บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน แบ่งตามลักษณะของเครื่องมือได้ 2 แบบ คือ เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ (removable appliance) และเครื่องมือจัดฟันแบบติดแน่น (fixed appliance) ทั้งนี้การรักษาที่มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนฟันและควบคุมตำแหน่งฟันได้ดีคือการใช้เครื่องมือจัดฟันแบบติดแน่น โดยเครื่องมือที่ยึดอยู่กับตัวฟัน ได้แก่ ปลอกโลหะ (band) และ แบรกเกต (bracket) ในอดีตฟันทุกซี่จะถูกรัดด้วยปลอกโลหะแล้วยึดกับฟันด้วยซีเมนต์ (cement) แม้แต่แบรกเกตก็ถูกเชื่อม (weld) ติดกับปลอกโลหะก่อนยึดกับฟันด้วยซีเมนต์เช่นกัน

ต่อมา Buonocore (1955) แนะวิธีการใช้กรดกัดผิวฟัน (acid etching) เพื่อเพิ่มแรงยึดของเรซินกับผิวเคลือบฟันโดยใช้กรดฟอสฟอริก 85% ทาที่ฟันเป็นเวลา 30 วินาที แล้วล้างออก ทำให้ฟันแห้ง ซึ่งจะเพิ่มการยึดของเรซินกับฟันได้ดีมากขึ้น ทางทันตกรรมจัดฟัน Newman (1965) ได้นำความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้ มาใช้ในการติดแบรกเกตเข้ากับผิวฟัน โดยใช้กรดกัดผิวฟันเพื่อให้เรซิน ยึดกับฟันโดยตรง เรียกวิธีนี้ว่า วิธีการยึดโดยตรง (direct bond technic)

ผู้ป่วยที่มารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันปัจจุบันครอบคลุมไปถึงวัยผู้ใหญ่ ซึ่งอาจได้รับการรักษาทางทันตกรรมประดิษฐ์มาก่อน เช่น ใส่ฟันปลอมชนิดติดแน่น อาทิ ครอบฟัน สะพานฟัน หรือแม้แต่พอร์ซเลนวีเนียร์ ทันตแพทย์จัดฟันจึงจำเป็นต้องหาวิธียึดแบรกเกตกับผิวพอร์ซเลนให้มีแรงยึดเพียงพอต่อแรงที่ได้รับขณะจัดฟัน โดยมีการใช้ปลอกโลหะรัดฟันและใช้วิธีการยึดโดยตรง แต่การใช้ปลอกโลหะรัดฟันมีข้อด้อยหลายประการ คือต้องมีการแยกฟัน ซึ่งผู้ป่วยจะรู้สึกไม่สบายและอาจมีผลต่อเนื้อเยื่อปริทันต์,ไม่สามารถยึดปลอกโลหะกับฟันปลอมติดแน่นชนิดสะพานฟันได้, ไม่สวยงามโดยเฉพาะเมื่อใช้ในฟันหน้า, วิธีการยุ่งยากและใช้เวลามาก ดังนั้นการยึดแบรกเกตกับพอร์ซเลนด้วยวิธีการยึดโดยตรงจึงเป็นอีกทางเลือกที่เหมาะสม

พอร์ซเลนที่ผ่านขบวนการผลิตจะมีผิวที่เรียบมัน การเพิ่มแรงยึดของวัสดุยึดบนผิวใช้วิธีทำให้ผิวพอร์ซเลนมีความขรุขระ เพื่อเพิ่มการยึดแบบเกาะเกี่ยว วิธีการหลักที่ใช้คือ

1. การเตรียมผิวให้ขรุขระด้วยวิธีเชิงกล ได้แก่ การขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ การกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว, การกรอด้วยหัวกรอกากเพชร, การเป่าทราย

2. การเตรียมผิวให้ขรุขระด้วยสารเคมี นิยมใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid) และ แอซิดูเลต ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ (Acidulated phosphate fluoride, APF)

นอกจากนี้มีการนำไซเลนไพรเมอร์ (silane primer) มาใช้ในการยึดพอร์ซเลนกับวัสดุยึดประเภทเรซิน โดยไซเลนไพรเมอร์เป็นสารคัปปลิงเอเจนท์ (coupling agent) สูตรโครงสร้างทางเคมีปลายข้างหนึ่งเป็น กลุ่มไฮโดรไลเซเบิล (Hydrolyzable group) จะทำปฏิกิริยากับอนินทรียสาร (Inorganic substrate) ของพอร์ซเลน ปลายอีกด้านเป็นกลุ่มออร์แกโนฟังชันแนล (Organofunctional group) จะทำปฏิกิริยากับโพลีเมอร์เมตริกซ์ (Polymer matrix)ของเรซิน ทำให้เกิดแรงยึดทางเคมีระหว่างไซเลนไพรเมอร์ เรซิน และพอร์ซเลน ในปัจจุบันไซเลนไพรเมอร์มีหลายชนิดและมีวิธีการใช้งานต่างกัน เช่น ไซเลนไพรเมอร์ที่ผ่านการไฮโดรไลส์แล้ว หรือไซเลนไพรเมอร์ที่ยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ เมื่อจะใช้งานต้องทำการไฮโดรไลส์ด้วยกรดฟอสฟอริกหรือใช้สารเคมีที่เตรียมไว้ในชุดเดียวกันเป็นตัวไฮโดรไลส์ ทั้งนี้ Bailey (1989), O'Kray, Suchak และ Standford (1987) พบว่าไซเลนไพรเมอร์ต่างชนิดจะมีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มการยึดติดบนผิวพอร์ซเลนที่แตกต่างกัน

Wood และคณะ (1986), Kao, Boltz และ Johnston (1988), Smith และคณะ(1988), Kao และ Johnston (1991) พบว่าการเตรียมผิวพอร์ซเลนด้วยหัวกรอหินสีเขียวร่วมกับการใช้ไซเลนไพรเมอร์ ทำให้เกิดแรงยึดของแบรกเกตที่สูงเพียงพอ

Hayakawa และคณะ (1992) ศึกษาพบว่าการใช้ไซเลนไพรเมอร์ซึ่งทำปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิลบนผิวพอร์ซเลนได้ การเตรียมผิวด้วยวิธีต่างๆ ไม่มีผล ดังนั้นการใช้ไซเลนไพรเมอร์ที่ทำปฏิกิริยากับพอร์ซเลนได้ จะทำให้ได้การยึดติดที่เพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ซึ่งมักพบการแตกหักของพอร์ซเลนหลังถอดแบรกเกตมากกว่า

Moore และ Manor (1982) กล่าวว่า การที่กรดไฮโดรฟลูออริกสัมผัสเนื้อเยื่อในช่องปาก อาจทำให้เกิดรอยผื่นแดง (erythema) และเกิดรอยไหม้ (burn) ร่วมกับมีการสูญเสียเนื้อเยื่อ และจะมีการเจ็บปวดได้หลายวัน

Wunderlich และ Yaman (1986) พบว่า แอซิดูเลต ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ 1.23 % สามารถทำให้เกิดผิวขรุขระบนพอร์ซเลนได้

Tylka และ Stewart (1994) พบว่ากรดไฮโดรฟลูออริกทำให้เกิดรูพรุนบนผิวพอร์ซเลนมากกว่าแอซิดูเลต ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ ทำให้ได้แรงยึดที่สูงกว่าแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ไซเลนไพรเมอร์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่าแรงยึดสูงขึ้นมากกว่าผลจากกรดไฮโดรฟลูออริก ดังนั้นการใช้งานในช่องปาก กรดไฮโดรฟลูออริกไม่ได้มีประสิทธิภาพมากไปกว่า แอซิดูเลต ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ ซึ่งมีอันตรายน้อยกว่า แต่ Barbosa และคณะ (1995) พบว่าแอซิดูเลต ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ ไม่ทำให้ผิวพอร์ซเลนเกิดการยึดที่เพียงพอสำหรับการยึดแบรกเกต ควรใช้หัวกรอกากเพชรชนิดหยาบทำให้เกิดการยึดเชิงกล และใช้ไซเลนไพรเมอร์เพิ่มการยึดทางเคมีร่วมด้วย

วัสดุยึดที่ใช้ในการติดแบรกเกตที่ใช้กันมาก คือ วัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม ประเภท Urethane dimethacrylate (UDMA) เช่น System 1+ ซึ่งมี filler ต่ำเพียง 41% ประกอบด้วย Silica glass ขนาด 0.3 ไมครอน (microfilled) วัสดุนี้มีสองส่วนคือ เบส และ ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งต้องทาบนผิวเคลือบฟันที่ผ่านกรดกัดเพื่อให้ผิวขรุขระ และทาด้านล่างของฐานแบรกเกต

วัสดุจะแข็งตัวเมื่อส่วนเบสถูกกดด้วยแรงพอสมควรให้เครื่องมืออยู่กับที่ ปกติวัสดุจะแข็งตัวภายใน 30-60 วินาที ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในคลินิก กรดที่ใช้คือ กรดฟอสฟอริก 37% ในที่นี้ทางบริษัทผู้ผลิตแนะนำ ให้ใช้ร่วมกับ Porcelain Primer ในการติดแบรกเกตบนผิวพอร์ซเลน ซึ่งสามารถให้ค่ากำลังแรงยึดที่เพียงพอต่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันได้

Eustaquio, Garner และ Moore (1988) ศึกษาค่ากำลังแรงดึงของแบรกเกตที่ยึดกับผิวพอร์ซเลนที่มีผิวเรียบ และพอร์ซเลนที่ผ่านการกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว โดยใช้วัสดุยึดต่างกัน 5 ชนิด พบว่า System 1+ ใช้ร่วมกับ Porcelain bonding primer ให้ค่ากำลังแรงดึงสูงสุด เมื่อเทียบกับ Enamelite ร่วมกับ Porcelain repair, Isopast ร่วมกับ Silanit และ Concise ใช้กับ Scotchprime แต่ Ultrabond ไม่สามารถให้กำลังแรงยึดที่พอเพียง

Lu และคณะ (1992) กล่าวว่า ไซเลนไพรเมอร์เพิ่มแรงยึดระหว่างเรซินและพอร์ซเลนด้วย 2 ปัจจัยคือ ทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างเรซินกับพอร์ซเลน และทำให้ผิวพอร์ซเลนมีความเปียก ส่งเสริมการไหลของเรซินบนพื้นผิวพอร์ซเลน

Kao และคณะ (1988), Eustaquio และคณะ (1988) พบว่าการใช้ไซเลนไพรเมอร์บนผิวพอร์ซเลนที่ผ่านการกรอจะมีค่ากำลังแรงยึดเพิ่มขึ้น แต่พอร์ซเลนจะมีความเสี่ยงต่อการแตกหักเพิ่มขึ้นด้วย อาจเนื่องจากการกรอทำให้มีการยึดเชิงกลมากขึ้น หรืออาจเกิดจากรอยร้าวเล็กๆที่เกิดขึ้นขณะกรอได้

Wood และคณะ (1986), Kao และ Johnston (1991) ให้ความเห็นว่า ในขณะที่ทางทันตกรรมประดิษฐ์ต้องการแรงยึดระหว่างเรซินและพอร์ซเลนที่ถาวร ทางทันตกรรมจัดฟันสนใจความเสียหายที่อาจเกิดกับพอร์ซเลนขณะถอดแบรกเกตด้วย โดยแรงยึดระหว่างเรซินและพอร์ซเลนที่ต้องการควรมีลักษณะที่คืนกลับได้ ไม่ใช่การยึดแบบถาวรซึ่งอาจก่อให้พอร์ซเลนเกิดการแตกหักได้ แต่แรงยึดควรมากพอที่จะทนแรงจากการบดเคี้ยวและแรงจากการจัดฟันได้

การใช้หัวกรอหินสีเขียวเป็นการทำให้ผิวพอร์ซเลนมีความขรุขระ เพื่อให้เกิดการยึดเชิงกล ส่วนการใช้ไซเลนไพรเมอร์ช่วยเพิ่มการยึดทางเคมี กรดฟอสฟอริกที่ใช้ในการกัดผิวฟันไม่สามารถทำให้ผิวพอร์ซเลนเกิดความขรุขระ แต่ใช้ไฮโดรไลส์ไซเลนไพรเมอร์ให้ทำปฏิกิริยากับพอร์ซเลนได้ ในการยึดแบรกเกตกับพอร์ซเลนวิธีที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพย่อมทำให้ประหยัดเวลาและลดขั้นตอนในการทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบกำลังแรงยึดของแบรกเกต ภายหลังผ่านการเตรียมผิวพอร์ซเลนด้วยกรดร่วมกับการใช้ไซเลนไพรเมอร์, การกรอ, การกรอร่วมกับการใช้ไซเลนไพรเมอร์ และ การกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ เพื่อให้ทราบว่าค่ากำลังแรงยึดที่ได้เพียงพอต่อการใช้งานในคลินิกหรือไม่ ผลที่ได้ทำให้สามารถเลือกใช้วิธีเตรียมผิวพอร์ซเลน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการยึดติดกับแบรกเกตที่เพียงพอตลอดการรักษา โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพอร์ซเลนขณะถอดแบรกเกต เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสมและให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ซึ่งผ่านการเตรียมผิว 4 วิธี ได้แก่ การใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์, การกรอ, การกรอร่วมกับใช้ไซเลนไพรเมอร์ และ การกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์

สมมติฐานของการวิจัย

ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ซึ่งผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีต่างๆ แตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นชิ้นพอร์ซเลน ที่จำลองลักษณะผิวด้านใกล้แก้มของฟันกรามน้อยบนซี่แรก ผิวพอร์ซเลนมีลักษณะเรียบมัน ผ่านขั้นตอนการผลิตของห้องปฏิบัติการทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้ผงพอร์ซเลนยี่ห้อวินเทจ (Vintage) ของบริษัทโชฟุ (Shofu) ญี่ปุ่น

2. วัสดุยึดที่ใช้ในการวิจัย คือ System 1+ เป็นวัสดุยึดที่ไม่ต้องผสม (UDMA) ซึ่งใช้กรดฟอสฟอริก 37% ในการเตรียมผิว และใช้ร่วมกับ Porcelain Primer ของบริษัท Ormco

3. แบรกเกตที่ใช้ คือ แบรกเกตโลหะสำหรับฟันกรามน้อยแบบมาตรฐาน ของบริษัท Unitek ขนาดของร่อง 0.018 นิ้ว มีชื่อทางการค้าว่า ไดนาล็อค (Dynalock) ฐานลักษณะเป็นร่อง (Undercut channel base) มีพื้นที่ฐาน 14 ตารางมิลลิเมตร เป็นแบรกเกตที่ใช้ในคลินิกบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเตรียมผิวพอร์ซเลนในห้องปฏิบัติการ 4 วิธี ได้แก่

4.1 เตรียมผิวพอร์ซเลน โดยการใช้กรดฟอสฟอริก ร่วมกับไซเลนไพรเมอร์
4.2 เตรียมผิวพอร์ซเลน โดยการกรอ
4.3 เตรียมผิวพอร์ซเลน โดยการกรอ ร่วมกับใช้ไซเลนไพรเมอร์
4.4 เตรียมผิวพอร์ซเลน โดยการกรอ ร่วมกับการใช้กรดฟอสฟอริก และ ไซเลนไพรเมอร์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. แบรกเกตทุกตัวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับการออกแบบมาเฉพาะ เพื่อใช้สำหรับฟันกรามน้อย และเป็นชนิดที่มีลักษณะของร่องแบบมาตรฐาน (standard edgewise) เท่านั้น โดยมีความหนาและขนาดของแบรกเกตแตกต่างกันไปตามแบบของบริษัทผู้ผลิต โดยแบรกเกตแต่ละตัวของแบบหนึ่งๆ จะมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ การวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมถึงแบรกเกตโลหะแบบอื่นๆ ของบริษัทนี้ รวมทั้งแบรกเกตโลหะของบริษัทอื่นๆ

2. ค่าแรงยึดแบบเฉือน/ปอก มีหน่วยเป็น นิวตัน ศึกษาโดยเครื่องมือทดสอบทั่วไป (universal testing machine) ของ Lloyd Model LR10 K ซึ่งอ่านค่าเป็นกราฟได้ละเอียดถึง 0.1 นิวตัน เมื่อทำการทดสอบด้วยแรงดึงที่ความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที Load cell 10 กิโลนิวตัน ในสภาพการใช้งานปกติที่หน่วยวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรกเกตจากการทดลองในครั้งนี้ ถือเป็นค่ามาตรฐานของแบรกเกตนั้นเมื่อใช้เรซินชนิดไม่ต้องผสม UDMA (System 1+)

4. กรรมวิธีติดแบรกเกตด้วยวิธีการยึดโดยตรงถือเป็นมาตรฐานเดียวกัน เนื่องจากกระทำโดยบุคคลเดียวกันตลอดการวิจัย และใช้เครื่องมือในการติดแบรกเกต ให้แนบกับผิวพอร์ซเลน ด้วยแรงกดประมาณ 2 ออนซ์

5. พอร์ซเลนที่ใช้เป็นยี่ห้อวินเทจ ของบริษัทโชฟุ ญี่ปุ่น ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในงานทางทันตกรรมประดิษฐ์เพื่อทำครอบฟัน

ประโยชน์ของการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับทันตแพทย์ ในการพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมผิวพอร์ซเลน ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. เป็นการประดิษฐ์เครื่องมือ ซึ่งกำหนดค่าแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกตได้ สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในการวิจัย และการทำงานในคลินิก

3. เป็นข้อมูลพื้นฐาน และแนวทางเบื้องต้นในการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. การวิจัยนี้ทำในห้องปฏิบัติการ ไม่สามารถอ้างอิงกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงภายในช่องปากซึ่งโดยธรรมชาติจะมีองค์ประกอบอื่นๆร่วมด้วย ได้แก่ น้ำลาย อาหาร และ เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ทำให้ไม่สามารถสรุปผลของไซเลนไพรเมอร์ และผลของการเตรียมผิวพอร์ซเลนโดยตรงได้ การวิจัยจึงมีการควบคุมตัวแปรอิสระ คือ องค์ประกอบต่างๆข้างต้น ช่วยให้ทราบผลของการเตรียมผิวพอร์ซเลนต่อค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรกเกตโดยตรง

2. องค์ประกอบอื่นซึ่งมีผลต่อการยึดของแบรกเกตกับพอร์ซเลน เช่น แรงบดเคี้ยว ลักษณะการสบฟัน และการสึกกร่อนของแบรกเกตจากการใช้งาน ไม่สามารถศึกษาได้ในสภาพของการทดลองในห้องปฏิบัติการ

3. ผลการวิจัยไม่อาจอ้างอิงไปถึงแบรกเกตโลหะชนิดอื่น ซึ่งมีลักษณะแตกต่างไปจากแบรกเกตที่ทำการทดลอง

4. ผลการวิจัยไม่สามารถอ้างอิงไปยังวิธีเตรียมผิวพอร์ซเลนแบบอื่นๆ ซึ่งมีวิธีการและขั้นตอนแตกต่างกัน

5. ผลการวิจัยไม่อาจอ้างอิงไปถึงการใช้แบรกเกตที่ใช้ในการทดลองกับวัสดุอื่น ที่ไม่ใช่เรซินชนิดไม่ต้องผสม ประเภท UDMA (System 1+)

6. ผลการวิจัยไม่อ้างอิงไปถึง พอร์ซเลนที่ทำจากวัสดุชนิดอื่น ที่ไม่ใช่เฟลสปาร์ติกพอร์ซเลนที่ใช้ทำส่วนบอดี้ ยี่ห้อวินเทจของบริษัทโชฟุ ญี่ปุ่น

7. ผลการวิจัยไม่อาจอ้างอิงไปถึงไซเลนไพรเมอร์ชนิดอื่น ที่ไม่ใช่ของบริษัท Ormco

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำจำกัดความ

1. วิธีการยึดโดยตรง หมายถึง วิธีการใช้เรซินยึดแบรกเกตกับฟันโดยตรง ภายหลังการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันบริเวณที่จะยึดแบรกเกตบางส่วนออกก่อน แต่ในการวิจัยนี้จะมีความหมายรวมถึงการใช้เรซินยึดแบรกเกตติดกับผิวพอร์ซเลนโดยตรง

2. ความเค้น (stress) หมายถึง แรงต้านที่เกิดขึ้นภายในของวัสดุใดวัสดุหนึ่ง เมื่อมีน้ำหนัก แรงดึง แรงอัด หรือแรงอื่นๆ มากระทำกับวัสดุนั้น ค่าของความเค้นวัดได้จากแรงหรือน้ำหนัก ที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ที่วัสดุนั้นถูกกระทำ มีหน่วยเป็น แรงต่อหน่วยพื้นที่ คือ ปอนด์/ตารางนิ้ว กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หรือ Mpa (เม็กกะนิวตัน/ตารางเมตร, นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)

3. กำลังแรง (strength) หมายถึง ความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถต้านทานได้ เมื่อมีแรงมากระทำ หน่วยของค่ากำลังแรงใช้หน่วยเดียวกับความเค้น

4. แรงเฉือน/ปอก (shear/peel force) หมายถึง แรงที่กระทำกับแบรกเกตที่ยึดอยู่กับผิวพอร์ซเลน ในทิศทางที่ขนานกับฐานของแบรกเกตในแนวดิ่ง (verticle) แต่ไม่ผ่านฐานแบรกเกต เช่นกระทำกับปีกของแบรกเกต ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาในวัสดุที่ยึดแบรกเกตกับผิวพอร์ซเลนในลักษณะของแรงเฉือน (shear force) ร่วมกับแรงกด (compressive force) และแรงดึง (tensile force) ในลักษณะของแรงคู่ควบ (moment of force)

5. กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (shear/peel bond strength) หมายถึง ความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถต้านทานได้ เมื่อมีแรงเฉือน/ปอกมากระทำ

6. วัสดุยึด (bonding agent) คือ วัสดุโพลีเมอร์ซึ่งใช้ในการยึดแบรกเกตกับผิวพอร์ซเลน

7. ไซเลนไพรเมอร์ คือ สารดัปปลิงเอเจนท์ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ ช่วยให้วัสดุยึดติดกับผิวพอร์ซเลนได้