บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ

วิจารณ์วัสดุ อุปกรณ์และวิธีทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบหาค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนของพอร์ซเลนกับวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ระบบต่างๆ โดยดัดแปลงแนวทางและ รูปแบบวิธีการทดลองจาก The International Organization for Standardization (ISO/ TR 11405:1994) ชิ้นทดสอบพอร์ซเลนทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร และชิ้นทดสอบเรซิน คอมโพสิตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร ที่มีผิวเรียบตามผิวของแผ่นแก้วที่ใช้เตรียมชิ้นทดสอบเพื่อควบคุมให้ทุกชิ้นทดสอบมีความเรียบของพื้นผิวเท่าๆกัน โดยนำชิ้นทดสอบพอร์ซเลนฝังในท่อ พีวีซี รูปทรงกระบอกยึดด้วยอะคริลิกออโธเรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีเพื่อลดการหดตัวให้น้อยที่สุด ขัดด้วยเครื่องขัดที่ความดัน 2 บาร์ด้วยกระดาษทรายน้ำชนิดที่มีกาวด้านหลังเบอร์ 400 และ 800 จนผิวเรียบและตั้งฉากกับแนวแกนตั้งของท่อให้มากที่สุด ควบคุมพื้นที่ในการยึดติดระหว่างชิ้นทดสอบทั้ง 2 ด้วยสติกเกอร์ใสเจาะรูขนาด 3 มิลลิเมตร และควบคุมตำแหน่งให้ชิ้นทดสอบอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางขณะยึดติดด้วยอะคริลิกอินเด็กซ์

เนื่องจากขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่ใช้ในการยึดชิ้นทดสอบเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตจึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 3 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกนอกขอบเขตได้ทั้งหมด ทำเพื่อให้แน่ใจได้ว่าพื้นที่ในการยึดติดมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 7.07 ตารางมิลลิเมตรเท่ากันทุกชิ้นทดสอบอย่างแท้จริง ภายหลังจากยึดชิ้นทดสอบเรียบร้อยแล้ววางชิ้นทดสอบไว้ที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 120 นาที แล้วเก็บชิ้นทดสอบในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 $\pm$ 1 องศาเซลเซียสเพื่อควบคุมให้อยู่ในสภาวะใกล้เคียงช่องปากเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบกำลังยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล โดยตั้งค่าความเร็วหัวทดสอบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาทีตามวิธีทดสอบของ The International Organization for Standardization (ISO/ TR 11405: 1994) ใช้น้ำหนักโหลดเซลล์เท่ากับ 10 กิโลนิวตัน เนื่องจากค่ากำลังยึดเฉือนของวัสดุได้จากการทดลองนำร่องมีค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วง 50-300 นิวตัน และเหตุผลด้านความปลอดภัยของเครื่องทดสอบสากล ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ขนาดของโหลดเซลล์ที่มีค่าสูงกว่าค่าแรงยึดของชิ้นทดสอบการทดสอบ ซึ่งในแต่ละโหลดเซลล์มีความคลาดเคลื่อน $\pm$ 0.25% ฉะนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของหัว 10 กิโลนิวตันอยู่ที่ประมาณ 25 นิวตัน

ถ้าใช้หัวโหลดเซลล์ที่ 100 นิวตัน พบว่าค่าของกลุ่มทดลองบางกลุ่มมีค่ามากกว่า 100 นิวตัน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องเลือกหัวโหลดเซลล์ 10 กิโลนิวตัน

พอร์ซเลนที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ไอพีเอส เอมเพรส ทู และอินซีแรม ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในคลินิกทันตกรรม โดยไอพีเอส เอมเพรส ทู มีความสวยงาม ขั้นตอนการผลิตง่าย สามารถปรับสภาพผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และสามารถใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู ตามคำแนะนำของบริษัท อินซีแรมมีข้อดีในด้านความแข็งแรงแต่ทึบแสงกว่าไอพีเอส เอมเพรส ทู บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้อินซีแรมร่วมกับเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ

เรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดมี 3 ชนิดคือเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู พานาเวีย เอฟ และซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บีโดยขั้นตอนการทำงานภายใต้คำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตซึ่งเทคนิคและวิธีการใช้อยู่ในภาคผนวก

เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู เป็นเรซินซีเมนต์ที่แข็งตัวด้วยการฉายแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี และมีระบบกรดกัดด้วย โทเทิล เอช (Total etch) ขั้นตอนคือการใช้กรด 37% ออโธฟอสฟอริกเพื่อทำความสะอาดและปรับสภาพพื้นผิวก่อนทำการยึดติดและต้องล้างกรดออกทั้งหมด โมโนเมอร์พื้นฐานเป็นบีส-จีเอ็มเอไม่มีสารส่งเริมการยึดติด (Adhesive promotor) บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ในการยึดกับพอร์ซเลนในกลุ่มไอพีเอส เอมเพรส ทู

เรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ เป็นระบบเซลฟ์ เอชชิง " Self etching primer " แตกต่างจากระบบ วาริโอลิงค์ ทู คือไพรเมอร์ของซีเมนต์ระบบนี้มีสภาพเป็นกรดอ่อน เมื่อทาลงบนชิ้นทดสอบไม่จำเป็นต้องล้างออกก่อนการยึดติด โมโนเมอร์พื้นฐานเป็นบีส จีเอ็มเอ มีปริมาณฟิลเลอร์ 70.8%โดยน้ำหนัก ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 2.0 ไมโครเมตร และมี เอ็มดีพี (MDP) ทำหน้าที่เป็นสารส่งเสริมการยึดติด บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ในการยึดกับพอร์ซเลนในกลุ่มอินซีแรม การเกิดปฏิกิริยาการยึดติดกับผิวพอร์ซเลนในกลุ่มที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ต้องอาศัยสารคู่ควบไซเลนซึ่งมีซิลิกาจับกับผิวของพอร์ซเลนในด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งจับกับส่วนของอินทรีย์สารของเรซินซีเมนต์ ส่วนการเกิดปฏิกิริยาการยึดติดกับผิวโลหะฟอสเฟตที่อยู่ในสาร เอ็มดีพี สามารถเกิดพันธะเคมีกับชั้นออกไซด์บนผิวของโลหะผสมพื้นฐานได้โดยตรง

เรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี เป็นเรซินซีเมนต์ที่มีองค์ประกอบพื้นฐานแตกต่างจากเรซินซีเมนต์ 2 ระบบแรกเนื่องจากมีเมธิลเมธาคริเลตและโพลิเมธิลเมธาคริเลตเป็นองค์ประกอบหลัก สารส่งเสริมการยึดติดคือ โฟร์เมตา ระบบการทำงานเป็นโทเทิลเอช ลักษณะการเกิดปฏิกิริยาเป็นชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากการแตกตัวของ ไตรเอ็นบิวทิล โบเรนที่บรรจุอยู่ในหลอดแคตาลิสต์ เอสมีอัตราส่วนผสมคือ โมโนเมอร์ 4หยดต่อแคตาลิสต์ 1 หยดการเกิดปฏิกิริยายึดติดกับผิวพอร์ซเลนต้องอาศัยสารคู่ควบไซเลนซึ่งมีซิลิกาจับกับผิวของพอร์ซเลนใน

ด้านหนึ่งส่วนอีกด้านหนึ่งจับกับส่วนของอินทรีย์สารของเรซินซีเมนต์ การเกิดปฏิกิริยายึดติดกับผิวโลหะเชื่อว่าเกิดจากสารโฟร์เมตาเกิดปฏิกิริยากับชั้นออกไซด์บนผิวโลหะโดยเฉพาะโลหะผสมพื้นฐาน

วัสดุแกนฟัน แซต250 เป็นไมโครไฮบริดเรซิน คอมโพสิต เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันด้วยการฉายแสง มีเซอร์โกเนียร์และซิลิกาเป็นฟิลเลอร์คิดเป็น 60% โดยปริมาตร ขนาดของฟิลเลอร์อยู่ในช่วง 0.01-3.5 ไมโครเมตร องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น บีส-จีเอ็มเอ ยูดีเอ็มเอและบีส-อีเอ็มเอ บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมเช่น วีเนียร์ (Veneer) อุดฝัง (Inlay) อุดครอบ (Onlay) รวมทั้งวัสดุแกนฟัน

วัสดุแกนฟันลักซาคอร์ เป็นไมโครไฮบริดเช่นเดียวกันกับวัสดุบูรณะฟัน แซต250 แข็งตัวด้วยการเกิดปฏิกิริยาบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี สารฟิลเลอร์เป็นแก้วแบเรียมและไพโอจินิกซิลิการวมกันในปริมาณ 43% โดยปริมาตร องค์ประกอบของเรซินเมทริกซ์เป็น บีส-จีเอ็มเอ, ยูดีเอ็มเอ, ดีดีเอ็มเอ (Dodecanediol dimethracrylate: DDDMA), เอชดีดีเอ (Hexanediol dimethracrylate: HDDA) มีเอมีนเปอร์ออกไซด์ทำหน้าที่กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเคมี รูปแบบการใช้งานเป็นชนิดปืนฉีดที่บีบครีมจาก 2 หลอดมาผสมรวมกันที่จุกปลายพลาสติกในอัตราส่วน 1:1 ใช้เป็นวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตตามที่บริษัทแนะนำ

กรดที่ใช้ในการปรับสภาพผิวเป็นกรดไฮโดรฟลูออริกที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 4.5% ทา 20 วินาที ล้างออกเป่าให้แห้งเพื่อปรับสภาพผิวของไอพีเอส เอมเพรสให้เหมาะสำหรับการทาไซเลนในระบบยึดติดต่อไป ซึ่งการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกร่วมกับสารคู่ควบไซเลนให้กำลังยึดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมผิวหน้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ (Bonaและคณะ, 2000) แต่ในการทดลองนี้ไม่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเพื่อปรับสภาพผิวของอินซีแรม เนื่องจากอินซีแรมมีซิลิกาจำนวนน้อยจึงไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาและค่ากำลังความแข็งแรงจากการทดลองของ Dérand และ Dérand (2000) พบว่ากรดไม่มีผลต่อการยึดติดของอะลูมินาพอร์ซเลน

เนื่องจากในช่องปากมีแรงที่มากระทำต่อวัสดุในช่องปากหลายทิศทาง แรงยึดเฉือนเป็นตัวแทนเพียงลักษณะเดียวของแรงที่มากระทำต่อวัสดุบูรณะในช่องปาก โดยมีทิศทางขนานไปกับผิวฟัน สำหรับการทดลองนอกช่องปากใช้ใบมีดเป็นตัวแทนของฟันคู่สบหรือแหล่งกำเนิดของแรงที่มากระทำด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที (Øilo,1993) ซึ่งลักษณะของใบมีดที่ใช้มีผลต่อค่าแรงยึดเฉือนที่เกิดขึ้น ใบมีดที่ตัดตรงจะก่อให้เกิดการรับแรงนอกแนวแกน (cantiliver) เพราะใบมีดมีความหนาและสัมผัสกับส่วนอื่นนอกเหนือตำแหน่งที่เป็นรอยต่อที่ต้องการทดสอบ ใบมีดมีคม(Knife edge) สามารถกำหนดตำแหน่งและทิศทางของแรง รวมทั้งลักษณะของแรงที่จะลงมี

ลักษณะเป็นลิ่มและค่าแรงที่ได้มีค่ามากขึ้น (Retief,1991) ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ใบมีดลักษณะมีคม

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองในห้องปฏิบัติการนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต พบว่าปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนทั้งสิ้น รวมทั้งปัจจัยร่วมของพอร์ซเลนและเรซินซีเมนต์ พอร์ซเลนและวัสดุแกนฟันเรซินคอมโพสิต เรซินซีเมนต์และเรซิน คอมโพสิตรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัย ดังนั้นจึงแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นทั้งหมด 12 กลุ่มย่อยตามชนิดของปัจจัยทั้ง 3 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือน เมื่อผ่านการทดสอบเชิงซ้อนแล้วสามารถแบ่งกลุ่มทดลองทั้ง 12 กลุ่มออกเป็น 4 ระดับ โดยกลุ่มไอพีเอส เอมเพรส ทู ที่ยึดกับวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตแซต250 ด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนมากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มไอพีเอส เอมเพรส ทู ที่ยึดกับวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตลักซาคอร์ด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู โดยมีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนเฉลี่ยเท่ากับ 28.1091และ 20.412 เมกกะปาสคาลตามลำดับดังตารางที่ 4 ซึ่งในทั้ง 2 กลุ่มมีลักษณะการแตกบางส่วนในเนื้อเรซิน คอมโพสิตจำนวนหนึ่ง ส่วนกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่ต่ำสุดคือ กลุ่มอินซีแรมที่ยึดกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนเท่ากับ 9.9082 เมกกะปาสคาล

พบว่ามี 3 กลุ่มซึ่งประกอบด้วยกลุ่มอินซีแรมที่ยึดกับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิดด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทูและกลุ่มอินซีแรมที่ยึดกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนต่ำกว่า 13 เมกกะปาสคาล ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำเกินกว่าสามารถใช้งานได้ในคลินิกโดย Thurmond (1994) ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมผิวพอร์ซเลนสำหรับการซ่อมแซมพบว่าค่ากำลังยึดเฉือนที่น้อยที่สุดที่สามาถยอมรับได้เท่ากับ 13 เมกกะปาสคาล เพราะถ้าค่าต่ำกว่านี้ลักษณะการแตกหักจะเปลี่ยนจากการแตกแบบในเนื้อวัสดุเป็นการแตกระหว่างรอยต่อพอร์ซเลน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ผลสอดคล้องกับลักษณะการแตกหักของ Thurmond เนื่องจากในกลุ่มที่มีลักษณะการแตกระหว่างรอยต่อระหว่างผิวหน้าพอร์ซเลนกับวัสดุเรซิน คอมโพสิตจำนวนมากมีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่10.9033 และ 9.99573 เมกกะปาสคาลซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้อินซีแรมร่วมกับเรซินซีเมนต์ วาริโอลิงค์ ทู

ในกลุ่มวัสดุแกนฟันแซต250 เมื่อยึดกับพอร์ซเลนทั้ง 2 ชนิดโดยใช้ซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะการวัดค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนเป็นผลการรวมการยึดของทุกวัสดุ ถ้าพิจารณาเพียงอิทธิพลร่วมของวัสดุแกนฟันแซต250 กับเรซินซีเมนต์โดยไม่รวมอิทธิพลของปัจจัยพอร์ซเลน ทำให้ต้องรวมผลของกลุ่มที่ยึดกับพอร์ซเลนต่างชนิดกันแต่

ใช้เรซินซีเมนต์เดียวกันเข้าด้วยกันซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มใหม่ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทั้งที่จริงมีความแตกต่างของกลุ่มย่อยอันเนื่องจากอิทธิพลของพอร์ซเลน

ในการพิจารณาเรซินซีเมนต์เพียงปัจจัยเดียวพบว่า วาริโอลิงค์ ทูให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนสูงสุดแตกต่างจากเรซินซีเมนต์ที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งที่จริงแล้วเมื่อพิจารณาปัจจัยของพอร์ซเลนร่วมด้วยพบว่าเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู สามารถยึดกับไอพีเอส เอมเพรส ทู ได้ดีที่สุดแต่ยึดกับอินซีแรมได้ต่ำที่สุดในเหตุการณ์นี้สามารถใช้เหตุผลในเรื่องการรวมปัจจัยมาอธิบายได้เช่นเดียวกันและเมื่อพิจารณาละเอียดลงไปถึงลักษณะการแตกสามารถสรุปได้ว่าเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู สามารถยึดกับไอพีเอส เอมพเรส ทู ได้ดีและยึดกับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิดได้ดี แต่ไม่สามารถยึดกับอินซีแรมได้ดีเนื่องจากลักษณะการแตกหักจะอยู่บริเวณรอยต่อของอินซีแรมกับเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทูเป็นส่วนมาก

ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของแต่ละองค์ประกอบของแต่ละกลุ่มทดลอง เช่น

1. ความแตกต่างขององค์ประกอบพอร์ซเลน

เนื่องจากพอร์ซเลน ไอพีเอส เอมเพรส ทู มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบภายในปริมาณ 57-80% สูงกว่าพอร์ซเลนในกลุ่มอินซีแรมที่มีอะลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวก่อนการยึดติดจึงแตกต่างกัน โดยพอร์ซเลนในกลุ่มไอพีเอส เอมเพรส ทู ผ่านการเป่าด้วยอนุภาคแก้วขนาด 90 ไมโครเมตรและการปรับสภาพผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้น 4.5% โดยฟลูออไรด์ไปจับกับซิลิกาแล้วเปลี่ยนเป็นเฮกซะฟลูออโรซิลิเกต เมื่อผ่านการล้างด้วยเครื่องอัลตาโซนิกเฮกซะฟลูออโรซิลิเกตมักหลุดออกมาเกิดเป็นช่องว่างอันเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวและเพิ่มการยึดติดทางกล จากนั้นทาสารคู่ควบไซเลนเพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมี โดยหมู่ไซเลนอลจากส่วนของสารคู่ควบไซเลนสามารถเกิดพันธะไซลอกเซนกับผิวของไอพีเอส เอมเพรส ทู เมื่อเปรียบเทียบกับพอร์ซเลนในกลุ่มอินซีแรมซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอะลูมินา มีซิลิกาในองค์ประกอบเพียง 5% จึงไม่สามารถใช้กรดไฮโดรฟลูออริกปรับสภาพพื้นผิวได้ รวมทั้งการทาสารคู่ควบไซเลนไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติด การยึดติดของอินซีแรมจึงเกิดขึ้นน้อยมาก ส่วนมากเป็นการเพิ่มความเปียกให้กับผิวหน้าพอร์ซเลนมากกว่า (Qualtrough และ Piddock, 2002) การเพิ่มความสามารถในการยึดทำได้โดยการเป่าด้วยอนุภาค อะลูมินาขนาด 50-110 ไมครอนขึ้นไป (Blatzและคณะ, 2003) เพราะผิวของอินซีแรมซึ่งเป็นอะลูมินาออกไซด์มีความแข็งมาก การใช้ขนาดอนุภาคที่เล็กเกินไปไม่สามารถทำให้ผิวของ อินซีแรมมีความขรุขระได้จึงต้องใช้อนุภาคอะลูมินาที่มีขนาดใหญ่ ในการทดลองนี้ใช้ขนาดอนุภาคประมาณ 110 ไมโครเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่

ผิวจึงทำให้เกิดการยึดติดทางกลซึ่งเป็นเหตุผลที่สนับสนุนการเปรียบเทียบกำลังยึดเฉือนระหว่างพอร์ซเลนทั้ง 2 ชนิด กลุ่มที่เป็นอินซีแรมให้ค่าต่ำกว่ากลุ่ม ไอพีเอส เอมเพรส ทู ในทุกๆ กลุ่ม

2. ความแตกต่างของเรซินซีเมนต์

เมื่อพิจารณาร่วมกับการยึดกับพอร์ซเลนกลุ่ม ไอพีเอส เอมเพรส ทู ที่มีซิลิกาในองค์ประกอบ

2.1 องค์ประกอบของเรซินซีเมนต์

เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู และเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ มีองค์ประกอบหลักคือ บีส-จีเอ็มเอที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีความเหนียว (Albers,2002) มากกว่าโมเลกุลของเมธิลเมธาคริยเลตที่เป็นองค์ประกอบหลักของซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี แต่เนื่องด้วยบีส-จีเอ็มเอมีความแข็งมากกว่าจึงมีคุณสมบัติเปราะและแตกหักได้ง่าย ในขณะที่เมธิลเมธาคริยเลตมีความยืดหยุ่น ดังนั้นในกลุ่มพอร์ซเลน ไอพีเอส เอมเพรส ทู ที่เกิดพันธะเคมีกับซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะคุณสมบัติของเรซินซีเมนต์พบว่าเรซินซีเมนต์ วาริโอลิงค์ ทูและเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ ที่มีบีส-จีเอ็มเอเป็นส่วนประกอบจะให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่สูงกว่าเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บีที่มีเมธิลเมธาคริยเลตเป็นองค์ประกอบหลัก

2.2 ระบบการแข็งตัวของเรซินซีเมนต์

เรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีเพียงอย่างเดียวเมื่อเทียบกับซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู และซีเมนต์พานาเวีย เอฟ แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นความแตกต่างของลักษณะการเกิดปฏิกิริยาอาจมีผลต่อความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ

2.3 เมื่อพิจารณาถึงระบบการปรับสภาพผิว

เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู เป็นระบบโทเทิลเอช ที่ใช้กรดฟอสฟอริก 37% ปรับสภาพผิวหน้าของวัสดุแกนฟันแล้วล้างออกทั้งหมด จึงไม่เหลือสภาพความเป็นกรดตกค้างทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนเฉลี่ยมีค่าสูงมากและแตกต่างจากเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) ส่วนเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ มีระบบที่รวมกรดและไพรเมอร์เข้าด้วยกันทำให้มีสภาพความเป็นกรดสูง มีค่า pH เท่ากับ 3 เมื่อทาลงบนชิ้นทดสอบแล้วไม่ผ่านการล้างน้ำทำให้ความเป็นกรดตกค้างอยู่ ความเป็นกรดอ่อนส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาของเรซินซีเมนต์ในส่วนที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีเกิดไม่สมบูรณ์ (Sanarresและคณะ,2001)

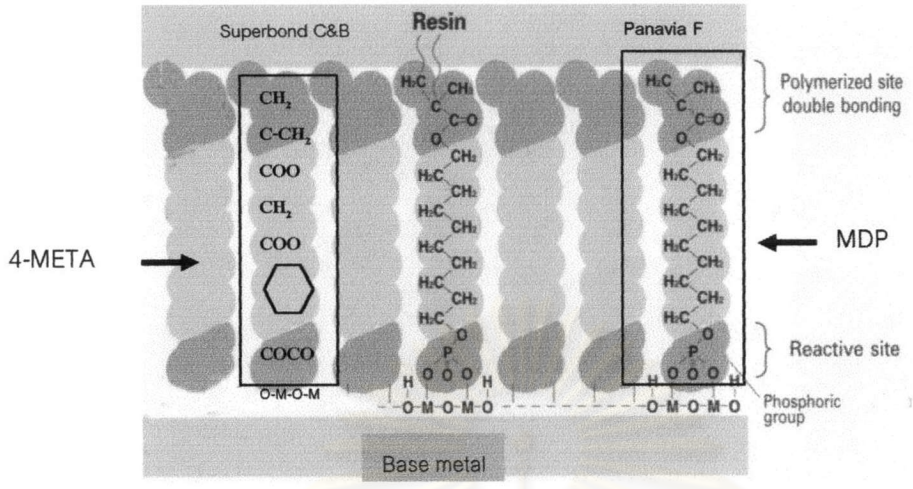
2.4 สารช่วยเพิ่มการยึดติด

เมื่อพิจารณาในกลุ่มพอร์ซเลนอินซีแรมที่มีอะลูมินาเป็นองค์ประกอบหลักพบว่าอินซีแรมแตกต่างจากไอพีเอส เอมเพรส ทู ที่เกิดพันธะเคมีกับสารไซเลนน้อยมากเพราะในองค์ประกอบของอินซีแรมมีซิลิกาในปริมาณต่ำเพียง 5% ดังนั้นการเพิ่มการยึดติดพื้นฐานในการทดลองนี้ เกิดจากการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ขนาด 110 ไมครอนเป็นหลักเพียงวิธีเดียว ดังนั้นในกลุ่มเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู ที่ไม่มีสารช่วยเพิ่มการยึดเกาะจึงมีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนต่ำมากและลักษณะการแตกเกิดที่พื้นผิวรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลนแตกต่างจากซีเมนต์ 2 ชนิดคือเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ และเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนสูงกว่าเนื่องจากภายในองค์ประกอบของซีเมนต์มีสารช่วยเพิ่มการยึดติด

ในส่วนของเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ มีสาร เอ็มดีพี ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ทำงาน (functional molecule)ซึ่งหมู่ฟอสเฟตสามารถเกิดพันธะกับออกไซด์ของโลหะผสมพื้นฐานได้ดี โดยที่บริเวณผิวหน้าของอินซีแรมมีอะลูมินาออกไซด์เป็นส่วนประกอบ ดังนั้นหมู่ฟอสเฟตจึงเกิดพันธะกับอะลูมินาที่ผิวด้านนอกของอินซีแรมได้ (FriederichและKern, 2002) ดังรูปที่ 67

สำหรับเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี มีสารโฟร์เมตาในองค์ประกอบทำหน้าที่เป็นสารช่วยเพิ่มการยึดเกาะให้กับเรซินซีเมนต์ โดยสารโฟร์เมตาสามารถเกิดพันธะเคมีกับออกไซด์ของโลหะได้เช่นกัน (Dérand และ Dérand, 2000)

ดังนั้นค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนของพานาเวีย เอฟ และซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ที่ยึดกับอินซีแรมจึงมีค่ามากกว่าซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แต่เนื่องจากเรซินซีเมนต์ พานาเวีย เอฟ มีสภาพเป็นกรดอ่อนด้วยเหตุผลที่กล่าวข้างต้นจึงทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนต่ำกว่าซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dérandและ Dérand (2000) ที่ศึกษากำลังยึดเฉือนของ เรซินซีเมนต์ 3 ชนิดคือ ทวินลุค (Twinlook) พานาเวีย 21 และซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี โดยการปรับสภาพผิว 5 วิธีคือการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินาขนาด 50 และ 250 ไมครอน การใช้กรด ไฮโดรฟลูออริกปรับสภาพผิว การกรอด้วยเข็มกรอกากเพชรและผิวที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการ พบว่าเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ให้ค่ากำลังยึดเฉือนมากที่สุด



รูปที่ 67 แสดงการเกิดพันธะเคมีของเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ที่เกิดระหว่างสารโฟร์เมตากับโลหะผสมพื้นฐาน และเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ ที่เกิดระหว่างสารเอ็มดีพีกับโลหะผสมพื้นฐาน

3.ความแตกต่างของวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต

องค์ประกอบของวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตทั้ง 2 ชนิดในส่วนของเมทริกซ์มีองค์ประกอบหลักเป็น บีส-จีเอ็มเอ เหมือนกัน แตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณของสารฟิลเลอร์ โดยแซต250 ใช้เซอร์โกเนียร์เป็นฟิลเลอร์มีปริมาณ 60% โดยปริมาตร แต่ลักซาคอร์ใช้แก้วแบเรียมและไพโอจินิกซิลิการวมกันเป็นฟิลเลอร์มีปริมาณ 43% โดยปริมาตร ซึ่งความแตกต่างนี้อาจส่งผลให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนมีค่าแตกต่างกัน นอกจากนี้ระบบการบ่มตัวของทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันโดยทั่วไปเมื่อเรซิน คอมโพสิตผ่านการฉายแสงพบว่าสามารถเกิดปฏิกิริยาการรวมโมโนเมอร์เป็นโพลิเมอร์ได้เพียง 55% ภายใต้ระดับความลึก 1 มิลลิเมตรจากแหล่งกำเนิดแสง และถ้ายิ่งลึกลงไปจะเกิดการรวมตัวกันน้อยลงจึงทำให้มีส่วนของโมโนเมอร์และจำนวนพันธะคู่ของคาร์บอน (C=C) ที่หลงเหลือจากการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ซึ่งพันธะคู่ของคาร์บอนที่เหลืออยู่บนผิวหน้าหลังการฉายแสงเป็นตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเรซินซีเมนต์ ถ้าในวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตมีปริมาณพันธะคู่คงเหลืออยู่ภายหลังการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันมากสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับเรซินซีเมนต์ได้มากเช่นเดียวกัน แต่การเหลือพันธะคู่คาร์บอนในปริมาณที่สูงแสดงว่าเกิดพันธะเชื่อมไขว้ในวัสดุแกนฟันคอมโพสิตที่ต่ำทำให้ความแข็งแรงของวัสดุชนิดนั้นลดลงฉะนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อฉายแสงให้กับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิดแล้วนำไปแช่น้ำกลั่นในตู้อบ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์แล้วจึงนำมายึดกับพอร์ซเลนด้วยเรซินซีเมนต์ วัสดุแกนฟันลักซาคอร์ซึ่งเป็นวัสดุที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีจะสามารถเกิดปฏิกิริยา โพลิเมอร์ไรเซชันต่อเนื่องภายในเนื้อวัสดุภายหลังจากการฉายแสง ทำให้จำนวนพันธะคู่ของคาร์บอนลดลงเมื่อเทียบกับแซต250 ซึ่งมี

จำนวนพันธะคู่ของคาร์บอนคงเหลืออยู่มากกว่า วัสดุแกนฟันลักซาคอร์จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีกับเรซินซีเมนต์ได้น้อยกว่าแซต250 และมีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่น้อยกว่าแซต250 ในทุกๆ กลุ่ม แต่ในขณะเดียวกันพบว่าการแตกบางส่วนภายในเนื้อวัสดุแกนฟันเกิดกับวัสดุแกนฟันแซต 250ในปริมาณที่สูงกว่าวัสดุแกนฟันลักซาคอร์

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่ได้มีค่าต่ำกว่าการทดลองของ Sen และคณะ(2000) เนื่องจากในการทดลอง Sen นำเรซิน คอมโพสิตมายึดกับพอร์ซเลนด้วยวิธีการอุดทับทันทีภายหลังจากการปรับสภาพผิวพอร์ซเลนลักษณะคล้ายการอุดฟันหรือซ่อมแซมพอร์ซเลนที่แตกหัก แต่ในการทดลองนี้มีการเตรียมวัสดุแกนฟันล่วงหน้าก่อนการยึดติด 2 สัปดาห์เพื่อที่จะเลียนแบบระยะเวลาที่ใช้ในการประดิษฐ์ครอบฟันพอร์ซเลนทั้งซี่ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นความสามารถในการยึดติดของเรซิน คอมโพสิตจึงลดลง ร่วมกับการเตรียมชิ้นทดสอบวัสดุแกนฟันที่ใช้แผ่นแก้วใสมาประกบแบบซิลิโคนทั้ง 2 ด้านเพื่อลดการเกิดชั้นออกไซด์ที่ผิวหน้าวัสดุ ผิวหน้าที่ได้จึงมีลักษณะเรียบเนียนและเป็นระนาบเช่นเดียวกับผิวแผ่นแก้วซึ่งเป็นการควบคุมลักษณะพื้นผิวให้เรียบเท่ากันทุกชิ้น ดังนั้นค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่ได้จึงต่ำกว่าการทดลองข้างต้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่มีลักษณะเดียวกัน (Sorensenและคณะ, 1991) คือนำเรซิน คอมโพสิตที่ผ่านการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันมายึดกับพอร์ซเลนที่ผ่านการปรับสภาพผิวพบว่าค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

ลักษณะการแตกแบบต่าง ๆ

การแตกแบบที่ 1 เป็นการแตกของชิ้นทดสอบเริ่มแตกจากวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตผ่านเข้าสู่เนื้อของเรซินซีเมนต์ไปสิ้นสุดที่รอยต่อระหว่างผิวของเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลนซึ่งพบมากในกลุ่ม ไอพีเอส เอมเพรส ทูที่ยึดกับวัสดุแกนฟันแซต250 ด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อดูปริมาณชิ้นทดสอบที่แตกหักพบว่ามีการแตกบางส่วนในเนื้อวัสดุเรซิน คอมโพสิตมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาคือกลุ่มไอพีเอส เอมเพรส ทู ที่ยึดกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ด้วยเรซินซีเมนต์ วาริโอลิงค์ ทู พบว่ามีการแตกหักของลักซาคอร์เช่นกันแต่ในจำนวนที่ต่ำกว่ากลุ่มแรก

เมื่อพิจารณาการแตกหักของวัสดุแกนฟัน พบว่าแซต250 มีการแตกหักบางส่วนรวมกันจำนวน 9 ชิ้น ส่วนวัสดุแกนฟันลักซาคอร์มีการแตกหักบางส่วนภายในเนื้อวัสดุจำนวน 7 ชิ้น จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นกล่าวได้ว่าแซต250 ให้กำลังการยึดเกาะที่ดีกว่าลักซาคอร์ แต่การที่แซต250 มีปริมาณการแตกมากกว่าลักซาคอร์แสดงว่าภายในชิ้นทดสอบของแซต250 มีความแข็งแรงต่ำกว่าทั้งนี้เพราะแซต250 มีลักษณะข้นหนืดการอุดทำเป็นชั้นๆฉายแสงด้านละ 20 วินาที

อาจมีอากาศติดอยู่ภายในทำให้เป็นจุดอ่อนเนื่องจากฟองอากาศเหล่านั้นเป็นตำแหน่งที่เกิดการสะสมของความเครียดและเมื่อความเครียดมากกว่าความแข็งแรงภายในเนื้อวัสดุเรซิน คอมโพสิตนำไปสู่การแตกอย่างรวดเร็ว อีกประการหนึ่งคือการที่แซต250 มีปริมาณพันธะคู่คาร์บอนคงเหลืออยู่ภายหลังการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันที่มากกว่าลักซาคอร์ เพราะเป็นการแข็งตัวด้วยแสงเพียงอย่างเดียวแสดงถึงการเกิดพันธะเชื่อมไขว้ในตัววัสดุเกิดได้น้อยกว่าและมีความแข็งแรงต่ำกว่าลักซาคอร์จึงเกิดการแตกหักในจำนวนที่มากกว่า (Ruyter, 1985)

วัสดุแกนฟันลักซาคอร์มีลักษณะเป็นปืนฉีดวัสดุที่มีความหนืดต่ำทำให้ลดปริมาณฟองอากาศที่จะถูกกักภายในชิ้นทดสอบ ทำให้วัสดุลักซาคอร์มีความแข็งแรงมากกว่า ดังนั้นการแตกในเนื้อวัสดุอาจมาจากความอ่อนแอของเนื้อวัสดุเนื่องจากมีฟองอากาศอยู่ภายใน (Annaและคณะ, 2002)

Bonaและคณะ (2003) ศึกษาเกี่ยวกับจุดเริ่มต้นและทิศทางในการแตกระหว่างการยึดเรซิน คอมโพสิตกับพอร์ซเลนให้ข้อคิดว่าการยึดที่มีคุณภาพไม่สามารถประเมินจากค่ากำลังยึดเพียงอย่างเดียวแต่ควรนำลักษณะการแตกมาพิจารณาร่วมด้วยดังนั้นการเลือกใช้วัสดุควรศึกษาคุณสมบัติหลายๆด้านเพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจ

การแตกแบบที่ 2 เป็นการแตกของชิ้นทดสอบเริ่มจากชั้นของเรซินซีเมนต์ผ่านไปยังรอยต่อระหว่างพื้นผิวเรซินซีเมนต์กับพอร์ซเลนการแตกนี้ไม่พบในกลุ่มที่มีองค์ประกอบหลักเป็นเมธิลเมธาคริยเลต แต่พบในกลุ่มที่ใช้วาริโอลิงค์ ทู ร่วมกับไอพีเอส เอมเพรส ทู เท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะ คุณสมบัติขององค์ประกอบภายในที่มีความแข็งแต่เปราะของบีส-จีเอ็มเอในซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทูเมื่อเทียบกับโพลิเมธิลเมธาคริยเลตในเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บีที่สามารถยืดหยุ่นได้ดีกว่า

การแตกแบบที่ 3 เป็นการแตกที่มีซีเมนต์คงเหลือติดอยู่ทั้ง 2 ฝั่งของชิ้นทดสอบเป็นหย่อมๆนั่นหมายถึงซีเมนต์สามารถยึดเกาะได้ดีกับวัสดุทั้งพอร์ซเลนและวัสดุแกนฟันเรซินคอมโพสิตซึ่งเป็นลักษณะที่พบมากที่สุดในการแตก เมื่อเทียบกับ ϕiol การแตกในลักษณะนี้จัดอยู่ในลักษณะแตกผสม(Mix mode)รวมทั้งหมดมี 99 ชิ้น

การแตกแบบที่ 4 เป็นการแตกในเนื้อของเรซินซีเมนต์เมื่อเทียบจำนวนแล้วพบว่าซีเมนต์พานาเวีย เอฟ มีลักษณะการแตกภายในเนื้อซีเมนต์มากที่สุด รองลงมาคือเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทูและเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี มีลักษณะการแตกแบบนี้ต่ำที่สุดดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ควรปรับปรุงมากที่สุด

การแตกแบบที่ 5 เป็นการแตกระหว่างผิวของเรซินซีเมนต์และพอร์ซเลนพบการแตกแบบนี้มากที่สุดในกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู ร่วมกับอินซีแรม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอินซีแรมไม่

สามารถเกิดพันธะเคมีใดๆกับเรซินซีเมนต์ระบบนี้ได้จึงเกิดรอยแตกที่บริเวณผิวหน้าระหว่างวัสดุทั้ง 2 ซึ่งพบมากในกลุ่มอินซีแรมที่ยึดกับวัสดุแกนฟันทั้ง 2 ชนิดด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับค่ากำลังยึดเฉือนจะมีค่าน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆยกเว้นกลุ่มที่ยึดอินซีแรมกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ด้วยซีเมนต์พานาเวีย เอฟโดยมีค่ากำลังยึดเฉือนเฉลี่ยคือ 10.9033 และ 9.99573 เมกกะปาสคาล

เมื่อทดสอบสถิติโดยการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โรล แทนการทดสอบด้วยการทดสอบแบบเอ็กแซกท์ เนื่องจากข้อมูลไม่สามารถเข้ากันได้กับข้อกำหนดของการทดสอบเอ็กแซกท์ เช่น ต้องเป็นตาราง 2x2 มีค่าคาดหวังแต่ละช่องที่ต่ำกว่า 5 ไม่เกินร้อยละ 20 ของจำนวนช่องทั้งหมด แต่เนื่องจากเทคนิคมอนติคาร์โรลมักใช้ในทางสังคมศาสตร์ โดยข้อกำหนดของการทดสอบยอมให้มีค่าคาดหวังของแต่ละช่องเป็นศูนย์ได้ ซึ่งในทางการแพทย์อาจยอมรับไม่ได้เพราะเป็นการทดสอบที่นำไปใช้กับมนุษย์ แต่การทดสอบนี้มีข้อได้เปรียบคือค่าประมาณของสถิติเป็นค่าประมาณที่ไม่เอนเอียงและไม่จำเป็นต้องเป็นตารางแบบ 2x2 ซึ่งจากข้อมูลของการวิเคราห์การแตกเป็นตารางแบบ 12x5 เพราะจากการทดลองนี้มี 12 กลุ่มและมี 5 รูปแบบการแตกซึ่งทำให้ใช้ตารางแบบ 2x2 ไม่ได้

จากผลการทดสอบทางสถิติโดยการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบไคสแควร์ เทคนิคมอนติคาร์โรล พบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 12 กลุ่ม มีรูปแบบการแตกที่แตกต่างและเป็นอิสระต่อกัน โดยชนิดของพอร์ซเลนที่ต่างกัน เรซินซีเมนต์ที่ต่างกันรวมถึงชนิดของวัสดุแกนฟันที่ต่างกันทำให้เกิดรูปแบบการแตกที่ต่างกัน

การแตกหักเกิดจากความอ่อนแอภายในระบบยึดติดนั้นๆ การแตกหักผ่านที่บริเวณใดย่อมหมายความว่าบริเวณนั้นไม่แข็งแรง ในการศึกษาครั้งนี้พบการแตกหักได้ทั้งหมด 5 รูปแบบดังได้กล่าวแล้ว ถ้าพิจารณาให้ละเอียดโดยนำตำแหน่งและเส้นทางการแตกหักมาร่วมพิจารณาพบว่าการแตกทั้ง 5 รูปแบบมีโอกาสเกิดใน 4 ตำแหน่งคือ ในเนื้อวัสดุแกนฟัน รอยต่อระหว่างวัสดุแกนฟันกับชั้นของเรซินซีเมนต์ ในชั้นของเรซินซีเมนต์เพียงอย่างเดียวและรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับผิวของพอร์ซเลนโดยสามารถเขียนเป็นตารางที่ 6

ตำแหน่งของวัสดุที่รอยแตกทอดผ่าน	รูปแบบการแตกแบบที่				
	1	2	3	4	5
การแตกผ่านในเนื้อวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต	/	X	X	X	X
การแตกผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิต กับเรซินซีเมนต์	X	X	/	X	X
การแตกผ่านในชั้นของเรซินซีเมนต์เพียงอย่างเดียว	/	/	/	/	X
การแตกผ่านรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับผิวของพอร์ซเลน	/	/	/	X	/

ตารางที่ 6 แสดงตำแหน่งของวัสดุที่รอยแตกทอดผ่านในการแตกทั้ง 5 แบบ

พบว่าการแตกแบบที่ 1 2 และ 3 มีตำแหน่งของวัสดุที่รอยแตกทอดผ่านมากกว่า 1 ตำแหน่งจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ว่าตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งที่อ่อนแอและทำให้เกิดการแตกเพราะมีความแตกต่างของวัสดุ พื้นที่ในการยึดติดและค่าแรงที่ไม่เท่ากัน ส่วนการแตกแบบที่ 4 เป็นการแตกในเนื้อเรซินซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ฉะนั้นกลุ่มเรซินซีเมนต์ที่มีการแตกแบบนี้มากที่สุด ได้แก่ พานาเวีย เอฟ จึงมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สมควรปรับปรุงมากที่สุด การแตกแบบที่ 5 เป็นการแตกบริเวณรอยต่อระหว่างผิวของพอร์ซเลนกับเรซินซีเมนต์ซึ่งพบมากในกลุ่ม ที่ใช้เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทูในการยึดอินซีแรมกับวัสดุแกนฟันเรซิน คอมโพสิตทั้ง 2 ชนิดดังนั้นการยึดระหว่างเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู กับอินซีแรมควรพัฒนาปรับปรุงการซึมแผ่และปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างวัสดุทั้ง 2 ให้ดีขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

1. การยึดไอพีเอส เอมเพรสทู กับวัสดุแกนฟันแซต250 ด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู จะให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนมากที่สุด และการยึดอินซีแรมกับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์ด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนต่ำที่สุดในการทดลอง
2. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุแกนฟันแซต250 กับวัสดุแกนฟันลักซาคอร์พบว่าวัสดุแกนฟันแซต250ให้ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่สูงกว่าในทุกกลุ่มการทดลองแต่ในขณะเดียวกันก็มีจำนวนการแตกบางส่วนในเนื้อวัสดุสูงกว่าเช่นกัน ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุควรพิจารณาคุณสมบัติอื่นประกอบการตัดสินใจ
3. เนื่องจากเมื่อใช้เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู ยึดอินซีแรมกับแกนฟันทั้ง 2 ชนิดและเรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟ ยึดระหว่างอินซีแรมและลักซาคอร์มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนต่ำกว่า 13 เมกกะปาสคาลจึงไม่แนะนำใช้ในคลินิค
4. การยึดพอร์ซเลนในกลุ่มอินซีแรมสามารถยึดกับเรซินซีเมนต์ชนิดอื่นที่เกิดพันธะเคมีกับผิวออกไซด์ของโลหะได้เช่นเรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี การยึดติดดีกว่าการใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ พานาเวีย เอฟ ตามคำแนะนำของบริษัท
5. เรซินซีเมนต์พานาเวีย เอฟมีการแตกภายในเนื้อวัสดุมากที่สุดนั่นหมายถึงควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพมากกว่าเรซิซีเมนต์ชนิดอื่นๆ
6. เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ ทู มีการแตกที่บริเวณรอยต่อเมื่อใช้ร่วมกับอินซีแรมในจำนวนที่มากที่สุดจึงควรปรับปรุงการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการซึมแผ่ระหว่างวัสดุทั้ง 2 ให้ดีขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย