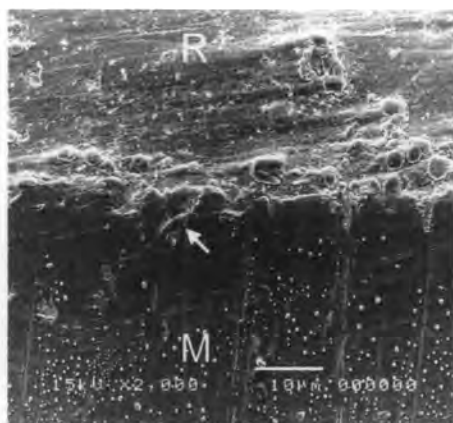
รูปที่ 15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอแสดงการแตกหักภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิวเซรามิกที่ยึดกับสารยึดเรซิน All-Bond2 พบว่าเกิดการแตกหักตรงรอยต่อระหว่างผิวเซรามิกกับชั้นเรซิน



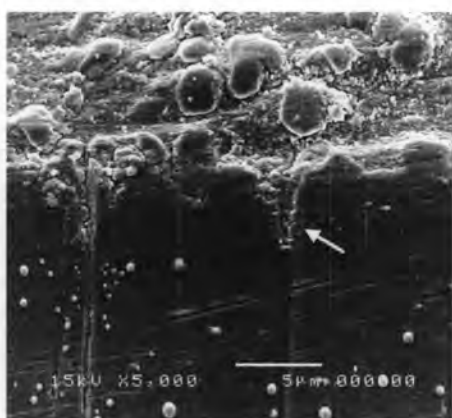
รูปที่ 16 b1)ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสแตอริโอแสดงการแตกหักของชิ้นตัวอย่างกลุ่มวัสดุทดลองชิ้นที่1 ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดั่งยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 b2)ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงการแตกหักของชิ้นตัวอย่างกลุ่มวัสดุทดลองชิ้นที่1 ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดั่งยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 และลักษณะพื้นผิวภายหลังการแตกหัก b1) และ b2) พบการแตกหักส่วนใหญ่เป็นการแตกหักระหว่างผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซินในบริเวณX ซึ่งไม่พบเรซินปกคลุม และพบการแตกหักในชั้นเรซินในบริเวณR ร่วมด้วย b3) เมื่อทำการขยายบริเวณ R ที่กำลังขยาย 5000 เท่า พบลักษณะการแตกในชั้นเรซิน b4) เมื่อทำการขยายบริเวณ X ที่กำลังขยาย 5000 เท่า พบลักษณะการแตกบริเวณรอยต่อของวัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2



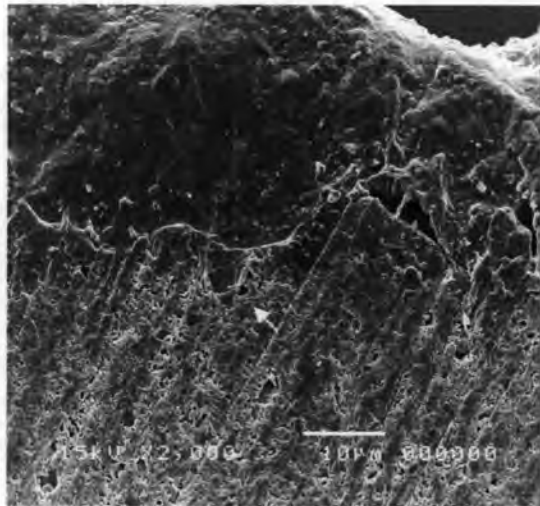
รูปที่ 17 a1)ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสแตอริโอแสดงการแตกหักของชั้นตัวอย่างชั้นที่2 ของกลุ่มวัสดุทดลอง ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองกับ สารยึดเรซิน All-Bond2 a2)ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงการแตกหักของชั้นตัวอย่างชั้นที่2 ของกลุ่มวัสดุทดลอง ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึด บริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 และลักษณะพื้นผิวภายหลังการแตกหัก a1) และ a2) พบการแตกหักส่วนใหญ่เป็นการแตกหักในชั้นเรซิน a3)เมื่อทำการขยายบริเวณชั้นเรซินที่กำลังขยาย 750 ไม่ว พบลักษณะของเนื้อเรซินDuo-Linkมีลักษณะเนื้อแน่นขรุขระ เนื่องจากมีฟิลเลอร์และพบบางส่วนของสารยึดเรซินAll-Bond2ที่มีลักษณะเรียบไม่มีฟิลเลอร์ a4) เมื่อทำการขยายบริเวณ R ที่กำลังขยาย 1000 ไม่ว พบการแตกหักอยู่ในชั้นเรซิน



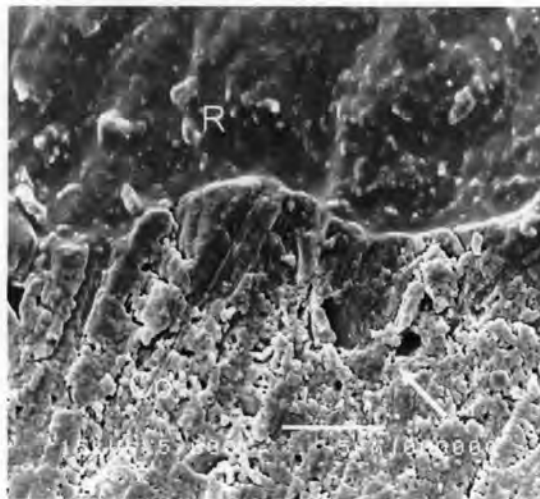
รูปที่ 18 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 2,000 แสดงถึงลักษณะรอยต่อระหว่างโลหะผสมชนิดพื้นฐาน(M)กับเรซินซีเมนต์ Super-Bond (ลูกศรชี้) ที่ได้รับการปรับสภาพผิวโดยการเป่าทราย ทำให้เกิดความขรุขระโดยตลอดทั้งพื้นผิวของโลหะผสมชนิดพื้นฐาน



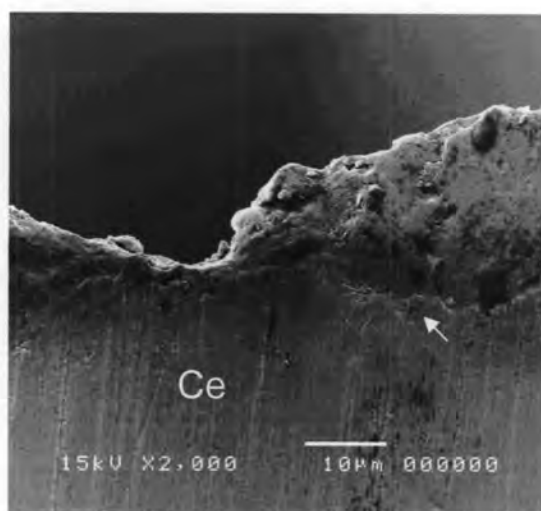
รูปที่ 19 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 5,000 ของรูปที่18 แสดงถึงหลุมร่อง(ลูกศรชี้) ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของโลหะผสมชนิดพื้นฐานมีความลึกประมาณ 4-5 ไมโครเมตรและมีเรซินเข้าไปอยู่เต็มในหลุมร่องนั้น



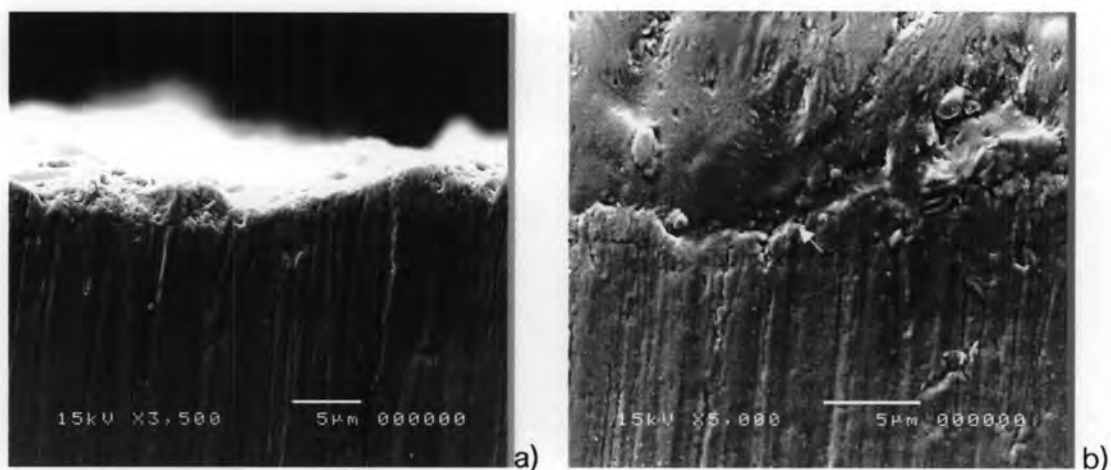
รูปที่ 20 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 2,000 แสดงถึงลักษณะรอยต่อระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond (ลูกศรชี้) ที่ได้รับการปรับสภาพผิวโดยการเป่าทราย ทำให้เกิดความขรุขระโดยตลอดทั้งพื้นผิวของเรซินคอมโพสิต



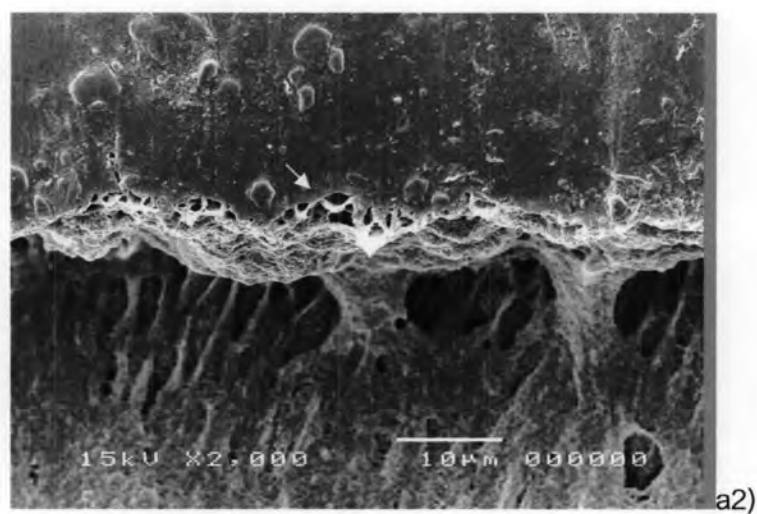
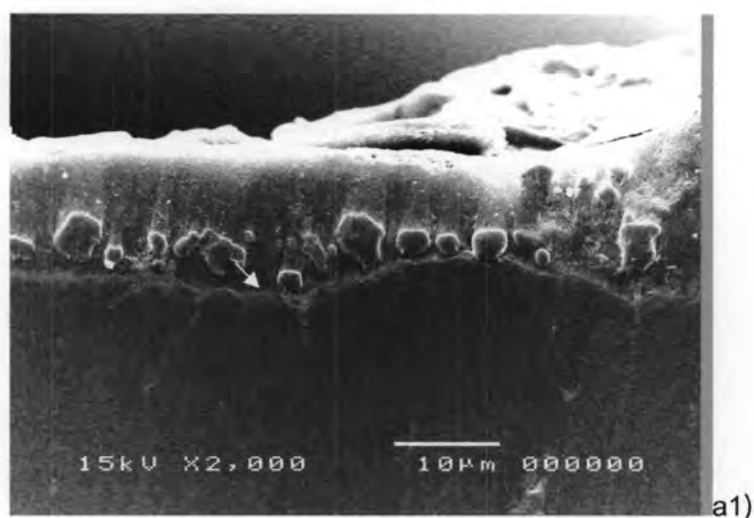
รูปที่ 21 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 5,000 ของรูปที่ 20 แสดงถึงหลุมร่อง (ลูกศรชี้) ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวเรซินคอมโพสิตมีความลึกประมาณ 4-5 ไมโครเมตร และมีเรซินเข้าไปอยู่เต็มในหลุมร่องนั้น



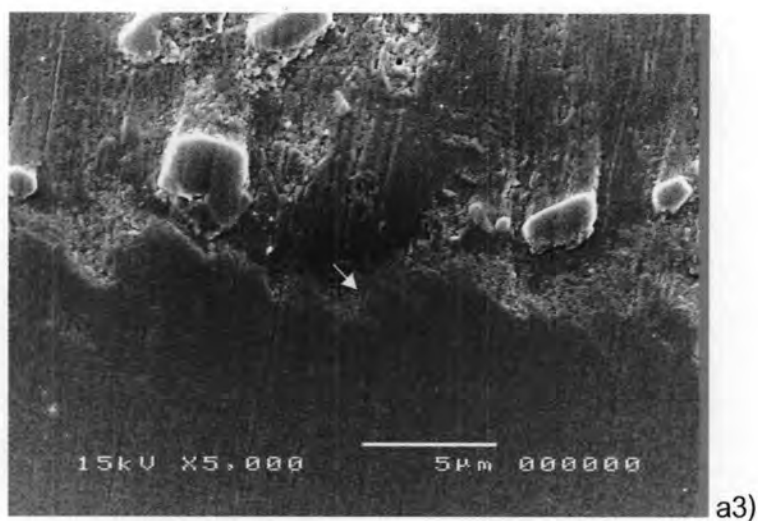
รูปที่ 22 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 2,000 แสดงถึงลักษณะรอยต่อระหว่างเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond (ลูกศรชี้) ที่ได้รับการปรับสภาพผิวโดยการเป่าทราย แสดงให้เห็นถึงบริเวณผิวเซรามิก (Ce) ที่ค่อนข้างเรียบ



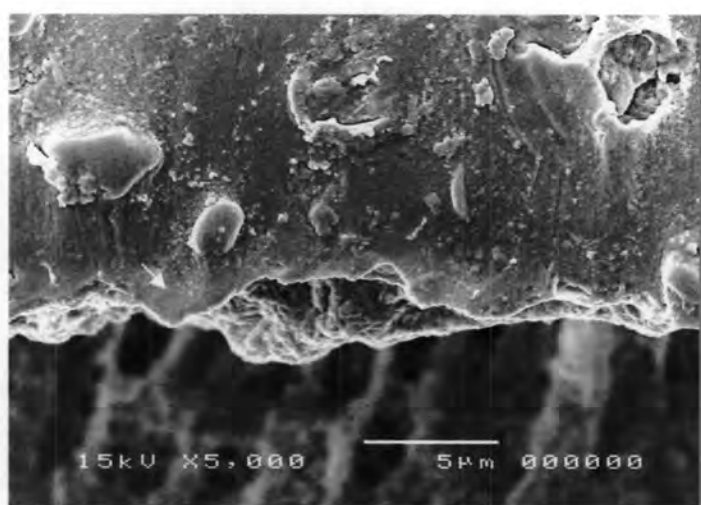
รูปที่ 23 a) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 ที่บริเวณ X ของรูปที่ 12 แสดงให้เห็นการแตกหักระหว่างผิวเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond b) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 5,000 ที่บริเวณ R ของรูปที่ 12 พบการยึดอยู่ของเรซินบนพื้นผิวเซรามิกที่ค่อนข้างเรียบ (ลูกศรชี้)



รูปที่ 24 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงลักษณะของชั้นรอยต่อของวัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดที่กำลังขยาย 2,000 เท่า a1) ภายหลังจากขัดขึ้นงาน a2) ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีพบว่าชั้นรอยต่อมีความต่อเนื่องสม่ำเสมอ ไม่พบรอยแยกระหว่างวัสดุทดลองกับเรซิน(ลูกศรชี้)

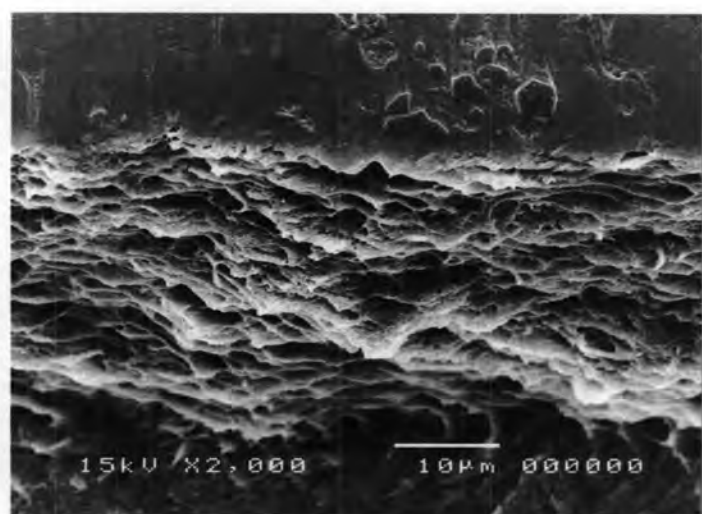


a3)



a4)

รูปที่ 25 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงลักษณะของชั้นรอยต่อของวัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดที่ กำลังขยาย 5,000 เท่า a3) ภายหลังจากขัดชิ้นงาน a4) ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีพบว่าชั้นรอยต่อมีความหนาไม่แตกต่างกัน โดยพบว่ามี ความหนา ประมาณ 3 ไมโครเมตร (ลูกศรชี้)

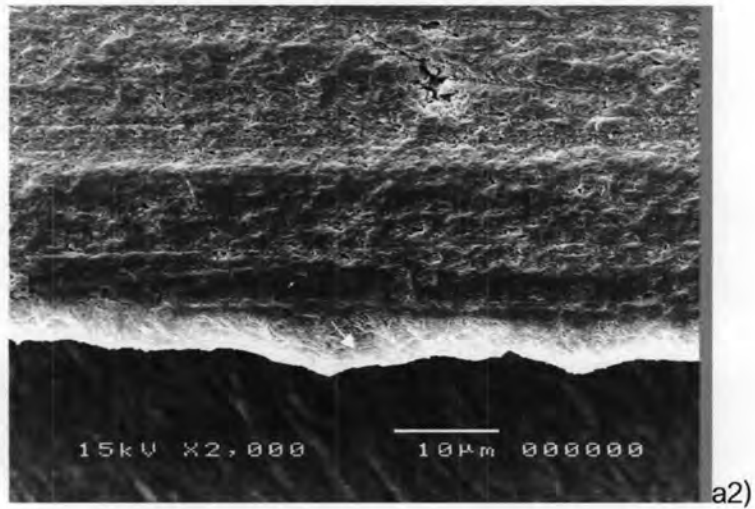
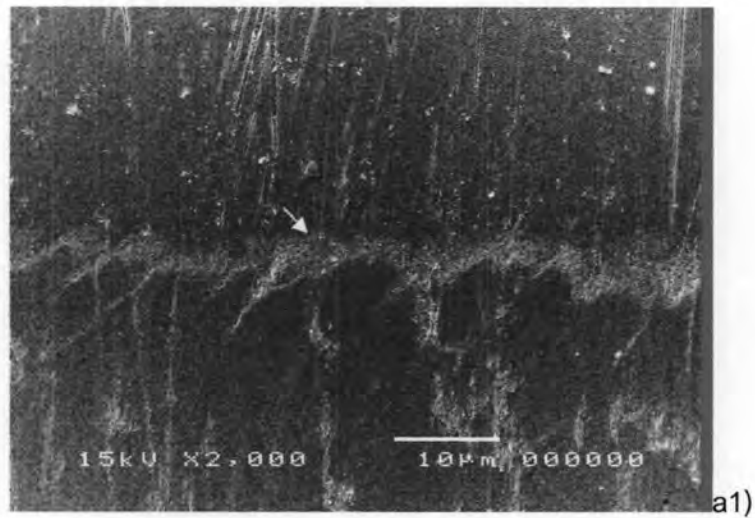


a5)

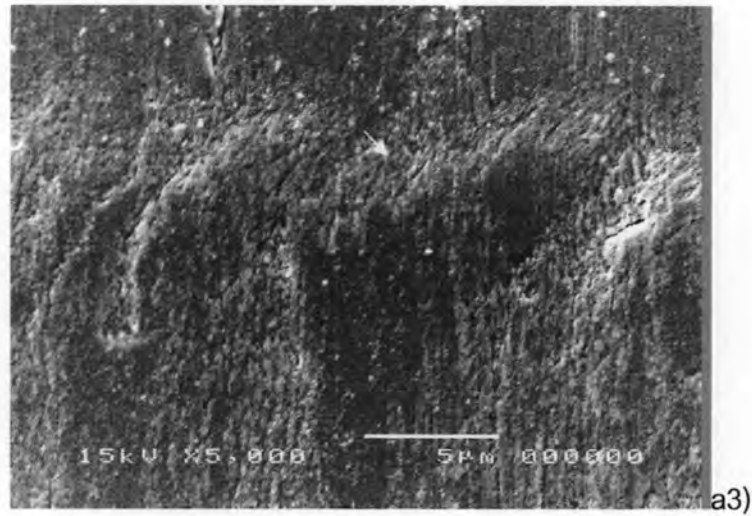


a6)

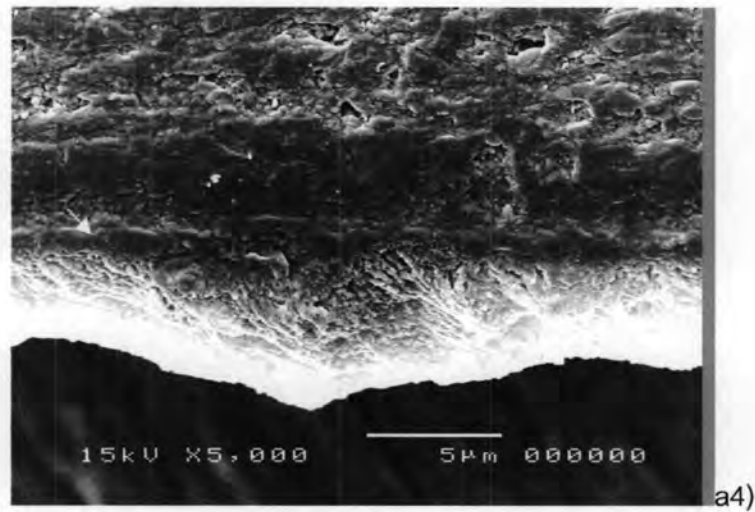
รูปที่ 26 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงลักษณะของชั้นรอยต่อของวัสดุทดลองกับเรซินซีเมนต์ Super-Bond ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึดและภายหลังแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีเมื่อพิจารณาชั้นรอยต่อโดยทำการขยายชิ้นงานมากขึ้น a5) ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า a6) ที่กำลังขยาย 7,500 พบว่าชั้นรอยต่อมีลักษณะคล้ายรังผึ้งเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติเชื่อมอยู่ในวัสดุทดลอง



รูปที่ 27 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงลักษณะของชั้นรอยต่อระหว่างผิววัสดุติดลงกับสารยึดเรซิน All-Bond2 และเรซินซีเมนต์ Duo-Link ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึด ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า a1 ภายหลังจากขัดชิ้นงาน (ลูกศรชี้) a2 ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีพบชั้นรอยต่อที่ไม่สม่ำเสมอ (ลูกศรชี้)

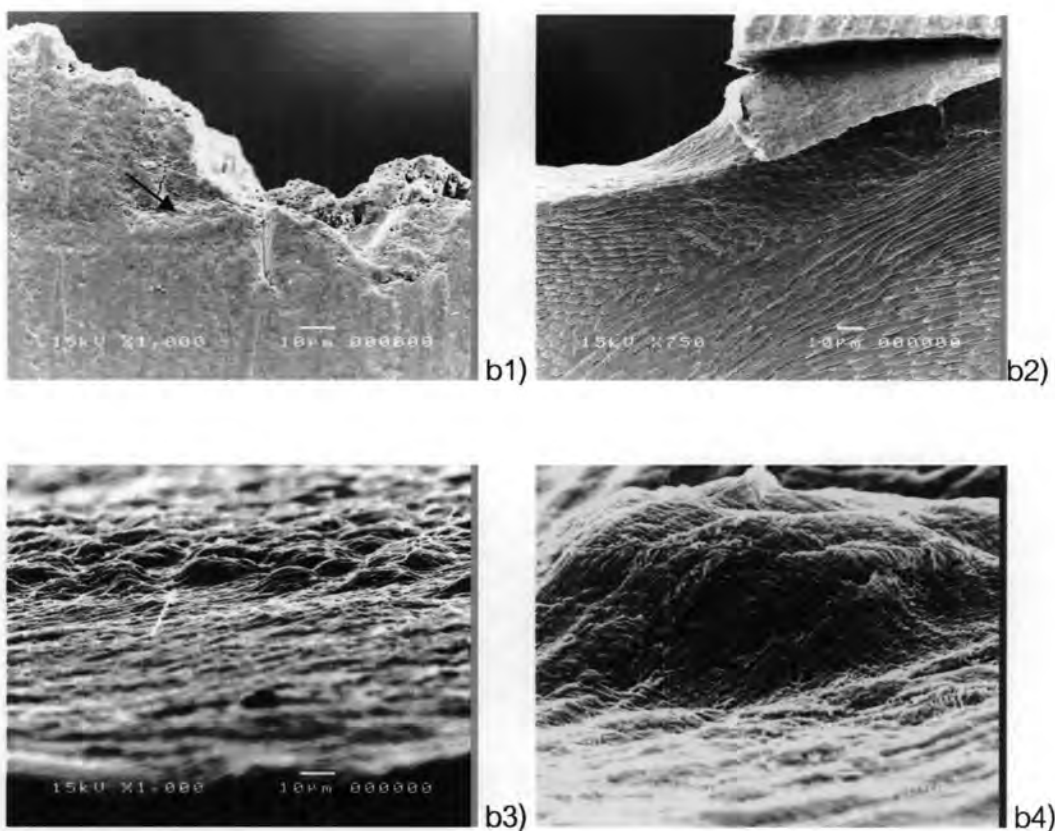


a3)



a4)

รูปที่ 28 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงลักษณะของชั้นรอยต่อระหว่างผิววัสดุติดลงกับสารยึดเรซิน All-Bond2 และเรซินซีเมนต์ Duo-Link ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดึงยึด ที่กำลังขยาย 5000 เท่า a3) ภายหลังจากขัดขึ้นงาน a4) ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีพบชั้นรอยต่อที่ไม่สม่ำเสมอ (ลูกศรชี้)



รูปที่ 29 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงการแตกหักของชั้นตัวอย่าง กลุ่มวัสดุทดลองที่ยึดกับสารยึดเรซิน All-Bond2 และเรซินซีเมนต์ Duo-Link ภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดั่งยึด เมื่อดูการแตกหักในแนวขนานกับแรงดึงพบการแตกหักระหว่างผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน b1) ภายหลังขัดขึ้นงาน b2) ภายหลังแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 30 วินาทีพบว่าชั้นรอยต่อไม่ต่อเนื่อง พบมีรอยแยกระหว่างวัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน(ลูกศรชี้) b3)ภาพการแตกหักในแนวขวาง (cross-section)กำลังขยาย1,000 ของพื้นผิวด้านบนของวัสดุทดลองภายหลังจากการทดสอบความแข็งแรงดั่งยึดบริเวณรอยต่อผิววัสดุทดลองกับสารยึดเรซิน All-Bond2 แสดงให้เห็นรูปแบบการแตกหักบริเวณพื้นผิววัสดุทดลองที่ผ่านการกัดด้วยกรดแล้วเกิดจุดบกพร่องได้ชั้นรอยต่อ (ลูกศรชี้) b4)ที่กำลังขยาย7,500