หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ชนิดของเรซิน

เรซินทางทันตกรรมจัดฟันที่ใช้ในการติดแบรกเกต มี 2 ชนิด คือ

1. อะคริลิก เรซิน ชนิดแข็งตัวได้เอง (self curing acrylic resin) ประกอบด้วย

1.1 เมทิลเมทาคริเลต โมโนเมอร์ (Methyl methacrylate monomer)

1.2 2 ไฮดรอกซี 3 บี แนฟท็อกซี โพรพิล เมทาคริเลต (2 Hydroxy 3B naphthoxy propyl methacrylate) ทำหน้าที่ป้องกันความชื้น

1.3 ตัวเร่ง (catalyst) ทำให้อะคริลิกแข็งตัวโดยไล่ไฮโดรเจนโมเลกุลออกไป อะคริลิกเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของโปรตีนบนผิวฟัน

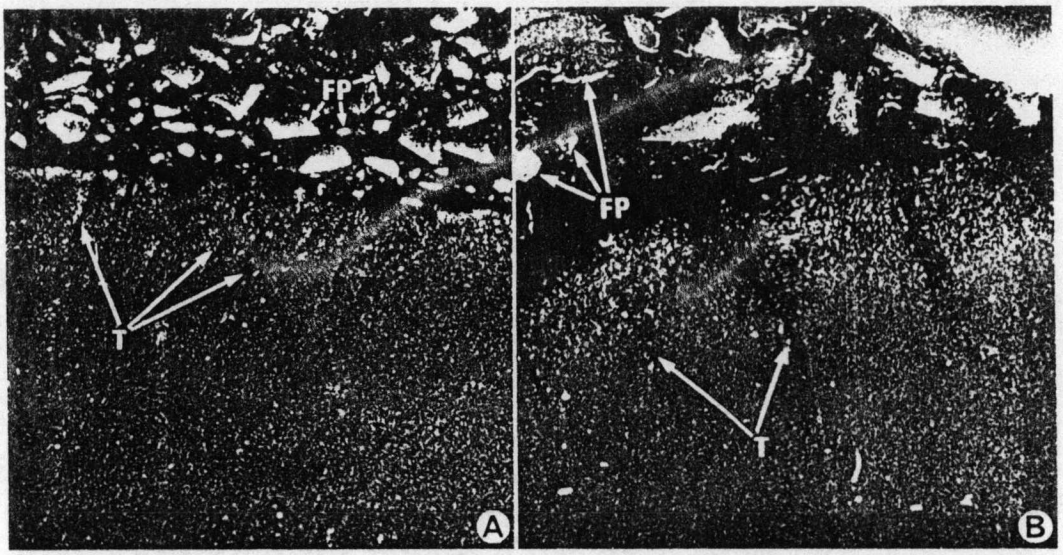
1.4 ผงที่ละเอียดมาก (ultrafine powder)

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope SEM) พบว่า อะคริลิก แท็ก (acrylic tag) ยึดกับเคลือบฟันโดยการเกาะเกี่ยว (mechanical bond) ระหว่างวัสดุยึดกับเคลือบฟัน (รูปที่ 1)

2. ไดอะคริเลต เรซิน (Diacrylate resin) เป็นอีพ็อกซี เรซิน ที่ปรับปรุงมาจากบิสจีเอ็มเอ (bis GMA) หรือเรซินของโบเวน (Bowen's resin) แตกต่างจากอะคริลิก เรซิน คือ เป็นโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้าง 3 มิติ ในขณะที่อะคริลิก เรซิน เป็นโพลีเมอร์ชนิดเส้นตรง จึงทำให้มีความแข็งแรงสูงกว่า การดูดซึมน้ำและการหดตัวเมื่อแข็งตัวเต็มที่ (polymerization shrinkage) น้อยกว่า (17) (18)

เรซินทั้ง 2 ชนิด มีทั้งประเภทที่มีฟิลเลอร์ (filled resin) และไม่มีฟิลเลอร์ (unfilled resin) ฟิลเลอร์ใช้อัดแทรกเข้าไปในสภาพเฉื่อยเพื่อช่วยเสริมความแข็งแรง

ความแข็งผิวของคอมโพสิตให้สูงขึ้นและลดการขยายตัว (16) อาจจะใช้ควอรตซ์ (quartz) แก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate glass) ลิเทียม อะลูมินัม ซิลิเกต (Lithium aluminum silicate) เป็นต้น (19)



รูปที่ 1 วัสดุยึดที่มีฟิลเลอร์ใหญ่ อนุภาคที่ใหญ่ (FP) ไม่สามารถผ่านเข้าไปในบริเวณของเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดเป็นแท็กได้ T คือ ส่วนแท็กของเรซินที่ไม่มีฟิลเลอร์ (กำลังขยายในรูป A คือ 1000 × ในรูป B คือ 3000 ×)

จากการตรวจสอบพบว่า ไดอะคริเลต เรซิน ชนิดบิสจีเอ็มเอและมีฟิลเลอร์ จะมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดีเยี่ยม และเป็นวัสดุยึดที่แข็งแรงที่สุดสำหรับแบรกเกตโลหะ (3)

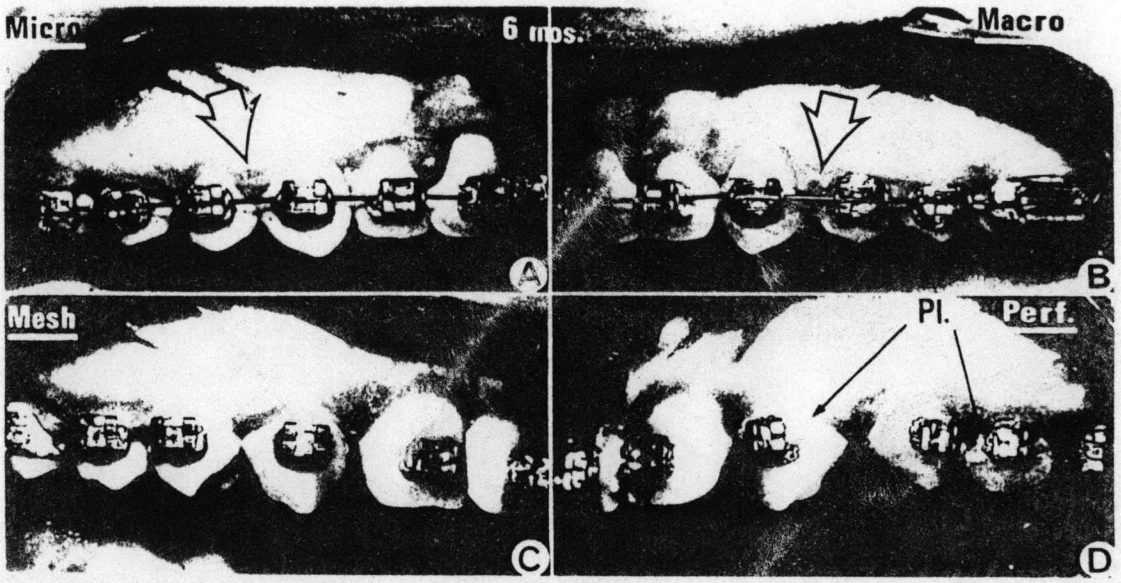
คอมโพสิตเรซิน เช่น Concise, Solo-Tach และ Nuva-Tach มีอนุภาคของควอรตซ์ที่ใหญ่และหยาบ หรืออนุภาคของแก้วซิลิกา (silica glass) ซึ่งมีขนาดต่าง ๆกัน (รูปที่ 2) ตั้งแต่ 3-20 ไมโครเมตร (micrometer μm) ทำให้มีคุณสมบัติต้านทานการสึกกร่อน บางชนิด เช่น Endur และ Dynabond มีอนุภาคเล็กขนาดสม่ำเสมอ คือ 0.2 และ 0.3 ไมโครเมตร ทำให้มีพื้นผิวเรียบและมีแผ่นคราบจุลินทรีย์มาสะสมน้อยกว่า แต่จะสึกกร่อนได้ง่ายกว่า (20) (21)

รูปที่ 2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของคอมโพสิตเรซิน แสดงภาพตัดขวางของแมตริกซ์ (matrix) และอนุภาคแขวนลอย (dispersed phase) (19)

อัตราความล้มเหลวเมื่อใช้วัสดุยึดที่มีอนุภาคของฟิลเลอร์ใหญ่จะต่ำกว่าวัสดุยึดที่มีอนุภาคของฟิลเลอร์เล็กอย่างมีนัยสำคัญ (11) (21) (22)

Zachrisson และ Brobakken (21) รายงานอัตราความล้มเหลวของแบรกเกตชนิดที่มีฐานด้านหลังเป็นตะแกรงโลหะเมื่อยึดติดด้วย Concise มีค่าต่ำเพียง 1% และประมาณ 4% เมื่อใช้ Endur (ซึ่งยังคงยอมรับได้)

Buzzitta Hallgren และ Powers (22) พบว่า ไดอะคริเลต เรซิน ที่มีฟิลเลอร์มาก และมีอนุภาคของฟิลเลอร์ขนาดใหญ่ จะทำให้ค่าความแข็งแรงยึด (bond strength) สูงสุด เมื่อทำการศึกษาในห้องทดลอง (in vitro) โดยใช้แบรกเกตโลหะ



รูปที่ 3 เปรียบเทียบวัสดุยึด 2 ชนิด ที่มีขนาดฟิลเลอร์ต่างกัน และแบรกเกต 2 ชนิด ที่มีฐานต่างกัน วัสดุยึดที่มีฟิลเลอร์เล็ก (รูป A) จะมีการรบกวนต่อเหงือกภายหลัง 6 เดือนน้อยกว่าวัสดุยึดที่มีฟิลเลอร์ใหญ่ (รูป B) (ลูกศรโปร่งชี้) และจะมีแผ่นคราบจุลินทรีย์ (Pl) สะสมบนฐานแบรกเกตที่มีด้านหลังเป็นแผ่นตะแกรงโลหะ (mesh-backed pads) (รูป C) น้อยกว่าบนฐานแบรกเกตชนิดที่เป็นรู (perforated pads) (รูป D) (3)

ในทางคลินิก มีข้อแนะนำในการเลือกใช้วัสดุยึดต่างกัน โดยเฉพาะในเรื่องการใช้ฟิลเลอร์ บางท่านมีความเห็นว่า ในทางทันตกรรมจัดฟัน วัสดุยึดที่ใช้ติดแบรกเกตไม่จำเป็นต้องแข็งแรงเท่ากับที่ใช้อุดฟัน เพราะรื้อยากเมื่อต้องการถอดเครื่องมือ จึงแนะนำให้ใช้ชนิดที่มีฟิลเลอร์น้อยหรือไม่มีเลย (17)

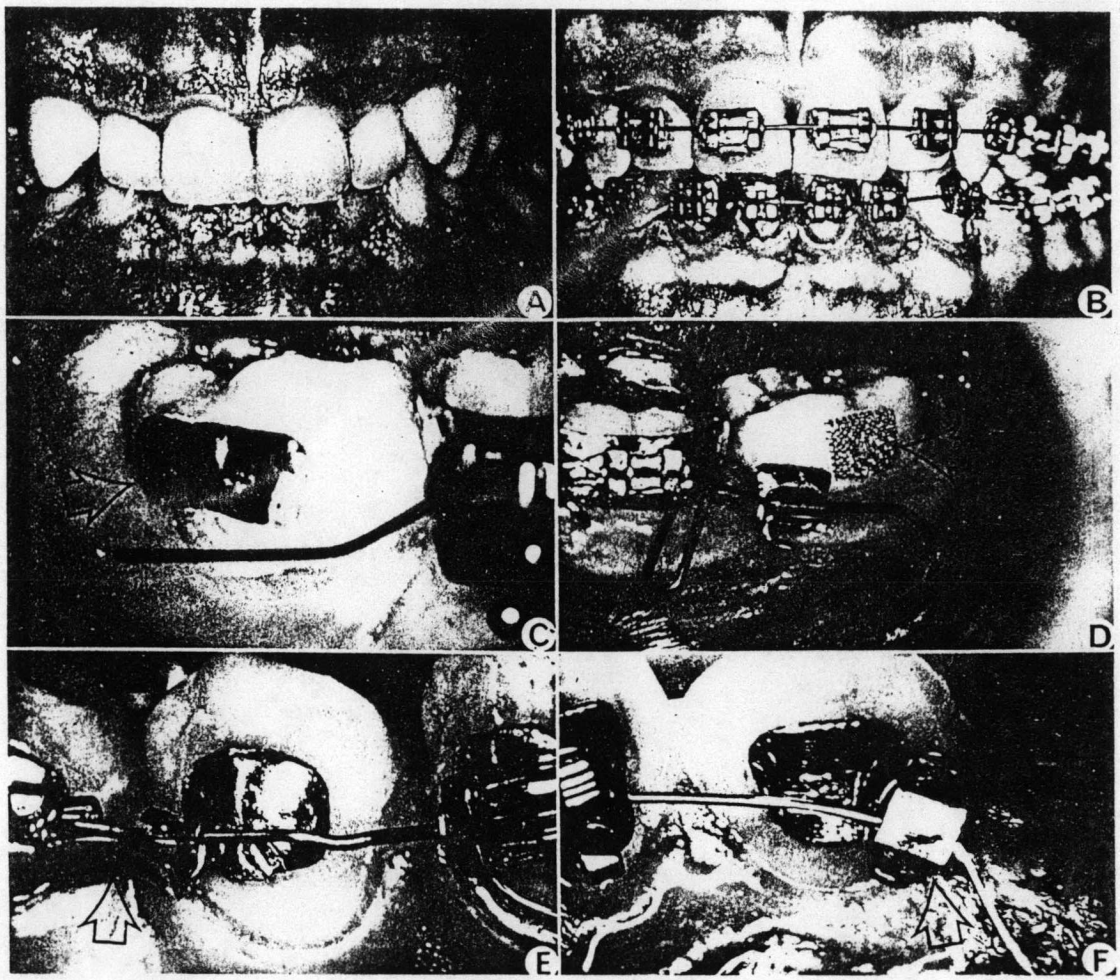
ส่วนบางท่านแนะนำให้ใช้วัสดุยึดที่มีอนุภาคของฟิลเลอร์ใหญ่ เพื่อให้มีความแข็งแรงยึดเป็นพิเศษ แต่ต้องขจัดวัสดุยึดที่เกินออกมาอย่างดี เนื่องจากวัสดุยึดชนิดนี้สะสมแผ่นคราบจุลินทรีย์ง่ายกว่าชนิดอื่น (21) (รูปที่ 3)

อย่างไรก็ดี การเลือกใช้วัสดุยึดควรคำนึงถึง (17)

1. ระยะเวลาในการทำงาน ควรพอเหมาะ

2. เวลาในการแข็งตัว ควรเร็วและสามารถใส่ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4 แสดงความสำคัญของความแข็งแรงยึดของเครื่องมือ รูป A และ B ลักษณะฟันสบลึกก่อนการรักษาและภายหลังการรักษาเป็นเวลา 2 ปีตามลำดับ ในรายนี้ไม่มีการใช้ไบต์เพลต (bite plate) และไม่พบความล้มเหลวของการยึดติด รูป C ถึง F ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างตัวเครื่องมือและฐาน (ลูกศรโปร่ง) แม้จะมีความแข็งแรงยึดระหว่างฐานที่ใช้ยึดติดและผิวเคลือบฟันดี (3)

(arch wire) ได้ทันทีที่แข็งตัว

3. กำลังความแข็งแรงยึด มีค่าสูงพอที่จะป้องกันไม่ให้แบรกเกตขยับ

4. การขจัดวัสดุยึดที่เกินออกได้ง่าย

5. ราคา

รูปแบบของเรซินที่ใช้ในการติดเครื่องมือ นอกเหนือจากระบบเพสต์ 2 ขนิด (2-paste system) ที่มีใช้กัน ได้แก่

1. <u>วัสดุยึดที่ไม่ต้องผสม</u> (no-mix adhesives) วัสดุเหล่านี้จะแข็งตัวภายใต้แรงกดเพียงเล็กน้อยเมื่อเพสท์สัมผัสกับของเหลว (primer fluid) ซึ่งทาบนเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรด และด้านหลังของฐานแบรกเกต เช่น Unique Right-on System I และ Unite เป็นต้น หรือมีอีกเพสท์หนึ่งทาบนฐานแบรกเกตในขณะที่จะติดเครื่องมือ เช่น Secure-on-Touch เป็นต้น (23) ดังนั้นจะมีส่วนของวัสดุยึดหนึ่งทาบนฐานแบรกเกตในขณะที่อีกส่วนหนึ่งทาบนผิวฟันที่กัดด้วยกรดและแห้ง เมื่อจัดตำแหน่งเครื่องมือได้ถูกต้อง ก็จะกดแบรกเกตให้มั่นคงและเข้าที่ ปกติการแข็งตัวจะเกิดขึ้นภายใน 30-60 วินาที

2. <u>วัสดุยึดที่แข็งตัวด้วยแสงที่มองเห็นได้</u> (visible light-polymerized adhesives) วัสดุประเภทนี้แข็งตัวโดยแสงที่ส่องผ่านโครงสร้างของฟัน ได้แก่ Fotofil Durafil เป็นต้น ที่นิยมคือ เรซินที่แข็งตัวด้วยแสงเหนือม่วง (Ultraviolet light-polymerized resins) ซึ่งใช้กับแบรกเกตพลาสติกและแบรกเกตโลหะที่ฐานเป็นรู (3)

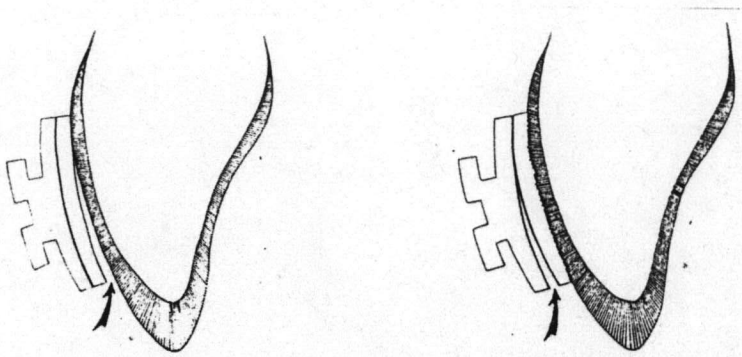
<u>ความล้มเหลวของการยึดติด</u>

1. ความล้มเหลวที่เกิดระหว่างเคลือบฟันและวัสดุยึด (enamel-adhesive interface) จะมีเรซินติดที่แบรกเกตเท่านั้น (รูปที่ 5ก)

สาเหตุอาจเกิดจากเทคนิคการติดเครื่องมือไม่ดีพอ ได้แก่ การควบคุมความชื้นหรือมีการรบกวนขณะแข็งตัว (3)

2. ความล้มเหลวที่เกิดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกต (adhesive-bracket interface) จะมีเรซินติดที่ฟันเท่านั้น (รูปที่ 5ข)

สาเหตุมักเนื่องมาจากการใช้วัสดุยึดที่อ่อนแอ และพบได้เมื่อใช้แบรกเกตโลหะ (17) (24) หรือแบรกเกตที่มีฐานเป็นชนิดตะแกรง (11) (14) (25) (26) (27)



ก ข

รูปที่ 5 ความล้มเหลวของการยึดติด ก แสดงความล้มเหลวที่เกิดระหว่างเคลือบฟันและวัสดุยึด ข แสดงความล้มเหลวที่เกิดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกต (27)

Wertz (28) กล่าวว่า ความล้มเหลวของการยึดติดทั้ง 2 แบบ เกิดขึ้นเท่าเทียมกัน

Perry(29) ทดลองพบว่า ความล้มเหลวของการยึดติดครั้งแรก (original bond) เกิดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด ประมาณร้อยละ 50 ของจำนวนครั้ง อีกร้อยละ 50 เกิดที่แบรกเกต ภายในวัสดุยึด และระหว่างวัสดุยึดกับเคลือบฟัน โดยที่เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วเกิดที่วัสดุยึดและเคลือบฟัน น้อยมาก

ในทางคลินิก เมื่อใช้แบรกเกตที่มีฐานเป็นตะแกรงโลหะ ความล้มเหลวที่เกิดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกต จะดีกว่าเกิดความล้มเหลวที่ระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน เพราะแบบหลังจะทำให้ผิวเคลือบฟันแตกหัก (30)

<u>คุณลักษณะของเรซินที่มีผลต่อการทำความสะอาด</u>

เนื่องจาก อีพ็อกซี เรซิน เป็นโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้าง 3 มิติ ฝังตัวอยู่ในแมตริกซ์ของวัสดุที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า จึงมีคุณสมบัติต้านทานต่อสารละลายเคมีต่าง ๆสูงและมีความต้านทานต่อกรดดีถึงดีเยี่ยม เมื่อแข็งตัวแล้วจะขจัดออกจากพื้นผิวที่ติดอยู่ยาก เรซินที่มีฟิลเลอร์และแข็งตัวแล้วอย่างทั่วถึงเต็มที่ เมื่อต้องการขจัดออกจะต้องแช่ในสารละลายพิเศษเป็นเวลานานหลายวันถึงสัปดาห์

012945

ในทางการค้าสิ่งที่ช่วยขจัดเรซิน มีสารละลายเมทิลีน ไดคลอไรด์ (methylene dichloride) หรือสารละลายที่มีคลอรีน (chlorinated solvents) อื่น ๆ เป็นพื้นฐาน และมักมีสารที่มีอานุภาพกัดทำลายรุนแรงหรือกรดเข้มข้นเพื่อจะทำลายการยึดเหนี่ยวทางเคมี (chemical bonds) สารละลายที่มีลักษณะดังกล่าวเหมาะกับอีพ็อกซีที่แข็งตัวด้วยอะลิฟาติก เอมีน (aliphatic-amine cured epoxies) ส่วนอีพ็อกซีเรซินที่แข็งตัวด้วยอะโรมาติก เอมีน (aromatic-amine cured systems) และชนิดที่แข็งตัวด้วยแอนไฮดราย (anhydride-cured systems) แม้จะขจัดออกได้ก็ยากมาก โดยทั่ว ๆไปอีพ็อกซีที่แข็งตัวแล้วและมีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่าจะละลายยากกว่า

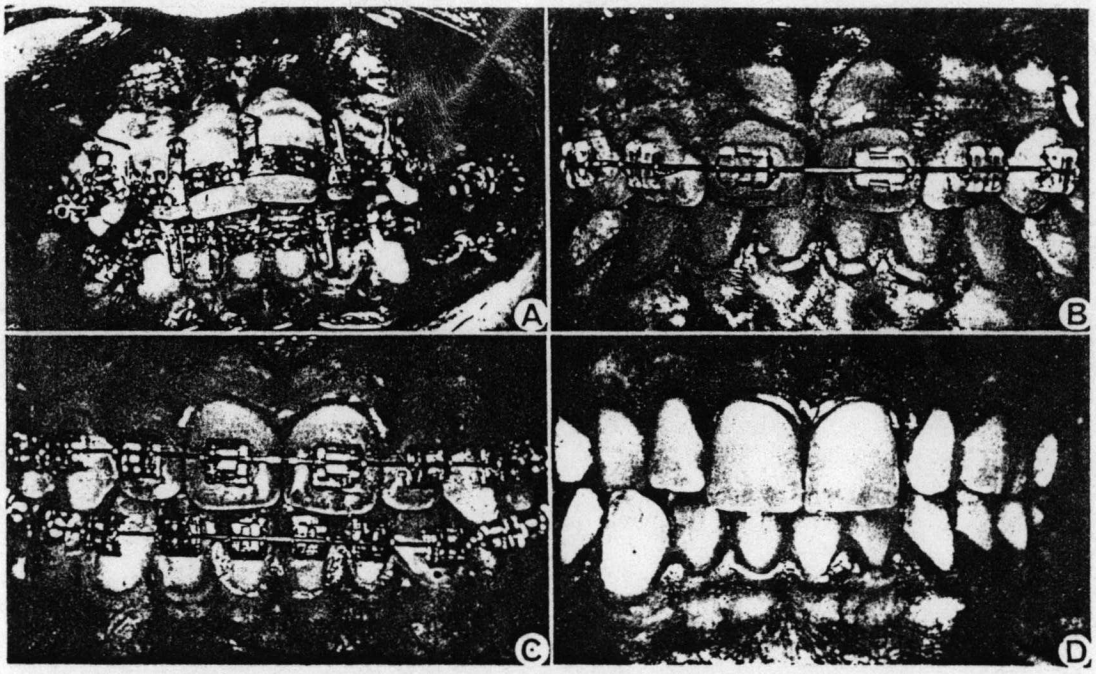
วัตถุหรือเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่เมื่อต้องการขจัดอีพ็อกซี เรซินที่ติดอยู่ออกอาจใช้ทรายเปา (sandblast) เรซินที่ไม่มีคลอรีนหรือมีน้อย วิธีขจัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ เผา โดยใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ควรให้มีการถ่ายเทอากาศเพียงพอ เพราะในขณะที่เผาเรซินจะทำให้เกิดควันดำและกลิ่นฉุน (31)

Wright (14) ศึกษาในห้องทดลองเพื่อประเมินผลของวิธีติดแบรกเกตซ้ำ 4 วิธี คือ การทำความสะอาดโดยใช้ความร้อน การทำความสะอาดโดยใช้น้ำยา การกรอฐานตะแกรงและวัสดุยึดให้ขรุขระ ด้วยหัวกรอหินสีเขียว (เพื่อให้เหมือนการติดแบรกเกตซ้ำ เมื่อการยึดติดล้มเหลวที่ระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด) การกรอวัสดุยึดที่ป้ายไว้ที่ฐานแบรกเกตหนา 1 มิลลิเมตรออกจนถึงฐานตะแกรงด้วยหัวกรอหินสีเขียว (เพื่อให้เหมือนการติดแบรกเกตซ้ำ เมื่อการยึดติดล้มเหลวในชั้นของวัสดุยึด) ใช้วัสดุยึดที่มีฟิลเลอร์ 4 ชนิด Concise และ Endur ซึ่งเป็นระบบที่มีเพสท์ 2 ชนิด Monolok ซึ่งเป็นระบบที่มีเพสท์เดียว และ Heliosit Orthodontic ซึ่งแข็งตัวด้วยแสง วัดความทนแรงดึง (tensile bond strength) โดยติดแบรกเกตกับทรงกระบอกทำด้วยพลาสติกแทนผิวฟัน พบว่า ความทนแรงดึงเริ่มต้นสูงสุดเมื่อใช้วัสดุยึด Concise Endur และ Monolok และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวัสดุยึดทั้ง 3 ชนิด

Arnold (11) ประเมินความทนแรงดึงของแผ่นยึด (pad) ของแบรกเกตที่ผ่านการทำความสะอาดแบบใช้ความร้อนด้วย Esmadent Bracket Reconditioner เปรียบเทียบกับความทนแรงดึงเริ่มต้น โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 4 กลุ่ม ตามประเภทของแผ่นยึด ได้แก่

ขนิดตะแกรง และขนิดเจาะให้เป็นร่องด้วยแสง (photoetched pad) และเรซินขนิดที่มีปริมาณฟิลเลอร์สูงและต่ำ พบว่าวัสดุยึดที่มีฟิลเลอร์สูง คือ Concise เมื่อใช้กับแผ่นยึดทั้ง 2 แบบ จะให้ความทนแรงดึงสูงกว่าวัสดุยึดที่มีฟิลเลอร์ต่ำ คือ Endur

<u>แบรกเกต</u>

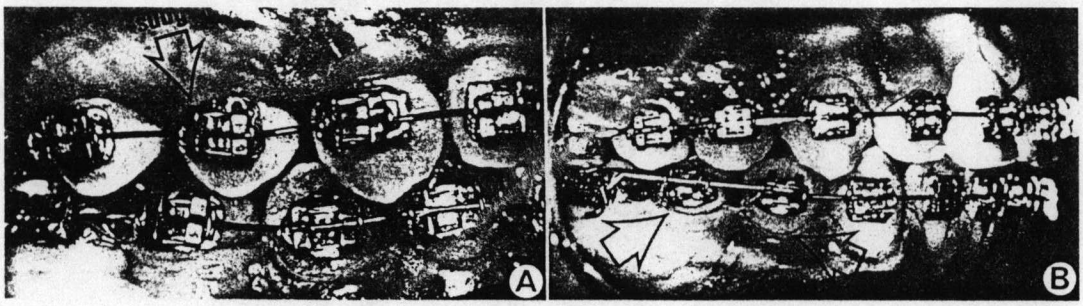


รูปที่ 6 เปรียบเทียบความสวยงามระหว่างปลอกโลหะรัดฟันและแบรกเกต
A ฟันที่มีปลอกโลหะครบพร้อมกับลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน B แบรกเกตพลาสติก
C แบรกเกตโลหะ D การติดเครื่องมือทางด้านใกล้ลิ้นของฟัน (3)

แบรกเกตโลหะ ถึงแม้จะมีความสวยงามน้อยกว่าแบรกเกตพลาสติก แต่เหนือกว่าปลอกโลหะรัดฟัน เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า (รูปที่ 6)

เมื่อติดเครื่องมือกับฟันแล้ว แบรกเกตโลหะให้ความเชื่อมั่นได้เกี่ยวกับการยึดติดทางกล (mechanical retention) วิธีที่จะทำให้เกิดการยึดติดคือใช้แผ่นตะแกรงขนิดถี่ (mesh gauze) นอกจากนี้ก็มีการเจาะฐานให้เป็นร่องด้วยแสง (Photoetched

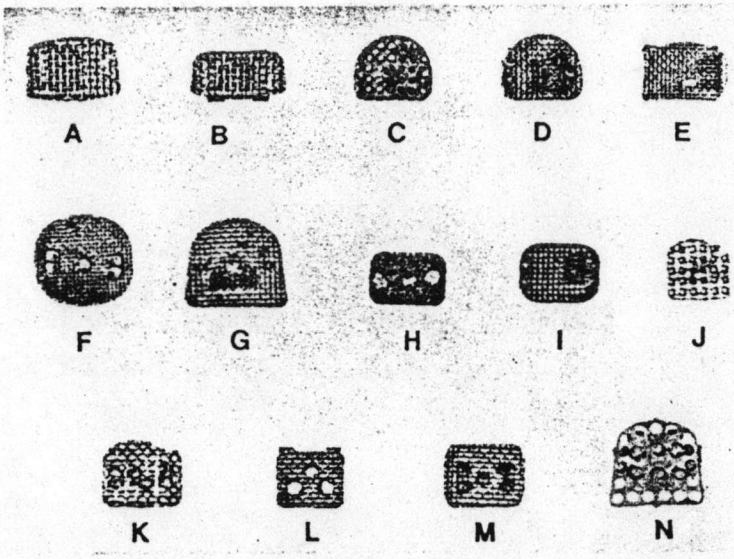
recessions) หรือการทำอันเดอร์คัตด้วยเครื่องจักร (machined undercuts) ส่วนแบรกเกตที่มีฐานเป็นรูไม่นิยมใช้ (3) เพราะมีความแข็งแรงยึดน้อยกว่าแบรกเกตที่มีฐานด้านหลังเป็นตะแกรง และถูกสุขลักษณะอนามัยน้อยกว่า (รูปที่ 7) เนื่องจากมีแผ่นคราบจุลินทรีย์มาสะสมบนวัสดุยึดที่ไหลผ่านออกมาตามรูบริเวณขอบ ๆ (21)



รูปที่ 7 แบรกเกตที่มีฐานเป็นรู บางครั้งมีการวางตำแหน่งลงไปใต้เหงือก (subg.) ซึ่งทำให้ความแข็งแรงยึดน้อย การออกแบบฐานของแบรกเกตฟันกรามน้อยควรทำให้มีรูปร่างตามขอบเหงือก (ศรชี้) ซึ่งทำให้รบกวนต่อเหงือกน้อยที่สุด (3)

เกี่ยวกับเรื่องความแข็งแรงยึดของแบรกเกตชนิดที่มีฐานด้านหลังเป็นตะแกรง ควรจะทำให้รูปร่างของฐานแบรกเกตใกล้เคียงกับผิวฟัน เพื่อให้มีส่วนของวัสดุยึดระหว่างฟันและแบรกเกตบางเท่า ๆกัน ใช้แบรกเกตที่มีฐานกว้างเพื่อเพิ่มบริเวณที่มีการยึดกัน ทำให้ลดอัตราของความล้มเหลวในการติดเครื่องมือ (4) แต่พื้นที่ของฐานแบรกเกตนี้น่าจะไม่ใช่ปัจจัยวิกฤต (3) (26) เนื่องจากการใช้ฐานโลหะที่เล็กสังเกตได้น้อยกว่าย่อมจะช่วยหลีกเลี่ยงการรบกวนต่อเหงือก นอกจากนี้ควรออกแบบให้มีรูปร่างตามขอบเหงือกด้วย (รูปที่ 7) อย่างไรก็ดีฐานไม่ควรจะเล็กกว่าปีกของแบรกเกต เพราะเมื่อเล็กมากเกินไปอาจทำให้ยากต่อการจัดตำแหน่งแบรกเกตให้เหมาะสมและทำให้มีอันตรายเกี่ยวกับการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization) ของเคลือบฟันรอบ ๆขอบแบรกเกต (3)

Dickinson และ Powers (26) เปรียบเทียบลักษณะการออกแบบฐาน (Design characteristics) ได้แก่ พื้นที่ที่มีการยึดติด (area of bonding) ขนาดตะแกรง (mesh size) และชนิด (type) ของแบรกเกตโลหะ 14 ชนิด (รูปที่ 8 และตารางที่ 1)



รูปที่ 8 แสดงฐานของแบรกเกตชนิดต่าง ๆ (26)

ที่จะมีผลต่อความทนแรงดึง โดยวัดความทนแรงดึงเมื่อใช้วัสดุยึด 2 ชนิด ใช้พื้นผิวพลาสติกและผิวฟันธรรมชาติสำหรับติดแบรกเกต พบว่าความทนแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ฐานชนิด E และชนิด B มีค่าความทนแรงดึงสูงสุด ฐาน N และ D มีค่าต่ำสุด ค่าความทนแรงดึงไม่ขึ้นกับพื้นที่ของฐาน (nominal area) และขนาดตะแกรง ความล้มเหลวของการยึดติดเมื่อใช้ฟันธรรมชาติและฐานชนิด E เกิดระหว่างฐานและวัสดุยึดทุกครั้ง

การศึกษาอื่น ๆที่ชี้ให้เห็นว่า มีปัจจัยต่าง ๆที่อาจมีความสำคัญต่อความแข็งแรงยึด ได้แก่ Sheykholeslam และ Brandt (27) ได้กล่าวถึงผู้ป่วยและทันตแพทย์ว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยึดติดของเครื่องมือบนผิวฟัน เช่น การควบคุมความชื้นขณะที่ติดเครื่องมือ การปนเปื้อนของน้ำและน้ำมันจากหัวลมเป่า

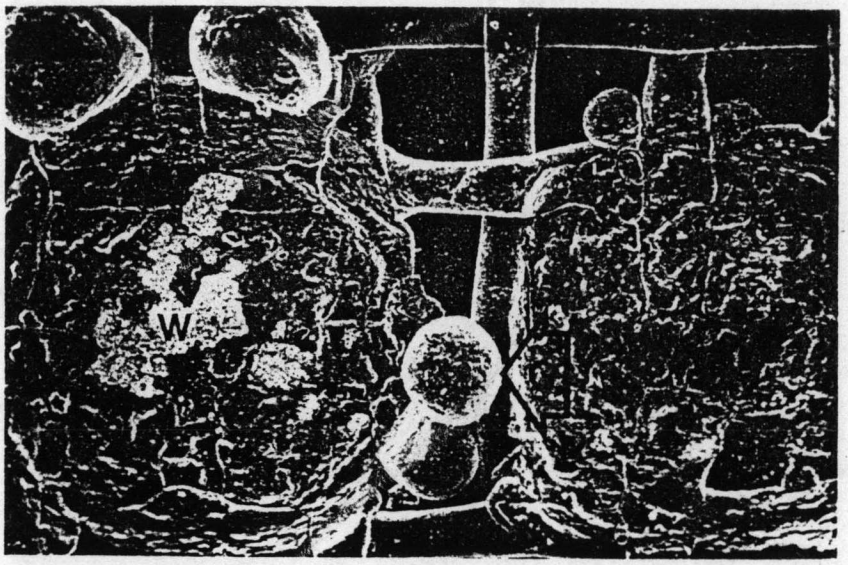
Buzzitta และคณะ (22) พบว่า ปริมาณของฟิลเลอร์และวัสดุที่ทำแบรกเกตมีผลต่อความแข็งแรงยึด

Jassem Retief และ Jamison (32) พบว่า วงจรอุณหภูมิ (temperature cycling) หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้น ๆลง ๆ ภายในช่องปาก มีผลลดความทนแรงดึงและความแข็งแรงเฉือน

Code	*Product*	*Catalog No.*	*Manufacturer*
A	Trim Line base	665-Base 002-008-Bracket	American Orthodontics 1714 Cambridge Ave. Sheboygan, Wis. 53081
B	Ultra-Trim Line base	663-Base 002-008-Bracket	American Orthodontics
C	Laminated perforated base	208-176-Base 280-104-Bracket	T.P. Laboratories, Inc. P.O. Box 73 La Porte, Ind. 46350
D	Laminated mesh base	210-357-Base 280-104-Bracket	T.P. Laboratories, Inc.
E	Mini-mesh base	300-0059-Base 100-3022-Bracket	Ormoco Corporation 1332 S. Lone Hill Ave. Glendora, Calif. 91740
F	Ormesh wide central	300-0031-Base 100-3022-Bracket	Ormco Corporation
G	Foil-mesh base	BB-320-Base EDG-6 0.022 × 0.028-Bracket	Masel Orthodontics Div. 3021 Darnell Rd. Philadelphia, Pa. 19154
H	Micro-Lok base	K232-CN-22-Base and bracket	GAC International, Inc. P.O. Box 374 Commack, N.Y. 11725
I	Lok-Mesh base	D-2205-Base A-0216-Bracket	Rocky Mountain Orthodontics P.O. Box 17085 Denver, Colo. 80217
J	Mini-Dyna Bond base	019-411-Base 001-377-Bracket	Unitek Corporation 2724 South Peck Rd. Monrovia, Calif. 91016
K	Dyna Bond base	019-311-Base 001-377-Bracket	Unitek Corporation
L	Micro-mesh base	Micro-mesh U-1-Base U1R-022/S-Bracket	"A"-Company. Inc. 11436 Sorrento Valley Rd. San Diego, Calif. 92121
M	Foil-mesh base	Foil-mesh U-1-Base U1R-022/S-Bracket	"A"-Company, Inc.
N	Peripheral perforated base	Perp.-perf. U-1-Base U1R-022/S-Bracket	"A"-Company, Inc.

ตารางที่ 1 รหัส, ผลิตภัณฑ์, เลขบัญชีรายชื่อ และผู้ผลิตฐานของแบรกเกตที่ใช้ทดสอบในการทดลองของ Dickinson และ Powers (26)

Dickinson และ Powers (26) Maijer และ Smith (33) ศึกษาในห้องทดลอง พบว่า จุดเชื่อม (weld spot) ที่ทำให้ฐานและแบรกเกตติดกันจะลดพื้นที่ที่เรซินยึดติดกับแบรกเกต ทั้งจุดเชื่อมและเวลด์สเปอร์หรือก็อบเบต (weld spur or gobbet) ที่พบในแบรกเกตที่มีด้านหลังของฐานแบรกเกตเป็นตะแกรงทำให้ความแข็งแรงยึดลดลง (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่ถ่ายใกล้ ๆให้เห็นจุดเชื่อมพร้อมก็อบเบต W, จุดเชื่อม G, ก็อบเบต (กำลังขยาย × 70) (33)

Maijer และ Smith (33) สรุปว่า ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้มีจุดเชื่อมบนขอบของฐานแบรกเกต เพราะจะทำให้การยึดของเรซินกับขอบตะแกรงไม่ดี การออกแบบฐานควรป้องกันไม่ให้มีการกักอากาศไว้ใต้ฐาน และพบว่าเมื่อใช้แบรกเกตที่มีฐานเป็นตะแกรงละเอียดชนิดถักสาน (woven mesh type) เรซินจะแทรกเข้าไปในตะแกรงดีที่สุด ทำให้มีความแข็งแรงยึดดีที่สุด ซึ่งต่างกับแนวความคิดของ Barrer (4) ที่แนะนำว่า ให้ใช้ฐานแบรกเกตชนิดตะแกรงหยาบ เพราะการขาดตอนของชั้นของวัสดุยึด (adhesive layer) น้อยกว่า โอกาสที่จะเกิดความเข้มข้นของหน่วยแรง (stress concentration) น้อยลง ความแข็งแรงยึดจึงสูงขึ้น

Reynold และ von Fraunhofer (24) พบว่า ความทนแรงดึงแปรตามชนิดของการยึดติดที่ฐานของเครื่องมือซึ่งอาจเป็นการยึดติดทางกลหรือทางเคมี (chemical retention) กลุ่มทดลองมีทั้งแบรกเกตโลหะ แบรกเกตพลาสติก และ button โลหะ เครื่องมือที่ทำด้วยโลหะจะมีความทนแรงดึงแปรตามการออกแบบให้มีการยึดติดทางกล

Arnold (11) พบว่า แผ่นยึดชนิดที่เจาะให้เป็นร่องด้วยแสงยึดติดแน่นกว่าแผ่นยึดชนิดตะแกรง

Mascia (13) ทำการทดลองเปรียบเทียบความแข็งแรงเฉือนของแบรกเกต 3 ชนิด คือ Ormco Slimline II ซึ่งด้านหลังของฐานแบรกเกตเป็นตะแกรง ขนาด 100 ต่อตารางนิ้ว แบรกเกต Unitek light wire ขนาด 80 ต่อตารางนิ้ว และแบรกเกต GAC ซึ่งมีอันเดอร์คัตกลม เมื่อทำความสะอาดด้วยวิธีของบริษัท Esmadent (ใช้ความร้อน) และบริษัท Ortho-Cycle (ใช้สารละลาย) พบว่า ความแข็งแรงเฉือนของแบรกเกตที่ทำความสะอาดแล้วแตกต่างจากความแข็งแรงเฉือนเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ลดลงเหลือ 65% ของความแข็งแรงเฉือนเริ่มต้นเมื่อใช้แบรกเกต Ormco ที่ทำความสะอาดด้วยวิธีของบริษัท Ortho-Cycle จนถึง 84% ของความแข็งแรงเฉือนเริ่มต้นเมื่อใช้แบรกเกต Unitek ที่ทำความสะอาดด้วยวิธีของบริษัท Esmadent และ Ortho-Cycle การทำความสะอาดมีผลต่อแบรกเกตแตกต่างกันขึ้นกับการออกแบบของฐานแบรกเกต

<u>การถอดแบรกเกต</u> (Debonding)

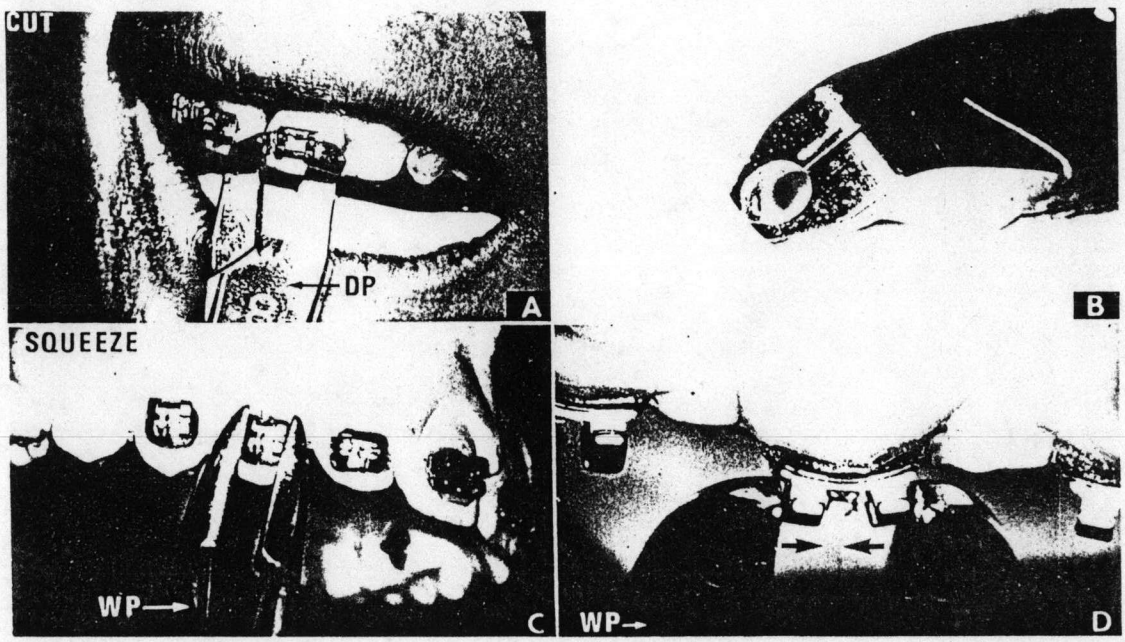
การถอดแบรกเกตมีวัตถุประสงค์เพื่อรื้อเครื่องมือและขจัดวัสดุยึดทั้งหมดออกจากฟัน และบูรณะพื้นผิวฟันให้ใกล้เคียงกับสภาพผิวฟันเดิมมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และไม่ให้มีความเสียหายที่เกิดจากทันตแพทย์ (iatrogenic damage)

วิธีการในคลินิกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การรื้อแบรกเกต
2. การขจัดวัสดุยึด

<u>การรื้อแบรกเกต</u> (Bracket Removal) การใช้คีมรื้อแบรกเกตออกจากตัวฟัน มีหลายวิธี ได้แก่

1. การใช้คีมปากคู่ (twin-beaked pliers) ตัด (cut) แบรกเกตออก โดยวางคีมให้ปลายของปากอยู่ที่ขอบด้านใกล้กลางและด้านไกลกลางของฐานแบรกเกตบริเวณรอยต่อระหว่างฟันกับฐานแบรกเกต (รูปที่ 10 A และ B) มีคีมหลายชนิดที่นำมาใช้รื้อแบรกเกตได้

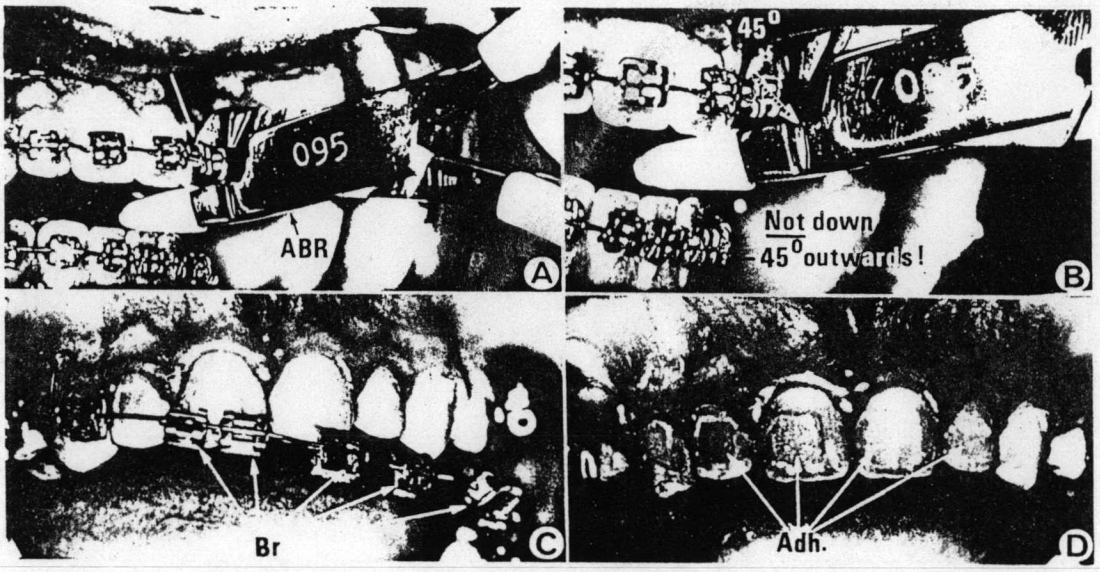


รูปที่ 10 การรื้อแบรกเกตด้วยการตัด รูป A และ B แสดงการรื้อแบรกเกตด้วยคีมถอดแบรกเกต (debonding plier) ที่วางระหว่างฟันกับฐานแบรกเกต การรื้อแบรกเกตด้วยแรงบีบ รูป C และ D ใช้คีม Weingart บีบปีกของแบรกเกต วิธีนี้นุ่มนวล แต่แบรกเกตมีสภาพไม่เหมาะที่จะนำมาทำความสะอาดอีก (3)

2. การใช้คีม Weingart บีบปีกของแบรกเกตในแนวใกล้กลางไกลกลาง (รูปที่ 10 C และ D) และยกแบรกเกตออกด้วยแรงปอก (peel force) วิธีนี้เป็นวิธีที่นุ่มนวลกว่าวิธีแรก เหมาะกับฟันซึ่งเปราะ โยกคลอน หรือฟันซึ่งเคยได้รับการรักษารากฟันมาแล้ว แต่แบรกเกตซึ่งรื้อออกมาด้วยวิธีนี้จะบิดเบี้ยว ผิดรูปร่าง ไม่เหมาะที่จะนำมาทำ

ความสะอาดอีก และการแตกหักมักจะเกิดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกต มีวัสดุยึดติดอยู่บนเคลือบฟัน

3. การใช้คีมถอดปลอกโลหะรัดฟันหน้า (anterior band remover) เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่และไม่ทำให้แบรกเกตเสียรูปร่าง (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 วิธีใหม่ในการรื้อแบรกเกตโดยใช้คีมถอดปลอกโลหะรัดฟันหน้า (ABR) A ทำในขณะที่ลวดจัดฟันยังอยู่ในปากของผู้ป่วย B จับแบรกเกตทีละตัวแล้วยกออกภายนอกทำมุม 45 องศา C วิธีนี้นุ่มนวลและแบรกเกต (Br) ที่รื้อออกมามีสภาพดีเหมาะสมที่จะทำความสะอาด D วัสดุยึด (Adh) ส่วนมากจะติดอยู่ที่ฟัน (3)

ทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมา ใช้แรงซึ่งมีลักษณะเป็นแรงปอก (peeling-type force) ซึ่งมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการทำให้บอนด์แตกหัก การรื้อแบรกเกตโดยใช้แรงเฉือน (เช่นเดียวกับการรื้อปลอกโลหะรัดฟัน) จะทำให้ผู้ป่วยเจ็บปวดและมีศักยภาพในการทำลายเคลือบฟัน (3)

Gwinnett และ Gorelick (34) ศึกษาวิธีรื้อแบรกเกต โดยใช้คีมตัดลวดคม ๆ วางตรงรอยต่อระหว่างแบรกเกตกับผิวฟัน ออกแรงดึงแบบแรงปอก แบรกเกตจะหลุดออกโดยมีเรซินติดทั้งที่แบรกเกตและที่ฟัน แล้วใช้เครื่องมือขจัดเรซินที่ติดที่ผิวฟันออกให้มากที่สุด

การรื้อแบรกเกตที่ติดกับฟันด้วยเรซินที่มีฟิลเลอร์สูงและเรซินที่ไม่มีฟิลเลอร์ วิธีการเช่นเดียวกัน แต่เรซินที่ไม่มีฟิลเลอร์รื้อได้ง่ายกว่า ใช้แรงน้อยกว่า และไม่ทำอันตรายต่อผิวฟัน

Newman (35) การรื้อแบรกเกตให้ใช้คีม ETM คีม#347 RM หรือคีมตัดลวด โดยวางขอบด้านตัดที่ปลายด้านใกล้กลางและไกลกลางของแบรกเกต แล้วบิดด้วยแรงปอก

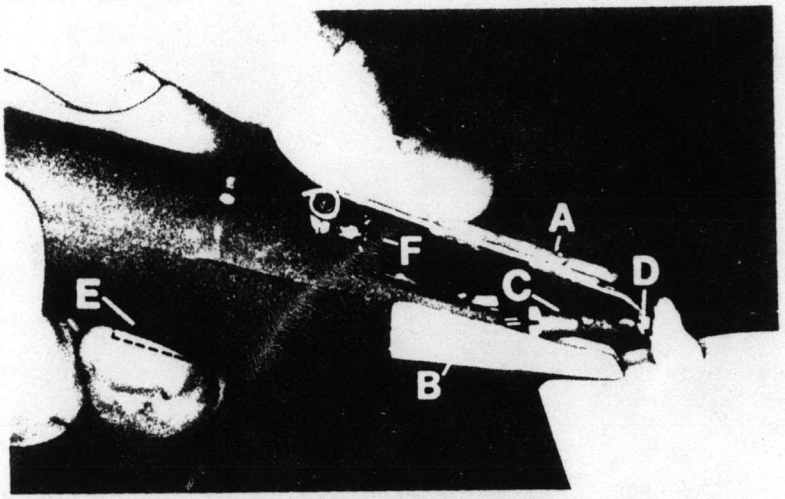
Sheridan Brawley และ Hastings (36) เสนอวิธีรื้อแบรกเกตโดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermic debracketing) (ETD) อันเป็นวิธีใหม่ โดยใช้เครื่องมือซึ่งเป็นแบตเตอรีไม่มีสาย (cordless battery device) ที่ให้กำเนิดความร้อน และส่งผ่านไปยังแบรกเกตทางแผ่นโลหะ (blade) ซึ่งวางอยู่ในร่องแบรกเกต การจับแบรกเกตให้กระชับมั่นอาศัยส่วนของเครื่องมือซึ่งกระตุ้นด้วยนิ้ว (thumb-activated lock-on arm) ความร้อนที่ให้กับแบรกเกตจะละลาย (deform) วัสดุยึดที่ติดกับแบรกเกต (adhesive-bracket interface) ทำให้ยกแบรกเกตออกมาจากผิวเคลือบฟันได้ง่าย การศึกษาทั้งในห้องทดลองและในผู้ป่วย พบว่า แบรกเกตที่รื้อออกมาไม่บิดเบี้ยวและไม่เกิดแรงที่เคลือบฟันมากเกินไป อันอาจเกิดอันตรายต่อฟัน เช่นการใช้แรงเฉือนหรือแรงกด (shearing or compression forces) ในการรื้อแบรกเกตด้วยวิธีตามแบบธรรมดา (conventional debracketing techniques) ความร้อนที่ใช้ไม่ทำให้เกิดพยาธิสภาพต่อตัวฟัน นอกจากนี้แบรกเกตที่รื้อออกมาจะไม่มีวัสดุยึดติดค้างอยู่ในตะแกรง (adhesive-free mesh) เมื่อจะนำไปใช้ใหม่จึงต้องการการทำความสะอาดน้อยที่สุด (รูปที่ 12)

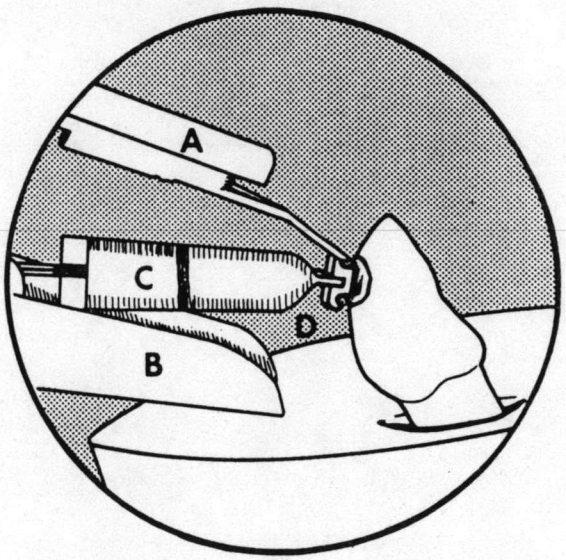
<u>การขจัดเรซิน</u> การขจัดเรซินทำได้ 2 วิธี

1. ขูดออกด้วยคีมถอดปลอกโลหะรัดฟันที่มีความคมเป็นพิเศษหรือคีมรื้อแบรกเกต (supersharp band or bond removing pliers) หรือเครื่องมือขูดหินปูน (scaler) (37)

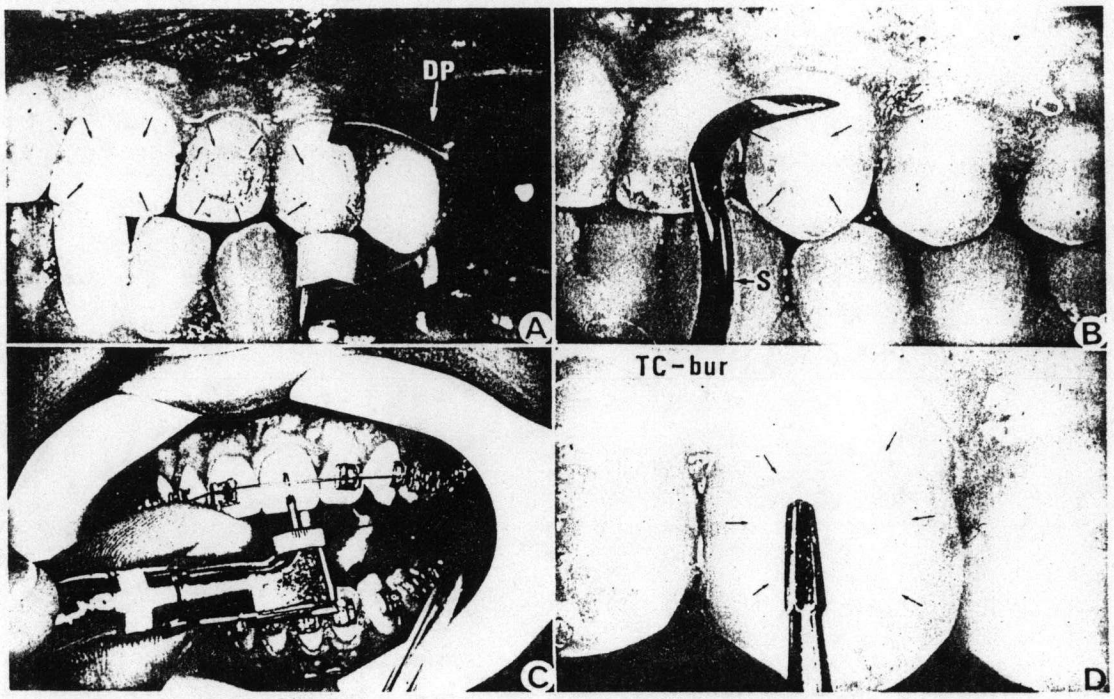
2. ใช้หัวกรอและเครื่องกรอชนิดหักมุม (contraangle) ที่เหมาะสม

วิธีแรก (รูปที่ 13 A และ B) ขจัดเรซินได้รวดเร็วและเหมาะกับฟันที่มีลักษณะโค้งนูน คือ ฟันกรามน้อยและฟันเขี้ยว แต่จะมีประโยชน์น้อยลงเมื่อใช้กับฟันหน้าที่เรียบแบน วิธีนี้มีโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนผิวฟัน





รูปที่ 12 แสดงภาพและแผนภาพของเครื่อง ETD เมื่อใส่อยู่ในร่องแบรกเกต A ส่วนของเครื่องมือซึ่งช่วยในการจับแบรกเกตให้กระชับมั่นโดยกระตุ้นด้วยนิ้ว จับอยู่ที่ปีกแบรกเกตด้านใกล้ปลายฟัน (incisal wings) B แผ่นกันริมฝีปาก C ส่วนที่ให้กำเนิดความร้อน D แผ่นโลหะมีตำแหน่งอยู่ในร่องแบรกเกต E ปุ่มกดให้เครื่องส่งผ่านความร้อน F ปุ่มไฟซึ่งแสดงว่ามีการส่งผ่านความร้อน (36)



รูปที่ 13 การขจัดเรซินภายหลังจากรื้อแบรกเกต A และ B ขูดด้วยคีมถอดปลอกโลหะรัดฟันหรือคีมรื้อแบรกเกต (DP) หรือเครื่องมือขูดหินปูน (S) C และ D ส่วนที่ขูดออกยากใช้หัวกรอทังสเตน คาร์ไบด์ ความเร็ว 30,000 รอบต่อนาที (3)

วิธีที่เหมาะกับฟันหน้า คือ การใช้หัวทังสเตน คาร์ไบด์ ที่มีรูปร่างกลมปลายเรียว (dome-tapered tungsten carbide) และมีขนาดเหมาะสม (เบอร์ 1172, 1171 หรือ 1171 L) ร่วมกับเครื่องกรอชนิดหักมุม (รูปที่ 13 C และ D) (3) ความเร็วของเครื่องกรอที่พอเหมาะในการขจัดเรซินได้รวดเร็วโดยไม่ทำอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน ประมาณ 30,000 รอบต่อนาที (38) การกรอควรให้มีลักษณะป้ายเบา ๆ (light painting movements) เพื่อไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนบนเคลือบฟัน ความเร็วของเครื่องกรอที่มากกว่านี้อาจมีประโยชน์ในการขจัดเรซินที่มีปริมาณมาก แต่ห้ามใช้เมื่อกรอเข้าใกล้เคลือบฟัน เพราะมีโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้ผิวเคลือบฟันเสียไป ความเร็วของเครื่องกรอเพียง 10,000 รอบต่อนาที หรือน้อยกว่า ไม่มีประสิทธิในการขจัดเรซิน และการสั่นสะเทือนของหัวกรอที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้ผู้ป่วยไม่สบาย เมื่อกรอขจัดเรซินเข้าใกล้เคลือบฟันไม่ควรใช้น้ำหล่อลื่นเพราะจะ

ทำให้เห็นความแตกต่างของเรซินและเคลือบฟันน้อยลง (34) (38) เมื่อขจัดเรซินออกหมดแล้วขัดผิวฟันด้วยผงขัด (pumice)

การขจัดเรซินที่มีฟิลเลอร์ให้ดีพอ โดยทั่วไปต้องใช้เครื่องกรอ (rotary instrumentation) การสูญเสียเคลือบฟันประมาณ 10-25 ไมโครเมตร (μm) (3)

Pus และ Way (39) พบว่า การใช้หัวกรอความเร็วสูงและหัวยางขัดสีเขียวทำให้สูญเสียเคลือบฟัน 20 ไมโครเมตร เมื่อใช้หัวกรอทังสเตน คาร์ไบด์ ความเร็วต่ำทำให้สูญเสียเคลือบฟัน 10 ไมโครเมตร เมื่อใช้เรซินที่มีฟิลเลอร์อาจทำให้สูญเสียเคลือบฟันไปทั้งหมดประมาณ 30-60 ไมโครเมตร ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ในการขัดฟันและถอดแบรกเกต (40)

โดยปกติความหนาของเคลือบฟันที่ใช้ติดเครื่องมือประมาณ 1500-2000 ไมโครเมตร เกี่ยวกับการสูญเสียเคลือบฟันเมื่อมีการถอดเครื่องมือไม่มีความสำคัญเมื่อเทียบกับความหนาทั้งหมด แม้การถอดเครื่องมือจะทำให้สูญเสียเคลือบฟันชั้นนอกสุดซึ่งมีความต้านทานต่อการเกิดฟันผุและมีฟลูออไรด์อยู่มาก ก็จะไม่เกิดฟันผุตราบใดที่ทำให้ผิวฟันยังคงเรียบและมีการทำความสะอาดได้เอง (self-cleansing) ภายหลังถอดเครื่องมือแล้ว (41) (42) เช่นเดียวกัน Zachrisson (43) พบว่า แม้จะกรอฟันเขี้ยว (canines) ให้มีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปจนคล้ายฟันหน้าตัดข้าง (lateral incisors) ก็จะไม่เกิดผลข้างเคียงทั้งทางฮิสโตและทางคลินิก ตราบใดที่พื้นผิวฟันนั้นเรียบและมีการใช้น้ำหล่อขณะที่กรอฟันมากพอ ในกรณีเช่นนี้ความหนาของเคลือบฟันลดลงครึ่งหนึ่ง

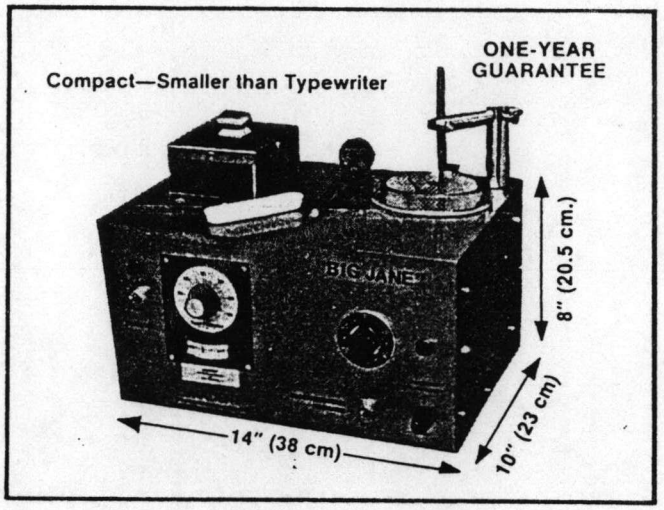
<u>วิธีทำความสะอาดไดเรกบอนด์แบรกเกต</u>

บริษัทที่รับทำความสะอาดเพื่อการค้าในต่างประเทศและลงโฆษณาในวารสาร มีทั้งหมด 5 บริษัท แต่บริษัทที่เปิดเผยข้อมูลในการทำความสะอาดมีเพียง 2 บริษัท ซึ่งทั้ง 2 บริษัท มีหลักในการทำความสะอาดที่ต่างกัน

1. วิธีทำความสะอาดของบริษัท Esmadent (5)

หลัก ใช้ความร้อนขจัดเรซิน แล้วทำความสะอาดเครื่องมือด้วยเครื่องอุลตราโซนิก และขัดมันด้วยกระแสไฟฟ้า

บริษัทนี้รับทำความสะอาดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันต่าง ๆนอกเหนือจากแบรกเกต และจำหน่ายเครื่องมือทำความสะอาด ตลอดจนน้ำยาช่วยทำความสะอาดและขัดมันด้วย



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 14 เครื่องมือทำความสะอาดและขัดมันแบรกเกต Big Jane รุ่น E 3762 (5)

เครื่องมือทำความสะอาดและขัดมันแบรกเกต (Big Jane E 3762) (รูปที่ 14) เป็นเครื่องระบบอัตโนมัติในการตั้งเวลาและควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย เตาเผา (Furnace) และหน่วยขัดมัน (Polishing cell) ส่วนของเตาเผาใช้เพื่อขจัดเรซินจากแบรกเกต และทำกรรมวิธีถ่ายความร้อน (heat treatment) ให้ลวดโค้ง (arch wires) อุณหภูมิที่ต้องการควบคุมนั้นเลือกได้ ในหน่วยขัดมันมีเครื่องจับ (Holding devices) ซึ่งสามารถจับชิ้นงานต่าง ๆได้หลายแบบ

การทำความสะอาดแบรกเกตมีขั้นตอนดังนี้

1.1 การใช้ความร้อนขจัดเรซิน (heat treatment) เปิดเตาเผาตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 850 องศา ฟาเรนไฮต์ (° F) เมื่อเข็มของมาตรอยู่ที่ "0" ใส่แบรกเกต 100 อัน ในเบ้าเซรามิก แล้วใช้คีมจับหย่อนลงในเตาเผา 60 นาที ให้เปิดฝาเตาเผาเป็นเวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปิดฝาให้เข้าที่เสมอ แบรกเกตบางตัวอาจใช้เวลาเผานานขึ้นหลีกเลี่ยงการสูดหายใจกลิ่นที่เกิดระหว่างการเผา อาจเผาแบรกเกตมากกว่า 100 อัน ถ้าใช้เบ้าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 15 ก)

1.2 การใช้น้ำยาละลายซีเมนต์ (treatment in cement solvent) ใส่น้ำยาละลายซีเมนต์สูง 2 นิ้ว ในถ้วยแก้ว (beaker) เมื่อเผาแบรกเกตเสร็จแล้ว เปิดฝาเตาเผา ใช้คีมจับเบ้า เทแบรกเกตลงในน้ำยาทันที เรซินจะแตกตัวหลุดออกจากตะแกรงได้ดี (รูปที่ 15 ข)

1.3 การทำความสะอาดในเครื่องอุลตราโซนิก (Ultrasonic treatment) ใส่ถ้วยแก้วพร้อมแบรกเกตลงในเครื่องอุลตราโซนิก เปิดเครื่องเป็นเวลา 10-15 นาที ถ้าไม่มีเครื่องอุลตราโซนิกให้แช่แบรกเกตทิ้งไว้ค้างคืน (รูปที่ 15ค)

1.4 การทำแบรกเกตให้แห้ง (drying of brackets) เทน้ำยาละลายซีเมนต์กลับคืนใส่ขวด (ใช้ได้ใหม่) (รูปที่ 15 ง)

1.5 เติมน้ำประปาร้อนลงในถ้วยแก้วเพื่อล้างน้ำยาออก แผ่แบรกเกตที่ล้างแล้วบนกระดาษเพื่อให้แห้ง ซึ่งขั้นตอนนี้มีความจำเป็นมาก (รูปที่ 15 จ)

1.6 การขัดมันแบรกเกต (polishing of brackets) การใช้เตาเผาที่ควบคุมไว้จะทำให้เกิดฟิล์มสีน้ำตาลดำเพียงเล็กน้อย ขจัดฟิล์มนี้และขัดมันแบรกเกตในหน่วยขัดมัน โดยใส่แบรกเกต 10-12 อันไว้ในตะกร้าซึ่งจับยึดไว้ด้วยแขน (arm) แล้วจุ่มตะกร้าลงในของเหลวอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ขัดมัน ขันสกรูให้แน่น ขัดมันเป็นเวลา 20-30 วินาที ควรแผ่กระจายแบรกเกตไม่ให้กองรวมกัน ถ้าใส่แบรกเกต 20-25 อัน ให้เพิ่มเวลาเป็น 2 เท่า (รูปที่ 15 ฉ)

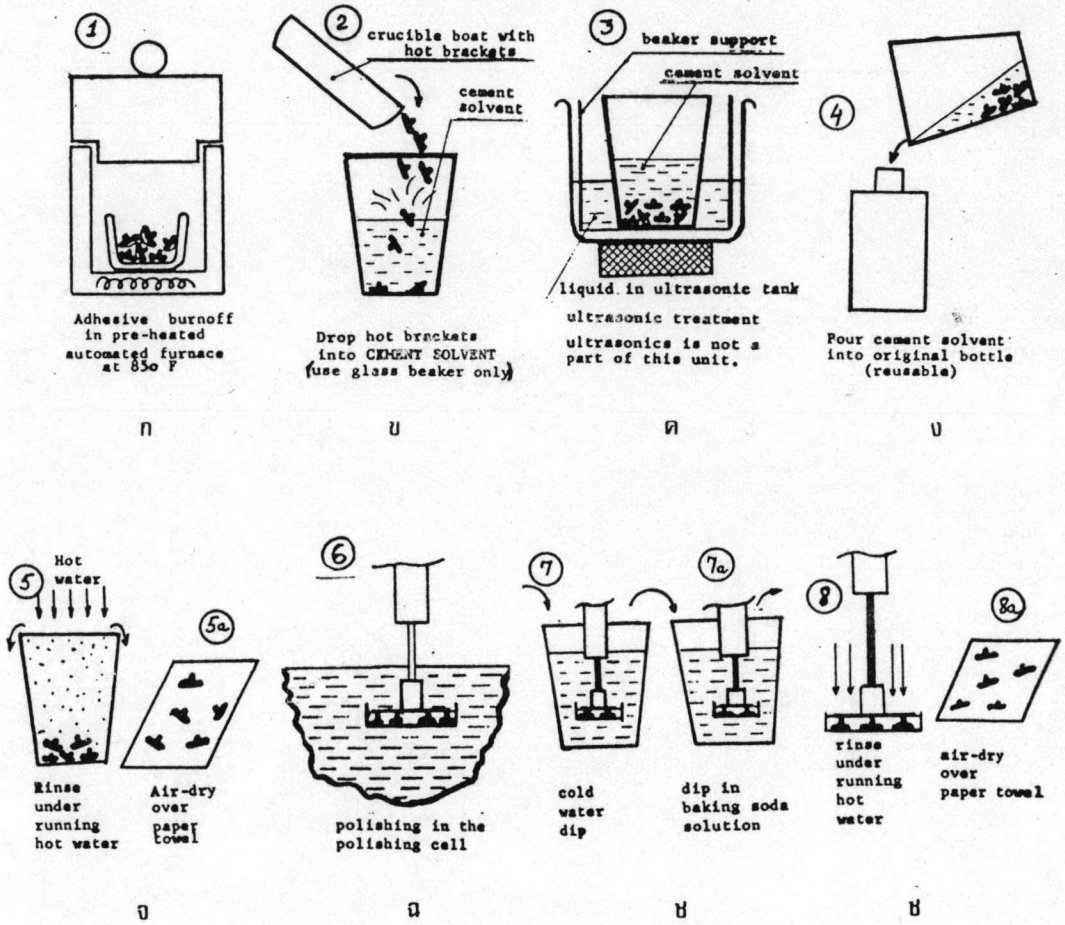
1.7 เพื่อให้แบรกเกตที่ทำความสะอาดแล้วยึดติดกับเรซินได้ดี ต้องล้างอิเล็กโทรไลต์ออก โดยจุ่มแบรกเกตลงในถ้วยแก้วที่มีน้ำ ต่อไปจุ่มลงในน้ำโซดาเพื่อทำให้อิเล็กโทรไลต์เป็นกลาง (ผงโซดา 1 ช้อนชาต่อน้ำ 1 ถ้วย) (รูปที่ 15 ช)

1.8 ล้างแบรกเกตด้วยน้ำประปาร้อน (จะได้ผลดียิ่งขึ้น ถ้าล้างแบรกเกตด้วยน้ำร้อนโดยใช้เครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก) ผึ่งแบรกเกตให้แห้งบนกระดาษ (รูปที่ 15 ช)

แบรกเกตบางอันอาจยังคงมีรอยหมองบางส่วนภายหลังจากทำความสะอาดแล้ว ตะแกรงและฐานจะดูมันวาว แต่ส่วนอื่น ๆยังคงหมอง อาจเนื่องจากส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นทำจากโลหะผสมชนิดอื่นที่มิใช่เหล็กกล้าไร้สนิม 304 ขจัดรอยหมองเหล่านี้ออกได้ด้วย

น้ำยาขจัดรอยหมองร่วมกับเครื่องอุลตราโซนิก ตามด้วยน้ำโซดาและน้ำร้อน

ควรแยกความแตกต่างให้ออกระหว่างรอยหมองดังกล่าวและรอยหมองที่เกิดเนื่องจากสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ไม่ทั่วถึง (poor contact) ระหว่างขัดมัน ซึ่งตะแกรงของแบรกเกตจะหมองด้วย และสีจะดูเป็นน้ำตาลดำมากกว่า



รูปที่ 15 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำความสะอาดแบรกเกตชนิดที่มีฐานเป็นตะแกรง ก. การใช้ความร้อนอุณหภูมิ 850 องศาฟาเรนไฮต์เผาไล่เรซินออกจากแบรกเกต ข. การใช้น้ำยาละลายซีเมนต์ ค. การทำความสะอาดแบรกเกตในเครื่องอุลตราโซนิก ง. เทน้ำยาละลายซีเมนต์กลับคืนใส่ขวด จ. การล้างแบรกเกตและการทำให้แห้ง ฉ. การขัดมันแบรกเกต ช. การล้างอิเล็กโทรไลต์ออกจากแบรกเกต ซ. การล้างแบรกเกตและการทำให้แห้งเป็นครั้งสุดท้าย (5)

2. วิธีทำความสะอาดของบริษัท Ortho-Cycle (6)

ให้รายละเอียดเพียงข้อเสียของการใช้ความร้อนในการทำความสะอาดแบรกเกต และเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อดีของการทำความสะอาดโดยไม่ใช้ความร้อน น้ำยาที่บริษัทนี้ใช้ในการขจัดเรซินแทนการใช้ความร้อนไม่เป็นที่เปิดเผย รายละเอียดขั้นตอนการทำความสะอาดต่อไปนี้รวบรวมได้มาจากการศึกษาทดลองที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดแบรกเกตซึ่งระบุขั้นตอนการทำความสะอาดของบริษัท Ortho-Cycle ไว้ในส่วนวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง และวัสดุและวิธีการ ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการติดต่อส่วนบุคคลระหว่างผู้ทำการวิจัยเหล่านั้นกับบริษัท

2.1 ขจัดเรซินออกจากแบรกเกตด้วยน้ำยาร่วมกับการใช้การสั่นสะเทือนความถี่สูง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

2.2 ทำความสะอาดให้ปราศจากเชื้อ (sterilization) ด้วยความร้อน 250 องศาเซลเซียส

2.3 ขัดมันด้วยไฟฟ้าเป็นเวลาสั้น ๆ (flash electropolishing)

Mascia (13) พบว่า มีความแตกต่างของความแข็งแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้แบรกเกต Ormco ที่ทำความสะอาดโดยบริษัท Ortho-Cycle และบริษัท Esmadent แต่เมื่อใช้แบรกเกตอีก 2 ชนิด คือ แบรกเกต Unitek และแบรกเกต GAC พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Hixson (8) ใช้แบรกเกตของ 3 บริษัท ประเมินหาการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่จะทนแรงบิดจากลวดเหลี่ยมของแบรกเกต ภายหลังทำความสะอาดมาแล้ว 2 ครั้ง ด้วยวิธีต่างกัน 3 วิธี คือ วิธีของบริษัท Esmadent Ortho-Cycle และ Century 2001 ซึ่งบริษัท Century 2001 ใช้น้ำยาเพื่อเปลี่ยนกลับ (reverse) การสังเคราะห์เรซินและทำความสะอาดตะแกรงของแบรกเกต พบว่า การทำความสะอาดทั้ง 3 วิธี ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่จะทนแรงบิดจากลวดเหลี่ยมของแบรกเกตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากสูงสุดประมาณ 3 องศา

Wright (14) พบว่า ไม่มีความแตกต่างของความทนแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำความสะอาดแบรกเกตด้วยวิธีของบริษัท Esmadent ซึ่งใช้ความร้อนใน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การขจัดเรซิน และวิธีของบริษัท Ortho-Cycle ซึ่งใช้น้ำยาในการขจัดเรซิน

ผลข้างเคียงที่เกิดจากการทำความสะอาดแบรกเกต

1. การเปลี่ยนแปลงความสามารถของแบรกเกตในการยึดติดกับฟัน การศึกษาทางด้านนี้เป็นการศึกษาในห้องทดลองทั้งหมด โดยศึกษาแรงดึง (tensile force) และแรงเฉือน (shear force)

Arnold (11) พบว่า การทำความสะอาดไม่ทำให้ความทนแรงดึงของแผ่นยึดทั้ง 2 แบบที่ใช้ในการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Higgins (12) ตรวจสอบผลของการทำความสะอาดแบบใช้ความร้อนต่อความทนแรงดึงภายใต้สมมุติฐานที่ว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตะแกรงทางด้านหลังของฐานแบรกเกตที่ลดลง ภายหลังการขัดมันด้วยกระแสไฟฟ้า มีผลต่อการยึดติดที่เกิดระหว่างพื้นผิวตะแกรงกับเรซิน Higgins ใช้แบรกเกตที่มีตะแกรงบัดกรีด้วยทองเหลืองติดกับฟันเพื่อหาความทนแรงดึงก่อนและหลังทำความสะอาดด้วยเครื่อง Esmadent Bracket Reconditioner แบรกเกตแต่ละตัวผ่านการทำความสะอาดรวม 6 ครั้ง และใช้ฟันซี่ใหม่สำหรับติดแบรกเกตทุกครั้ง พบว่า ความทนแรงดึงเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างจำนวนครั้งที่ทำความสะอาด และความทนแรงดึงของแบรกเกต

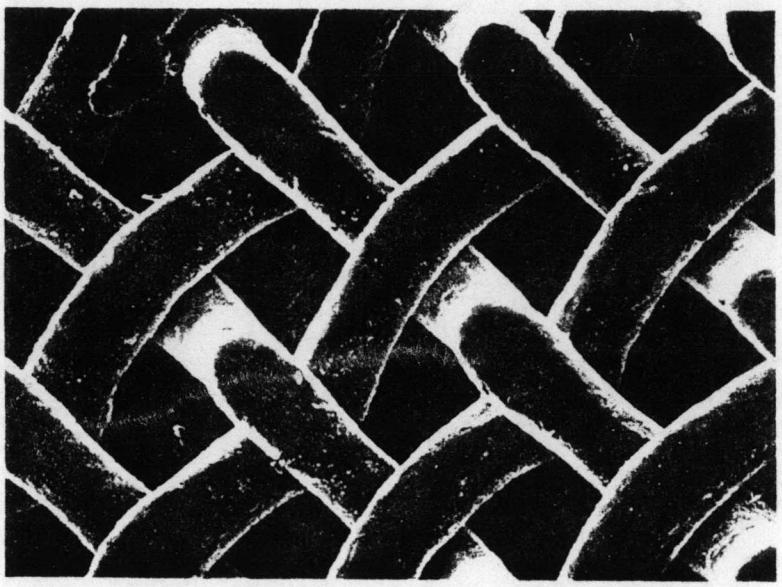
Wheeler (10) ศึกษาผลของการทำความสะอาดโดยใช้ความร้อน (Esmadent Bracket Reconditioner) ต่อการยึดติดของแบรกเกตชนิดที่มีฐานเป็นตะแกรง โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดที่ใช้ทำตะแกรง และแรงดึงที่ทำให้แบรกเกตหลุดจากฟันก่อนและหลังการทำความสะอาด พบว่า แรงดึงของแบรกเกตใหม่มีค่ามากกว่าแรงดึงของแบรกเกตที่ทำความสะอาดมาแล้ว ร้อยละ 6 และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตะแกรงที่ลดลงไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง ความทนแรงดึงเริ่มต้นและภายหลังการทำความสะอาด

Wright (14) พบว่า การเตรียมแบรกเกตเพื่อติดซ้ำทุกวิธีซึ่งรวมการทำความสะอาดแบรกเกตด้วยนั้น ทำให้ความทนแรงดึงของแบรกเกตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. สภาพด้านหลังของฐานแบรกเกต เป็นส่วนของแบรกเกตที่สนใจศึกษาเพราะมีตะแกรงโลหะ หรืออันเดอร์คัตที่ทำไว้เพื่อช่วยให้เรซินติดแน่นกับแบรกเกต

การศึกษาของ Wright (14) พบว่า

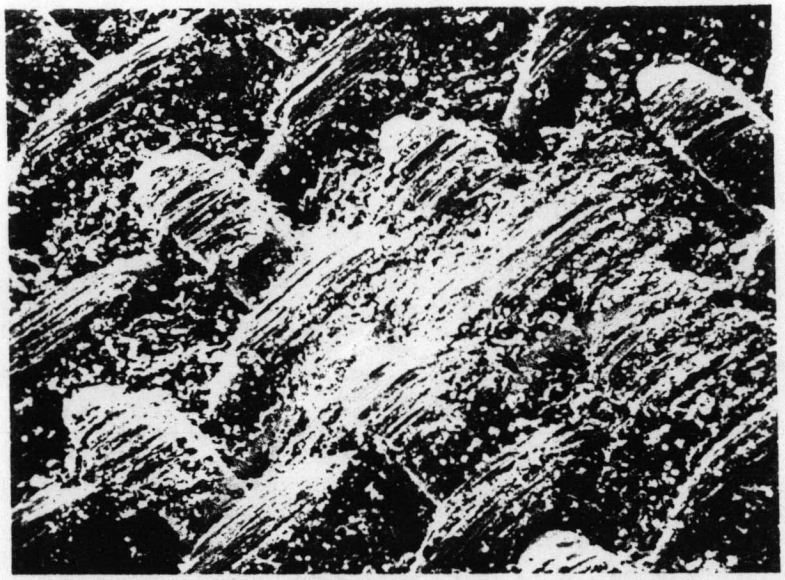
1. เมื่อทำความสะอาดแบรกเกตโดยใช้ความร้อนและสารเคมี แล้วถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ฐานของแบรกเกตสะอาดเท่าเทียมกันและเหมือนกับแบรกเกตใหม่ (รูปที่ 16)



รูปที่ 16 ฐานของแบรกเกตใหม่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (กำลังขยาย 80 เท่า) (14)

2. ภาพถ่ายแบรกเกตที่เตรียมเพื่อติดซ้ำโดยใช้หัวกรอหินสีเขียวกรอเรซินที่เหลือ พบว่าบริเวณที่เรซินแตกหักมีทั้งอยู่เหนือและใต้ระดับของตะแกรง ทั้งเรซินและตะแกรงโลหะถูกกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว และมีเรซินบางบริเวณไม่ถูกกรอ (รูปที่ 17)

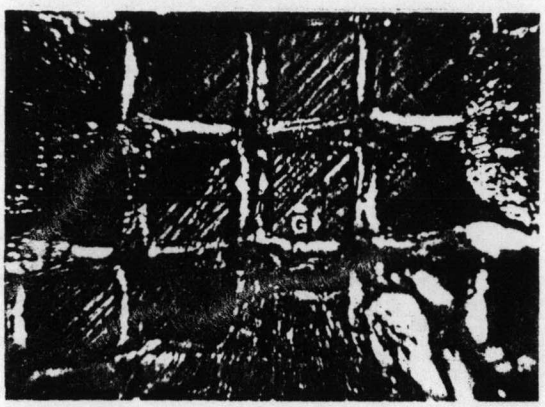
3. ภาพถ่ายฐานแบรกเกตที่ทาเรซินไว้หนา 1 มิลลิเมตร และเตรียมเพื่อติดซ้ำ โดยใช้หัวกรอหินสีเขียวกรอจนเห็นตะแกรง พบว่า กรอไม่ถูกโลหะ (รูปที่ 18)



รูปที่ 17 ฐานแบรกเกตที่เตรียมเพื่อติดซ้ำโดยกรอตะแกรงด้วยหัวกรอหินสีเขียว (กำลังขยาย 80 เท่า) (14)

รูปที่ 18 ฐานแบรกเกตที่เตรียมสำหรับติดซ้ำโดยกรอเรซินที่ติดอยู่ (ทาไว้หนา 1 มิลลิเมตร) ด้วยหัวกรอหินสีเขียว (กำลังขยาย 80 เท่า) (14)

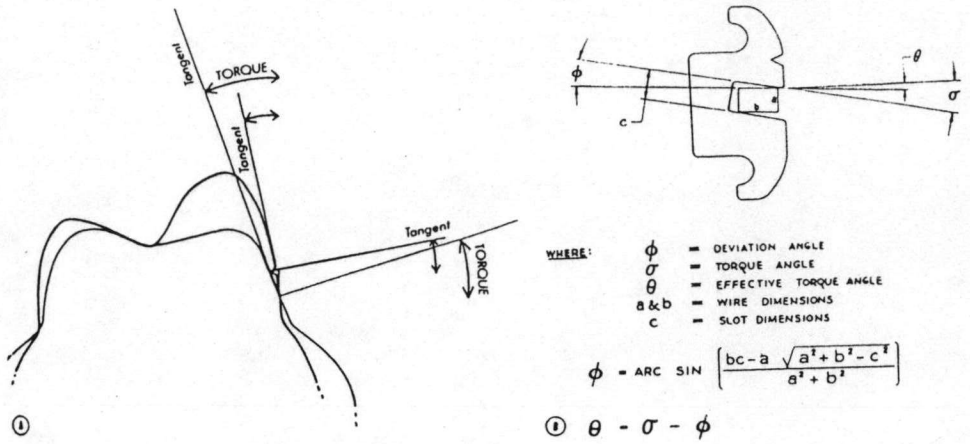
Chapman (7) และ Wheeler (10) ศึกษาภาพถ่ายของตะแกรงทางด้านหลังของฐานแบรกเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์เคลื่อนที่ (travelling microscope) และกล้องจุลทรรศน์สองตา (binocular light microscope) ตามลำดับ (รูปที่ 19) พบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตะแกรงลดลงทำให้ขนาดของช่องตะแกรงใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นผลจากขั้นตอนการทำความสะอาด



รูปที่ 19 แผ่นตะแกรงของฐานแบรกเกต ลูกศรชี้ตำแหน่งที่วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตะแกรง ไมโครมิเตอร์กริด (G) อยู่ต่างกับระนาบโฟกัสเล็กน้อย (กำลังขยาย 40 เท่า แต่การวัดที่แท้จริงทำที่กำลังขยาย 100 เท่า) (10)

3. การเปลี่ยนแปลงขนาดของร่อง (slot dimension)

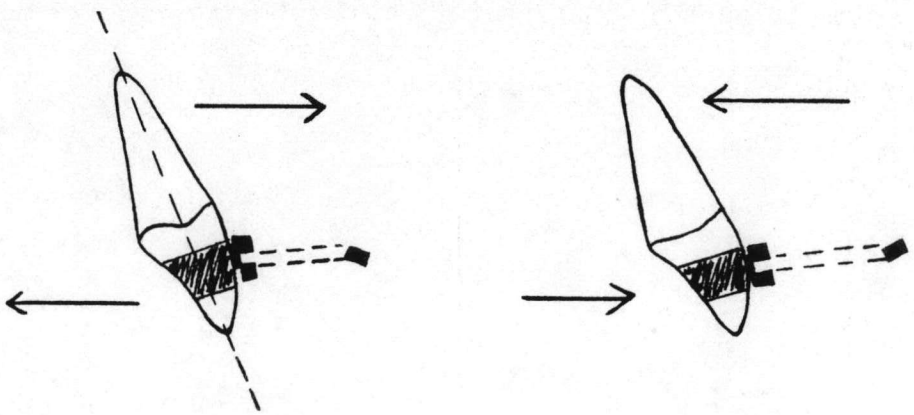
การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ลวดโค้ง (arch wires) ขนาดเท่ากับร่องแบรกเกต ผลที่ตามมา คือ ขาดการควบคุมระหว่างเครื่องมือและลวด ซึ่งเรียกว่า "play" หรือกล่าวได้ว่าเกิดมี deviation angle deviation angle คือ จำนวนองศาซึ่งลวดเหลี่ยมเมื่อเริ่มต้นอยู่ในภาวะที่ไม่มีแรง (passive state)จะถูกบิดไปเพื่อให้ใส่เข้า (engage) ในร่องแบรกเกตหรือทิวบ์ (tube) และทำให้เกิดทอร์ค (torque) ได้ มุมของการทอร์คที่มีประสิทธิภาพ (effective torque angle) เป็นประโยชน์ต่อทันตแพทย์จัดฟัน คือ ความแตกต่างระหว่างมุมของการทอร์ค (torque angle) จากเครื่องมือและ deviation angle (รูปที่ 20)



รูปที่ 20 A การวัดวัดเป็นองศาพิลิปดา B deviation และ torque angles เมื่อสัมพันธ์กับขนาดของลวดและร่องของแบรกเกต (44)

ขนาดของร่องแบรกเกต เป็นตัวแปรหนึ่งซึ่งมีผลต่อ deviation angle ของลวดเหลี่ยม เมื่อใส่เข้าในร่องแบรกเกตซึ่งจะส่งผลต่อ effective torque angle (45)

ทอร์คเป็นแรงแบบหนึ่งที่มีความสำคัญและมีศักยภาพที่สุดในเทคนิคการจัดฟันแบบ Edgewise ทอร์คเป็นการบิดไปของลวด แรงแบบทอร์คจะเกิดขึ้นเมื่อลวดพยายามที่จะไม่บิดเมื่อใส่เข้าในร่องแบรกเกต (46) (รูปที่ 21)



รูปที่ 21 ก ทอร์คด้านใกล้ลิ้น (lingual torque) ข ทอร์คด้านใกล้ริมฝีปาก (labial torque) (46)

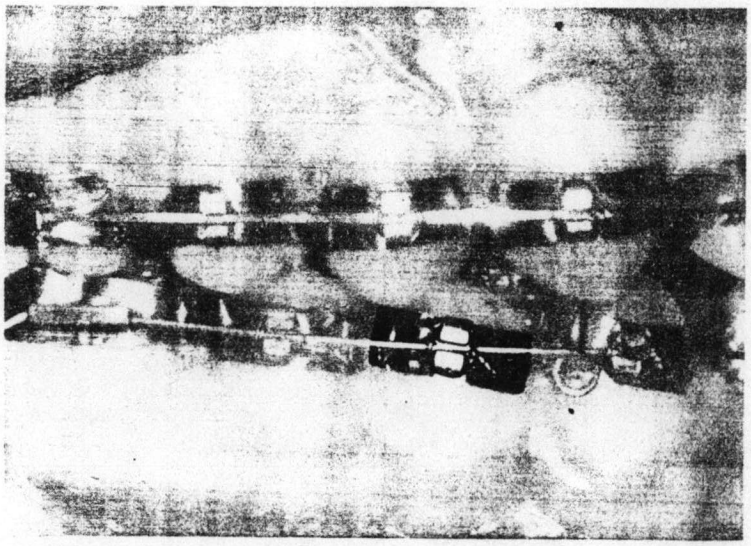
ขนาดของร่องแบรกเกตและการควบคุมทอร์ค พบว่า การควบคุมทอร์คด้วยลวดเหลี่ยมเป็นการเคลื่อนที่ (movement) เพียงอย่างเดียว ซึ่งต้องการการใส่เข้าของลวดเข้าไปในร่องแบรกเกตได้กระชับ เมื่อลวดมีอิสระในร่องแบรกเกต 0.001 นิ้ว (0.025 มิลลิเมตร) (ลวดเล็กกว่าร่องแบรกเกต 0.001 นิ้ว) ลวดจะมีอิสระในการพลิกไปในทิศทางของทอร์ค 2-4 องศา ถ้าใช้ลวดที่มีขนาดความกว้างปกติ เมื่อมีความแตกต่าง 0.002 นิ้ว (0.05 มิลลิเมตร) ก็จะทำให้ลวดมีอิสระไปได้มากกว่า 5 องศา ในทางปฏิบัติความหนาของลวดเหลี่ยมสำหรับควบคุมทอร์ค ไม่ควรจะต่างจากความกว้างของร่อง 0.002 นิ้ว

จากการศึกษาของ Creekmore เมื่อใช้วัสดุของบริษัท Unitek พบว่า ลวด 0.017 × 0.025 นิ้วในร่องขนาด 0.018 นิ้ว จะมี play 4.5° ลวดขนาด 0.018 × 0.025 นิ้ว มี play 2.0° แบรกเกตที่มีร่องขนาด 0.022 นิ้ว ลวดขนาด 0.021 × 0.025 นิ้ว มี play 3.9° ลวด 0.022 × 0.022 นิ้ว มี play 1.0° จะเห็นได้ว่าความแตกต่างกันของลวดและแบรกเกต 0.001 นิ้ว มีผลต่อความสามารถของลวดที่จะทอร์คฟันอย่างมีนัยสำคัญ และถ้าความแตกต่างกันของลวดและแบรกเกตมี 0.0005 นิ้ว เมื่อใช้ลวด 0.0215 × 0.025 นิ้ว ในร่องแบรกเกตขนาด 0.022 นิ้ว ก็จะมีผลต่อความสามารถของลวดที่จะทอร์คฟันอย่างมีนัยสำคัญด้วย (47)

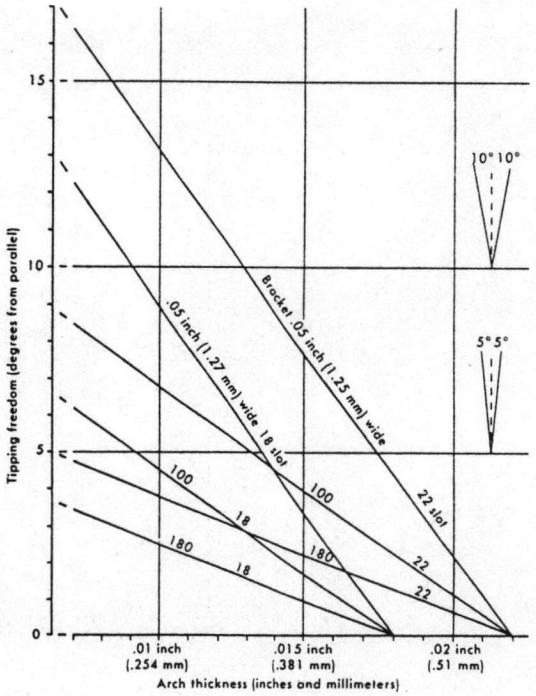
ความสำคัญของความกว้างของร่องแบรกเกตและความกว้างของแบรกเกตในการเคลื่อนที่เฉพาะส่วนของฟัน (tipping) พบว่า การใช้ลวดขนาดเล็กกว่าขนาดของร่องแบรกเกตทำให้ฟันเคลื่อนที่เฉพาะส่วนได้ (รูปที่ 22)

การสึกกร่อนของแบรกเกต (bracket wear) และความแตกต่างระหว่างขนาดร่องของแบรกเกตจริงและขนาดที่ระบุมาจากบริษัทผู้ผลิต (manufacturer tolerance) ทำให้ลวดมีอิสระในแบรกเกต (tipping clearance) มากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่เฉพาะส่วน (รูปที่ 23)

Tipping clearance ดังกล่าว ถ้าน้อยกว่า 5° ไม่ใช่เรื่องที่มีความยุ่งยากมากนัก เนื่องจากควบคุมได้ง่าย ขนาดของร่องแบรกเกตไม่ใช่ปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่เฉพาะส่วน เมื่อใช้แบรกเกตที่กว้าง (48)



รูปที่ 22 การเคลื่อนที่เฉพาะส่วนของฟันหลังเมื่อใช้แบรกเกตกว้าง 0.05 นิ้ว และลวดโค้งขนาด 0.016 นิ้ว ลวดโค้งเส้นบนที่เป็นลวดเหลี่ยมจะมีความกระชับมากกว่าและทำให้มีการควบคุมฟันได้ดี (48)



รูปที่ 23 ความเป็นอิสระที่จะเกิดการเคลื่อนที่เฉพาะส่วนของฟัน เมื่อสัมพันธ์กับความกว้างของร่องแบรกเกตและขนาดของลวดโค้ง กราฟแสดงปริมาณการที่ฟันสามารถเคลื่อนที่เฉพาะส่วน เนื่องจาก "play" ของลวดขนาด 0.007 ถึง 0.022 นิ้ว เมื่อใช้แบรกเกตกว้าง 0.050, 0.10 และ 0.180 นิ้ว ร่องขนาด 0.018 นิ้ว และ 0.022 นิ้ว (48)

สำหรับความลึกของแบรกเกต เมื่อลวดเหลี่ยมมีทอร์คและต้องการใส่เข้าไปในร่องแบรกเกต ควรจะให้ขอบนอกใส่เข้าไปในร่องได้เต็มที่ ร่องของแบรกเกตจึงควรลึกพอเพื่อป้องกันไม่ให้ลวดพลัดออกมาจากแบรกเกตระหว่างการปรับแต่ง ถ้าลวดที่ทอร์คแล้วมีการเคลื่อนตัวออกมาทางด้านใกล้ริมฝีปากเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพของการให้แรง (effective activation) (48)

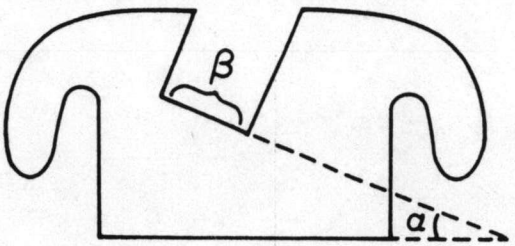
ปีกของแบรกเกตควรจะกว้าง ลึก และมีการแยกห่างมากพอระหว่างปีกและฐานของแบรกเกต หรือปลอกโลหะรัดฟัน เนื่องจากแบรกเกตแต่ละตัวจะต้องมัดหลายครั้งตลอดช่วงของการรักษา โดยเฉพาะเมื่อใช้ยางยืด (elastic ligature) มัดลวดเข้ากับฟัน ปีกของแบรกเกตอาจจะสึกไปหรือบิดเบี้ยวไปจากการบดเคี้ยว ตลอดจนการขัดมันด้วยไฟฟ้าซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการทำความสะอาด (48)

ความคิดเกี่ยวกับเครื่องมือจัดฟันที่ใช้ลวดตรง (straight-wire appliance) เป็นก้าวหนึ่งของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแบบ Edgewise มีการใช้แบรกเกตและทิวบ์ซึ่งออกแบบให้มีปริมาณของการเคลื่อนฟันไปในทิศทางต่าง ๆ เฉพาะเจาะจงสำหรับฟันแต่ละซี่ (pretorque preangulate in-out position) ล่วงหน้าในร่องของแบรกเกตนี้ ถ้ามีการเปลี่ยนอันเป็นผลจากการทำความสะอาดก็จะทำให้ผลการรักษาเปลี่ยนแปลงไปได้ (45)

Chapman (7) ศึกษาร่องของแบรกเกตขนาด .018 นิ้ว จากการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์เคลื่อนที่ พบว่า ความกว้างของร่องเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับจำนวนครั้งที่ทำความสะอาดด้วยวิธีของบริษัท Esmadent เมื่อทำความสะอาด 2 ครั้ง ความกว้างของร่องเพิ่มขึ้น 0.0005 นิ้ว เมื่อทำความสะอาด 3 ครั้ง ความกว้างของร่องจะมากกว่า 0.019 นิ้ว และเมื่อทำความสะอาด 6 ครั้ง ความกว้างจะเป็น 0.020 นิ้ว และสรุปว่าความกว้างของร่องแบรกเกตจะเป็นปัจจัยวิกฤตที่กำหนดจำนวนครั้งที่สามารถทำความสะอาดแบรกเกตได้

Buchman (9) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการทำความสะอาดแบรกเกตที่ใช้แล้วด้วยวิธีต่าง ๆ 4 วิธี คือ วิธีของบริษัท Esmadent และ Ortho-Bonding ซึ่งทั้ง 2 วิธีใช้ความร้อนขจัดเรซิน วิธีของบริษัท Ortho-Cycle ซึ่งใช้สารละลายขจัดเรซิน และวิธีของ

Buchman ซึ่งใช้ความร้อนจากตะเกียงบันเซ็น (Bunsen burner) อุณหภูมิประมาณ 1200 องศาเซลเซียส เผาเรซินออก แล้วเป่าด้วยทราย (sand blasting) ให้สะอาด ขัดมันด้วยไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบผลต่อ base torque angle และความกว้างของร่องแบรกเกต (รูปที่ 24) พบว่า วิธีทั้ง 4 ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ base torque angle และความกว้างของร่องแบรกเกต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเหล่านี้ในทางคลินิกถือว่าไม่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 24 บริเวณต่าง ๆของแบรกเกตที่นำมาวิเคราะห์
α = base torque angle
β = ความกว้างของร่องแบรกเกต (9)

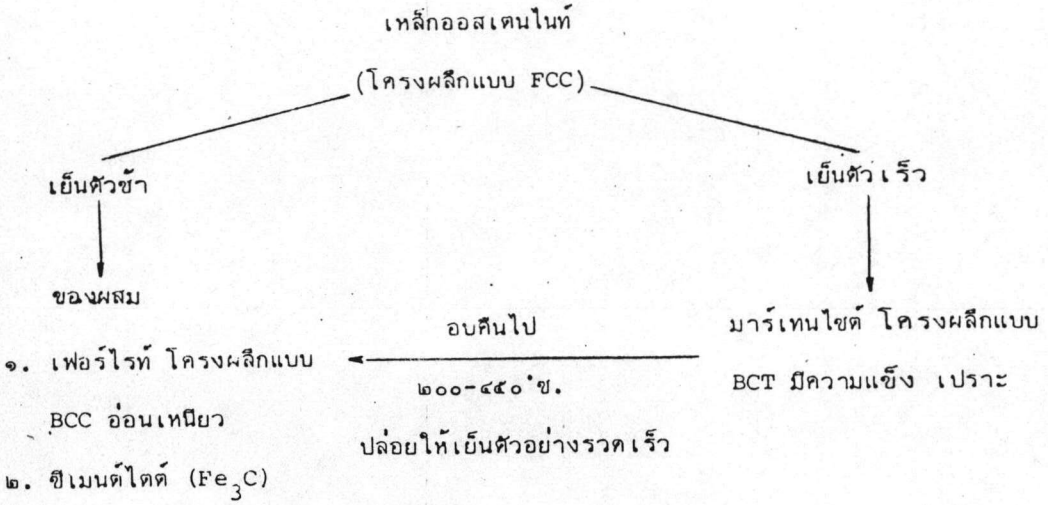
Hixson (8) พบว่า การทำความสะอาดไม่ทำให้ความสามารถที่จะทนแรงบิดจากลวดเหลี่ยมเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสามารถที่จะทนแรงบิดจากลวดเหลี่ยมที่เพิ่มสูงสุดภายหลังทำความสะอาด 2 ครั้ง มีค่าประมาณ 3 องศา

Higgins (12) พบว่า ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดจำนวนครั้งที่สามารถทำความสะอาดแบรกเกตได้โดยไม่ทำให้แบรกเกตเสียสภาพ คือ การที่ร่องแบรกเกตกว้างขึ้นอันเป็นผลจากการทำความสะอาด ไม่ใช่ความแข็งแรงยืดที่ลดลง

4. การเปลี่ยนแปลงของโลหะที่ทำแบรกเกต

เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเทนิติก (austenitic stainless steel) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่ม AISI (American Iron & Steel Institute) 200 (เป็นโลหะผสมของเหล็ก โครเมียม นิกเกิล และแมงกานีสจำนวนมาก) และกลุ่ม AISI 300 (เป็นโลหะผสมของเหล็ก โครเมียม นิกเกิล และแมงกานีสจำนวนน้อย) ทั้ง 2 กลุ่มมีคาร์บอนผสมอยู่น้อยมาก มีโครเมียมผสมอยู่มากกว่าร้อยละ 16 และจะต้องมีนิกเกิลผสมอยู่

มากพอเพื่อให้ได้โครงสร้างเป็นออสเทไนต์ซึ่งไม่มีคุณสมบัติแม่เหล็ก แต่แม่เหล็กอาจดูดได้บ้าง ขึ้นอยู่กับปริมาณเฟอร์ไรต์ที่มีอยู่ด้วย (ตารางที่ 2)



รูปที่ 25 แผนภาพแสดงกรรมวิธีถ่ายความร้อนของเหล็กกล้า (49)

AISI	C ไม่เกิน	Si ไม่เกิน	Mn ไม่เกิน	P ไม่เกิน	S ไม่เกิน	Cr	Ni	อื่น ๆ
201	0.15	1.0	5.5-7.5	0.06	0.03	16-18	3.5-5.5	N < 0.25
302	0.15	1.0	2.0	0.045	0.03	17-19	8-10	-
304	0.08	1.9	2.0	0.045	0.03	18-20	8-10.5	-
316L	0.03	1.0	2.0	0.045	0.03	18-20	8-12.5	-
405	0.08	1.0	1.0	0.04	0.03	11.5-14.5	-	Al 0.1-0.3
414	0.15	1.0	1.0	0.04	0.03	11.5-13	1.25-2.25	-

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมพวกออสเทนิติก (AISI 200, 300) เฟอร์ริติก และมาเทนซิติก (AISI 400) (49)

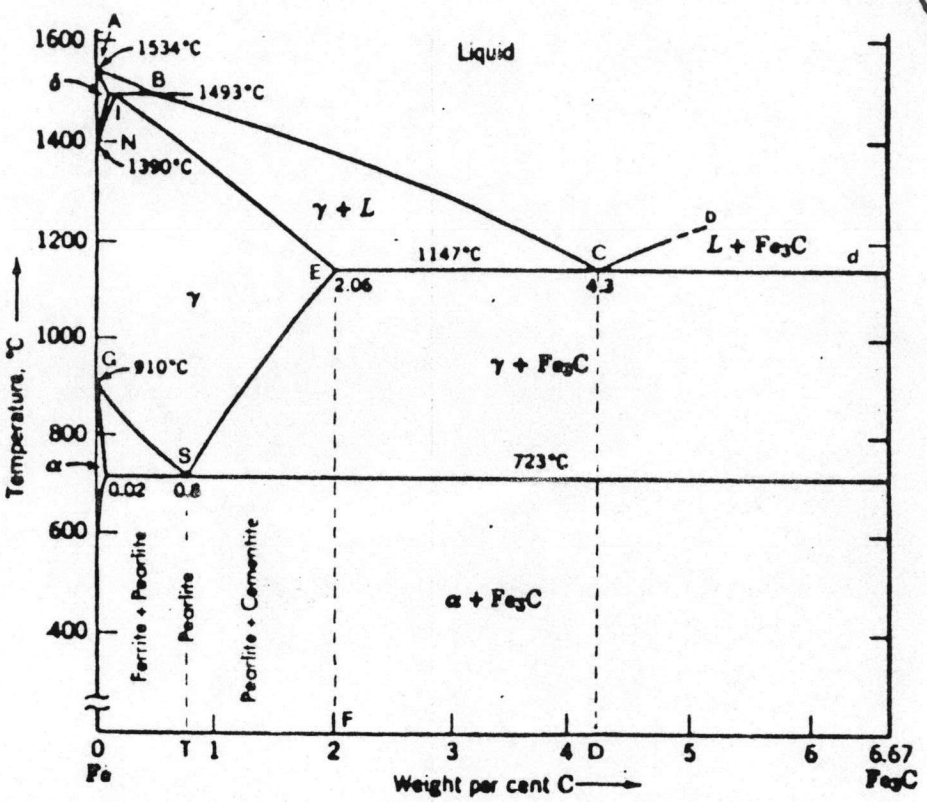
เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้ที่รู้จักกันแพร่หลาย คือ เหล็กกล้าไร้สนิม 18-8 หรือ AISI 302 ซึ่งมีปริมาณโครเมียมร้อยละ 18 นิกเกิลร้อยละ 8 และคาร์บอนร้อยละ 0.15 หรือ AISI 304 ซึ่งมีคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.08 และมีแมงกานีสและซิลิคอนปริมาณเล็กน้อย เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้ใช้ทำเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน เช่น ปลอกโลหะรัดฟัน ลวด สำหรับชนิด 316 L มีคาร์บอนประมาณร้อยละ 0.03 ใช้สำหรับการปลูกฝัง (implantation)

เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทไนต์สามารถเปลี่ยนเป็นเฟอร์ไรต์เมื่อได้รับความร้อน (รูปที่ 25) โครเมียมจากสารละลายของแข็ง (solid solution) จะแยกออกมารวมตัวกับคาร์บอนเกิดโครเมียมคาร์ไบด์ หรือเกิดผลึกของโครเมียมกับโลหะอื่น ๆเป็นสารประกอบ การสูญเสียโครเมียมออกจากสารละลายของแข็ง ทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าลดลง เนื่องจากโครเมียมที่เป็นส่วนผสมทำให้เกิดเป็นฟิล์มบาง ๆของโครเมียมออกไซด์ตามผิวของเหล็กกล้า ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเนื้อเหล็ก ต่อต้านการติดสีและการกัดกร่อน การสูญเสียคุณสมบัติต่อต้านการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเทนิติกด้วยการเอาโครเมียมออกจากบริเวณเหล็กแกมมา เรียกว่า sensitization ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเผาโลหะไร้สนิม 18-8 ที่อุณหภูมิ 400-900 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในส่วนประกอบ (รูปที่ 26) ทำให้เกิดการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์ (Cr_3C) ที่บริเวณขอบเกรน (grain) ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการกระจายของคาร์บอนอะตอมจากบริเวณต่าง ๆไปที่บริเวณขอบเกรนอย่างรวดเร็ว ส่วนโครเมียมจะกระจายตัวช้า ๆที่บริเวณรอบนอกของเกรนซึ่งมีพลังงานสูงจึงรวมตัวกันระหว่างโครเมียมและคาร์บอนอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ส่วนรอบนอกของเกรนจะเริ่มเกิดการกัดกร่อนทำให้โครงสร้างของเหล็กกล้าอ่อนลง การป้องกันการตกผลึกทำได้โดยลดปริมาณคาร์บอนในเหล็กกล้าลง จะทำให้การตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์ลดลง (แต่ลดได้ต่ำสุดร้อยละ 0.03 เท่านั้น)

เหล็กกล้าไร้สนิม 18-8 เมื่อนำมาทำการขึ้นรูปเย็น (cold work) จะมีการตกผลึกของคาร์ไบด์บริเวณแนวการเคลื่อนของอะตอม สามารถทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมอ่อนลง โดยทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 950-1050 องศาเซลเซียส นาน 2-3 นาที เพื่อให้เกิดผลึกใหม่ ก่อนนำไปทำให้ร้อนควรทำให้สะอาดเพื่อป้องกันสิ่งเจือปนที่อาจเกิดบนผิว และเป็นสาเหตุของการกัดกร่อนโดยต้มในสารละลายโซดาไฟร้อยละ 10 และล้างด้วยน้ำร้อน นำไปทำการอบคลายความแข็ง (tempering) โดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิดังกล่าว

ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมจะมีสีดำเนื่องจากเกิดออกไซด์ นำไปทำผิวให้สะอาดโดยจุ่มในสารละลายของกรดไนตริกร้อยละ 10 กับกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 3.5 และน้ำร้อยละ 86.5 (49)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 26 แสดงแผนภาพวัฏภาคระหว่างเหล็กกับคาร์บอนร้อยละ 6.67 (49)

Buchman (9) พบว่า วิธีทำความสะอาดของ Buchman และบริษัท Ortho-Bonding ทำให้แบรกเกตสูญเสียคุณสมบัติแม่เหล็ก เกิดการอบอ่อน (annealing) ของโลหะ เมื่อวัดความแข็ง และความทนแรงดึงของโลหะที่ใช้ทำแบรกเกตพร้อมกับประเมินโครงสร้างจุลภาคด้วย พบว่า วิธีของบริษัท Ortho-Cycle ไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของโลหะ ในขณะที่วิธีของบริษัท Esmadent ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย วิธีของ Buchman และวิธีของบริษัท Ortho-Bonding ทำให้มีการแยกตัวของคาร์ไบด์ Buchman สรุปว่า การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคของโลหะแสดงว่าโลหะมีความไวที่จะเกิดการกัดกร่อนระหว่างเกรน (intergranular corrosion)

Chapman (7) พบว่า น้ำหนักของเครื่องมือและความต้านทานของปีกแบรกเกตต่อแรงกดลดลงตามจำนวนครั้งที่ทำความสะอาด

โลหะหรือโลหะผสมที่ใช้ในช่องปาก ควรมีคุณสมบัติไม่เกิดการกัดกร่อน ในกรณีที่เกิดการติดสี หมายถึง การที่โลหะมีสีเปลี่ยนไปอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เช่น ออกไซด์ คลอไรด์ หรือซัลไฟด์ ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนตามมา

ส่วนการกัดกร่อน หมายถึง การทำลายของเนื้อโลหะจากปฏิกิริยาของสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า (electrochemical breakdown) ซึ่งจะต้องมีอิเล็กโทรไลต์ 1 ชนิด และโลหะ 2 ชนิดที่ต่างกัน (concentration solution) การทำลายของโลหะอาจเกิดจากความชื้น บรรยากาศ สารละลายกรดหรือด่างและสารเคมี การติดสีและการกัดกร่อนมีความหมายต่างกัน แต่ในทางคลินิกแยกออกจากกันยากและมักใช้แทนกันด้วย การติดสีจะเกิดก่อนการกัดกร่อน แผ่นฟิล์มบาง ๆที่ติดบนผิวจะทำให้เกิดการติดสีและเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมีบนผิวโลหะ การกัดกร่อนที่เกิดขึ้นนอกจากทำให้ความสวยงามของโลหะเสียไปแล้ว ยังทำให้คุณสมบัติทางกลเสียไปด้วย เช่น ความแข็งแรงลดลง (49) (50)

สภาพแวดล้อมในช่องปากเหมาะที่สุดที่จะเกิดการกัดกร่อนของโลหะ เนื่องจาก

1. มีอุณหภูมิที่เหมาะสม รวมทั้งความชื้น

2. จุลินทรีย์ เชื้อรา ที่มีเป็นจำนวนมากในช่องปากตลอดจนแผ่นคราบจุลินทรีย์และของเสียที่เกิดขึ้น (50) (51) (52)

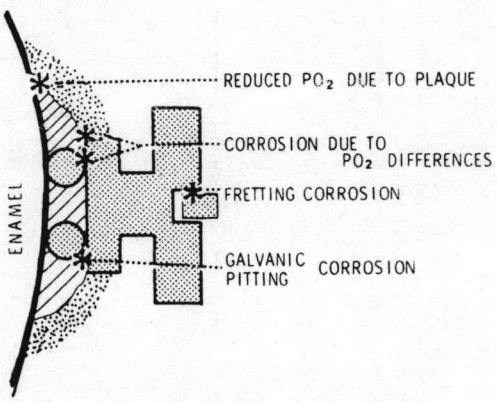
3. ปฏิกิริยาต่อกันของโลหะกับก๊าซ เช่น ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

4. กรดอินทรีย์และเอนไซม์บางชนิด และสภาพความเป็นกรด-เบส ในช่องปาก เนื่องจากอาหารที่รับประทาน

ในทางทันตกรรมจัดฟัน มีการผลิตลวดชนิดใหม่ ๆซึ่งมีส่วนประกอบและคุณสมบัติทางกลแตกต่างกัน เช่น มีการใช้ลวดซึ่งมีส่วนประกอบของนิกเกิล และหรือไทเทเนียม (Titanium) สูง เช่น Nitinol (NiTi) และ TMA (TiMo) และความนิยมในการใช้

แบรกเกตที่ผ่านการใช้งาน และทำความสะอาดแล้ว (recycled brackets) สูงขึ้น (9) จึงเป็นไปได้ที่จะเกิดผลผลิตจากการกัดกร่อน (corrosion products) ได้มากขึ้น นอกจากนี้เครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันอาจเป็นชั้นของโลหะซึ่งมีส่วนประกอบซับซ้อน (layered complex of alloys) มาเชื่อมกัน พบมีรายงานการกัดกร่อนของแบรกเกตที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (33) (รูปที่ 27)

แบรกเกตส่วนใหญ่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI ชนิด 304 บางบริษัททำจากเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 316 L ซึ่งมีปริมาณนิกเกิลสูงขึ้นและโมลิบดีนัมร้อยละ 2-3 คาร์บอนซึ่งมีปริมาณต่ำ ทำให้เชื่อมได้ดีกว่าและมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนแบบรอยแยก (crevice corrosion) ได้ดีขึ้น (53)

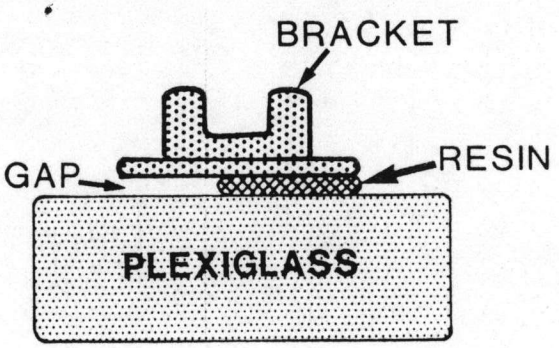


รูปที่ 27 แผนภาพแสดงศักยภาพของการกัดกร่อนซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในช่องปาก (53)

Maijer และ Smith (50) พบว่า แบรกเกตที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อติดกับฟันในช่องปากจะเกิดการติดสี สีดำและสีเขียวได้ การกัดกร่อนแบบเป็นร่องของโลหะที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีการยึดติดไม่ดี อาจเนื่องมาจากสาเหตุเบื้องต้น คือ โลหะผสมเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้ทำแบรกเกตเป็นชนิด 304 ซึ่งเกิดการกัดกร่อนได้ง่ายภายในสภาพแวดล้อมช่องปาก ปัจจัยอื่น ๆที่อาจเกี่ยวข้องกัน คือ การเกิดกระแสแกลแวนิก การออกแบบฐานของแบรกเกต สภาพแวดล้อมในช่องปากเฉพาะราย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดแผ่นคราบฟันเฉพาะบางชนิด และการทำความสะอาดแบรกเกตด้วยความร้อน เมื่อเกิดการกัดกร่อนของแบรกเกตอาจทำให้

เกิดการเปลี่ยนสีของเคลือบฟันอย่างถาวร การใช้โลหะผสมเหล็กกล้าไร้สนิมที่ต่อต้านการกัดกร่อน จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ให้น้อยลง จากการศึกษาไม่พบการติดสีของฐานแบรกเกต ที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 316 L เลย

Maijer และ Smith(53) ประเมินการเปลี่ยนแปลงของแบรกเกตใหม่ซึ่งฐานเป็นชนิดตะแกรงโลหะจาก 9 บริษัท ในน้ำลายเทียม และทดสอบเช่นเดียวกันกับแบรกเกต 2 ใน 9 บริษัทซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 และ 316 L หลังจากทำความสะอาดด้วยวิธีของบริษัท Esmadent บริษัท Ortho-Cycle และบริษัท Vector Dental Corporation พบว่า แบรกเกตใหม่ส่วนใหญ่เกิดการกัดกร่อนภายหลังวันที่ 56 โดยมีการติดสีน้ำตาลที่ตะแกรงซึ่งมักเริ่มจากมุมของช่องว่างที่ทำขึ้น (รูปที่ 28) แบรกเกตบางบริษัทมีตะกอนสีขาวบริเวณแนวรอยบัดกรีระหว่างแบรกเกตและฐาน แบรกเกตที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 316 L ไม่พบการกัดกร่อน การทำความสะอาด พบว่า ทำให้แบรกเกตมีแนวโน้มที่จะเกิดการกัดกร่อนได้มากขึ้นทั้ง 3 วิธี วิธีของบริษัท Vector Dental Corporation ทำให้แบรกเกตที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 316 L เกิดการกัดกร่อนด้วย แต่ไม่พบการกัดกร่อนของแบรกเกตชนิดนี้เมื่อทำความสะอาดด้วยวิธีของบริษัท Ortho-Cycle ตลอดการทดลองเป็นเวลา 320 วัน ปัจจัยสำคัญที่น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นของการกัดกร่อน คือ โลหะผสมที่ใช้เป็นตัวเชื่อมแบรกเกตกับฐาน



รูปที่ 28 แผนภาพแสดงระบบเรซินกับฐานแบรกเกตพร้อมช่องว่างที่ทำขึ้น (ขยายใหญ่กว่าขนาดจริง) (53)

5. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการขัดมันด้วยไฟฟ้า

เครื่องมือที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมภายหลังการบัดกรี (solder) ภายหลังผ่านกรรมวิธีถ่ายความร้อน หรือเมื่อใช้งานในช่องปากช่วงเวลาหนึ่ง จำเป็นที่จะต้องทำความสะอาดโดยแช่เครื่องมือในกรด เช่น กรดไนตริกที่อุ่น แต่ผิวของเครื่องมือจะมีสีเทาและด้าน (gray satin) จึงต้องขัดมัน (buffing) หรือบัดทำความสะอาด (mechanical brushing) ด้วยผงขัดละเอียด เพื่อให้เกิดความเงามันเหมือนเครื่องมือใหม่ อาจใช้เครื่องมือขัดมันด้วยกระแสไฟฟ้า (electrolytic polishing bath) หรือเครื่องขัดมันขั้วบวก (anodic polisher) ซึ่งหลักการทำงานตรงข้ามกับการชุบด้วยกระแสไฟฟ้า (electroplating purpose) ผลของการขัดมันเป็นเวลาประมาณ 15 วินาที ฟิล์มบาง ๆ ที่พื้นผิว (surface film)ของเครื่องมือจะหลุดออกไป เกิดพื้นผิวใหม่ ถ้าขัดมันต่อไปเป็นเวลานานขึ้น เครื่องมือจะลดขนาดด้วยอัตราประมาณ 0.025 มิลลิเมตร (0.001 นิ้ว) ต่อนาที ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนขนาดของเครื่องมือ แต่ถ้าไม่ควบคุมก็อาจเกิดผลเสียได้

การขัดมันด้วยไฟฟ้าในทางทันตกรรม ใช้ขัดโลหะผสมโคบอลต์-โครเมียม แต่ต้องใช้เวลาสั้น ๆ พื้นผิวที่ขรุขระจะกร่อนไปทำให้เรียบขึ้น (18)

Chapman (7) ศึกษาผลของการทำความสะอาดแบรกเกตขนาดร่อง 0.018 นิ้ว ซึ่งเชื่อมติดกับแผ่นตะแกรงโลหะ ด้วย Esmadent Bracket and Band Reconditioner พบว่า เมื่อทำความสะอาด 2 ครั้ง ความกว้างของร่องมีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำหนักของเครื่องมือลดลง ขนาดของลวดตะแกรงโลหะลดลง นั่นคือ แผ่นตะแกรงมีรูขนาดใหญ่ขึ้น ตามจำนวนครั้งที่ทำความสะอาด อันเป็นผลจากการขัดมันด้วยไฟฟ้า

จากวรรณคดีที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการติดแบรกเกตด้วยวิธีไดเรกบอนด์ และมีผลโดยตรงต่อการทำความสะอาด คือ ชนิดของเรซิน คุณลักษณะของเรซิน และแบรกเกต ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดอาจเกิดขึ้นระหว่างเคลือบฟันกับวัสดุยึด หรือวัสดุยึดกับแบรกเกต การรื้อแบรกเกตออกเมื่อเสร็จสิ้นการรักษา ควรทำในขณะที่ลวดยังอยู่ในปากของผู้ป่วย โดยใช้คีมถอดปลอกโลหะรัดฟันหน้า ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้แบรกเกตยังมีสภาพดีเหมาะที่จะทำความสะอาด ไม่ว่าความล้มเหลวของ

การยึดติดจะเกิดขึ้นบริเวณใดก็ตาม การทำความสะอาดควรมีประสิทธิภาพขจัดเรซินออกจากแบรกเกตได้หมด โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ตะแกรงโลหะทางด้านหลังของฐานแบรกเกต หลักในการทำความสะอาด คือ ขจัดเรซินที่ติดกับแบรกเกต โดยใช้ความร้อนหรือน้ำยา แล้วทำความสะอาดด้วยการสั่นสะเทือนความถี่สูง และขัดมันด้วยกระแสไฟฟ้า ในขณะเดียวกันการทำความสะอาดก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อแบรกเกต จึงมีผู้ทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบรกเกตที่ทำความสะอาดแล้วโดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆกัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความสามารถของแบรกเกตในการยึดติดกับตัวฟัน โครงสร้างจุลภาคของโลหะที่ใช้ทำแบรกเกต ความกว้างของร่องแบรกเกต ความสามารถที่จะทนแรงบิดจากลวดเหลี่ยม และเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตะแกรงทางด้านหลังของฐานแบรกเกต เป็นต้น จากผลการศึกษาทดลองของต่างประเทศให้ข้อสรุปแตกต่างกัน อนึ่ง การทำความสะอาดแบรกเกตของภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวิธีการที่แตกต่างจากวิธีการของต่างประเทศ และมิได้มีการประเมินประสิทธิภาพของแบรกเกตเหล่านั้นแต่อย่างใด จึงไม่สามารถนำผลการศึกษาจากต่างประเทศมาอ้างอิงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแบรกเกตซึ่งผ่านการทำความสะอาดด้วยวิธีของภาควิชา ฯ กับแบรกเกตใหม่ โดยถือว่าการทำความสะอาดแบรกเกตที่ใช้ความร้อนจากเตาเผาในการขจัดเรซินร่วมกับน้ำยาทำความสะอาดที่ระบุมากับเครื่องมือทำความสะอาดอุลตราโซนิกซึ่งใช้ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน เป็นวิธีมาตรฐานในการทำความสะอาดแบรกเกต