



## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### แนวคิดและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซิน คอมโพสิตโดยเฉพาะในการบูรณะฟันหน้าที่ต้องการความสวยงามและใช้เวลาในการบูรณะค่อนข้างนาน บ่อยครั้งที่พบว่าเกิดการปนเปื้อนในระหว่างขั้นตอนการบูรณะ ซึ่งเป็นเหตุให้ต้องทำการเตรียมพื้นผิวเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกก่อนทำการบูรณะในขั้นต่อไป เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้มีผลต่อค่าแรงยึดติดระหว่างชั้นที่มีการเชื่อมต่อของวัสดุบูรณะโดยจะทำให้ค่าความแข็งแรงยึดติดลดลง (Hitt และคณะ, 1992; Feigal และคณะ, 1993; Xie และคณะ, 1993; Feigal และคณะ, 2000) ดังเช่นการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างชั้นของวัสดุลดลงซึ่งพบว่าสิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างชั้นของวัสดุคือ อายุการใช้งานของวัสดุที่ทำการบูรณะในชั้นแรก ความขรุขระที่เพิ่มขึ้นบนพื้นผิว ความหนืดของสารยึดติด (Bonding agent) ที่ลดลงซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนโดยน้ำลาย และปริมาณฟิลเลอร์ (Filler) ในวัสดุบูรณะ (Lewis และคณะ, 1998) จะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างชั้นของวัสดุลดลง ซึ่งอาจเกิดจากออกซิเจนอินฮิบิเตอร์ที่เคลือบอยู่บนพื้นผิวนั้นถูกกำจัดออกไปพร้อมกับสิ่งปนเปื้อนจากการเตรียมพื้นผิวดังตัวอย่างของการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นได้ ได้แก่ การปนเปื้อนน้ำ น้ำลายหรือแม้กระทั่งเลือดที่อาจซึมออกมาจากร่องเหงือก การใช้แผ่นพลาสติกไลโอบรอบด้านประชิดฟันนั้นนอกจากทำให้เกิดการปนเปื้อนโดยเลือดที่เกิดจากการทำอันตรายต่อเหงือกแล้ว พื้นผิวของวัสดุที่ทำการบูรณะในบริเวณที่สัมผัสกับแผ่นพลาสติกไลโอบรอนั้นย่อมไม่ได้สัมผัสออกซิเจนในอากาศ ดังนั้นจึงไม่เกิดออกซิเจนอินฮิบิเตอร์ที่เชื่อว่าเป็นชั้นที่มีความสำคัญต่อการเกิดแรงยึดที่ดีระหว่างวัสดุเรซิน คอมโพสิตชั้นแรกและชั้นถัดมา

#### 1. เรซิน คอมโพสิต

ปัจจุบันวัสดุบูรณะฟันชนิดเรซิน คอมโพสิตเป็นที่นิยมในการนำมาใช้ในการบูรณะฟันมากขึ้น (Gregory และคณะ, 1990; Puckett และคณะ, 1991; Truffier-Boutry และคณะ, 2003) ทั้งในการบูรณะฟันหน้าและฟันหลัง เนื่องจากมีการพัฒนาในเรื่องความสวยงาม และได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติของเรซิน คอมโพสิตให้มีความแข็งแรง ทนทานต่อแรงบดเคี้ยวได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติการยึดติดกับฟันได้โดยการใช้สารยึดติด

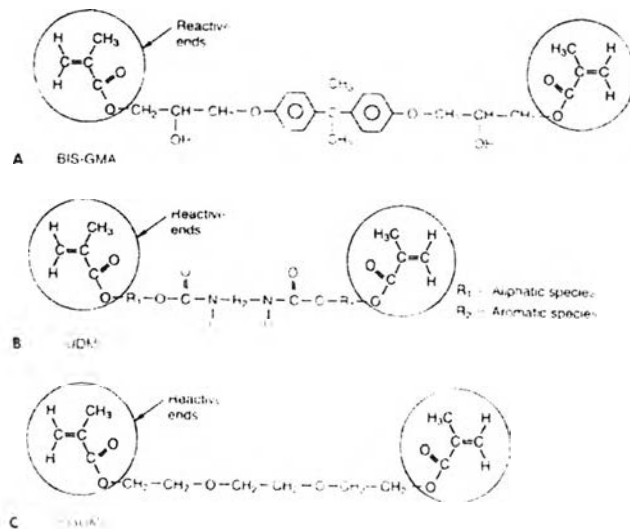
การเลือกใช้วัสดุแต่ละชนิดในการบูรณะฟันให้เหมาะสมนั้นจะทำให้ได้ผลของการรักษาที่ดีและมีอายุการใช้งานยืนยาว วิธีที่ใช้ในการบูรณะฟันที่เหมาะสมก็เป็นส่วนสำคัญเช่นกัน เพื่อให้ได้ความแข็งแรงยึดติดที่ดี มีผู้แนะนำให้ทำการเตรียมผิวฟันโดยใช้กรดกัดพื้นผิวที่จะทำการยึดติด (Acid etching) เพื่อทำความสะอาดและเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติดร่วมกับการใช้สารยึดติด เพื่อให้เกิดแรงยึดติดที่เพิ่มขึ้น (Moffa, 1989)

### 1.1 ส่วนประกอบและคุณสมบัติของเรซิน คอมโพสิต (Roberson, 2002; Kenneth, 2003b)

เรซิน คอมโพสิตมีองค์ประกอบหลักอยู่ 4 ส่วน (Craig และคณะ, 2002) คือ

#### 1.1.1 โพลีเมอร์เมทริกซ์ (Polymer matrix)

เมทริกซ์ประกอบด้วย โพลีเมอร์/โมโนเมอร์ (Polymer/monomer) ชนิด/กลุ่ม ของไดเมทาคริเลท (Dimethacrylate) เช่น Bis-GMA และ UDMA โดยที่ปลายแต่ละข้างของสารประกอบด้วยคาร์บอนพันธะคู่ ซึ่งจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซิน คอมโพสิต โดยจะเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันของโมโนเมอร์กลายเป็นโพลีเมอร์เมทริกซ์ และยังมีคาร์บอนเติมโมโนเมอร์บางชนิด เช่น TEGDMA และ HEMA เพื่อช่วยลดความหด



ภาพที่ 1: แสดงสูตรโครงสร้างของ Bis-GMA monomer, UDMA monomer, TEGDMA monomer โดยที่ UDM มี isocyanate ในสูตรโครงสร้าง แต่ Bis-GMA มี benzene ring ในสูตรโครงสร้าง

#### 1.1.2. อนุภาคฟิลเลอร์ (Filler particles)

ฟิลเลอร์ในเรซิน คอมโพสิต แต่ละชนิดจะมีขนาด ปริมาณและรูปร่างที่แตกต่างกัน โดยจะมีผลกับคุณสมบัติของวัสดุทั้งในทางกายภาพ (Physical properties) และคุณสมบัติทางกล

(Mechanical properties) ฟิลเลอร์ที่เป็นส่วนประกอบของวัสดุเรซิน คอมโพสิตเป็น อนินทรีย์สาร (Inorganic) ได้แก่ แก้ว (Glass) ควอartz (Quartz) ซิลิกา (Silica) แบ่งชนิดของส่วนประกอบของเรซิน คอมโพสิตชนิดต่างตามประเภทของฟิลเลอร์ (Roberson, 2002) คือ

#### 1.1.2.1 ไมโครฟิล (Microfiller)

อนุภาค ฟิลเลอร์ในเรซิน คอมโพสิตชนิดนี้เป็น ฟิลเลอร์ขนาดเล็ก พวกคอนลอยด์คอลลอยด์ซิลิกา (Colloidal silica) ซึ่งข้อดีของการที่มีฟิลเลอร์ขนาดเล็กเป็นส่วนประกอบคือ สามารถขัดแต่งได้ง่ายและให้ความสวยงามภายหลังจากการขัดแต่งมากกว่าเรซิน คอมโพสิตที่มีฟิลเลอร์ขนาดใหญ่ แต่มีข้อด้อยคือ มีความแข็งแรงน้อยกว่า ทำให้มีอัตราการสึกจากการใช้งานสูงกว่า

#### 1.1.2.2 เทรดดิชันนัล (Traditional filler)

ลักษณะของฟิลเลอร์ในเรซิน คอมโพสิตชนิดนี้มีหลายรูปร่าง รูปทรงหลายเหลี่ยม และมีขนาดแตกต่างกัน มีข้อดีคือ มีความแข็งแรงสูงและมีอัตราการสึกต่ำกว่าชนิดไมโครฟิล แต่มีข้อเสียคือ การขัดแต่งทำได้ยาก และให้ความสวยงามภายหลังจากการขัดแต่งน้อยกว่า

#### 1.1.2.3 ไฮบริด (Hybrid filler)

ฟิลเลอร์ ชนิดนี้ เป็นส่วนผสมระหว่าง คอนลอยด์คอลลอยด์ซิลิกา และ เทรดดิชันนัล ฟิลเลอร์ โดยหวังผลให้มีปริมาตรของฟิลเลอร์เพิ่มขึ้น

#### 1.1.2.4 ไมโครไฮบริด (Microhybrid filler)

ฟิลเลอร์ชนิดนี้มีขนาด 0.4–0.6 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าชนิดไฮบริด มีความแข็งแรงเทียบเท่าชนิดไฮบริดและขัดแต่งได้สวยงามเหมือนไมโครฟิล จึงสามารถใช้บูรณะได้ทั้งพื้นหน้าและพื้นหลัง

#### 1.1.2.5 นาโนฟิล (Nanofiller)

ฟิลเลอร์มีขนาดเล็กมากในระดับนาโน ( $10^{-9}$ ) ทำให้สามารถบรรจุฟิลเลอร์ เข้าในส่วนของเมทริกซ์ ได้เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คุณสมบัติของวัสดุดีขึ้น ทั้งในด้านความแข็งแรง ทนทานต่อการสึก และสามารถขัดแต่งได้สวยงาม (Roberson, 2002)

#### 1.1.3. ตัวประสาน (Coupling agent)

โพลิเมอร์เมทริกซ์และ ฟิลเลอร์เชื่อมต่อกันด้วยสารที่เรียกว่า ตัวประสาน(Coupling agent) ซึ่งเป็นสารซิลเลน ไดเมทาคริเลท (Silane Dimethacrylate) ซึ่งจะทำให้เรซิน คอมโพสิตมีความคงตัวและมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

#### 1.1.4. สารเริ่มต้นปฏิกิริยา และ สารกระตุ้นปฏิกิริยา (Initiator-activator system)

วัสดุเรซิน คอมโพสิตที่บ่มตัวด้วยแสง จะเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ก็ต่อเมื่อได้รับแสงจากเครื่องฉายแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 400 – 500 นาโนเมตร (ความยาวคลื่นโดยเฉลี่ย 470

นาโนเมตร) ในระยะเวลาที่กำหนด สารเริ่มต้นปฏิกิริยา คือ แคมโฟโรควิโนนและสารเอมีน ซึ่งแคมโฟโรควิโนนจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 400 -500 นาโนเมตร โดยจะเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) และจะทำให้คาร์บอนพันธะคู่ที่ปลายทั้ง 2 ข้างของไดเมทาคริเลท แตกตัวและเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวของโพลิเมอร์ในลักษณะสามมิติทำให้เกิดการเชื่อมต่อนในลักษณะไขว้กัน (Crosslink) และเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัว (Stansbury, 2000)

## 1.2 การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซิน คอมโพสิตและการเกิดออกซิเจนอินฮิบิเตอร์ (Kenneth, 2003a)

การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุเรซิน คอมโพสิต เกิดจากอนุมูลอิสระจับกับคาร์บอนพันธะคู่ที่ปลายของโมโนเมอร์ เกิดการเชื่อมต่อนเป็นสายยาวของโมเลกุล และการเชื่อมไขว้ระหว่างสายโมเลกุลทำให้เกิดการแข็งตัวของวัสดุ ซึ่งอุณหภูมิจะมีผลต่อการเกิดอนุมูลอิสระในระยะเริ่มต้น โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุเรซิน คอมโพสิต แบ่งออกเป็น

- 1.2.1. ปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซิน คอมโพสิตโดยใช้ความร้อน (Heat) ได้แก่ เรซินที่ใช้ในการทำฐานฟันปลอม
- 1.2.2. ปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซิน คอมโพสิตโดยใช้ปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ วัสดุเรซิน คอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง
- 1.2.3. ปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุเรซิน คอมโพสิตโดยใช้แสง ได้แก่ เรซิน คอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงสีฟ้าที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 400-500 นาโนเมตร (ความยาวคลื่นเฉลี่ย 470 นาโนเมตร)

เมื่อทำการบ่มเรซิน คอมโพสิต วัสดุบ่มจะชั้นบนสุดจะสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเป็นชั้นบางๆที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัว (Polymerization) เรียกว่า ออกซิเจนอินฮิบิเตอร์ (Oxygen Inhibited Layer) ชั้น ซึ่งมีความเชื่อว่าออกซิเจนอินฮิบิเตอร์มีความจำเป็นต่อการเกิดพันธะเชื่อมต่อนที่แข็งแรงในการยึดติดระหว่างเรซิน คอมโพสิตที่ทำการบ่มเป็นชั้นๆ เนื่องจากมีส่วนของพันธะคู่ของคาร์บอนหลงเหลืออยู่บริเวณพื้นผิวดังกล่าว ดังนั้นเมื่อทำการบ่มชั้นต่อไปจึงมักจะพยายามรักษาออกซิเจนอินฮิบิเตอร์นี้

ในการเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซิน คอมโพสิตทั้งแบบชนิดบ่มตัวด้วยแสงและบ่มตัวด้วยตัวเองนั้นจะมีกลุ่มเมทาคริเลทที่ไม่เกิดปฏิกิริยา (Unreacted methacrylate group)หลงเหลืออยู่เสมอ กลุ่มของเมทาคริเลทที่ไม่เกิดปฏิกิริยานี้อยู่บนชั้นของออกซิเจนอินฮิบิเตอร์และ

เป็นตัวที่ก่อให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างชั้นของวัสดุได้ด้วยแรงยึดที่สูง เนื่องจากเป็นแรงยึดจำพวก โควาเลนต์ (Covalent bond) (Vankerckhoven และคณะ ,1982; Kao ,1988)โดยมีการสร้างเป็น เครือข่ายร่วมกับการยึดติดเชิงกล (Mechanical interlocking ) (Eliades และคณะ,1989; Li และ คณะ,1995; Li ,1997; Li และคณะ,1995; Kenneth, 2003a) ทำให้เกิดการปรับปรุงการ เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวในส่วนที่มีการเชื่อมต่อ

มีการศึกษาโดยการวัดระดับของกลุ่มเมทาคริเลท (Bis-GMA) ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาในเรซิน คอมโพสิตชนิดไมโครฟิลและคอนเวนชันนอล (Conventional) ภายหลังจากการฉายแสงด้วยวิธี Infrared spectroscopy พบว่าเรซิน คอมโพสิตทั้ง 2 ชนิดมีระดับของกลุ่มเมทาคริเลท (Bis-GMA) ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอยู่ระหว่างร้อยละ 40-57 และสรุปว่าเมื่อมีปริมาณ Bis-GMA monomer สูงจะ แสดงถึงการมีปริมาณของคาร์บอนพันธะคู่สูง (Vankerckhoven และ Lambrechets, 1982) ในขณะที่บางการศึกษาพบว่าเรซิน คอมโพสิตและสารยึดติดทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นชนิดที่มี Bis-GMA หรือ UDMA หรือผสมกันทั้ง 2 แบบเป็นส่วนประกอบจะมีกลุ่มของเมทาคริเลทที่ไม่ เกิดปฏิกิริยาเหลืออยู่ภายหลังจากการฉายแสงเสมอ (Gregory และคณะ, 1990) ในส่วนของ การศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของออกซิเจนอินฮิบิเตอร์เทเลเมอร์นั้น พบว่า การเชื่อมต่อนี้ระหว่าง ชั้นของเรซิน คอมโพสิตที่มีออกซิเจนอินฮิบิเตอร์เทเลเมอร์จะมีค่าความแข็งแรงเฉือนที่สูงขึ้น โดย พบว่าการแตกหักที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดตรงตำแหน่งในเนื้อเรซิน คอมโพสิต (Cohesive failure) แสดงถึงการมีค่าความแข็งแรงเฉือน (Shear strength) ที่สูงบริเวณพื้นผิวที่มีการเชื่อมต่อกันของ ชั้นเรซิน คอมโพสิต (Truffier – Boutry และคณะ, 2003)

ในขณะที่มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารละลายร่วมกับการเตรียมพื้นผิวลักษณะต่างๆ ก่อนการซ่อมแซมวัสดุบูรณะ พบว่าชั้นที่มีออกซิเจนอินฮิบิเตอร์เทเลเมอร์จะมีองค์ประกอบของส่วน โมโนเมอร์ที่ยังมีตัวกระตุ้นปฏิกิริยาอิสระอยู่ ทำให้ชั้นนี้เป็นชั้นที่มีค่าความแข็งแรงในการยึดติดที่ ต่ำลง บริเวณนี้จึงเป็นส่วนที่พื้นผิวไม่ต่อเนื่องกัน เมื่อทำการกำจัดชั้นที่มีออกซิเจนอินฮิบิเตอร์เทเล เอร์ออกโดยใช้สารละลายอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำ จะได้ผลของค่าความแข็งแรงยึดติดที่สูงขึ้น (Boyer, 1978; Eliades, 1989; Lewis, 1998)

ผู้ศึกษาบางกลุ่มทำการศึกษาและได้ผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับการศึกษาข้างต้นโดยศึกษา เรื่องความแข็งแรงเฉือนของชั้นออกซิเจนอินฮิบิเตอร์เทเลเมอร์ และไม่พบว่ามีค่าความแตกต่างกันของ ความแข็งแรงเฉือนในการเชื่อมต่อวัสดุที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวในสภาวะที่มีหรือไม่มี ออกซิเจน (Von Beetzen, 1996) และยังมีการศึกษาและพบว่าค่าความแข็งแรงเฉือนของการ เชื่อมต่อในวัสดุเรซิน คอมโพสิตที่มีออกซิเจนอินฮิบิเตอร์เทเลเมอร์และไม่มีออกซิเจนอินฮิบิเตอร์ เทเลเมอร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย (Kupiec, 1996)

การสูญเสียอินฮิบิเตอร์ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการบูรณะด้วยวัสดุเรซิน คอมโพสิต อาจเกิดจากสาเหตุต่างๆ (Powers, 1991) ได้แก่

- เรซิน คอมโพสิต สัมผัสกับแผ่นเมทริกซ์ (Matrices) ซึ่งใช้เป็นโครงขึ้นรูป อาจเป็นชนิดพลาสติกใส หรือแผ่นโลหะบางๆ ใช้โอบรอบด้านประชิดเพื่อให้ได้จุดสัมผัสด้านข้างที่ดี และมีรูปร่างที่เหมาะสม
- เกิดการปนเปื้อนต่าง ๆ ในขณะที่ทำการบูรณะ ได้แก่ การปนเปื้อนโดยน้ำ น้ำลาย เลือด หรือน้ำมันหล่อลื่นจากหัวกรอเร็ว (Airoter) และหัวกรอช้า (Air motor)
- การขัดแต่งวัสดุ ในบางกรณีทันตแพทย์อาจจำเป็นต้องทำการบูรณะซ่อมแซมวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตภายหลังการขัดแต่ง เนื่องจากมีฟองอากาศภายในวัสดุบูรณะ ซึ่งจะพบเห็นเมื่อขัดแต่งจนถึงตำแหน่งของวัสดุที่มีฟองอากาศก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ต้องเติม หรือซ่อมแซมวัสดุเรซิน คอมโพสิต เช่นกัน
- การขัดแต่งมากเกินไปจนทำให้เสียรูปร่างที่เหมาะสม ซึ่งทันตแพทย์อาจต้องทำการเติมวัสดุ

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการปนเปื้อนน้ำลายและเลือดซึ่งเป็นสารจำพวกโปรตีนและการเตรียมพื้นผิวก่อนการเชื่อมต่อรูปแบบต่างๆ

## 2. การเตรียมพื้นผิวหลังการปนเปื้อนน้ำลายและเลือด

การเตรียมพื้นผิวภายหลังการปนเปื้อนมีอยู่หลายวิธีเช่น การใช้ลมเป่าหรือน้ำล้างทำความสะอาด การใช้กรดกัดพื้นผิวเพียงอย่างเดียวก่อนทำการเชื่อมต่อหรือการใช้กรดกัดพื้นผิว ร่วมกับการใช้สารยึดติดทาก่อนการเชื่อมต่อ โดยแต่ละวิธีการมุ่งเน้นที่จะได้ค่าแรงยึดติดระหว่างชั้นวัสดุที่สูงที่สุด เพื่อที่จะให้ผลของการบูรณะที่มีคุณภาพ การเตรียมพื้นผิวแต่ละวิธีให้ผลของค่าความแข็งแรงยึดติดที่แตกต่างกันไป

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมพื้นผิวมีหลายชนิด เช่น กรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 37 ไฮโดรฟลูออริกเจลดความเข้มข้นร้อยละ 9.8 หรือ ร้อยละ 1.23 ของ APF สารที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะทำหน้าที่หลักในการทำสะอาดบริเวณพื้นผิวของเรซิน คอมโพสิตและเพิ่มความแข็งแรงในการยึดติดเชิงกลกับสารฟิลเลอร์ในส่วนของวัสดุเรซิน คอมโพสิต

การใช้น้ำล้างกรดภายหลังจากการเตรียมพื้นผิว ทำให้มีการแทรกซึมของสารไพรเมอร์ (Primer) เข้าสู่ส่วนโพลีเมอร์ของคอมโพสิตได้ดีขึ้น เนื่องจาก การล้างน้ำจะทำให้เกิดการดูดกลืนน้ำของพื้นผิว (Dehydration) และทำให้สารไพรเมอร์ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำแทรกซึมเข้าสู่ส่วนโพลีเมอร์ของเรซิน คอมโพสิตได้ดีขึ้น

การใช้ Methyl methacrylate (MMA) และ/หรือ 10% Bis-GMA/ethanol ในการเตรียมพื้นผิวจะทำให้เกิดการดูดซับน้ำของผิวเรซิน คอมโพสิต ความแข็งแรงในการยึดติดเชิงกลกับสายโพลีเมอร์ระหว่างชั้นของวัสดุ

มีศึกษาการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกที่มีความเข้มข้นต่างๆกันในการปรับสภาพพื้นผิวของเรซินคอมโพสิตเป็นระยะเวลาต่างๆกันเพื่อการซ่อมแซมและวัดค่าความแข็งแรงต่อการดึง (Tensile strength) พบว่าความเข้มข้นของกรดที่ใช้และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวด้วยกรดบนพื้นผิวเรซิน คอมโพสิตนั้นไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงต่อการดึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Trajtenberg และคณะ, 2004)

การใช้สารยึดติดเตรียมพื้นผิววัสดุเรซิน คอมโพสิตเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสารยึดติดมีองค์ประกอบที่เป็นโมโนเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเนื้อวัสดุเรซิน คอมโพสิตอยู่ได้แก่ Bis-GMA (Bisphenol A Dimethacrylate) และ UDMA (Urethane Dimethacrylate) ที่ทำให้เมื่อทาลงบนพื้นผิววัสดุเรซิน คอมโพสิตและทำการฉายแสงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวแล้วนั้น บนพื้นผิววัสดุจะเกิดขึ้นของออกซิเจนอินฮิบิเตอร์ที่เลเยอร์ขึ้นจากกลุ่มของ เมทาคริลเลทที่ไม่เกิดปฏิกิริยาบริเวณพื้นผิว

มีการวิจัยสนับสนุนการใช้สารยึดติดในการเชื่อมต่อวัสดุ โดยสรุปว่าจะทำให้ได้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูงกว่าการที่ไม่ได้ใช้สารยึดติด (Azarba และคณะ, 1986; Chiba และคณะ, 1989; Crumpler และคณะ, 1989; Mitsaki-Matsou และคณะ, 1991; Puckett และคณะ, 1991; Swift และคณะ, 1992) ทั้งนี้จะต้องทำการเลือกใช้สารยึดติดที่เหมาะสมเพื่อทำให้ได้ผลของการยึดติดที่ดี (Pounder และคณะ, 1987) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้ สารยึดติด 2 ชนิด คือ Prisma Universal bond™ และ Scotchbond -1™ พบว่าการใช้สารยึดติดทำให้ได้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่สูงมีค่าในช่วง 16-25 MPa และจากการเปรียบเทียบการใช้สารยึดติด 2 ชนิดพบว่า Scotchbond -1™ ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่สูงที่สุดที่ต่ำกว่า Prisma Universal bond™ (Crumpler และคณะ, 1986)

การศึกษาเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดัดขวาง (Flexural Strength) ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ทำการซ่อมแซมกับกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวโดยการนำไปตัดแล้วล้างด้วยน้ำ ใช้กรดกัดแล้วล้างน้ำและทาสารยึดติด หรือการใช้สารไฮเลนทา ก่อนที่จะทำการเติมวัสดุ พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการซ่อมแซมมีค่าความแข็งแรงดัดขวางสูงกว่ากลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิว และเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิว พบว่ากลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวโดยการนำไปตัดแล้วใช้กรดกัดแล้วล้างน้ำและทาสารยึดติดเป็นกลุ่มที่ให้ค่า Flexural Strength ที่สูงสุด ในขณะที่กลุ่มที่มี

การเตรียมพื้นผิวโดยการนำไปตัดแล้วล้างด้วยในน้ำก่อนที่จะทำการเติมวัสดุโดยที่ไม่ได้ใช้สารยึดติดเป็นกลุ่มที่ให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางที่ต่ำสุด (Soderholm, 1986)

### 3. สารยึดติด

สารยึดติดที่ใช้กับวัสดุเรซิน คอมโพสิตในปัจจุบันแบ่งตามขั้นตอนการใช้งานและกลไกการทำงานของสารยึดติดโดยเน้นเรื่องการจัดชั้นสเมียร์เลเยอร์ (Smear layer) ได้เป็น 2 ระบบใหญ่ๆ คือ ระบบโททอลเอทช์ (Total-etched) และระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etched) โดยระบบโททอลเอทช์ นั้นแบ่งตามขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนและ 2 ขั้นตอนตามแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะผลิตออกมาจำหน่าย ส่วนระบบเซลฟ์เอทช์แบ่งได้ตามขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอนและ 1 ขั้นตอน ตามแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะผลิตออกมาจำหน่ายเช่นกัน

#### 3.1 ระบบโททอลเอทช์ (Total-etched system)

คือระบบที่แยกขั้นตอนการใช้กรดกัดเพื่อเตรียมพื้นผิว โดยกรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 30 – 40 โดยสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ทากรด แล้วล้างออก ทาสารไพรเมอร์ และทาสารยึดติด ตามลำดับ ต่อมาได้มีการพัฒนาสารยึดติดระบบโททอลเอทช์นี้ให้มีการใช้งานที่สะดวกมากขึ้น โดยมีการลดขั้นตอนการทำงานลงเป็นสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ที่มี 2 ขั้นตอน โดยรวมเอาขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์และขั้นตอนการใช้สารยึดติดเป็นขั้นตอนเดียว

##### 3.1.1 ขั้นตอนการใช้กรดกัด

การใช้กรดเพื่อเตรียมสภาพพื้นผิววัสดุแตกต่างจากการใช้กรดกัดเพื่อเตรียมพื้นผิวฟันตรงที่การใช้กรดกัดเพื่อเตรียมสภาพพื้นผิววัสดุหวังผลเพียงทำความสะอาดพื้นผิว กำจัดคราบปนเปื้อนเช่น โปรตีนที่อยู่ในน้ำลายหรือเลือด ในขณะที่การใช้กรดกัดเพื่อเตรียมพื้นผิวฟันนั้น นอกจากจะหวังผลทำความสะอาดแล้วยังหวังให้มีรูพรุนในระดับจุลภาค (Microporocities) ที่พื้นผิวเคลือบฟันที่ทำการเตรียมพื้นผิวอีกด้วย (Buonocore, 1955)

##### 3.1.2 ขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์

สารไพรเมอร์ประกอบด้วยสาร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) และกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ละลายอยู่ในตัวทำละลาย เช่น อะซิโตน เอทานอล หรือน้ำ โดยกลุ่มที่ชอบน้ำจะจับกับส่วนของเนื้อฟัน ส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะทำหน้าที่จับกับสารเรซิน (Erickson, 1992) สารไพรเมอร์จะเป็นตัวช่วยเพิ่มพลังงานบนพื้นผิว (Surface energy) ซึ่งทำให้ความสามารถในการแผ่กระจายของของเหลว (Wettability) บนพื้นผิวเนื้อฟันเพิ่มขึ้น (Swift และคณะ, 1995)



ในการเตรียมพื้นผิววัสดุเรซิน คอมโพสิตก่อนการเชื่อมต่อนั้น มักจะข้ามขั้นตอนนี้ไปแต่จะ ทำขั้นตอนนี้ในกรณีที่บูรณะฟันธรรมชาติ เนื่องจากการใช้สารไพรเมอร์จะทำให้ลักษณะพื้นผิวที่มี ลักษณะชอบน้ำกลายเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำเพื่อให้สารเรซิน ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำสามารถ แทรกซึมเข้าไปยึดในส่วนโครงสร้างของฟัน (Nakabayashi และคณะ, 1992; Eliades G. 1994) เนื่องจากเรซิน คอมโพสิตไม่มีส่วนที่เป็นน้ำเหมือนฟันธรรมชาติจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารไพรเมอร์ใน การปรับสภาพพื้นผิว

### 3.1.3 ขั้นตอนการใช้สารยึดติด

สารยึดติดมีองค์ประกอบที่เป็นโมโนเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเนื้อ วัสดุเรซิน คอมโพสิต คือ Bis-GMA และ UDMA ดังนั้นเมื่อทาสารยึดติดระหว่างชั้นของเรซิน คอมโพสิตที่ทำการเชื่อมต่อ บริเวณพื้นผิววัสดุที่มีโมโนเมอร์หรือกลุ่มของเมทาคริลเลทที่ไม่เกิดปฏิกิริยา จะเกิดชั้นของออกซิเจนอินิทิเพเตอร์ขึ้น ชั้นนี้จะทำให้เกิดการเชื่อมต่อนี้ระหว่างชั้นของวัสดุเรซิน คอมโพสิตที่แข็งแรงได้

### 3.2 ระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etched system)

เป็นระบบที่รวมขั้นตอนการใช้กรดกัดเพื่อเตรียมพื้นผิวกับสารไพรเมอร์และ/หรือสารยึดติด เข้าไว้ด้วยกันโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการล้างน้ำเอาความเป็นกรดออก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องกังวล เรื่องชะล้างคราบโปรตีนจากสิ่งปนเปื้อนหรือความชื้นจากการล้างน้ำหลังการทากรดในระบบโท ทอลเอทช์ (Kanca, 1992a; Kanca, 1992b) เนื่องจากสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์มีสารตัวทำ ละลายพวก อะซิโตนหรือเอทานอล ซึ่งเป็นสารละลายที่ระเหยได้ง่าย ทำให้ระดับความชื้นบน พื้นผิวน้อย (Finger และคณะ, 1996; El-Kalla และคณะ, 1997; Swift และคณะ, 1998)

ระบบเซลฟ์เอทช์เป็นระบบที่มีการทาสาร 2 ขั้นตอนคือรวมขั้นตอนของการใช้กรดกับสาร ไพรเมอร์ไว้เป็นขั้นตอนเดียว อีก 1 ขั้นตอนคือการทาสารยึดติด หรือลดขั้นตอนเหลือขั้นตอนเดียว คือรวมทั้ง 3 ขั้นตอนไว้เป็นขั้นตอนเดียว (Finger และคณะ, 1996; El-Kalla และคณะ, 1997) ซึ่ง ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน และเสียเวลาการทำงานน้อยลง

สารตัวทำละลายที่เป็นส่วนประกอบของสารไพรเมอร์ในสารยึดติดระบบโททอลเอทช์และ ระบบเซลฟ์เอทช์นั้นได้แก่ น้ำ เอทานอลและ อะซิโตน ซึ่งมีส่วนทำให้คุณสมบัติของสารยึดติด แตกต่างกันไปตามชนิดของสารตัวทำละลาย (El-Kalla และคณะ, 1997) แบ่งสารยึดติดออกตาม ชนิดของสารตัวทำละลายได้คือ

- สารยึดติดที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายในส่วนของไพรเมอร์ ได้แก่ Clearfil SE™ Bond (Kuraray), Clearfil™ Protect Bond (Kuraray), Clearfil™ Liner Bond 2V (Kuraray) Adper™ Prompt™ (3M ESPE), etc.



- สารยึดติดที่มีเอทานอลเป็นตัวทำละลายในส่วนของไพรเมอร์ ได้แก่ OptiBond Solo™ Plus (sds/Kerr), PQ1™ (Ultradent), PermaQuick™ (Ultradent), Bond-1® C&B (Pentron), UniFil® Bond (GC), etc.
- สารยึดติดที่มีอะซิโตนเป็นตัวทำละลายในส่วนของไพรเมอร์ ได้แก่ Prime&Bond NT™ (Dentsply/Caulk), One-Step® Plus (Bisco), One-Step® (Bisco), etc.
- สารยึดติดที่มีน้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายในส่วนของไพรเมอร์ ได้แก่ Optibond™, Optibond FL™ (sds/Kerr), Adper™ Scotchbond Multi-Purpose™ Plus (3M ESPE), Adper™ Single Bond Plus (3M ESPE), etc.
- สารยึดติดที่มีน้ำและอะซิโตนเป็นตัวทำละลายในส่วนของไพรเมอร์ ได้แก่ Tenure® (Den-Mat), Simplicity® (Apex), etc.
- สารยึดติดที่มีเอทานอลและอะซิโตนเป็นตัวทำละลายในส่วนของไพรเมอร์ ได้แก่ Prime&Bond NT™ Dual Cure (Dentsply/Caulk), All-Bond® 2 (Bisco), etc.
- สารยึดติดที่มีน้ำ เอทานอลและอะซิโตนเป็นตัวทำละลายในสารไพรเมอร์ ได้แก่ Dentastic® UNO™ • DUO™ (Pulpdent), etc.

นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารยึดติดแต่ละผลิตภัณฑ์จะแตกต่างกันออกไป โดยจะมีค่าเป็นกรด โดยที่สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์นั้นมีค่าความเป็นกรดที่ต่ำกว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ แต่เนื่องจากสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์นั้นมีขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้กรดก่อนขั้นตอนการทำสารยึดติดเสมอ ทำให้การใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ไม่ต้องคำนึงถึงความเป็นกรด-ด่างมากเท่ากับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ซึ่งจะไม่มีกรดก่อนการทำสารยึดติด

สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์สามารถแบ่งตามค่าความเป็นกรด(Inoue และคณะ, 1999; Pashley และคณะ, 2001; Tay และคณะ, 2001) ได้เป็น

- สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดสูง คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 1 (pH<1) ตัวอย่าง เช่น Adper™ Prompt™ (3M, ESPE) (pH=0.8-1.0)
- สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดปานกลาง คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 1 – 2 (1<pH<2) ตัวอย่าง เช่น Clearfil SE™ Bond (Kuraray) (pH=1.8-2.0)
- สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำ คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 2 (pH>2) ตัวอย่าง เช่น Clearfil Protect™ Bond (Kuraray) (pH=1.9-3.6) , Clearfil Liner™ Bond 2V (Kuraray) (pH=2.8) , UniFil® Bond (GC) (pH=2.1-4.4)

มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารยึดติด พบว่าสารที่มีความเป็นกรดมากกว่าจะให้ค่าแรงยึดติดที่สูงกว่า (Hannig และคณะ, 1999)

มีการศึกษาจำนวนมากที่ศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์ กรณีที่ทำการเชื่อมวัสดุเรซิน คอมโพสิตต่อกับเคลือบฟันพบว่าสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ให้ค่าแรงยึดติดที่สูงกว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์อย่างมีนัยสำคัญ (Hannig และคณะ, 1999; Inoue และคณะ, 1999; Pashley และคณะ, 2001; Tay และคณะ, 2001) ลักษณะการทำสารยึดติดก็มีผลต่อการเตรียมพื้นผิว เนื่องจากพบว่าการถูสารยึดติดไปมาระหว่างทาจะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่สูงขึ้นเนื่องจากทำให้เกิดการแทรกซึมได้มากขึ้น (Glasspoole และคณะ, 2001) แต่ก็มีการศึกษาอีกส่วนหนึ่งได้กล่าวไว้ว่าประสิทธิภาพของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์ เมื่อใช้เชื่อมวัสดุเรซิน คอมโพสิตต่อกับเคลือบฟันพบว่าให้ค่าแรงยึดติดที่ดีไม่ต่างกัน (Glasspoole และคณะ, 2001) ดังเช่นการศึกษาในฟันวัว เปรียบเทียบสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Clearfil Liner™ Bond 2, Etch & Prime® 3.0 และ Resulcin AquaPrime® MonoBond และสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ ได้แก่ Ecusit-Mono® โดยบูรณะด้วยเรซิน คอมโพสิตบริษัทที่ผลิตสารยึดติดนั้นๆ พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดแบบเฉือนระหว่างผิวเคลือบฟันกับสารยึดติด ผลิตภัณฑ์ Clearfil Liner™ Bond 2 ให้ผลไม่ต่างกับ Ecusit Mono อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความแข็งแรงยึดติดที่ได้เท่ากับ 24.2 และ 26.3 ตามลำดับ นอกจากนี้ Ecusit Mono® ยังให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่สูงกว่า Etch & Prime® 3.0 (21.9 MPa) แต่ต่ำกว่า Resulcin AquaPrime® MonoBond (34 MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับความรุนแรงของกรดในสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์แต่ละผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน สารที่มีความเป็นกรดมากกว่าจะให้ค่าแรงยึดติดที่สูงกว่า (Hannig และคณะ, 1999)

สำหรับประสิทธิภาพการทำงานของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์ เมื่อใช้ในการเชื่อมวัสดุเรซิน คอมโพสิตต่อกับเนื้อฟันพบว่าสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ให้ค่าแรงยึดติดที่ใกล้เคียงกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ (Glasspoole และคณะ, 2001) ในส่วนของประสิทธิภาพการทำงานของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์กรณีที่เชื่อมระหว่างชั้นวัสดุเรซิน คอมโพสิต พบว่าสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ให้ค่าแรงยึดติดที่สูงกว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ ดังการศึกษาการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ ผลิตภัณฑ์ Prompt™ L-Pop ซึ่งพบว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ ผลิตภัณฑ์ Prompt™ L-Pop ไม่ได้ทำให้ความแข็งแรงในการเชื่อมต่อระหว่างชั้นเรซิน คอมโพสิตที่มีการปนเปื้อนโดยน้ำลายเพิ่มขึ้นเหมือนสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ผลิตภัณฑ์อื่นๆ เนื่องจากชั้นที่ทาสารยึดติดบางๆนั้นอาจไม่เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวโดย

สมบูรณ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารละลายใน Prompt™ L-Pop คือ น้ำ ซึ่งความชื้นจะมีผลต่อการยึดติด น้ำจึงทำให้พื้นผิวไม่แห้งเพียงพอ ความแข็งแรงที่ได้จึงไม่เท่ากับสารยึดติดที่มีตัวทำละลายอื่นที่สามารถระเหยได้ง่ายเป็นองค์ประกอบ (Perdigão และคณะ, 1997)

ในกรณีที่มีการปนเปื้อนบนพื้นผิววัสดุโดยน้ำลายหรือเลือด พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดลดลง แต่เมื่อใช้สารยึดติดทาลงบนผิวฟันภายหลังการปนเปื้อน ก่อนการเชื่อมวัสดุเรซิน คอมโพสิต พบว่าการใช้สารยึดติดสามารถเพิ่มความแข็งแรงยึดติดได้ (Feigal และคณะ, 1993; Xie และคณะ, 1993; Fortin และคณะ, 1994; Swift และคณะ, 1997; Fritz และคณะ, 1998; Feigal และคณะ, 2000; Webster และคณะ, 2001) ดังเช่นการศึกษาที่พบว่า การปนเปื้อนโดยน้ำลายทำให้ค่าแรงยึดติดลดลง แต่เมื่อทำการเตรียมพื้นผิวเคลือบฟันที่มีการปนเปื้อนโดยใช้สารยึดติด สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดให้สูงขึ้นได้ (Hitt และคณะ, 1992; Feigal และคณะ, 1993; Feigal และคณะ, 2000)

มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของสารละลายที่เป็นองค์ประกอบในสารยึดติด พบว่า สารละลายที่เป็นองค์ประกอบในสารยึดติดมีส่วนสำคัญต่อแรงยึดติดที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการศึกษาโดยการทาสารยึดติดบนผิวเคลือบฟันและฉายแสงจนเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ ทำการปนเปื้อนโดยน้ำลาย แล้วทำการเป่าน้ำลายจนแห้งก่อนการทาสารยึดติดอีกครั้ง พบว่าได้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่ดี (Webster และคณะ, 2001)

#### 4. การวัดความแข็งแรง (Strength)

ความแข็งแรงของวัสดุแบ่งได้เป็น ความแข็งแรงกด (Compressive Strength) ความแข็งแรงเฉือน (Shear Strength) และความแข็งแรงดึง (Tensile Strength) โดยวัดจากแรงที่มากระทำ (Load) ต่อพื้นที่หน้าตัดบริเวณพื้นผิวที่ต้องการวัด (Area) ซึ่งก็คือความเครียด (Stress)

ในกรณีที่จะวัดค่าความแข็งแรงยึดติด (Bond Strength) ของวัสดุจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ความแข็งแรงเฉือน (Shear Strength) และความแข็งแรงดึง (Tensile Strength) โดย

##### 4.1 ความแข็งแรงเฉือน แบ่งออกเป็น

4.1.1 ความแข็งแรงเฉือน (Shear strength)

4.1.2 ความแข็งแรงเฉือนระดับจุลภาค (Microshear strength)

4.1.3 ความแข็งแรงเฉือนวัดจากแรงกด (Shear punch strength)

##### 4.2 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) แบ่งออกเป็น

4.2.1 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)

#### 4.2.2 ความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค (Microtensile strength)

#### 4.2.3 ความแข็งแรงดึงแบบมินิดัมเบล (Mini dumbbell strength)

การทดสอบโดยวัดค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาค (Microtensile strength) เป็นวิธีการที่จะใช้ในการทดลองนี้ และเป็นการวัดที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากการวัดค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาคนี้จะเป็นการเตรียมชิ้นงานขนาดเล็กมาก โดยมีพื้นที่หน้าตัดขนาด 1x1 มิลลิเมตร ทำให้พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่จะเป็นส่วนที่ต้องการทำการศึกษานั้นมีขนาดเล็ก ซึ่งทำให้สามารถหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่อาจเกิดการบกพร่องของชิ้นงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดต่อการวิจัยได้

มีการศึกษาส่วนหนึ่งที่ทดสอบค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างพื้นผิวเนื้อฟัน (Xie และคณะ, 1993; El-Kalla และคณะ, 1997; Fritz และคณะ, 1998; Hitmi และคณะ, 1999) และเคลือบฟัน (Feigal และคณะ, 1993; Xie และคณะ, 1993; Fortin และคณะ, 1994; Swift และคณะ, 1997; Fritz และคณะ, 1998; Feigal และคณะ, 2000; Webster และคณะ, 2001) ที่มีการปนเปื้อนกับพื้นผิววัสดุเรซิน คอมโพสิตโดยการใช้สารยึดติดเป็นสารเชื่อมต่อระหว่างชั้น แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงยึดติดระหว่างพื้นผิวเรซิน คอมโพสิตที่มีการปนเปื้อนกับพื้นผิววัสดุเรซิน คอมโพสิตโดยการใช้สารยึดติดเป็นสารเชื่อมต่อระหว่างชั้นนั้นยังมีไม่มากนัก

การทดลองนี้จึงต้องการศึกษาถึงความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคระหว่างชั้นเรซิน คอมโพสิตในกรณีที่มีการปนเปื้อนน้ำลาย โดยเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงระดับจุลภาคของการยึดติดระหว่างชั้นวัสดุเรซิน คอมโพสิตที่มีการปนเปื้อนโดยน้ำลายและมีการเตรียมพื้นผิวก่อนการเชื่อม ต่อระหว่างชั้นด้วยสารยึดติดชนิดต่างๆกัน แบ่งตามขั้นตอนการใช้งาน และด้วยวิธีการต่างๆกัน