

ธรรมชาติและลักษณะของผิวเคลือบฟัน (Enamel) (10)

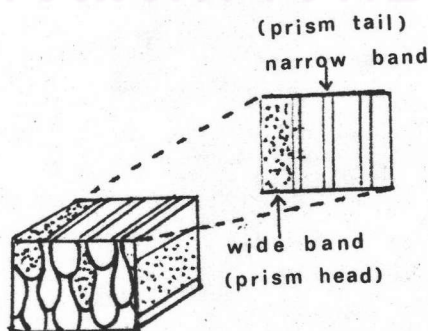
ผิวเคลือบฟันเป็นเนื้อเยื่อที่มีแร่ธาตุอยู่มาก มีลักษณะเฉพาะ เช่น เป็นเนื้อเยื่อที่แข็งแรงที่สุดในร่างกาย เมื่อสูญเสียไปแล้วไม่มีการสร้างขึ้นใหม่เหมือนกระดูกและเนื้อฟัน (dentine)

โครงสร้างของผิวเคลือบฟัน

ประกอบด้วยหน่วยเล็ก ๆ เรียกว่า ปริซึม (prism) เริ่มจากรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันกับเนื้อฟัน (DEJ) ไปยังผิวด้านนอก การเรียงตัวของปริซึมในแต่ละตำแหน่งของฟันแม้ในคน ๆ เดียวกันจะแตกต่างกัน และยังแตกต่างกับฟันซี่อื่น ๆ ด้วย

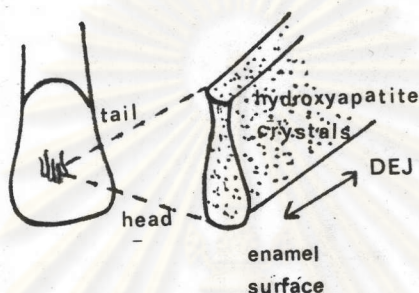
เมื่อนำผิวเคลือบฟันมาตัดตามยาว ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ๆ มีลักษณะเป็นแถบ 2 ขนาดต่างกัน แถบที่กว้างกว่าเรียกว่า ปริซึม แถบที่แคบกว่าเรียกว่า สารอินเตอร์ปริสมาติค (interprismatic substance) ทำหน้าที่ยึดปริซึมเข้าด้วยกัน

เมื่อนำผิวเคลือบฟันมาตัดตามขวาง ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มีลักษณะคล้ายรูปกุญแจหรือรูปตัวปลา ส่วนหัวกว้าง 5 ไมครอน ส่วนหัวแตรอยู่ระหว่างส่วนหัวของปริซึมข้างเคียง ดังนั้นเมื่อตัดผิวเคลือบฟันจึงผ่านทั้งส่วนหัวและส่วนหางของปริซึม ลักษณะเป็นแถบแคบและกว้าง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของปริซึมคล้ายรูปกุญแจ (เล่มรศร วิถีพร (10))

ส่วนหัวของปริซึมชี้ไปยังปลายฟันหรือยอดของฟัน (cusp) ส่วนหางของปริซึมชี้ไปที่บริเวณคอฟัน ปริซึมแต่ละอันประกอบด้วยหน่วยย่อยเรียกว่า ผลึกฮัยดรอกซีอะพาไทท์ (hydroxyapatite crystal) บริเวณส่วนหัวของปริซึม ผลึกจะเรียงตัวขนานกับแนวแกนของปริซึม โดยที่ส่วนหางของปริซึม ผลึกเรียงตัวตั้งฉากกับแนวแกนของปริซึม บริเวณผิวเคลือบฟันละลายตัวเร็วเมื่อถูกกับกรด (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของปริซึมในฟันหน้า ปริซึมแต่ละอันประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนหางภายในประกอบด้วยผลึกทำมุมต่าง ๆ กัน (ลัสมรตรี วิถีพร⁽¹⁰⁾)

ผิวเคลือบฟันประกอบด้วยส่วนที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ผิวชั้นนอกคลุมด้วยสารอินทรีย์เป็นชั้นบาง ๆ เรียกว่า แอควายเพลลิเคิล (acquired pellicle)

แอควายเพลลิเคิลเป็นชั้นของโกลโคโพรตีน ที่ได้มาจากน้ำลายหนา 2 ไมครอนคลุมอยู่บนผิวฟันที่ขึ้นมาแล้วในช่องปาก ส่วนใหญ่ปกคลุมอยู่ที่ผิวด้านนอกของผิวเคลือบฟัน ส่วนน้อยจะแทรกทะลุเข้าไปในชั้นผิวเคลือบฟันมีหน้าที่⁽¹¹⁾

- ก. ป้องกันผิวเคลือบฟันจากกรด
- ข. รักษาและเก็บความชื้นของฟัน
- ค. ลดการเสียดสีระหว่างฟันกับฟัน และฟันกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในช่องปาก

สามารถกำจัดได้โดยใช้ผงขัดฟัน (pumice) ขัด แต่เกิดใหม่ทันทีที่ถูกกับน้ำลาย ดังนั้น เมื่อผิวเคลือบฟันถูกกับกรดในการเอ็ช (etched) จะเกิดผลต่าง ๆ กันขึ้นกับ

- ก. การเรียงตัวของผลึกภายในปริซึม
- ข. ส่วนประกอบที่แตกต่างกันบนผิวเคลือบฟัน

- ค. โครงสร้างของผิวเคลือบหินในหินแต่ละซี่
- ง. จำนวนของปริซึมบนผิวเคลือบหิน
- จ. จำนวนแอคควายเพลลิวีล

ธรรมชาติของแอดฮีซีฟ

Lee และ Orłowski⁽¹²⁾ กล่าวถึงคำจำกัดความของแอดฮีซีฟ (adhesive) และแอดฮีชัน (adhesion) โดย The American Society for Testing and Material (ASTM) ให้คำจำกัดความของแอดฮีซีฟและแอดฮีชันดังนี้

1. Adhesive—A substance capable of holding materials together by surface attachment
2. Adhesion—The state in which two surfaces are held together by interfacial forces, which may consist of (primary or secondary valence) chemical forces or (mechanical) interlocking, or both

โครงสร้างของแอดฮีซีฟมีทั้ง เป็นโลหะและอโลหะ นอกจากนี้ยังมีทั้งที่เป็นอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร การใช้แอดฮีซีฟที่เป็นโลหะไม่สามารถใช้ในทางคลินิก เพราะต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก

แอดฮีซีฟที่เป็นอนินทรีย์สาร เช่น ซีเมนต์ ได้ใช้มานานแล้วในทางทันตกรรม แต่กำลังแรงยึดของมันมีจำกัด และตัวมันสามารถละลายได้ในน้ำลาย ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงสารที่เป็นโพลีเมอร์ เพื่อใช้เป็นแอดฮีซีฟในทางทันตกรรม

นอกจากนี้ เขายังได้แบ่งกำลังแรงยึดของแอดฮีซีฟ (adhesive bond) ออกเป็น 2 ชนิดคือ (รูปที่ 3)

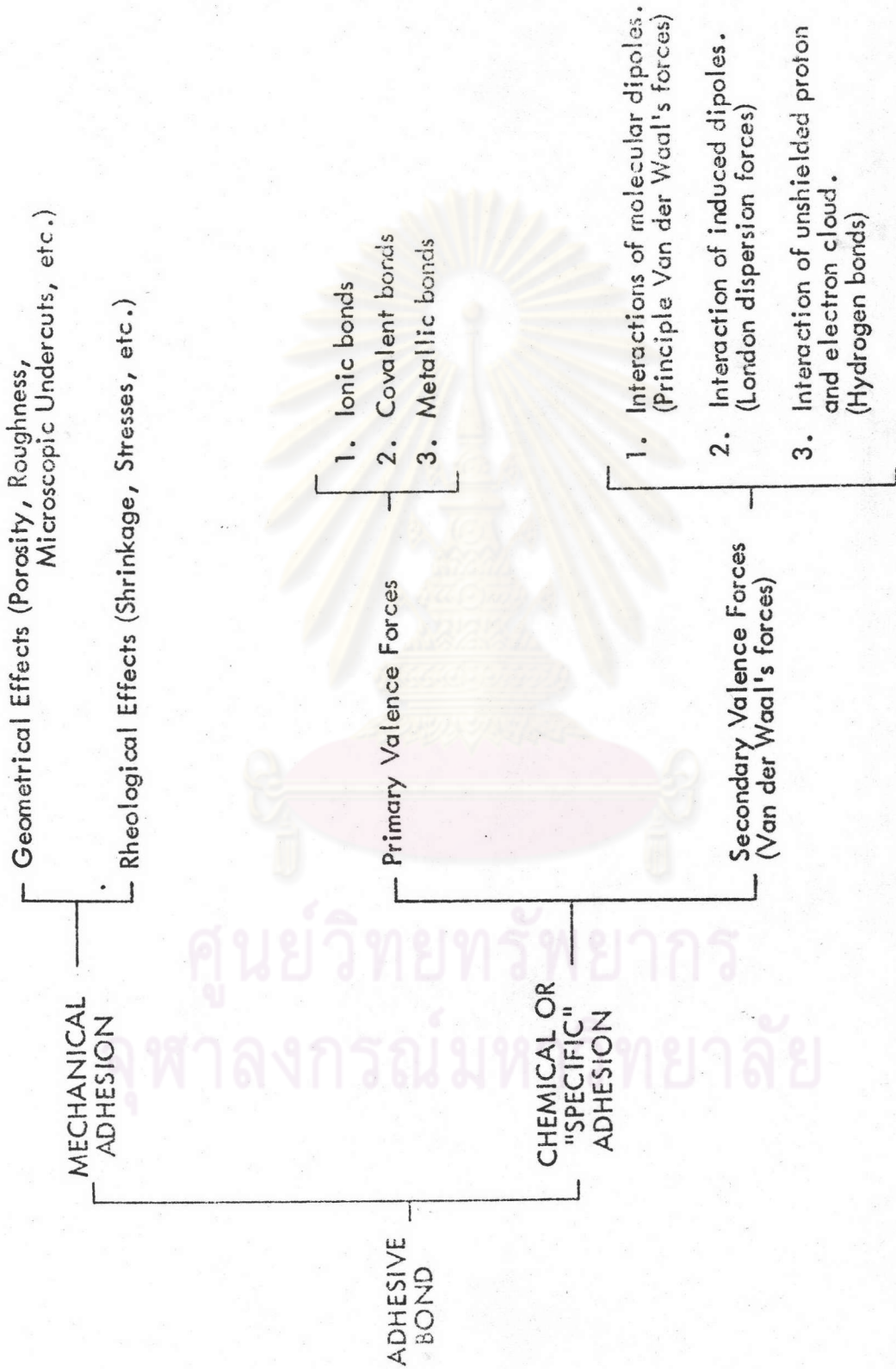
- ก. การยึดแบบเกาะเกี่ยว (Mechanical adhesion)
 1. การยึดแบบสัโอมेटริคอลล (Geometrical effects)
 2. การยึดแบบรีโอมิโวลคอลล (Rheological effects)

ข. การยึดแบบเคมี (Chemical adhesion)

1. แรงวาเลนซ์ปฐมภูมิ (Primary Valence forces)
2. แรงวาเลนซ์ทุติยภูมิ (Secondary Valence forces)



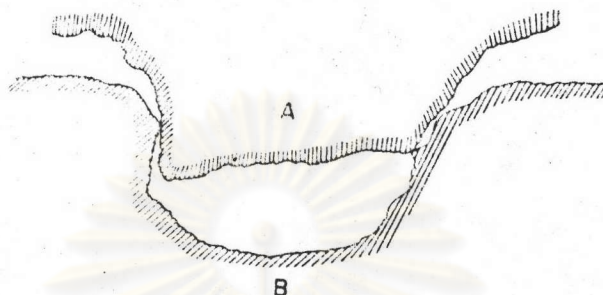
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงกลไกของการยึด (Mechanism of adhesive) (Lee และ Orlowski⁽¹²⁾)

การยึดแบบเกาะเกี่ยว

1. การยึดแบบซีโอเมตริกคอลล คือการยึดติดของ วัสดุเกิดจากความหยาบ, รูพรุน (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 แสดงการยึดแบบซีโอเมตริกคอลล (Lee และ Orlovski⁽¹²⁾)

Lee และ Orlovski⁽¹³⁾ ให้ความเห็นว่า โดยทั่วไปแรงของการยึดส่วนใหญ่มาจาก แรงวาลเลนซ์ปฐมภูมิ (พันธะไอออนิก, พันธะโควาเลนต์, พันธะโลหะ)

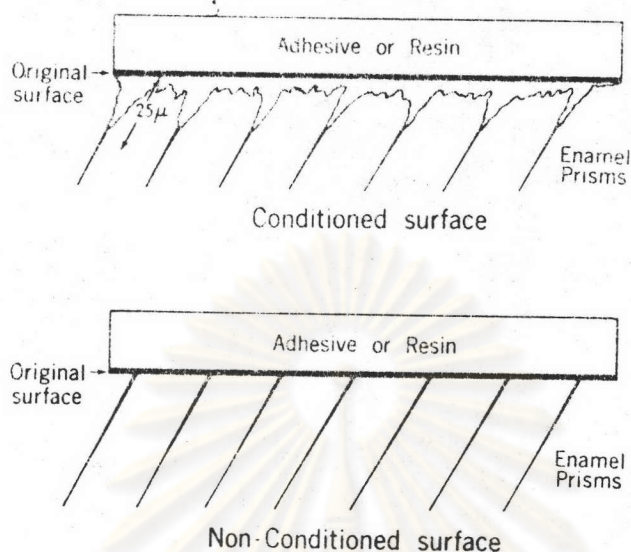
Buonocore⁽¹⁴⁾ ให้ความเห็นว่าในทางพันธุกรรม การยึดแบบซีโอเมตริกคอลล มีนัยสำคัญกว่า

Buonocore, Matsui และ Gwinnett⁽¹⁵⁾, Silverstone⁽¹⁶⁾ แสดงถึง แห็ก (tag) สามารถเข้าไปในผิวเคลือบฟัน 15-25 ไมครอน แล้วแต่เทคนิคการเอ็ชและกรดที่ใช้

Buonocore⁽²⁾, Sheykloleslam, Buonocore และ Gwinnett⁽¹⁷⁾ กล่าวถึง การยึดว่าขึ้นกับจำนวนแห็กและความลึกของแห็ก (รูปที่ 5)

ศูนย์วิจัยทันตกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

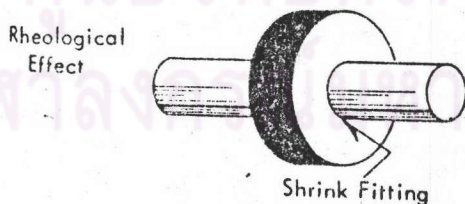
RESIN PENETRATION INTO ENAMEL



รูปที่ 5 แสดงลักษณะที่เรซินแทรกซึมเข้าไปในผิวเคลือบฟันที่ถูกเอ็ช (Buonocore⁽²⁾)

แท้ก็จะเป็นสิ่งซึ่งต้านทานไม่ให้เกิดการหลุดออก การยึดแน่นของแอตซีซีฟขึ้นกับความแข็งของเรซินด้วย โดยเมื่อมีแรงกระทำในลักษณะตั้งฉากกับแอตซีซีฟ ความแข็งของเรซินก็จะช่วยไม่ให้แอตซีซีฟหลุดออก

2. การยึดแบบรีโอโลจิคอล คือลักษณะที่แอตซีซีฟเปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็งแล้วเกิดการหดตัว ทำให้เกิดการยึดติดของวัสดุ⁽¹²⁾ (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แสดงการยึดของวัสดุจากการหดตัวเป็นผลจากการยึดแบบรีโอโลจิคอล (Lee และ Orłowski⁽¹²⁾)

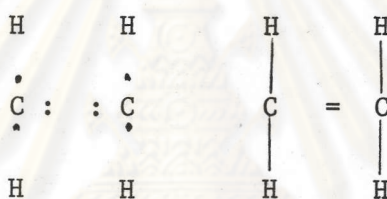
การยึดแบบเคมี

Combe⁽¹⁸⁾ แบ่งการยึดของแอดฮีซีฟแบบเคมีออกเป็น

1. แรงวาเลนซ์ปฐมภูมิ

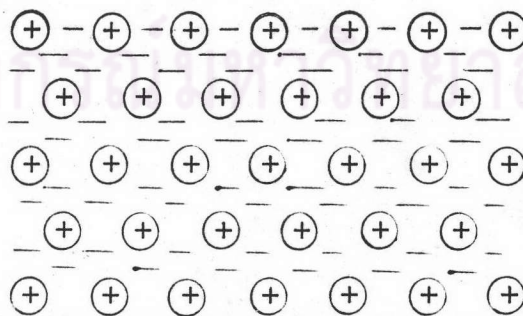
ก. พันธะไอออนิก คือ พันธะซึ่งเกิดจากการย้ายอิเล็กตรอนจากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง เช่น ปฏิกิริยาของ Na^+ กับ Cl^- โดย Na จะให้อิเล็กตรอนแก่ Cl ทำให้เป็น Na^+ และ Cl เมื่อรับอิเล็กตรอนจาก Na ทำให้เป็น Cl^-

ข. พันธะโควาเลนต์ คือพันธะซึ่งเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของ 2 อะตอม พันธะโควาเลนต์จะให้แรงยึดสูง ส่วนใหญ่ของอินทรีย์สารจะเป็นพันธะโควาเลนต์ของอะตอมคาร์บอน เช่น C_2H_4 (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แผนภาพแสดงพันธะโควาเลนต์ (Combe⁽¹⁸⁾)

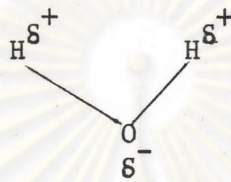
ค. พันธะโลหะ คือพันธะซึ่งเกิดจากการที่อิเล็กตรอนในวงนอกสุดของโลหะสามารถหลุดออกได้ง่ายทำให้ได้ประจุบวก โลหะจะเป็นประจุบวกซึ่งอยู่ในกลุ่มของอิเล็กตรอนอิสระ (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แผนภาพแสดงพันธะโลหะ (Combe⁽¹⁸⁾)

2. แรงวาเลนซ์ทุติยภูมิ เป็นแรงยึดที่ได้จากแรงแวนเดอวาลส์ (Van der Waal's force) ซึ่งจะน้อยกว่าพวกแรงวาเลนซ์ปฐมภูมิ แรงแวนเดอวาลส์เกิดจากการดึงดูดของอิเล็กโตรสแตติก (electrostatic attraction) ระหว่างโมเลกุลหรืออะตอม ซึ่งเกิดได้ 2 แบบ คือ

- ก. โมเลกุลซึ่งมีความไม่สมดุล เช่น H_2O โดยที่ตรงกลางจะเป็นประจุลบและปลายทั้งสองเป็นประจุบวก (รูปที่ 9 และ 10)



รูปที่ 9 การยึดโดยแรงแวนเดอวาลส์ของ H_2O ภายในโมเลกุล (Combe⁽¹⁸⁾)

δ^+ และ δ^- แสดงถึงประจุไฟฟ้าจำนวนเล็กน้อย ซึ่งอาจเรียกว่า ไดโพลถาวร (permanent dipoles) ซึ่งมันจะยึดเกาะกัน



รูปที่ 10 การยึดโดยแรงแวนเดอวาลส์ของ H_2O แต่ละโมเลกุล (Combe⁽¹⁸⁾)

ข. อะตอมของก๊าซเฉื่อยซึ่งมีโมเลกุลที่ล้อมดุขยกัน เช่น CH_4 อาจทำให้เกิด โดโพลขึ้นได้โดยการเคลื่อนตัวอย่างลุ่มของอิเล็กตรอน แต่แรงระหว่าง โดโพลจะน้อยมาก

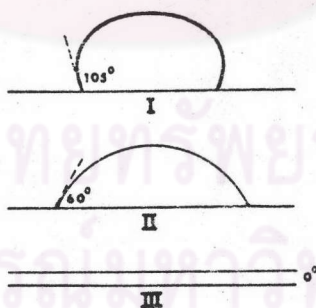
วัสดุซึ่งยึดด้วยแวนเดอวาลส์จะมีโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ต่ำ มีการขยายตัวด้วยความร้อนสูง จุดหลอมเหลวต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากแรงแวนเดอวาลส์มีน้อย

การทำให้พื้นผิวเปียก (Wettability)

Zisman⁽¹⁹⁾ กล่าวว่า การทำให้พื้นผิวเปียกเป็นองค์ประกอบสำคัญในการแอดฮีชัน

Baier, Shafrin และ Phillip:⁽²⁰⁾ กล่าวว่า เมื่อแอดฮีซีฟอยู่ในสภาพของเหลวและสามารถกระจายและทำให้พื้นผิวเปียกได้ จะทำให้การยึดเกาะสูง ทั้งนี้เพราะว่า พลังงานพื้นผิวอิสระ (free surface energy) สูงกว่าแรงตึงผิวของของเหลว

พลังงานพื้นผิวอิสระอาจพิจารณาจากลักษณะแรงตึงผิว ถ้าแรงตึงผิวต่ำก็จะได้มุมสัมผัส (contact angle) ต่ำลงไปด้วยทำให้พื้นผิวเปียกสูง ค่าภาวะดีเลิศสำหรับมุมสัมผัส จะเท่ากับ 0 องศา⁽¹⁸⁾ (รูปที่ 11)



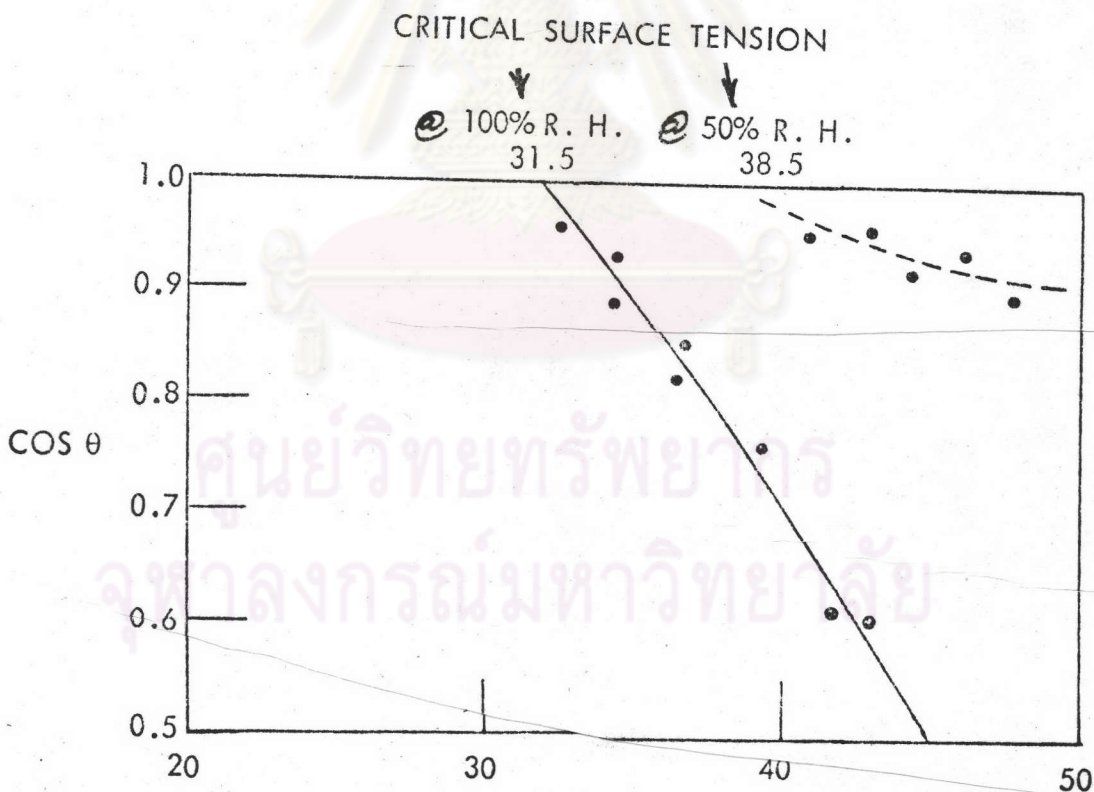
รูปที่ 11 แสดงการทำให้พื้นผิวเปียก I. contact angle 105° ,
II. contact angle 60° III. contact angle 0°
(Combe⁽¹⁸⁾)

การมีมุมสัมผัสมากหรือน้อยขึ้นกับความชนิดของแอดฮีซีฟ มุมสัมผัสจะทำให้มันน้อยลงได้ โดยการผสมแอดฮีซีฟด้วยตัวละลายที่มีแรงตึงผิวต่ำ ดังนั้นในทางทันตกรรมแอดฮีซีฟที่มีวัสดุอัดแทรก

มากจะมีความหนืดมากทำให้มีมุมสัมผัสสูง จึงควรใช้เรซินที่มีแรงตึงผิวต่ำ ทาบนพื้นก่อนเพื่อให้มีคุณสมบัติของการทำให้พื้นผิวเปียก

Newman และ Sharpe⁽²¹⁾ กล่าวถึงความชื้นว่ามีอิทธิพลต่อพลังงานพื้นผิว โดยปกติผิวเคลือบฟันจะมีพลังงานพื้นผิวอิสระ 31-32 ไดน์/ซม.² (ที่ 37°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100%) และจะมีพลังงานพื้นผิวอิสระสูงขึ้นเป็น 38-40 ไดน์/ซม.² (ที่ 23°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50%) ซึ่งสูงกว่าแรงตึงผิวของแอดฮีซีฟส่วนใหญ่ (34-36 ไดน์/ซม.² ดังนั้นความชื้นจึงมีอิทธิพลต่อการทำให้เปียกของผิวเคลือบฟัน)

Lee และ Orłowski⁽¹²⁾ ได้อ้างถึงการศึกษาของ Austin, Wilsdorf และ Phillip⁽²²⁾ ซึ่งมีความเห็นเช่นเดียวกับ Newman และ Sharpe⁽²¹⁾ ผลการศึกษาของเขาแสดงตามกราฟข้างล่างนี้



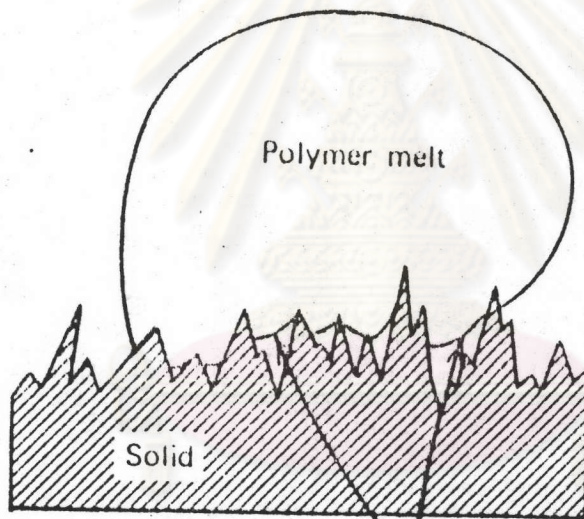
รูปที่ 12 แสดงค่าวิกฤติพลังงานพื้นผิวของผิวเคลือบฟันซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลง (Lee และ Orłowski⁽¹²⁾)

แอดฮีชันเปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็ง

พื้นผิวของวัสดุที่จะยึดติดกันจะมีความขรุขระ ซึ่งจะทำให้มีอากาศอยู่ระหว่างแอดฮีชันกับพื้นผิว ดังนั้นจึงใช้แอดฮีชันที่เป็นของเหลว เพื่อลดช่องอากาศระหว่างชั้นทั้งสอง ทำให้มีแวนเดอวาลส์เพิ่มขึ้นต่อมาแอดฮีชันที่เป็นของเหลวจะกลายเป็นของแข็ง เพื่อเพิ่มกำลังความแข็งแรงและเพิ่มความแข็ง

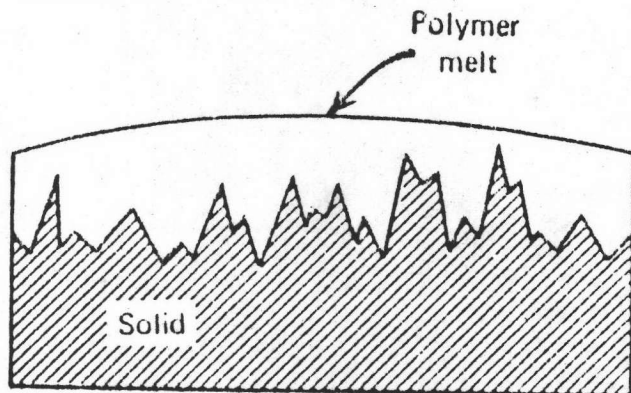
ความหนืดของแอดฮีชัน

ถ้าแอดฮีชันมีความหนืดสูงจะพบว่าอากาศอยู่ระหว่างแอดฮีชันกับพื้นผิว ซึ่งจะทำให้ได้กำลังแรงยึดลดลง ดังนั้นจึงควรทำให้มีการเปียกก่อน (รูปที่ 13 และ 14)



(a) Note low real area of interfacial contact Voids from trapped air

รูปที่ 13 แสดง การไม่ทำให้พื้นผิวเปียกร่วมกับการใช้แอดฮีชันที่มีความหนืดสูง (Lee และ Orłowski⁽¹²⁾)



รูปที่ 14 แสดง การทำให้พื้นผิวเปียกร่วมกับการใช้แอดฮีชันที่มีความหนืดน้อย จะทำให้ไม่มีฟองอากาศ การยึดจะดีขึ้น (Lee และ Orłowski⁽¹²⁾)

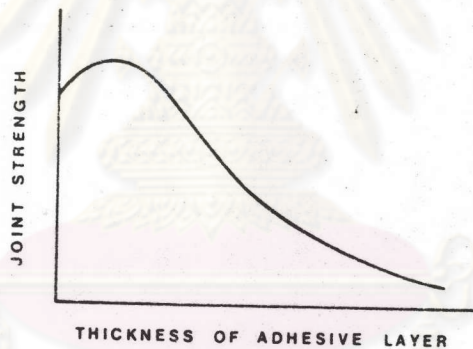
ความขรุขระ (Roughness)

ความขรุขระของพื้นผิวจะทำให้วัสดุมีกำลังแรงยึดเพิ่มขึ้น Buonocore⁽²⁾ กล่าวถึงเหตุผลที่ทำให้ได้กำลังแรงยึดเพิ่มขึ้น ดังนี้

- ก. ได้พื้นผิวในการสัมผัสกับแอตซีฟเพิ่มขึ้น
- ข. ความขรุขระจะต้านทานต่อแรงเฉือน
- ค. ความขรุขระช่วยเพิ่มการยึดแบบเกาะเกี่ยว

ความหนาของแอตซีฟ

แอตซีฟที่หนาน่าจะหลุดได้ง่ายกว่าแอตซีฟที่บาง Buonocore⁽²⁾ และ Combe⁽¹⁸⁾ ให้เหตุผลว่าแอตซีฟที่หนาก็จะมีความผิดปกติในเนื้อแอตซีฟมากกว่าแอตซีฟที่บาง จึงทำให้มีกำลังแรงยึดน้อยกว่าแอตซีฟที่บาง (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 แสดงความหนาของแอตซีฟที่มีผลต่อกำลังแรงยึด (Combe⁽¹⁸⁾)

ชนิดของแอตซีฟที่ใช้ทางทันตกรรมจัดฟัน

การใช้แอตซีฟในการแพทย์เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1960 โดยใช้ทางด้านศัลยศาสตร์ ก่อน ต่อมา เริ่มใช้เป็นวัสดุอุดหลุมร่องฟันและพัฒนาเป็นวัสดุอุดฟันอคริลิก ในช่วงปี ค.ศ. 1960-1970 ได้มีการพัฒนาต่อมาจนเป็นไดอครีเลตเรซิน

ในทางทันตกรรมจัดฟันแอตซีฟที่ใช้ทำไดเร็คบอนด์มี 2 ชนิด⁽⁴⁾,⁽²³⁾ คือ

- ก. อคริลิกเรซิน
- ข. ไดอครีเลตเรซิน

อคริลิคเรซิน (24)

เป็นอนุพันธ์ของเอซีลีนและกลุ่มไวนิล (Vinyl group) ในโครงสร้างอนุกรมอนุกรมที่เกี่ยวข้องกับงานทางทันตกรรมมีอยู่อย่างน้อย 2 อนุกรมคือ อนุกรมที่ได้จากกรดอคริลิค ($\text{CH}_2 = \text{CHOOH}$) กับอนุกรมที่ได้จากกรดมีธาคริลิค ($\text{CH}_2 - \text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$)

ในวงการทันตแพทย์เรียกโพลีอะคริลิคเรซิน (polyacrylic resin) หมายถึง เอสเทอร์ของอนุกรมมีธาคริลิค

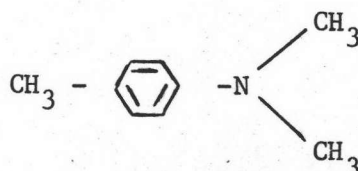
องค์ประกอบของอคริลิคเรซิน

ก. ส่วนผง

1. โพลีเมอร์ ลักษณะเป็นเม็ดละเอียดของโพลีเมธิลมีธาคริเลตขนาด 50-250 ไมครอน
2. ตัวเริ่มต้น ได้แก่ เบนโซอิล เปรอออกไซด์ 0.2-0.5%
3. รงควัตถุ คือสีที่ฉาบตามผิวของเม็ดโพลีเมอร์ประมาณ 1%
4. อื่น ๆ เช่น สีทึบแสง (opacifier), ตัวทำให้นุ่ม (plasticizer)

ข. ส่วนเหลว

1. โมโนเมอร์เมธิล มีธาคริเลต เป็นของเหลวที่ไม่เสถียรจึงใส่สารหักห้าม (inhibitor) เช่น ไฮโดรควิโนน 0.006% และบรรจุขวดสีน้ำตาลเพื่อป้องกันโพลีเมอร์เข็นขณะเก็บ
2. โคโพลีเมอร์ เช่น เอธิลอะคริเลต (ethyl acrylate) ไม่เกิน 5% กับโพลีเมธิล มีธาคริเลต
3. สารเชื่อมขวาง (cross-linked agent) เพื่อให้โพลีเมอร์เข็น 2 เส้น เชื่อมโยงกัน ทำให้มีกำลังความแข็งแรงสูงขึ้นและทนต่อแรงกระแทก เช่น เอธิลีนไกลคอล ไดมีธาคริเลต (ethylene glycol dimethacrylate)
4. ตัวกระตุ้น ได้แก่ tertiary amine เช่น dimethyl-p-touluidine

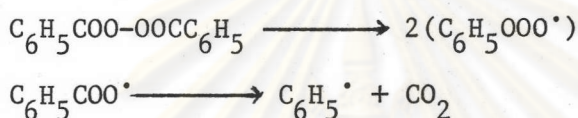


โพลีเมอร์ เชโซนของอคริลิครีซิน

โพลีเมอร์ เชโซนของอคริลิครีซินจะเป็นแบบฟรี แรดิคัล แอดดิชัน (free radical addition) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาในการรวมตัวของล่องโมเลกุลที่เหมือนหรือต่างกัน เพื่อให้โมเลกุลใหญ่ขึ้นโดยไม่ต้องสูญเสียโมเลกุลเล็ก ๆ เช่น น้ำออกไป

ขั้นตอนในการเกิดโพลีเมอร์ เชโซน⁽¹⁸⁾ มีดังนี้

ก. ขั้นเริ่มต้น (Activation and initiation) ตัวเริ่มต้นในการเกิดโพลีเมอร์ เชโซน จะต้องมิลิเลคตรอนคู่ (paired electron) ซึ่งอยู่ในรูปของแรดิคัลอิสระ (free radical) ตัวเริ่มต้นมักจะใช้เบนโซอิลเพอร์ออกไซด์

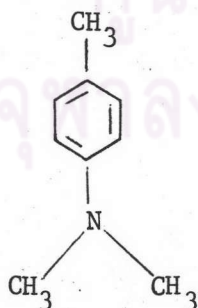


ต่อไปจะเขียน R[•] แทน C₆H₅[•]

การกระตุ้นให้เกิดแรดิคัลอิสระของเพอร์ออกไซด์ กระทำได้ 3 วิธีคือ

1. รังสีอุลตราไวโอเลต, แสง หรือ รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation)
2. ความร้อน
3. สารเคมีพวกเอมีน (amines) เช่น N, N-dimethyl-p-toulidine,

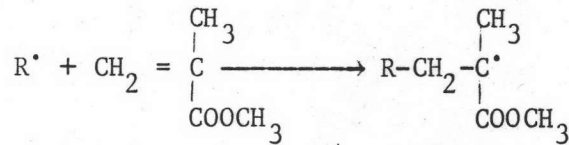
Lauryl mercaptan



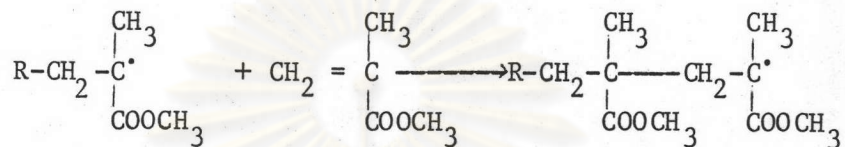
N,N-dimethyl-p-toulidine

CH₃(CH₂)₁₁SH Lauryl mercaptan

ข. ขั้นปฏิกิริยาห่วงโซ่ (propagation) เป็นระยะที่แรดิคัลอิสระทำปฏิกิริยากับ โมโนเมอร์



ซึ่งแรดิคัลอิสระที่เกิดขึ้นใหม่นี้สามารถทำปฏิกิริยากับ โมโนเมอร์ตัวอื่น

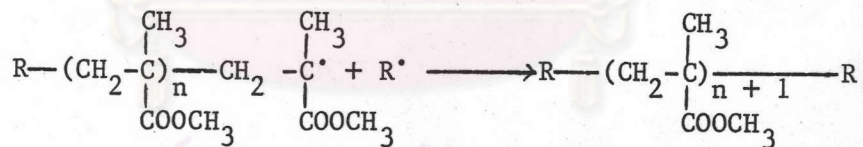


ปฏิกิริยาจะเกิดต่อไปเรื่อย ๆ ถ้าจะเขียนปฏิกิริยาห่วงโซ่เป็นอย่างง่าย ๆ

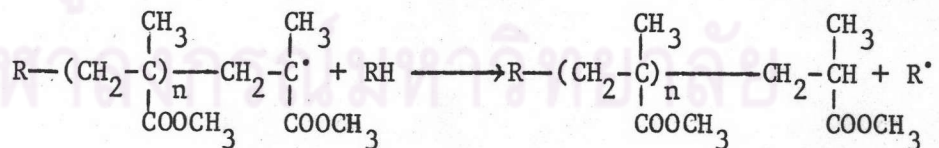
จะได้ดังนี้



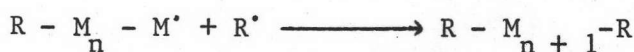
ค. ขั้นสิ้นสุด (Termination) คือปฏิกิริยาที่แรดิคัลอิสระ 2 ตัวมาทำปฏิกิริยากัน เพื่อให้ได้โมเลกุลเสถียร (stable molecule)



หรืออาจเป็นปฏิกิริยาแลกเปลี่ยน (transfer process)



ซึ่งจะเขียนปฏิกิริยาอย่างง่าย ๆ ได้ดังนี้



อคริลิคเรซินที่ใช้ทางทันตกรรมสัดส่วนส่วนใหญ่จะใช่ เอมีน-เพอร์ออกไซด์เป็นตัว

กระตุ้น

Miura, Nakagawa และ Masuhara⁽²⁵⁾ ใช้ Tri-n-borane derivative amine-peroxide พบว่าทำให้เรซินสามารถโพลีเมอร์ไรซ์ได้ในความชื้น วัสดุที่ใช้ Tri-n-borane เป็นตัวกระตุ้น เช่น Orthomite ของ Rocky Mountain

Newman⁽³⁾ กล่าวถึงคุณสมบัติของอคริลิควเรซินว่ามีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากกว่าพันประมาณ 10 เท่า และมีการหดตัว 6-10%

อคริลิควเรซินจะมีทั้งแบบมีวัลดูอัดแทรกและไม่มีวัลดูอัดแทรก การจับตัวจะเป็นแบบเส้นตรง อคริลิควเรซินที่ใช้ทางทันตกรรมจัดฟันในปัจจุบันผลิตจากบริษัทหลายบริษัท (ดังรูปที่ 16)

Examples of Commercially Available Acrylic Resins

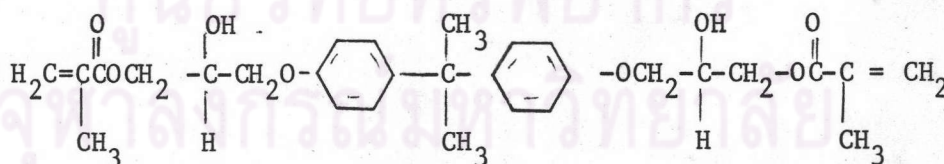
Bracket Bond (G.A.C.)
O.I.S. Adhesive
Orbond* (Ormco)
Orthomite (Rocky Mountain)
Directon (T.P.)
Direct Bonding Kit (Unitek)

* Part of a system.

รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างของอคริลิควเรซินซึ่งใช้ทางทันตกรรมจัดฟัน (Reynolds⁽⁴⁾) ไดอคริลิควเรซิน⁽⁴⁾

มักมีหลายชื่อ เช่น epoxy, epoxy type, acrylated epoxy, dimethacrylate, epoxy-acrylic

Bowen⁽²⁶⁾ เป็นผู้พัฒนาทันตวัสดุที่เป็น aromatic diacrylate ที่เรียกกันว่า Bowen's resin หรือ Bis-GMA ซึ่งนิยมใช้ในปัจจุบัน

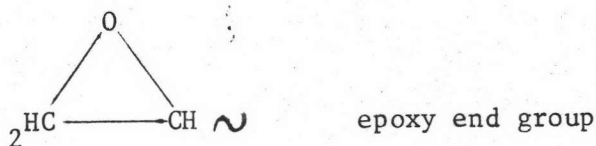


Bis - GMA

Bis - GMA เตรียมได้จาก⁽²⁴⁾

- ก. ปฏิกิริยาของ Bisphenol A กับ Glycidyl Methacrylate
- ข. ปฏิกิริยาของ Glycidyl ether of Bisphenol A กับ Methacrylic acid

โดยปฏิกิริยาเกิดที่ functional sites ของ epoxy end group ทั้ง 2 ข้าง



Bis-GMA มีความหนืดสูง เกินกว่าจะใช้ในทางทันตกรรม จึงใช้โมโนเมอร์บางชนิด ผสมลงไปให้ใสขึ้น เช่น เมธิลเมทาคริเลต (MMA), ethylene tetraethylene glycol dimethacrylate, bis (2-methacryloxy ethyl isophthalate (MEI), bis (2-methacryloxy ethyl terephthalate (MET), bis (2-methacryloxyethyl) phthalate (MEP) เป็นต้น โดยจะเพิ่มโมโนเมอร์เข้าไปประมาณ 50% ของน้ำหนัก

Reynolds⁽⁴⁾ ได้ยกตัวอย่าง ไดอคริลเลตเรซินทั้งแบบที่มีวัสดุอัดแทรกและ ไม่มีวัสดุอัดแทรก (รูปที่ 17)

Diacrylate Resins. They occur in two forms:

Unfilled
Filled

Examples

Unfilled

as pit and fissure sealants

EpoxyLite 9075—chemically cured (Lee Pharmaceuticals)

Nuvaseal—u.v. light activated (L.D. Caulk)

Filled

as (a) composite filling materials

Adaptic—chemically cured as a paste-paste (Johnson & Johnson)

Concise—chemically cured as a paste-liquid (3M's)

Restodent—chemically cured as a powder-liquid (Lee Pharmaceuticals)

Nuvafil—u.v. light activated as a paste (L.D. Caulk)

as (b) enamel coating agents. (Decreased inorganic filler content)

Protecto—chemically activated as a paste-paste (Lee Pharmaceuticals)

รูปที่ 17 แสดงตัวอย่างของไดอคริลเลตเรซิน (Reynolds⁽⁴⁾)

องค์ประกอบของไดอคริลเลตเรซิน (24)

ก. อินทรีย์วัฏภาค (organic phase) ได้แก่ โมโนเมอร์ชนิดต่าง ๆ แต่ที่นิยมมาก

คือ Bis-GMA

ข. อนินทรีย์วัสดุภาค (inorganic phase) ได้แก่ เส้นใยแก้ว หรือ ผลึกซึรามิกแก้ว เช่น ซึรามิกออกไซด์, ซิลิกา, คอลลอยดอลซิลิกา, แท่งแก้วยาว, ลูกบิดแก้ว, อลูมิเนียม ซิลิเกต, ควอตซ์

อนินทรีย์วัสดุภาคมีวัตถุประสงค์แน่นอนที่อยู่ในสภาพเฉื่อย (inert fillers) ผสมในโพลีเมอร์ ระหว่าง 70-80% เรียกว่าคอมโพสิต ช่วยเพิ่มกำลังความแข็งแรงความแข็งผิวของคอมโพสิต จะสูงและลดการขยายตัว

เนื่องจากวัสดุอุดแทรกไม่เกาะติดกับโพลีเมอร์ ดังนั้นจึงใช้สารยึดควบคู่ช่วยยึดระหว่าง วัสดุอุดแทรกกับโพลีเมอร์ สารยึดควบคู่ที่นิยมใช้คือ พวกไวนิลซิลเลน เช่น Gamma-methacryloxypropyltrimethoxysilane $(\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{Si}-(\text{OCH}_3)_3)$

ค. ตัวกระตุ้น (activator) ได้แก่ เอมีน หรือ รังสีอัลตราไวโอเล็ต

ง. ตัวเริ่มต้น (initiator) ได้แก่ เบนโซอิลออกไซด์

ไดอครีเลตเรซินจะจับกันแบบเชื่อมขวาง จึงมีความแข็งแรงกว่าอคริลิคเรซิน

โพลีเมอร์เซชันของไดอครีเลตเรซิน

การโพลีเมอร์เซชันเป็นแบบฟรี แรดิกัล แอดดิชัน เช่นเดียวกับอคริลิคเรซิน

ซิลแลนท์ (Sealant) ⁽²⁷⁾

ซิลแลนท์เป็นสารพวก Bis-GMA ที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก มีคุณสมบัติทำให้พื้นผิวเปียกชุ่ม ใช้ทาบนผิวเคลือบฟันที่ถูกเอ็ชก่อนติดแบรคเก็ต คุณสมบัติของซิลแลนท์ที่ดีดังนี้

- ก. ไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อในช่องปากและร่างกายทั่วไป
- ข. มีระยะเวลาในการทำงานและระยะเวลาในการก่อตัวเหมาะสม
- ค. ความหนืดปานกลาง
- ง. กำลังความแข็งแรงสูงพอที่จะทนทานต่อแรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟัน
- จ. เพิ่มคุณสมบัติในการทำให้พื้นผิวเปียกให้แก่แอตฮีซีฟ ในกรณีที่คุณสมบัติในการทำให้พื้นผิวเปียกต่ำ เช่น Concise

ฉ. ทนทานต่อการละลายในช่องปาก

นอกจากนี้ Gorelick และคณะ⁽²⁷⁾ ก็ยังกล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ซิลแลนท์

ดังนี้

- ก. เพิ่มความแข็งแรงของการยึดระหว่างฟันกับแอตซีฟ
- ข. ควบคุมความชื้น โดยป้องกันผิวเคลือบฟันไม่ให้ถูกกับน้ำลาย
- ค. เพื่อความสะดวกในการดีบอนด์ (debond)
- ง. ป้องกันฟันผุ แต่ในบางรายอาจพบการละลายของแคลเซียมบนฟันหลังดีบอนด์

การใช้กรดกัด (Acid Etching)

Buonocore⁽²⁾ ได้ใช้กรดฟอสฟอริก 85% ทาบนด้ามนรีมฝีปากของฟันเป็นเวลา 30 วินาที แล้วล้างน้ำทำให้แห้ง หยดเรซินลงไป พบว่าฟันที่ทำการเอ็ชจะมีการยึดที่ดีกว่า (ตารางที่ 1)

<i>Phosphoric acid treatment</i>	<i>Untreated</i>	<i>Treated</i>
Number of surfaces	10	10
Average duration of adhesion in hours	11	1,070

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการยึดของ เรซินกับด้ามนรีมฝีปากของฟันซึ่ง เอ็ชและไม่ได้ เอ็ช (Buonocore⁽²⁾)

สาเหตุที่ทำให้มีกำลังแรงยึดเพิ่มขึ้นโดยการ เอ็ชมีดังนี้

- ก. การใช้กรดกัด ทำให้เพิ่มพื้นผิวที่สัมผัสกับเรซิน
- ข. ทำให้เกิดร่างแหอินทรีย์ของผิวเคลือบฟัน ทำหน้าที่เป็นร่างแหเพื่อให้เรซินยึด
- ค. การใช้กรดจะทำลายผิวเคลือบฟันที่มีสภาพเ็ช้อย ทำให้ผิวเคลือบฟันข้างใต้มีการยึดตัวได้ดี
- ง. ผิวเคลือบฟันจะมีการดูดซับเอาโพลาร์ ฟอสเฟต (polar phosphate) ซึ่งได้จากกรด ทำให้มีการยึดแข็งแรงขึ้น

กรดที่ใช้ในการเอ็ช

Brauer และ Termini⁽²⁸⁾ กล่าวว่าประสิทธิภาพของการยึดติดขึ้นกับความเข้มข้นของกรดและเวลาที่ใช้ในการเอ็ช การใช้กรดที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟัน

โดยไม่จำเป็น การใช้กรดที่เข้มข้นน้อยเกินไป เช่น ใช้ ethylene diamine tetracetic acid จะต้องใช้เวลาในการเอ็ชนานเกินความจำเป็น

Gwimett⁽²⁹⁾ แนะนำว่าควรใช้กรดฟอสฟอริก, กรดซิตริกหรือกรดฟอร์มิก เพื่อให้การเอ็ชพอเพียงในช่วงเวลาที่พอเหมาะ ซึ่ง Buonocore⁽²⁾ พบว่าจะมีการหลุดออกของผิวเคลือบฟันออกประมาณ 5 ไมครอน และจะเกิดการละลายของแคลเซียมลงไปในผิวเคลือบฟันอีก 15-25 ไมครอน (ตารางที่ 2)

GROSS LOSS OF ENAMEL SURFACE FOLLOWING ACID ETCHING

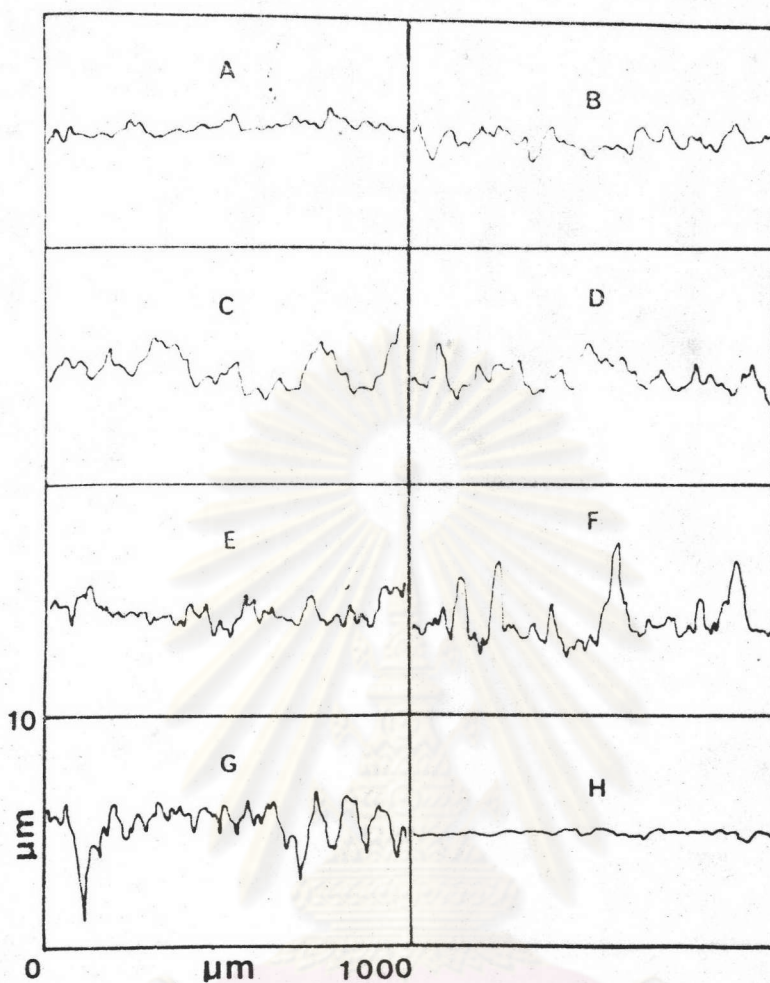
Acid (2 min application of 0.3 cm ³)	Depth of etch		
	Less than 5 μ m	5-25 μ m	Greater than 25 μ m
50% Citric	*		
10% Formic	*		
Zinc phosphate liquid	*		
85% Phosphoric	*		
50% Phosphoric		*	
10% Phosphoric		*	
0.1 N Hydrochloric			*
0.5 N Hydrochloric			*

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟันจากกรดชนิดต่าง ๆ (Buonocore⁽²⁾)

การศึกษาการใช้กรดฟอสฟอริกในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

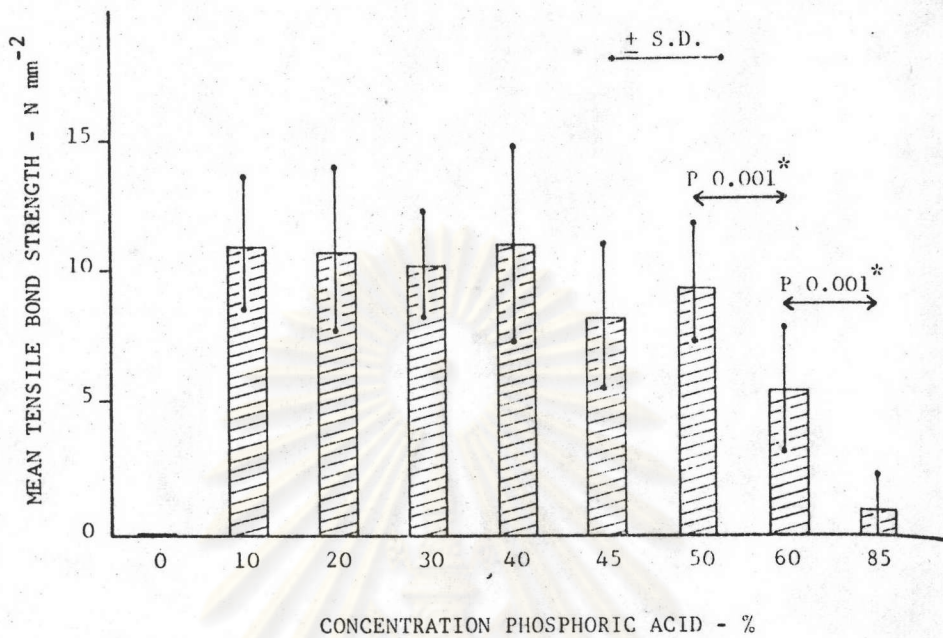
Miura, Nakagawa และ Masuhara⁽²⁵⁾ แนะนำให้ใช้กรดฟอสฟอริก 65% ในการเอ็ชเป็นเวลา 30 วินาที แต่ถ้าใช้กับคอมโพสิตที่มีวัสดุอัดแทรกสูง ควรใช้กรดฟอสฟอริก 50% เวลา 120 วินาที

จากการศึกษาของ Retief⁽³⁰⁾ พบว่าพื้นที่ไม่ได้เอ็ชการติดแบรคเก็ตจะไม่ได้ผล นอกจากนี้เขายังแสดงลักษณะของพื้นผิวของผิวเคลือบฟันซึ่งถูกเอ็ชด้วยกรดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (รูปที่ 18)



รูปที่ 18 แสดงลักษณะของพื้นผิวของผิวเคลือบฟัน ซึ่งถูกเอ็ชด้วย A 10% H_3PO_4 , B. 20% H_3PO_4 , C. 30% H_3PO_4 , D. 40% H_3PO_4 , E. 45% H_3PO_4 , F. 50% H_3PO_4 , G. 60% H_3PO_4 , H. 85% H_3PO_4 (Retief⁽³⁰⁾)

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการใช้กรดที่มีความเข้มข้นมากกว่า 50% จะลดกำลัง
 เท็นไซล์ (tensile strength) Chow & Brown⁽³¹⁾ อธิบายเหตุผลว่า เมื่อผิวเคลือบฟัน
 ถูกเอ็ชจะได้ monocalcium phosphate monohydrate $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ การละลาย
 ของฮัยดรอกซีอะพาไทท์จะเกิดพร้อมกับการตกตะกอนของ monocalcium phosphate mono-
 hydrate กรดที่เข้มข้นมากจะละลายอะพาไทท์ได้น้อยกว่ากรดที่มีความเข้มข้นน้อย เนื่องจากมี
 การก่อตัวอย่างรวดเร็วของ monocalcium phosphate monohydrate ดังนั้นในกรณีที่ใช้กรด
 เข้มข้นจะพบว่าการละลายของผิวเคลือบฟันน้อย



* Significant at 0.1% level

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอตชีฟที่ใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นต่างกัน (Retief⁽³⁰⁾)

Retief⁽³⁰⁾ พบว่าความเข้มข้นของกรดที่ต่ำกว่า 50% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในค่ากำลังแรงเห็นโซลล์ แต่เมื่อพิจารณาถึงความลึกเป็นไมครอนของการเอ็ชลงไปลึกน้อยที่สุดในจำนวนความเข้มข้นของกรดที่ให้กำลังแรงเห็นโซลล์เท่า ๆ กัน ดังนั้นจึงมีความเห็นว่าการจะใช้ความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกเป็น 50% (ตารางที่ 3 และ 4)

Etching solution	Calculated depth of etch (\pm S.D. μ m)	Measured depth of etch (μ m)
10% H ₃ PO ₄	9.5 \pm 1.0	12.0
20% H ₃ PO ₄	12.6 \pm 0.7	11.0
30% H ₃ PO ₄	15.3 \pm 0.9	10.5
40% H ₃ PO ₄	14.1 \pm 2.8	12.5
45% H ₃ PO ₄	12.3 \pm 1.2	12.0
50% H ₃ PO ₄	7.1 \pm 1.2	7.0
60% H ₃ PO ₄	2.7 \pm 0.9	3.5
85% H ₃ PO ₄	0.8 \pm 0.2	1.0

ตารางที่ 4 แสดงความลึกของการเอ็ชซึ่งได้จากการคำนวณและได้จากการวัดโดยใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นต่างกัน (Retief⁽³⁰⁾)

ผลของแอดฮีซีฟต่อผิวหนังและเยื่อเมือก

Newman⁽²³⁾ ได้ศึกษาผลของแอดฮีซีฟที่มีต่อผิวหนังและเยื่อเมือก โดยทำการทดลองในกระต่าย 3 ตัว แอดฮีซีฟจะถูกทำให้ร้อนและผสมกัน นำไปใส่ใน elastoplast adhesive แล้วติดลงบนหลังซึ่ง โคนขนออกของกระต่าย 3 ตัว ติดอยู่ 48 ชั่วโมง พบว่าแอดฮีซีฟจะติดอยู่กับผิวหนังของกระต่าย และผิวหนังที่ถูกติดแอดฮีซีฟจะมีการอักเสบเล็กน้อยไม่มีการบวมหน้า หลังจากนั้น 48 ชั่วโมงก็จะหายเป็นปกติ นอกจากนี้ยังใช้แอดฮีซีฟใส่ลงในเยื่อเมือกที่ตาของกระต่าย ให้มีรูปร่างใกล้เคียงกับตาของกระต่ายเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเอาแอดฮีซีฟออกพบว่า corneal conjunctiva จะชूनเล็กน้อย ส่วน corneal และ palpebral conjunctiva มีการคั่งของโลหิต (hyperemia) เล็กน้อย การชूनของ corneal จะมีประมาณ 72 ชั่วโมง จึงจะกลับสู่สภาวะปกติ ลักษณะการคั่งของโลหิตจะมีอยู่ประมาณ 24 ชั่วโมงจึงจะหาย (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 A. แสดงการนำเรซินไปติดกับตากระต่าย (Newman⁽²³⁾)

B. แสดงลักษณะปกติหลังจากเอา เรซินออกแล้ว 4 วัน

หลังจากนั้น 14 วัน ก็ทดลองที่ผิวหนังและตาในแบบเดิมและบริเวณเดิมพบว่า ไม่มีการระคายเคือง หลังจากทดลองครั้งที่สอง 14 วัน ก็ทดลองที่ผิวหนัง และตาก็พบว่าให้ผลเหมือนกัน จึงสรุปว่า แอดฮีซีฟจะไม่มีผลในการกระตุ้นผิวหนังหรือระคายเคืองต่อเยื่อเมือกของกระต่าย

Davidson, Sheinis และ Shepherd⁽³²⁾ ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาของเนื้อเยื่อต่อแอตซีฟที่ใช้ทางทันตกรรมสัตว์ฟัน โดยทำการศึกษา 3 แบบคือ

ก. ผลของแอตซีฟต่อผิวหนัง โดยโกนขนที่หลังแฮมสเตอร์ (Hamster) ออกและใช้แอตซีฟติดบนผิวหนัง โดยแบ่ง เป็นกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองแล้วจะนำเนื้อเยื่อมาศึกษาปฏิกิริยาของแอตซีฟจะให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 5)

- ± = posible
 + = slight
 ++ = moderate
 +++ = severe

Adhesive	Weeks					
	1	2	3	4	5	6
Endur	—	—	—	—	—	—
Right On*	±	—	±	±	—	±
One Step	—	—	—	—	—	—
System I	—	±	±	—	—	±
Instabond	—	—	—	—	—	±

ตารางที่ 5 แสดงผลของแอตซีฟต่อผิวหนัง (Davidson และคณะ⁽³²⁾)

พบว่าแอตซีฟทั้งห้าชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังในช่วง 6 เดือน

ข. ผลของแอตซีฟต่อเนื้อเยื่อช่องปากจะใช้ฟองน้ำพื้นที่ประมาณ 3 มม.² ซึ่งจุ่มลงในแอตซีฟ วางบนเนื้อเยื่อช่องปาก แล้วใช้ไหมขนาด 000 เย็บให้ฟองน้ำติดกับเนื้อเยื่อช่องปาก (ตารางที่ 6)

Adhesive	Trials	Reactions
Endur	10	0
Right On*	12	12 (p .001)
One Step	4	0
System I	7	1
Instabond	9	0
Concise	6	0

*Old formula.

ตารางที่ 6 แสดงผลของแอตซีฟต่อเนื้อเยื่อในปาก (Davidson และคณะ⁽³²⁾)

มี แอดฮีซีฟ 6 ชนิดที่ใช้ศึกษาพบว่า ในวันที่ 5 ของการทดลองมีการตายของเนื้อเยื่อรอบ ๆ ของฟองน้ำที่ใช้ Right On ซึ่งมีความแตกต่างจากแอดฮีซีฟตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ค. ผลของแอดฮีซีฟต่อเหงือกโดยติดแอดฮีซีฟ 6 ชนิดให้บางส่วนของแอดฮีซีฟเข้าไปในร่องเหงือก โดยกระทำในแฮมสเตอร์และสุนัข (ตารางที่ 7)

<i>Adhesive</i>	<i>Hamster</i>	<i>Dog</i>
Endur	—	--
Right On*	++	--
One Step	—	--
System I	—	--
Instabond	—	--
Concise	—	--

*Old formula.

ตารางที่ 7 แสดงผลของแอดฮีซีฟต่อเหงือก (Davidson และคณะ⁽³²⁾)

พบว่าการใช้ Right On มีการอักเสบของเหงือกในสัปดาห์ที่ 2

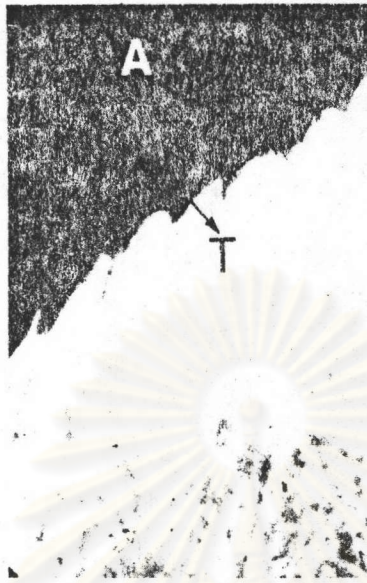
Davidson, Sheinis และ Shepherd⁽³²⁾ กล่าวถึง Right On ที่ใช้ในการศึกษาเป็น Right On สูตรเก่า ซึ่งบริษัทได้เปลี่ยนสูตรใหม่ โดยเอา modified product in GMA ออกจากสูตรเดิม ซึ่งสูตรใหม่นี้ได้ใช้ในการศึกษาก็พบว่าไม่มีผลให้เกิดการอักเสบ

ผลของกรดต่อผิวเคลือบฟัน

จากการศึกษาของ Silverstone⁽¹⁶⁾ พบว่าเมื่อผิวเคลือบฟันถูกเอ็ชจะเกิดการเปลี่ยนแปลง 3 ส่วน

- ก. Etched zone เป็นชั้นผิวเคลือบฟันที่สูญเสียจากการเอ็ชลึกประมาณ 10 ไมครอน
- ข. Qualitative zone อยู่ถัดชั้นแรกเข้าไปลึกประมาณ 20 ไมครอน
- ค. Quantitative zone ชั้นนี้อยู่ลึกสุด ลึกประมาณไม่แตกต่างจากผิวเคลือบฟันเลยลึก 20 ไมครอน

จากการศึกษาของ Buonocore⁽²⁾ พบว่า จะมีการสูญเสียผิวเคลือบฟันเป็นผ้าขาวเมื่อศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์ พบว่าผิวเคลือบฟันจะถูกเอ็ชเป็นทางยาว (รูปที่ 20)



รูปที่ 20 เป็นภาพขยาย 450 เท่า A. แแทนแอตซีฟ, T. แแทนแท้ค
(Buonocore⁽²⁾)

ผลของกรดต่อประสาทฟัน

การศึกษาของ Lee และ Orłowski⁽¹²⁾ แสดงว่ากรดไม่ล่ำมารถซึมผ่านชั้นของเนื้อฟัน โดยตัดเนื้อฟันเป็นชิ้นบาง ๆ หนาประมาณ 1 มม. โดยตัดให้ตั้งฉากกับเส้นดินนอลทิวล (dentinal tubule) แล้วนำไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำให้แห้งแล้ววางลงบน pH indicator paper ซึ่งมีความหนา 1 มิลลิเมตร หยด 50% กรดฟอสฟอริกและกรดซิตริก ลงบนเนื้อฟันประมาณ 5 นาที ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนสีของ pH indicator paper แสดงว่ากรดไม่ล่ำมารถซึมผ่านเนื้อฟันหนา 1 มม. หลังจากนั้นนำชิ้นของเนื้อฟันมาทำ scanning electron microscope จะพบเฉพาะเพียงผิวหน้าของเนื้อฟันเท่านั้นที่ถูกเอ็ช แต่ในเส้นดินนอลทิวลไม่ถูกเอ็ช

Stanley, Going และ Chauncey⁽³³⁾ กล่าวว่าถ้ามีเนื้อฟันผึ่งเผยจะต้องป้องกันไม่ให้สัมผัสกับกรดหรือเรซิน เพราะจะทำให้เกิดการอักเสบ ทำให้ประสาทฟันตายได้

Hauzer⁽³⁴⁾ พบว่ากรดฟอสฟอริกซึ่งมีสาร electroisotope ไม่ล่ำมารถซึมเข้าประสาทฟัน Smith, Spinelli และ Tartakow⁽³⁵⁾ ศึกษาฟันกรามน้อย 25 ซี่ โดยล้างฟัน

ขัดด้วยผงขัดฟัน ใช้เวลาในการเอ็ช 2-5 นาที โดยใช้กรดฟอสฟอริก 50% และใช้ ^{32}P เป็น radioisotope พบว่า $\text{H}_3^{32}\text{PO}_4$ จะทำปฏิกิริยากับ Ca^{++} salt ในผิวเคลือบฟัน ทำให้ได้ $\text{Ca}_2^{32}\text{PO}_4$ ซึ่งจะให้รังสีเบตา จะใช้ Gamma Counter ในการวัดปริมาณรังสี (ตารางที่ 8)

Sample No.	Before rinsing (c.p.m.)	After rinsing (c.p.m.)	At 50 (c.p.m.)
1	36,613	14,633	742
2	16,765	4,251	150
3	20,478	7,460	620
4	30,158	13,758	1,508
5	25,225	10,228	1,687
6	16,864	7,381	1,410
7	21,791	9,847	1,488
8	8,109	3,753	431
9	14,008	6,259	1,002
10	6,273	2,386	594
11	13,368	5,744	972
12	7,736	2,496	603
13	9,498	3,982	475
14	420	Void—improperly etched	
15	560	Void—improperly etched	
16	10,548	4,694	256
17	3,536	1,107	372
18	6,685	2,763	171
19	7,551	2,942	247
20	3,690	1,574	288
21	11,103	4,982	787
22	11,680	5,107	975
23	7,263	3,311	647
24	3,632	1,475	199
25	4,028	1,824	039
26	5,927	2,768	369
27	14,222	6,325	507

ตารางที่ 8 แสดงการนับปริมาณรังสีที่อยู่ภายในผิวเคลือบฟัน หลังการเอ็ช

โดยใช้เครื่อง gamma counter (Smith และคณะ (35))

พบว่า

- ก. ถึงแม้จะล้างน้ำ กลไกในการกักของกรดก็ยังคงมีอยู่
- ข. ผลของการเอ็ชลึกมากกว่า 10 ไมครอน
- ค. ไม่มีการซึมผ่านของกรดสู่ DEJ

ผลของกรดต่อเนื้อเยื่อช่องปาก

Ibsen และ Neville⁽³⁶⁾ กล่าวว่าถ้ากรดฟอสฟอริก 50% สัมผัสกับเนื้อเยื่อในปากประมาณ 5 นาที จะพบว่ามีแคลคิอุสเคลือบ ซึ่งควรจะรักษาด้วย 45% aqueous solution of negatol ดังนั้นการเอ็กซิงควรระมัดระวังไม่ให้โดนกับเนื้อเยื่ออ่อน

แบรคเก็ต⁽¹⁰⁾

แบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำแบรคเก็ตเป็น 2 ชนิด

- ก. แบรคเก็ตโลหะ นิยมใช้ทั่วไปทั้งพื่นหน้าและพื่นหลัง เพราะแข็งแรงทนทานกว่า
- ข. แบรคเก็ตพลาสติก ส่วนมากใช้ในพื่นหน้า เมื่อคำนึงถึงความสวยงามเป็นสิ่งสำคัญ ไม่ต้องการเคลื่อนพื่นมากนัก รักษาในช่วงสั้น ๆ ประมาณ 6-10 เดือน คนไข้ต้องให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะขอบของแบรคเก็ตเปราะหักง่าย ไม่ทนต่อแรงบดเคี้ยวเท่าแบรคเก็ตโลหะ

Gorelick และคณะ⁽¹¹⁾ กล่าวถึงข้อควรคำนึงในการเลือกใช้แบรคเก็ต ดังนี้

- ก. ขนาดของฐาน (pad size)
ขนาดของฐานที่รองรับแบรคเก็ตควรมีขนาดเล็ก เพื่อให้ห่างจากขอบเหงือกมากที่สุด ควรวางแบรคเก็ตฐานที่ยึดกับเหงือกมีรูปร่างโค้งไปตามความโค้งของเหงือก
- ข. ชนิดของแผ่นหลัง (type of backing)
 1. แผ่นหลังเป็นตาราง (mesh backed bracket)
 2. แผ่นหลังเป็นรู (perforated backed bracket)

จากการศึกษาของ Zachrisson⁽³⁷⁾ พบว่าแผ่นหลังเป็นตารางดีกว่า กล่าวคือ

- ก. ให้กำลังแรงยึดสูงกว่า
- ข. ทำความสะอาดง่ายกว่า มีแผ่นคราบพื่นติดน้อยกว่า
- ค. รื้อออกง่ายกว่า

Reynolds และ Von Fraunhofer⁽³⁸⁾ พบว่า แผ่นหลังเป็นตารางจะให้กำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าแผ่นหลังเป็นรู และแนะนำให้ใช้เบอร์ขนาดของตาราง 50-70 กับไดอคริลิตเรซิน

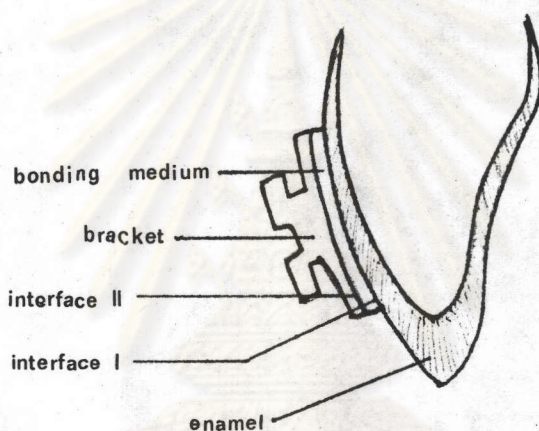
ที่มีวัสดุอุดแทรก เมื่อติดแบรคเก็ทบนผิวเคลือบฟันที่ถูกเอีซจะเกิดอินเตอร์เฟล (interface) ดังนี้ (39)

ก. อินเตอร์เฟล I อยู่ระหว่างแอตอีซีฟกับผิวเคลือบฟัน การยึดเป็นแบบเกาะเกี่ยวระหว่างแอตอีซีฟกับรูพรุนของผิวเคลือบฟัน

ข. อินเตอร์เฟล II อยู่ระหว่างแบรคเก็ทกับแอตอีซีฟ การยึดบริเวณนี้ขึ้นกับชนิดของแบรคเก็ท

แบรคเก็ทพลาสติกเป็นการยึดแบบเคมี

แบรคเก็ทโลหะเป็นการยึดแบบเกาะเกี่ยว (รูปที่ 21)



รูปที่ 21 แสดงการยึดระหว่างแบรคเก็ทกับผิวฟัน ความหนาของแอตอีซีฟถูก

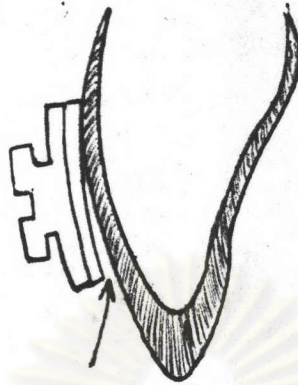
ขยายกว้างขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงอินเตอร์เฟลทั้งสอง อินเตอร์เฟล I

อยู่ระหว่างผิวฟันกับแอตอีซีฟ อินเตอร์เฟล II อยู่ระหว่างแอตอีซีฟ

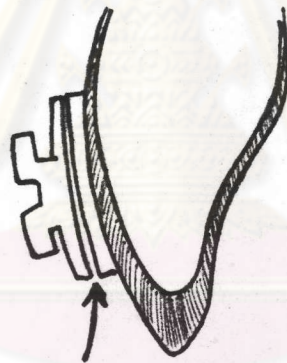
กับแบรคเก็ท

เมื่อเทคนิคในการติดแบรคเก็ทไม่ถูกต้อง แบรคเก็ทจะหลุดในตำแหน่งต่าง ๆ

(รูปที่ 22 และ 23)



รูปที่ 22 แสดงเกิดลัมเพลวที่อินเตอร์เฟส I มีเรซินติดที่แบรคเก็ทเท่านั้น



รูปที่ 23 แสดงเกิดลัมเพลวที่อินเตอร์เฟส II มีเรซินติดอยู่ที่ฟันเท่านั้น

โตเร็คบอนด์เทคนิค

Buonocore⁽²⁾ เป็นคนแรกที่ทดลองการใช้กรดกัดฟัน โดยทาเรซินเป็นชั้นบาง ๆ ลงบนผิวเคลือบฟันที่ถูกเอ็ช Newman⁽³⁾ เป็นคนแรกที่ใช้กรดกัดฟันในทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งเรียกการติดแบรคเก็ทเข้ากับฟันโดยใช้กรดกัดฟันนี้ว่า โตเร็คบอนด์เทคนิค ซึ่งมีขั้นตอนในการทำดังนี้

- ก. การทำความสะอาดฟัน (prophylaxis)
- ข. การควบคุมความชื้น (moisture control)
- ค. การใช้กรดกัดฟัน (acid etching)
- ง. การทาซีลแลนท์ (sealant coating)
- จ. การติดแบรคเก็ต (bracket attachment)

การทำความสะอาดฟัน

การทำความสะอาดฟันคือ การขัดฟันเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่คลุมอยู่บนฟัน เพื่อไม่ให้ขัดขวางการเอ็ช Betteridge⁽¹⁾ กล่าวว่าไม่ควรใช้ prophylaxis paste ในการทำความสะอาดฟันเพราะ prophylaxis paste มีฟลูออไรด์ซึ่งขัดขวางการเอ็ชของกรด การทำความสะอาดฟันควรใช้ผงขัดฟัน จากการศึกษาของ Newman⁽³⁾ และ Miura⁽⁴⁰⁾ แสดงให้เห็นว่าถ้าไม่ทำความสะอาดฟันก่อนเอ็ช การติดแบรคเก็ตจะไม่ได้ผล Ishizahni⁽⁴¹⁾ พบว่าถ้ามีสารอินทรีย์ติดบนฟันจะทำให้กำลังแรงยึดต่ำลงมาก

การควบคุมความชื้น

การควบคุมความชื้นและน้ำลายเป็นขั้นตอนหนึ่งในการทำโตเร็คบอนด์ บริเวณพื้นที่จะต้องแห้งจากการศึกษาของ Newman และ Sharpe⁽²¹⁾ แสดงให้เห็นว่าความชื้นที่สูงขึ้นจะทำให้ผิวเคลือบฟันมีพลังงานพื้นผิวต่ำลง ซึ่งจะทำให้ลดการทำให้พื้นผิวเปียกของ เรซินจึงทำให้กำลังแรงยึดต่ำ นอกจากนี้น้ำลายเมื่อถูกฟันที่เอ็ชแล้วจะมีไกลโคโพรตีนไปอุดรูพรุนของผิวเคลือบฟัน Gorelick และคณะ⁽¹¹⁾ แนะนำให้ควบคุมความชื้นและน้ำลายดังนี้

1. ใช้ lip retractor กันริมฝีปากและแก้มไม่ให้ถูกกับฟัน ทำให้เห็นบริเวณที่ติดขัดเจเนชั่น
2. ใช้ dri angle (กระดาษดูดความชื้นและน้ำลายมี foil หุ้มด้านนอก) วางอยู่เหนือรูเปิดของ Parotid duct
3. ใช้ก้อนสำลีวางอยู่เหนือรูเปิดของต่อมน้ำลาย
4. ใช้ยาลดน้ำลาย (antisialagogue drug) เช่น Probanthine tablet 15 mg. 1-2 เม็ดก่อนอาหาร 30 นาที หรือละลาย Probanthine 30 mg. ในน้ำ 1 ชช.

ฉีดที่พื้นช่องปาก (floor of mouth) หรือที่ vestibule fold ของขากรรไกรล่าง มักใช้ยาในกรณีที่คนไข้มีน้ำลายมากควบคุมโดยวิธีอื่นไม่ได้ผลและต้องการติดแบรคเก็ตฟันหลังเช่น ฟันกรามน้อย การใช้อายจะทำให้มีน้ำลายแห้งภายใน 5-10 นาที นาน 2 ชั่วโมง จะห้ามใช้ยาลดน้ำลายในกรณีนี้

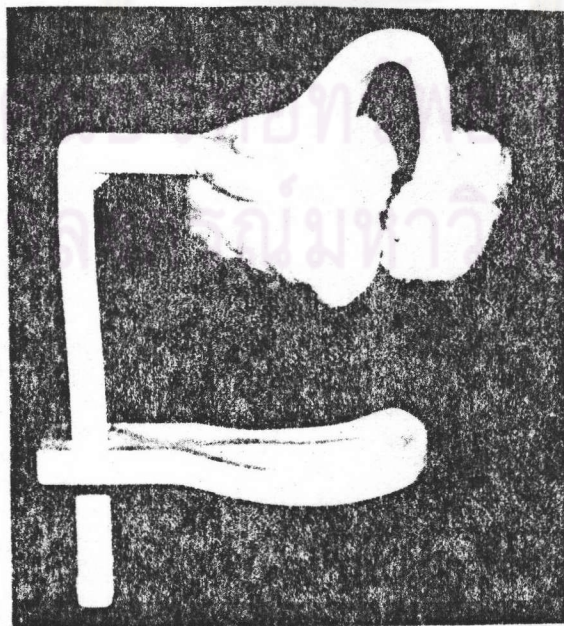
- 4.1 โรคหัวใจอย่างรุนแรง
- 4.2 โรคทางเดินปัสสาวะ
- 4.3 ต้อหิน
- 4.4 มีประวัติแพ้ยา

5. ใช้ 3 way Syringe ที่มีแต่ลมอย่างเดียวเป่าเอาเอาไขลูกยางเป่าลมหรือที่เป่าผมอันเล็ก ๆ เป่าบริเวณที่เอียงให้แห้งสนิทจริง ๆ ก่อนทาสีแลนท์และติดแบรคเก็ต

6. การติดแบรคเก็ตในฟันหลังควรกระทำทีละซี่
7. ใช้ทันตกรรมสี่หัตถ์ (four hand dentistry)
8. ใช้ที่ดูดน้ำลายแรงสูง (high power suction)
9. ใช้ที่ยึดลวดสี่ชนิดใช้แล้วทิ้ง (disposable cotton roll holder)

Moshiri⁽⁴²⁾ แนะนำการใช้ที่ยึดลวดสี่ชนิดใช้แล้วทิ้ง เพื่อช่วยยึดม้วนลวดสี่ให้อยู่ทาง

ด้านลิ้นและกระพุ้งแก้มของขากรรไกรล่าง (รูปที่ 24)



รูปที่ 24 แสดงที่ยึดลวดสี่ชนิดใช้แล้วทิ้งบริเวณหน้าล่าง (lower anterior disposable cotton holder) (Moshiri⁽⁴²⁾)

การใช้กรดกัด

การใช้กรดกัด คือการใช้กรดทาบนผิวหนังที่ขัดเรียบร้อยแล้วกรดจะทำปฏิกิริยากับผิวเคลือบฟัน เกิดรูพรุนลึกลงไปในชั้นของผิวเคลือบฟันประมาณ 5-10 ไมครอน เป็นการเพิ่มการยึดแบบเกาะเกี่ยวระหว่างวัสดุที่ยึดแบรคเก็ทกับผิวหนัง

วัสดุที่ใช้

- ก. กรดฟอสฟอริก 35-65%
- ข. ฟองน้ำสังเคราะห์หรือสำลีตัดเป็นก้อนเล็ก ๆ

Gorelick และคณะ⁽²⁷⁾ กล่าวถึงวิธีในการใช้กรดกัด ดังนี้

- ก. หลังขัดฟันและเป่าให้แห้งแล้ว ใช้ฟองน้ำหรือสำลีชุบกรดทาบนผิวหนังด้านที่ต้องการติดแบรคเก็ทตลอดด้านนาน 1 นาที ตลอดเวลาดังกล่าวผิวเคลือบฟันจะต้องเปียกด้วยกรดอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อให้กรดมีความเข้มข้นเท่ากันโดยตลอด ในเด็กหรือผู้ใหญ่ได้รับฟลูออไรด์โดยวิธีต่าง ๆ เช่น การกิน การทา ควรทานาน 2 นาที
- ข. ใช้น้ำยาล้างกรดที่เหลือออกให้หมดนาน 30 วินาที เป่าให้แห้ง ห้ามบ้วนน้ำเด็ดขาด เพราะถ้าถูกกับน้ำลายไกลโคโปรตีนจะอุดรูพรุนของผิวเคลือบฟัน ทำให้แบรคเก็ทไม่ยึดกับผิวหนัง ในขณะที่เดียวกันต้องระวังมือของผู้ทำไม่ให้ไปถูกกับฟันด้วย ถ้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นให้เอี๊ยใหม่่นาน 30 วินาที
- ค. เป่าผิวหนังให้แห้ง จะเห็นลักษณะผิวเคลือบฟันที่เอี๊ยเป็นผ้าขาว

การทำซิลแลนท์

ก่อนทำซิลแลนท์ผิวหนังที่เอี๊ยแล้วต้องแห้งจริง ๆ กันน้ำลายให้เรียบร้อย

วัสดุที่ใช้

- ก. ไดอคริลेट เรซิน ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้พื้นผิวเปียกชุ่ม
- ข. ฟองน้ำสังเคราะห์ตัดเป็นก้อนเล็ก ๆ ไม่แนะนำให้ใช้สำลีเพราะจะมีเส้นใยของสำลีตกค้างอยู่บนผิวหนัง การยึดของแบรคเก็ทไม่ดี

วิธีทำ

ก. ใช้ฟองน้ำชุบซิลแลนท์ทาเบา ๆ บนผิวฟันทั้งด้าน เพื่อป้องกันน้ำจากเหงือก (gingival fluid) บางคนแนะนำให้ทาเลยไปถึงร่องเหงือกเพื่อปิดไม่ให้น้ำจากเหงือกไหลออกมาได้

ข. ใช้ลัมเป่าซิลแลนท์ให้กระจายออกเป็นแผ่นบาง ๆ กำจัดส่วนที่เกินไปที่ขอบเหงือก โดยเอ็กซ์พลอเรอร์ (explorer) หรือสเกลเลอร์ (scaler) มิฉะนั้นจะเกิดเป็นสัน (ledge) บริเวณขอบเหงือก ทำให้เหงือกอักเสบ เป็นที่กักของ เศษอาหารทำให้เกิดการละลายของแคลเซียม Zachrisson⁽⁴³⁾ แนะนำให้กดแบรคเก็ทให้แนบกับพื้นแทนการใช้ลัมเป่า เพื่อไล่อซิลแลนท์ที่เกินออกไป เชื่อว่าการใช้ลัมเป่าทำให้ชั้นของซิลแลนท์ที่ไม่ได้ เกิดปฏิกิริยาหลุดออกก่อนที่จะติดแบรคเก็ท

ซิลแลนท์จะอยู่บนตัวฟันนานเท่าใดขึ้นกับปริมาณของปฏิกิริยาที่เกิดจากซิลแลนท์ ถ้ามีมากติดได้นาน Simonsen⁽⁴⁴⁾ ทดลองลดหรือกำจัดออกซิเจน ซึ่งเป็นตัวช่วยยั้งการเกิดปฏิกิริยาของซิลแลนท์ โดยใช้ก๊าซอาร์กอนและไนโตรเจนเป่าบนผิวซิลแลนท์หรือเพิ่มวัสดุอุดอีกแทรกขนาดเล็ก ๆ ลงในซิลแลนท์ เพื่อลดก๊าซออกซิเจนพบว่า ซิลแลนท์เหล่านั้นจะต้านทานต่อการสึกเพิ่มขึ้น

ค. ไม่ควรทาซิลแลนท์เพิ่มเติมหลังติดแบรคเก็ทไปแล้ว เพราะจะไม่ยึดติดกับของเดิม แต่ Zachrisson⁽⁴³⁾ เชื่อว่าการทาเพิ่มเติมเข้าไปที่หลังใช้ได้ดีในผู้ที่มีฟันผุง่ายช่วยป้องกันฟันผุ

การติดแบรคเก็ท⁽²⁷⁾

การติดแบรคเก็ทเข้ากับตัวฟันจะกระทำโดยระมัดระวัง ต้องคำนึงถึงระดับของของฟันแต่ละซี่

วัสดุที่ใช้

- ก. แอดฮีซีฟ
- ข. แบรคเก็ท
- ค. ปากคีบ
- ง. ซีเมนต์ สเกลเลอร์ (cement scaler)
- จ. หัวกรอหังส เตนคาร์ไบด์

วิธีทำ

ก. ผสมแอตซีฟตามที่บริษัทกำหนดไว้ ใส่ลงบนฐานของแบรคเก็ต พยายามใช้แอตซีฟให้น้อยที่สุดเพื่อให้แบรคเก็ตแนบกับผิวฟันมากที่สุด

ข. ใช้ปากคีบจับแบรคเก็ตติดกับผิวฟันในตำแหน่งที่ต้องการยึดแบรคเก็ตให้แน่น

รจนแอตซีฟแข็ง

ค. กำจัดแอตซีฟที่เกินออกไปนอกฐานของแบรคเก็ต โดยเอ็กซ์พลอเรอร์, ซีเมนต์สเกลเลอร์ หรือหัวกรอหังส่เตนคาร์ไบด์ เพื่อป้องกันไม่ให้เหงือกเกิดความระคายเคือง

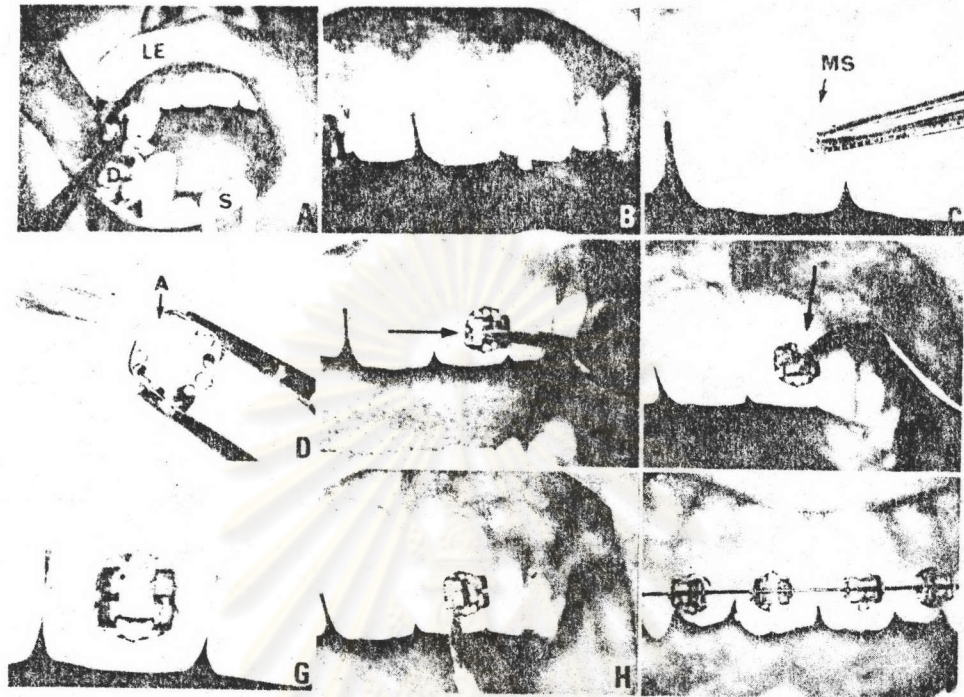
ง. ปล่อยให้แห้งภายใน 30 นาที

จ. ในกรณีที่แบรคเก็ตหลุด ให้ขัดแอตซีฟที่เหลือบนผิวฟันออกให้หมด ขัดด้วยผงขัดฟันเริ่มต้นเอ็กซ์ใหม่

ฉ. ในกรณีที่ฟันยังขึ้นไม่เต็มที่ อาจติดแบรคเก็ตก่อนมาทางปลายฟันไว้ก่อนแล้วถอดออกติดใหม่เมื่อฟันขึ้นเต็มที่แล้ว ถ้าเหงือกขึ้นคลุมบนตัวฟันอาจตัดเหงือกออกก่อนติด

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนในการทำไดเร็คบอนด์เทคนิคของ Zachrisson⁽³⁷⁾ (รูปที่ 25)



รูปที่ 25 แสดงไดเร็คบอนด์เทคนิค (Zachrisson⁽³⁷⁾)

A. การควบคุมความชื้นและน้ำลาย D = dri angle, LE = lip retractor S = saliva suction. B. ลักษณะของผิวฟันหลังขัดเรียบร้อย C. การใช้กรดกัดฟัน D. ผสมแอตติชฟ (A) ใส่ที่ฐานของแบรคเก็ต E. ติดแบรคเก็ตบนฟันยึดด้วยปากคีบรอนแอตติชฟแข็ง F. กาวจัดแอตติชฟที่เกินออกไปด้านนอกด้วยซีเมนต์ สเกโลร์ G. ลักษณะการติดของแบรคเก็ตบนฟัน H., I. ลักษณะของฟันซึ่งทำไดเร็คบอนด์และใส่ลวดเรียบร้อยแล้ว

ข้อดีของไดเร็คบอนด์เทคนิค

Cohl, Green และ Elick⁽⁴⁵⁾ กล่าวถึง ข้อดีของไดเร็คบอนด์เทคนิค ดังนี้

- ก. เหงือกจะอักเสบน้อยกว่าการใช้ปลอกโลหะหุ้มฟัน
- ข. ลุ่สภาพในช่องปากดีขึ้น
- ค. การทำไดเร็คบอนด์สามารถทำได้ในพื้นที่ที่ยังขึ้นไม่เต็มที่
- ง. หลังจากติดบอนด์จะไม่มีช่องว่างเหลือ
- จ. การละลายของแคลเซียมน้อยลง เมื่อเทียบกับการใช้ปลอกโลหะหุ้มฟัน
- ฉ. สวยงามกว่า

สาเหตุที่ทำให้แบรคเก็ตหลุด

Gorelick และคณะ⁽⁴⁶⁾ กล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้แบรคเก็ตหลุดดังนี้

- ก. ขัดฟันไม่ดีพอมีสารอินทรีย์ตกค้างอยู่บนผิวเคลือบฟัน กรดซึมผ่านไม่ได้เมื่อเอ็ช
- ข. การใช้กรดกัดไม่ดี เช่น ใช้กรดผิดวิธี
- ค. แอดฮีซีฟมีคุณสมบัติไม่ดี
- ง. ผิวเคลือบฟันที่เอ็ชแล้วถูกกับน้ำลายหรือน้ำจากเหงือกก่อนทาซิลแลนท์
- จ. แบรคเก็ตขยับขณะที่แอดฮีซีฟกำลังเริ่มแข็งตัว
- ฉ. ติดแบรคเก็ตหลังจากแอดฮีซีฟเริ่มแข็ง
- ช. ติดแบรคเก็ตสูงเกินไปโดยกีดกระแทกจากฟันตรงข้าม
- ซ. ใช้แอดฮีซีฟมากเกินไป ทำให้แบรคเก็ตไม่แนบกับพื้นอาจมีฟองอากาศอยู่ข้างใต้
- ฌ. ดึงลวดแรงเกินไปขณะผูกแอดฮีซีฟแตกหักและหลุดออกมา ควรกดลวดให้เข้าไปในแบรคเก็ตให้เข้าที่ก่อนโดยใช้นิ้วมือหรือเครื่องมืออื่น ๆ แล้วจึงผูก
- ญ. ผู้ป่วยกินอาหารเหนียวหรือแข็งเกินไป

ดีบอนด์เทคนิค (Debond technique)

วัสดุที่ใช้

- ก. เครื่องมือได้แก่ คีมตัดลวดเล็ก (ligature cutter) และสเกเลอร์
- ข. หัวกรอหังส เตนคาร์ไบด์

- ค. หัวยางขัดสีเขียว
- ง. ผงขัดพื้นและถ้วยยางขัดพื้น (rubber cup)

ลักษณะของการแตกหักจากการตีบอนด์⁽³⁹⁾

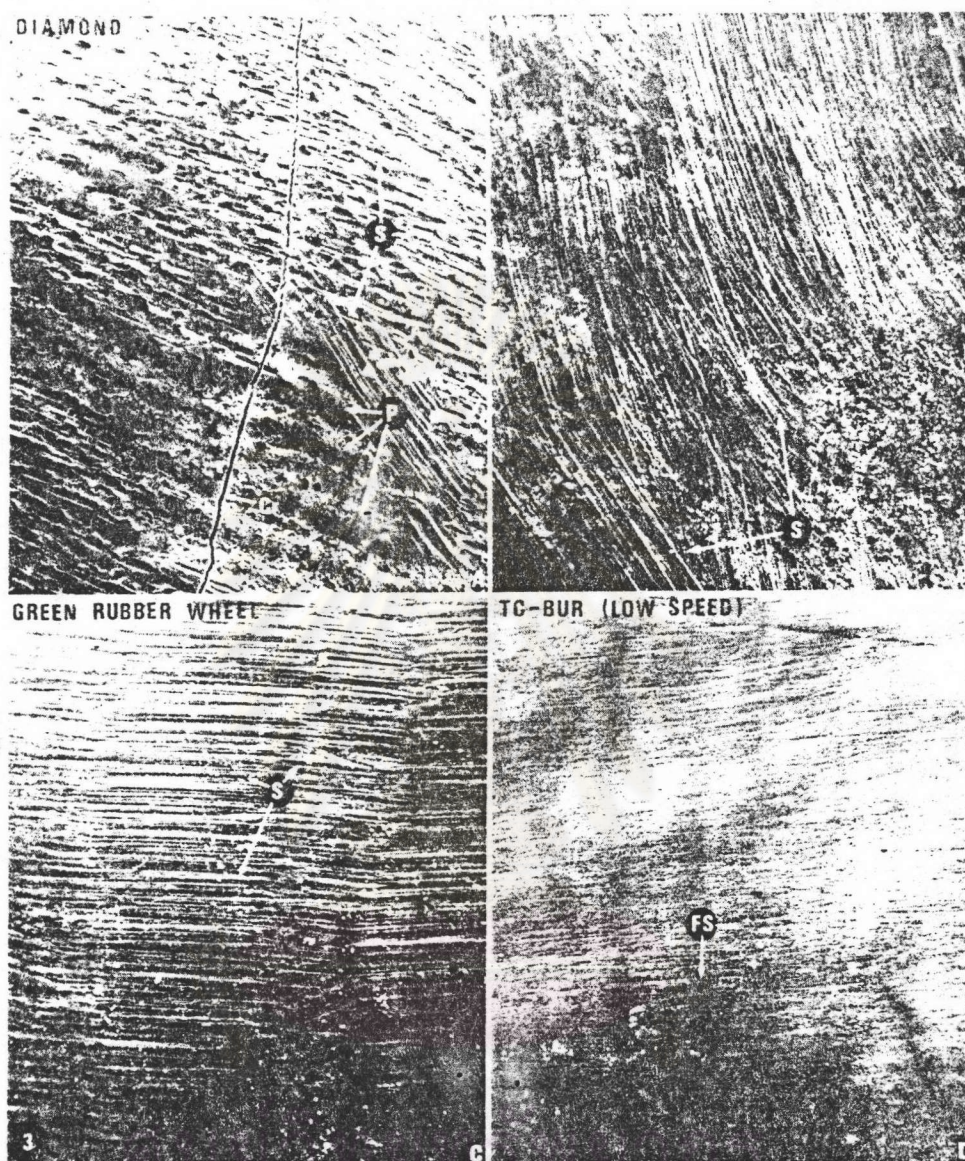
การแตกหักจากการตีบอนด์แบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

- ก. การแตกหักโคฮีซีฟ (Cohesive fracture) ของแอตซีฟคือ เกิดแตกหักในเนื้อแอตซีฟ
- ข. การแตกหักโคฮีซีฟของแบรคเก็ทพบในแบรคเก็ทพลาสติก
- ค. การแตกหักโคฮีซีฟของผิวเคลือบฟันเมื่อเอียงมากเกินไป หรือมีความผิดปกติของชั้นผิวเคลือบฟันข้างใต้

Hamah และ Smith⁽⁴⁷⁾ ใช้หัวกรอที่มีความเร็วต่ำ ๆ ในการตีบอนด์ หัวกรอที่ใช้ในการศึกษามี sand paper disk, aluminium oxide disk, plain steel finishing bur, green alpine point, fine diamond fissure bur, plain and cross cut tungsten carbide fissure bur ซึ่งพบว่า plain tungsten carbide bur ที่ความเร็วต่ำ ๆ ทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด

Fitzpatrick และ Way⁽⁴⁸⁾ ใช้วิธีตีบอนด์ด้วยคีมแล้วทำให้เรียบด้วยหัวกรอความเร็วสูง พบว่ามีการสูญเสียผิวเคลือบฟันประมาณ 55 ไมครอน

Zachrisson และ Årthun⁽⁴⁹⁾ ศึกษาลักษณะของผิวเคลือบฟันหลังจากตีบอนด์ไดอคริลेटเรซิน โดยใช้ stereomicroscope และ scanning electron microscope (รูปที่ 26) หลังจากตีบอนด์แบรคเก็ทออกด้วยคีมแล้วจะใช้หัวกรอชนิดต่าง ๆ เพื่อกำจัดไดอคริลेटเรซินส่วนที่เหลือ โดยให้ผลของการตีบอนด์เป็นคะแนน 0 = perfect surface, 1 = satisfactory surface 2 = acceptable surface 3 = imperfect surface 4 = unacceptable surface (ตารางที่ 9)



รูปที่ 26 เปรียบเทียบเทคนิคในการตีบอนด์ 4 แบบ โดยใช้ Scanning electron microscope A. Fine diamond bur B. Medium-grit sandpaper disk C. Medium green rubber wheel D. Plain-cut tungsten carbide bur ที่ความเร็วต่ำ (ภาพขยาย 50 เท่า) (S) แทนบริเวณที่เป็น scratches (FS) แทนบริเวณที่เป็น Finest scratches ESI score เท่ากับ 4, 3, 3 และ 1 ตามลำดับ (Zachrisson และ Årthun⁽⁴⁹⁾)

	ESI score			
	1	2	3	4
<i>Diamond bur</i>	—	—	—	10
+Coarse sandpaper disk	—	—	10	—
+Medium sandpaper disk	—	—	10	—
+Fine sandpaper disk	—	10	—	—
+Pumice and/or rubber polishing wheel	—	10	—	—
<i>Sandpaper disk (coarse-grit)</i>	—	—	10	—
+Medium sandpaper disk	—	—	10	—
+Fine sandpaper disk	—	10	—	—
+Pumice and/or rubber polishing wheel	—	10	—	—
<i>Green rubber wheel</i>	—	2	8	—
+Pumice and/or rubber polishing wheel	—	7	3	—
<i>Tungsten carbide bur* (low-speed)</i>	10	—	—	—
+Pumice and/or rubber polishing wheel	10	—	—	—
<i>Various polishing cups and wheels</i>	* Impossible			

*Spiral fluted or plain cut.

ตารางที่ 9 แสดงการสูญเสียผิวเคลือบฟันหลังการตีบอนด์ โดยใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ ตาม ESI system (Zachrisson และ Årthun⁽⁴⁹⁾)

จากการศึกษานี้แนะนำให้ใช้หัวกรอทั้งสี่เตนคาร์ไบด์ในความเร็วต่ำ ๆ จะทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Gwinett และ Gorelick⁽⁵⁰⁾ ศึกษาวิธีรื้อแบรคเก็ทโดยใช้วัสดุและเครื่องมือต่าง ๆ กันเปรียบเทียบผลที่มีต่อผิวเคลือบฟัน ดังนี้

ก. เรซินที่มีวัสดุอุดแทรก กลွ่ง

1. ใช้คีมตัดลวดคม ๆ วางตรงรอยต่อระหว่างแบรคเก็ทกับผิวฟัน ออกแรงดึงแบบ peel force แบรคเก็ทจะหลุดออกโดยมีเรซินติดทั้งที่แบรคเก็ทและที่ฟันแล้วใช้ เครื่องมือรื้อแอตฮีซีฟออกให้มากที่สุด
2. ถ้ายังมีแอตฮีซีฟติดอยู่ใช้หัวกรอหังส์ เตน คาร์ไบด์ ความเร็วต่ำ ๆ กรอช้า ๆ พยายามอย่าให้โดนผิวเคลือบฟัน ควรขัดแห้งใช้แสงสว่างมาก ๆ เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างผิวเคลือบฟันกับเรซิน หยุดกรอก่อนถึงชั้นผิวเคลือบฟันหรือเมื่อปรากฏรอยขีดบนผิวเคลือบฟัน
3. ใช้หัวยางสี เขียวกรอเอา เรซินที่เหลือออก บริเวณช่องฟันหรือขอบเหงือก ใช้ล็กเกอร์ขูดเบา ๆ
4. ใช้ผงขัดฟันหรือผงขัดคอมโพสิตร่วมกับถ้วยยางขัดฟันขัดเป็นครั้งสุดท้าย

ข. เรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก

รื้อเรซินได้ง่ายกว่าและไม่ทำอันตรายต่อผิวฟัน วิธีทำเช่นเดียวกับวิธีข้างต้น แต่ใช้แรงน้อยกว่า

Brown และ Way⁽⁵¹⁾ เปรียบเทียบการสูญเสียผิวเคลือบฟันขณะตีบอนด์ เมื่อใช้แอตฮีซีฟต่างชนิดกันได้แก่ ไดอคริลेट เรซินที่มีควอตซ์ เป็นวัสดุอุดแทรก กออยู่สูง กับอคริลेट เรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก โดยใช้การตีบอนด์แบบต่าง ๆ กันพบว่า

1. การกำจัดไดอคริลेटเรซินที่มีวัสดุอุดแทรก กลွ่ง ทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟัน โดยเฉลี่ย 48 ไมครอน ในขณะที่อคริลेटเรซินที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก เสียโดยเฉลี่ยเพียง 27.5 ไมครอน
2. ผิวเคลือบฟันที่สูญเสียมีความสำคัญเพราะเป็นชั้นที่มีฟลูออไรด์มาก
3. การใช้ zirconium silicate ร่วมกับ rotating bristle brush ทำให้ผิวเคลือบฟันสึกมากไม่แนะนำให้ใช้

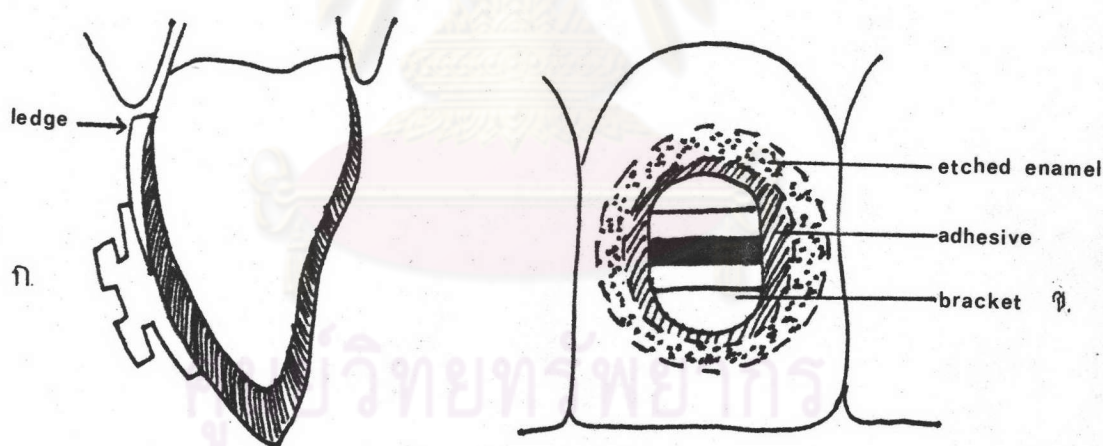
ผลของไดเร็คบอนด์ที่มีต่อเหงือกและฟันในระยะยาว

Zachrisson⁽³⁷⁾ ศึกษาผลของไดเร็คบอนด์ในคนไข้ซึ่งจัดฟันไปแล้วนาน 1 ปี พบว่า

ก. สภาพของเหงือก

สภาพเหงือกโดยทั่วไปหลังทำไดเร็คบอนด์ไม่ค่อยมีอันตรายจากการใช้ปลอกโลหะหุ้มฟัน แต่ถ้าฐานแบรคเก็ตที่ใหญ่เกินไปแล้วใช้ซิลแลนท์หรือแอตชีฟมากเกินไปถึงขอบเหงือกก็อาจมีอันตรายได้

Sheykholeslam และ Brandt⁽³⁹⁾ กล่าวว่า ซิลแลนท์หรือแอตชีฟที่ทาเลยไปถึงขอบเหงือกจะถูกชะล้างออกโดยน้ำจากเหงือก แต่อาจจะไหลลงไปในเรื่องเหงือกจนเกิดเป็นสัน (ledge) ที่ขอบเหงือก (รูป 27 ก.) แนะนำให้เอ็ชบริเวณกึ่งกลางตัวฟันและบริเวณดังกล่าวต้องกว้างกว่าฐานของแบรคเก็ต ทาซิลแลนท์หรือแอตชีฟให้อยู่ภายในบริเวณที่เอ็ช (รูป 27 ข.)



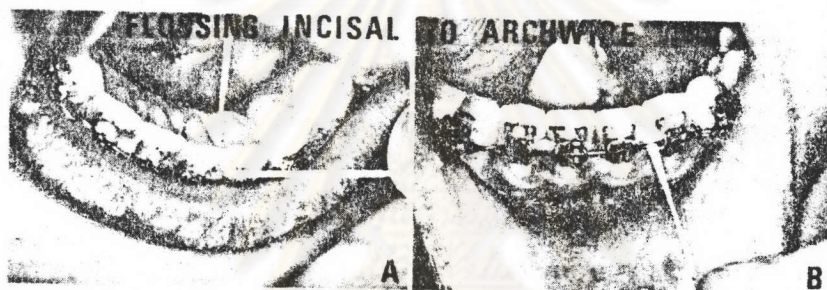
รูปที่ 27 ลักษณะฟันที่ทำไดเร็คบอนด์ ก. แสดงการเกิดสันขึ้นเนื่องจากซิลแลนท์ทาถึงขอบเหงือก ข. แสดงบริเวณที่เป็นผิวเคลือบฟันที่ถูกเอ็ช แอตชีฟและแบรคเก็ต

ข. สภาพฟันผุ

หลังติดบอนด์ไม่พบการละลายของแคลเซียมของผิวฟันที่ทำไดเร็คบอนด์ ทั้งนี้เพราะผลของซิลแลนท์ที่ทาป้องกันไว้ร่วมกับการแนะนำให้คนไข้ใช้น้ำยาบ้วนปากและยาสีฟันที่ผสมฟลูออไรด์เป็นประจำ

แก๊กของ แอดฮีซีฟที่หลงเหลืออยู่ในผิวเคลือบฟัน ช่วยต้านทานการละลายของแคลเซียม Zachrisson⁽³⁷⁾ ทดลองติดแบรคเก็ทโดยไม่ทำซิลแลนท์ พบมีการละลายของแคลเซียมที่ขอบของ แอดฮีซีฟได้ฐานของแบรคเก็ทที่หลุด

ความเข้าใจที่ว่าฟลูออไรด์ช่วยป้องกันการผุฟันได้ไม่จริงเสมอไป เพราะถ้าใช้ไดเรคทอนต์เทคนิคร่วมกับการใช้ฟลูออไรด์ในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น น้ำยาบ้วนปากที่มีโซเดียมฟลูออไรด์ 0.5% ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์, ตลอดจนการตรวจหาการผุฟันประชิดฟันเป็นประจำ ใช้ไหมขัดฟันทำความสะอาดช่องฟันให้ถูกต้อง (รูปที่ 28) ก็สามารถป้องกันฟันผุได้เช่นกัน



รูปที่ 28 แสดงวิธีทำความสะอาดช่องฟันในฟันซึ่งทำไดเรคทอนต์เทคนิค (Zachrisson⁽³⁷⁾)

ค. ล้างาพหลังการบำบัดรักษา

การกำจัดแอดฮีซีฟที่ตกค้างบนตัวฟันหลังถอดแบรคเก็ทด้วยหัวกรอหังส่เตน คาร์ไบด์ ต้องระวังไม่ทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนผิวฟัน มิฉะนั้นจะเป็นที่จับของแผ่นคราบฟันและสี (stain)

การทำซิลแลนท์จะช่วยให้กำจัดแอดฮีซีฟง่ายขึ้น แอดฮีซีฟที่เหลืออยู่จะทำให้ฟันเปลี่ยนสีได้แต่จากการศึกษาของ Zachrisson⁽³⁷⁾ ไม่พบการเปลี่ยนดังกล่าวหลังติดบอนด์ 1 ปี

การเปลี่ยนสัดส่วนการผสมของเรซิน

เนื่องจากคอมโพสิตเรซินที่ใช้ในทางบูรณะฟัน นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย Gorelick⁽⁵²⁾ ได้ศึกษาการเปลี่ยนสัดส่วนการผสมของ Concise ที่ใช้บูรณะฟัน เพื่อให้มีกำลังแรงยึดเท่าเดิม โดยให้มีเวลาทำงานและเวลาก่อตัวเปลี่ยนไปให้พอเหมาะกับการใช้งานทางทันตกรรมจัดฟัน (ตารางที่ 10)

	Catalyst paste	Universal paste	Catalyst resin	Universal resin	Working time (minutes)	Setting time (minutes)
Slow set	2	1	1	0	2 - 2½	5 - 6
Fast set	1	2	0	1	¾ - 1	2 - 3

ตารางที่ 10 แสดงการเปลี่ยนสัดส่วนในการผสมของ Concise ทำให้สามารถควบคุมเวลาทำงานและเวลาก่อตัว (Gorelick⁽⁵²⁾)

เขาแนะนำให้ผสม Concise เป็นสัดส่วนดังนี้ ถ้าผสม Catalyst paste 2 ส่วน + Universal paste 1 ส่วน + Catalyst resin 1 หยด จะได้ Concise ชนิดก่อก่อตัวช้า ถ้าผสม Catalyst paste 1 ส่วน + Universal paste 2 ส่วน + Universal resin 1 หยด จะได้ Concise ชนิดก่อก่อตัวเร็ว ซึ่งการผสมทั้ง 2 วิธีจะได้กำลังแรงยึดเท่าเดิม พบว่า อัตราความล้มเหลว (failure rate) ประมาณ 5.8% เมื่อติดแบรคเก็ทไปแล้ว 12 เดือน

นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการใช้ซิลแลนท์และแอตชีฟ ซึ่งมีหลักการในการโพลีเมอร์ไรซ์ต่างกันซึ่งเรียกเทคนิคในการได้เร็คบอนด์แบบนี้ว่า คอมบิเนชันเทคนิค (Combination technique) โดยใช้ Enamel bond (liquid resin ของ Concise) เป็นซิลแลนท์ ซึ่งจะโพลีเมอร์ไรซ์จากการกระตุ้นของเอมีนและเพอร์ออกไซด์ และใช้แอตชีฟคือ Nuva tach ซึ่งจะโพลีเมอร์ไรซ์จากแสงอุลตราไวโอเล็ต ประโยชน์ของการใช้คอมบิเนชันเทคนิคคือ ทำให้ใช้ Nuva lite (ชื่อการค้าของเครื่องฉายแสงอุลตราไวโอเล็ต) น้อยลง และสามารถควบคุมเวลาทำงานได้ การใช้คอมบิเนชันเทคนิคในการทำไดเร็คบอนด์มีหลักพื้นฐานคือ การทำความสะอาดฟัน, การใช้กรดกัด, การควบคุมความชื้น แล้วใช้เรซินทาที่ฟัน ใส่ Nuva tach ลงในแบรคเก็ท นำแบรคเก็ทไปติดที่ฟัน แล้วใช้ Nuva lite ฉายลงบริเวณแบรคเก็ทนาน 1 นาที

เขาได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ Enamel bond-Nuva tach กับ Enamel bond-Concise โดยใช้คนไข้อย่างเดียวกัน แต่ใช้คนละด้านของขากรรไกรพบว่า ในเวลา 6 เดือน Enamel bond-Nuva tach มีอัตราความล้มเหลว 3% ในขณะที่ Enamel bond-Concise มีอัตราความล้มเหลว 5.2%

Moin และ Dogon⁽⁵⁾ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผสมระหว่างเรซินที่มีและไม่มี
 วัสดุอัดแทรก เพื่อพิจารณากำลังแรงยึดที่มีพอเพียงที่จะใช้ทางทันตกรรมยึดฟันหรือไม่ โดย
 แบ่งฟันเป็น 4 กลุ่ม (ตารางที่ 11)

Group	No. of teeth	Adhesive concentration
A	10	Diluted Concise (70% filled)
B	8	Enamel Bond + Concise (78% filled)
C	10	Enamel Bond (unfilled)
D	9	Concise (78% filled)

ตารางที่ 11 แสดงจำนวนฟันที่ใช้และการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนในการผสมของ แอดฮีซีฟเรซิน
 ในการศึกษาของ Moin และ Dogon⁽⁵⁾

พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม A และ B กลุ่ม C มีค่าเฉลี่ย
 กำลังแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่ม A,B,D อย่างมีนัยสำคัญ ($P < .01$) กลุ่ม C มีค่าเฉลี่ยกำลัง
 แรงเฉือนต่ำสุดคือ 35 ปอนด์ ดังนั้นการใช้สัดส่วนโดยวิธีทั้งสองคือ ทั้งแบบ A และ B ก็สามารถ
 นำไปใช้ในทางคลินิกได้ แต่การศึกษาของ Moin และ Dogon ไม่ได้ศึกษาในความหนืดของสัด
 ส่วนของเรซิน

Zachrisson⁽³⁷⁾ ศึกษาความหนืดและเวลาทำงานของ Concise โดยดัดแปลงสัดส่วน
 และอัตราส่วนในการผสม (ตารางที่ 12)

Mixture	Viscosity	Working time
Paste A + Resin B (2:1)	Thick	Very short*
Paste A + Resin B (1:1)	Semifluid	Short
Paste A/Resin A + Paste B	Semifluid	Medium
Paste A/Resin A + Paste B/ Resin B	Thin	Long
Resin A + Paste B (1:1)	Semifluid	Very long

ตารางที่ 12 สัดส่วนและอัตราส่วนในการผสม Concise เพื่อดูความหนืดและ
 เวลาทำงาน (Zachrisson⁽³⁷⁾)

Arthun และ Zachrisson⁽⁶⁾ มีความสนใจในการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเรซินที่ใช้
 ในทางบูรณะฟัน ให้มีความหนืดพอเหมาะในการทำไดเร็คบอนด์ โดยเปลี่ยนแปลงสัดส่วนในการผสม
 Concise ที่ใช้ในการบูรณะฟันอย่าง Trial & Error และนำไปคำนวณโดยใช้การวิเคราะห์
 น้ำหนัก(weight analysis) โดยกำหนดความหนืดที่พอเหมาะในการทำไดเร็คบอนด์คือ

ก. หนืดมากพอที่จะไม่ทำให้เบรคเก็ทเคลื่อน (สามารถเอาส่วนเกินของเรซินออกได้ก่อนที่จะก่อตัว)

ข. เหลวเพียงพอที่จะแทรกซึมเข้าไปในตารางของเบรคเก็ท

พบว่าผลการผสม Concise paste A จำนวน 16 กรัม กับ resin A จำนวน 15 หยด เป็น diluted Concise paste A และการผสม Concise paste B จำนวน 16 กรัม กับ resin B จำนวน 15 หยดเป็น diluted Concise paste B นำ diluted Concise paste A ผสมกับ diluted Concise paste B ในอัตราส่วน 1 : 1 จะทำให้เรซินที่ได้มีความหนืดพอเหมาะในการทำไดเร็คบอนด์ โดยหนืดจนทำให้ไม่มีการเคลื่อนที่ของเบรคเก็ทจากตำแหน่งที่ต้องการ และมีความหนืดมากพอที่จะเอาส่วนเกินของเรซินออกได้ง่าย

นอกจากนี้ ยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ diluted paste ทั้งสองในการผสมโดยผสมในอัตราส่วน 1 : 1, 1 : 2 และ 2 : 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

Ratio A/B	Mean working time (seconds)	Range (seconds)	Mean setting time (seconds)	Range (seconds)
1A/1B	30	23-35	55	50-60
2A/1B	20	15-25	45	40-50
1A/2B	45	40-50	70	65-75

Note that the standard 1:1 ratio gives a working time in the mouth of about 30 seconds.

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยเวลาทำงานและค่าเฉลี่ยเวลาก่อตัวของ การผสมโดยใช้ "15 หยด" Concise ในอัตราส่วน 1 : 1, 1 : 2 และ 2 : 1 (Årthun และ Zachrisson⁽⁶⁾)

เขาแนะนำให้ใช้อัตราส่วน 1 : 1 เพราะทำให้มีค่าเฉลี่ยเวลาทำงานเท่ากับ 30 วินาที ซึ่งพอเหมาะในการทำไดเร็คบอนด์ และได้รายงานการใช้สัดส่วนนี้ในทางคลินิกว่า สามารถใช้ได้ดีทั้งในการติดเบรคเก็ทและในการใช้เป็นรีเทนเนอร์ชนิด 3 → 3