الفصل السادس

أنظمة الارتباط

Bonding Systems

٦-١ المقدمة:

لقد تبدلت مفاهيم طب الأسنان الترميمي بشكل كبير ولاسيما في العقود الأربعة الأخيرة حيث أصبحت تقنيات الارتباط أكثر أهمية، ويواجه الأطباء اليوم تحدياً كبيراً أمام التحول السريع والمستمر في المواد اللاصقة.

بدأ الميل باتجاه الترميمات اللصاقة في منتصف الستينات حيث كان الظهور الأول للراتنج المركب، وفيما بعد وفي بداية السبعينات دخلت تقنية التخريش الحمضي إلى الممارسة السريرية، وفي بداية التسعينات استبدلت تقنية التخريش الميئائي الانتقائي بمفهوم التخريش الكلي، ومنذ ذلك تطبق المكيفات على الميناء والعاج معاً.

٦-٢ مبادئ الالتصاق:

إن كلمة Adhesion مشتقة من الكلمة اللاتينية Adherer وهي مكونة من AD أو TO وhearer أو ليثبت To stick، وفي مصطلحات اللاصق فإن كلاً من مصطلحي Adhesion أو Bonding يشير إلى الوصلة بين مادة وأخرى، ويشار إلى السطح أو المادة التي يلتصق لها بـ (adhered) (اللاصق).

٦-٣ مبادئ الارتباط: Principles of Adhesion

يستخدم مصطلح الارتباط أو ما يسمى في طب الأسنان بعوامل الربط أو أنظمة الإلصاق للإشارة إلى المواد التي تطبق على السطوح والمواد وتستطيع جمعها معاً وتقاوم الانفصال وتنقل الجهود عبر الارتباط، ويشار إلى الفترة الزمنية التي يبقى فيها الارتباط فعالاً بالديمومة

durability، ويشير الارتباط إلى القوى أو الطاقات بين الجزيئات والذرات في السطح المشترك والتي توحد بين الجانبين معاً.

في اختبارات فصل الارتباط غالباً ما يكون الارتباط عرضةً لقوى الشد Tensile forces، أو قوى القص Shear force، وإذا حدث فشل في السطح البيني بين المادتين المرتبطتين فإنه يشار إلى نموذج الفشل على أنه فشل الارتباط، وتدعى هذه القوة بالالتصاق adhesion عندما تكون الجزيئات غير متماثلة، في حين تسمى الالتحام adhere عندما تنجذب جزيئات من النوع نفسه.

لقد قدمت أربع نظريات لتفسير ظاهرة الالتصاق:

١-النظرية الأولى: (النظرية الميكانيكية)

والتي تنص على أنَّ هناك تداخلاً ميكانيكياً يمكن أن يحصل بين اللاصق والمادة الملصق عليها من خلال السطح الخشن غير النظامي، ويمكننا إحداث ارتباط قوي بين اثنين من العناصر عن طريق التثبيت أو الارتباط الميكانيكي بدلاً من الانجذاب الجزيئي، وكمثال على ذلك نفوذ اللاصق ضمن التعرجات المجهرية وتحت المجهرية (الشقوق والآبار) على سطح المادة، ومن المفضل طبعاً في هذا الإجراء استخدام لاصق سائل أو نصف لزج نظراً لسهولة نفوذه ضمن الخشونات السطحية أو الشؤوذات بحيث تؤمن الالتواءات المتعددة مراكزاً للارتباط الميكانيكي أو التثبيت، ولقد اعتمدت هذه التقنية لتعزيز أداء الترميم من خلال الارتباط الميكانيكي في مواد الترميم الراتنجية.

٢- النظرية الثانية: (الادمصاص)

وتشمل جميع أنواع الروابط الكيميائية بين اللاصق وسطح الالتصاق بحيث تشمل الروابط الأولية (الشاردية والتساهمية) والروابط الثانوية (الهيدروجينية).

٣- النظرية الثالثة: (الانتشار)

وتقترح هذه النظرية بأن الالتصاق هو نتيجة الارتباط بين الجزيئات المتحركة حيث تستطيع متعددات التماثر العبور على جانبي السطح الداخلي وتتفاعل مع الجزيئات على السطح الآخر بحيث يختفي سطح التداخل بين المادتين ويصبح الجزآن جزءاً واحداً.

٤- النظرية الرابعة: (نظرية الاستقرار الكهربائي)

وتنص على أن الطبقة الكهربائية المزدوجة المتشكلة عند السطح الداخلي بين المعدن وعديد التماثر تشكل وبشكل أكبر إسهاماً كبيراً في قوة الارتباط.

هناك متطلب هام لأي من هذه الظواهر الحادثة عند السطح البيني وهو أن تكون المادتان قريبتين جداً من بعضهما بحيث تكون علاقتهما حميمية جداً، إضافة إلى التماس الصميمي فإن اللاصق لن يرطب بشكل كافٍ ما لم يكن توتره السطحي أقل من الطاقة السطحية الحرة لسطح الالتصاق.

٦-٤ العوامل المؤثرة في الالتصاق: Factors affecting adhesion

إن قوة واستمرارية (Durability) عملية الالتصاق تعتمد على عوامل متعددة تتضمن:

١- الخواص الفيزيائية والكيميائية لسطح الالتصاق واللاصق معاً.

٢- الخواص التركيبية لسطح الالتصاق المكون من أجزاء ذات منشأ متغاير.

٣- تشكل سطح ملوث خلال عملية تحضير الحفرة.

٤- تطور ضغوط خارجية مما يؤدي إلى إبطال عملية الارتباط.

٥- آلية نقل وتوزيع الضغوط المطبقة من خلال وصلة الارتباط.

كذلك فإن البيئة الفموية الخاضعة للرطوبة والإجهاد الطبيعي، والضغوط الفيزيائية وتغيرات درجة الحرارة، ودرجة الـ PH والمكونات الغذائية (أنظمة الحمية والغذاء)، وعادات المضغ، كل هذه العوامل تؤثر إلى حد بعيد على عملية الالتصاق.

٦-٥ فوائد التقنيات اللصاقة: advantages of adhesive techniques

١- الاقتصاد في كمية النسج السنية أثناء التحضير.

٢- تقليل التسرب الحفافي عند السطوح الداخلية للترميمات.

٣- منع دخول السوائل الفموية أو الجراثيم حول حواف الترميمات.

٤- التقليل من المشاكل اللاحقة للترميم مثل الحساسية التالية، وتصبغ الحواف، ونكس النخر، حيث تهدد هذه المشاكل ديمومة الترميم.

٥- نقل وتوزيع الجهود الوظيفية عبر سطح الارتباط الداخلي مع السن.

٦- تقوية ودعم البنى السنية الضعيفة بخلاف الترميمات التقليدية ضمن التاجية والتي تلعب دور الإسفين بين الجدارين الدهليزي والحنكي مما يزيد من احتمال حدوث كسر حدبي.

٧- إمكانية إصلاح الترميمات القديمة بأقل كمية مزالة من السن، وبدون ضياع إضافي من بنية السن.

٨- إفساح المجال واسعاً أمام طب الأسنان التجميلي.

٦-٦ طاقة السطح: Surface Energy

تكون الطاقة على سطح الجسم الصلب أعظم منها في الداخل، حيث تكون جميع الذرات ضمن الشبكة منجذبة إلى بعضها البعض بشكل متساوٍ، وتكون المسافات ما بين الذرية متساوية في حين تكون الطاقة الداخلية في حدها الأصغري، بينما تكون الطاقة على سطح الشبكة أعظم نظراً لأن الذرات الأكثر سطحية لا تكون منجذبة بشكل متساوٍ في جميع الاتجاهات، كما يوجد نوع من الانجذاب الشديد بين الذرات السطحية نفسها وبذلك تخلق ظاهرة مألوفة تسمى التوتر السطحي Surface Tension، وبالتالي فإن أي انجذاب للذرات باتجاه سطح الالتحام سوف يجذب الجزيئات غير المتماثلة، وبكلمات أخرى سيحدث الالتصاق.

يصطلح على تسمية الالتصاق باسم التصاق كيميائي لتمييزه عن الارتباط الفيزيائي بوساطة قوى فانديرفالس حيث تتشكل رابطة كيميائية بين اللاصق والملصق في حالة الامتصاص الكيميائي.

إن الطاقة السطحية والخواص اللاصقة لجسم صلب مثلاً يمكن أن تنخفض نتيجة تلوثها بأي ملوث سطحي مثل الادمصاص الغازي أو التأكسد، والخلاصة أنه كلما كانت طاقة السطح أكبر كانت قدرة الالتصاق أعظم.

يحتوي الميناء على بللورات الهيدروكسي أباتيت بشكل أولي والتي تمتلك طاقة سطحية كبيرة، بينما يتكون العاج من مادتين منفصلتين وهما بللورات الهيدروكسي أباتيت والكولاجين وبالتالي فالعاج يملك طاقة سطحية أكثر انخفاضاً.

يكون سطح السن في البيئة الفموية ملوثاً بطبقة عضوية من اللعاب، وبالتالي تكون الطاقة السطحية منخفضة بشكل ملحوظ (حوالي ٢٨ داين / سم)، وبطريقة مماثلة عند تحضيرنا لحفرة أو ما شابه فإن منتجات التحضير تشكل طبقة اللطاخة التي تملك طاقة سطحية منخفضة، لهذا السبب يجب تنظيف سطح السن بشكل كامل وأن تعاد معالجته قبل إجراء الالتصاق من أجل زيادة طاقته السطحية وبذلك جعله أكثر قابلية للالتصاق.

٦-٧ الطلي (الترطيب): Wetting

من الصعب جداً إرغام سطحين صلبين على الالتصاق وذلك لأن أية مادة صلبة يتألف سطحها من عدد هائل من الذرات ويؤدي ذلك إلى إعطاء سطح غير منتظم، وإن تطبيق مادتين صلبتين فوق بعضهما سوف يحدث تجاذباً بسيطاً بين ذراتهما، لكن هذا التجاذب لن يكون كبيراً بسبب أن التماس ينحصر على مستوى التلال أو النقاط العليا من السطوح، ونظراً لأن هذه المناطق تشكل نسبة مئوية صغيرة جداً من السطح الإجمالي فبالتالي يكون الانجذاب مهملاً عندما تكون جزيئات السطح منفصلة عن بعضها بمسافات تزيد عن٠,٠٧ مم، ويمكن تجاوز هذا الأمر باستخدام السوائل التي تتدفق داخل الفرجات والتشوهات السابقة، مما قد يؤمن تماساً على امتداد جزء كبير من سطح الجسم الصلب، ومن أجل إحداث الالتصاق بهذه الطريقة يجب على السائل أن يتدفق وبسهولة على كامل السطح وهذا ما نسميه الترطيب (wetting)، فعندما لا يرطب السائل اللاصق السطح الملصوق بشكل جيد بسبب طاقته السطحية المنخفضة، فإن الالتصاق بين السائل والسطح الملصق يكون مهملاً أو غير موجود، وعندما يكون هناك ترطيب حقيقي فإن فشل الالتصاق لن يحدث وإنما يحدث الفشل ضمن السطح الصلب أو ضمن اللاصق نفسه، فإذاً يعتبر التماس الجزيئي الصميمي بين كلا الجزئين شرطاً أساسياً لتطور اتصال رابط قوي وتشكيل ظاهرة السطح البيني، وهذا يعني أن النظام الرابط يجب أن يرطب

بشكلٍ كافٍ السطح الصلب، وأن تكون له لزوجة منخفضة بشكلٍ كافٍ لاختراق المسامية المجهرية، وأن يكون قادراً على أن يحل محل الهواء والرطوبة خلال عملية الربط.

تتأثر قدرة اللاصق على ترطيب السطح بعدد من العوامل:

١- نظافة السطح الملتصق:

تعد ذات أهمية خاصة إذ أن طبقة رقيقة من الماء ولو بثخانة جزيء واحد على سطح الجسم الصلب سوف تخفض الطاقة السطحية للجسم الملصوق وبالتالي تمنع طليه من قبل اللاصق.

٢- طاقة السطح:

حيث تمتلك بعض العناصر طاقة منخفضة لدرجة أن القليل فقط من السوائل يكون قادراً على ترطيبها.

إن السطوح النظيفة تكون في حالة طاقة عالية فتمتص التلوث والرطوبة من الهواء بسرعة فإذا لم تتم السيطرة على التلوث فعندها يكون سطح الالتصاق المشترك ضعيفاً.

٣- خصائص اللاصق:

تتمتع السوائل العضوية وأغلب السوائل اللاعضوية بطاقة سطح منخفضة نسبياً مما يسمح لها بالانتشار والانسياب بحرية على السطوح الصلبة ذات الطاقة السطحية المرتفعة، فالعوامل الضرورية لتشكيل رابطة التصاق قوية يمكن أن تجمل بالنقاط التالية:

- ترطيب جيد من قبل السائل اللاصق.
- قدرة السائل اللاصق على التصلب.
- تمتع السائل اللاصق بدرجة معينة من المرونة تمكنه من امتصاص التشوه الناجم عن تغير الأبعاد التالي للتصلب ونشوء الارتباط.

٤- طبقة اللطاخة:

تعوق طبقة اللطاخة أيضاً ترطيب السطح السني باللاصق، وكذلك الأدوات المستخدمة في التحضير تترك سطحاً غير منتظم يحصر داخله فقاعات هوائية تقلل من ترطيب السطوح.

٦-٨ زاوية التماس Contact Angle:

هي الزاوية المتشكلة من اتصال المادة الرابطة مع السطح المطبق عليه، فإذا كان تجاذب ذرات المادة الرابطة مع ذرات السطح المطبقة عليه أكبر من قوى تجاذبها مع بعضها البعض فإنها ستنتشر على هذا السطح وتكون الزاوية بينها وبينه مساوية للصفر، وفي هذه الحالة تتشكل قوى ارتباط بين هاتين المادتين أكبر من ارتباط ذرات كل مادة مع بعضها البعض على حدة، وفي حال نقصت طاقة السطح قليلاً بفعل التلوث فهذا يعني زيادة زاوية الاتصال قليلاً، مما يؤدي إلى إضعاف الارتباط، حيث تعد زاوية الالتحام مقياساً فعالاً من أجل تحديد قابلية انتشار السائل أو قدرته على الترطيب.

قورنت خصائص الترطيب لستة روابط في إحدى الدراسات وحكمت بأنها كافية مع زوايا تماس أقل من ١٥ درجة، وكمثال فإن التطبيق الموضعي للفلور على سطح السن سينقص من طاقة السطح للميناء والعاج ويزيد من زاوية الاتصال وبالتالي قلة التصاق الفضلات على سطح السن وبالتالي التقليل من الإصابة بالنخر السني.

أشكال زاوية التماس:

١- **زاوية معدومة:** عندما تكون جزيئات اللاصق منجذبة إلى جزيئات السطح الملتصق بمقدار يعادل أو يفوق انجذابها إلى بعضها.

٢- **زاوية طفيفة:** تنشأ عند نقصان طاقة السطح الملتصق أي انخفاض توتره السطحي بسبب تلوثه الطفيف أو غير ذلك.

٣- **زاوية متوسطة:** تنشأ عند وجود طبقة رقيقة أحادية ممتصة من ملوث ما على كامل السطح الملتصق.

٤- **زاوية كبيرة جداً:** تنشأ عندما يكون السطح الصلب ذو طاقة سطح منخفضة مثل Teflon، ما ينتج عنه ترطيب سيئ.

٦-٩ طبقة اللطاخة: Smear Layer

عندما يتم تحضير السن يدوياً أو بواسطة الأدوات الدوارة خلال عملية تحضير الحفرة تنتج عن التحضير طبقة تتوضع فوق سطح الميناء والعاج مشكلة ما يصطلح على تسميته طبقة اللطاخة.

وتعرف طبقة اللطاخة على أنها أية بقايا ذات طبيعة متكلسة تنتج عن تحضير العاج أو الميناء أو الملاط كملوث يفسد أو يعوق التداخل مع نسج السن تحتها، ولهذه الطبقة عظيم الأثر في عملية الالتصاق والارتباط بين السن والمادة المرممة، ولقد تم الاقتراح على أن عملية تحضير السن وتلميعه تؤدي وبفعل الاحتكاك إلى تولد حرارة موضعية إضافة إلى مجموعة من قوى القص التي تؤدي إلى ثبات طبقة اللطاخة بالنسج الواقعة تحتها بشكل يكون من الصعب معه إزالتها سواءً أكان ذلك بالغسل أم الكشط، ولقد تبين أن مركب EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetic acid) هو المكيف الأكثر فعالية في إزالة طبقة اللطاخة وفتح فوهات الأقنية العاجية وكذلك حمض اللاكتيك وحمض الفوسفور، أما منظفات الحفرة المحضرة مثل بيروكسيد الهيدروجين فوجد أن لها أثراً ضعيفاً في إزالة طبقة اللطاخة.

لقد تم تحديد الملامح الشكلية ومكونات وثخانة طبقة اللطاخة تبعاً لنوع الأدوات المستخدمة وبحسب طريقة الغسل وموقع العاج الذي نشأت عنه، حيث يعكس تركيب اللطاخة بنية العاج الواقع تحتها وبللورات الهيدروكسي أباتيت المسحوقة والكولاجين المحطم المختلط باللعاب والجراثيم وأية بقايا أخرى موجودة أصلاً على السطح، وتتراوح ثخانة طبقة اللطاخة من ٠,٥-٥ ميكرومتر، وعلى الرغم من أن بقايا طبقة اللطاخة تغلق الأقنية العاجية بتشكيل سدادات فيها إلا أن طبقة اللطاخة تكون مثقبة تخترق بواسطة أقنية ميكرونية ثانوية تسمح لكميات صغيرة من السوائل السنية للعبور من خلالها، حيث ذكر أن طبقة اللطاخة تقلل من النفوذية العاجية بنسبة ٨٦% فقط.

٦-١٠ الارتباط بالميناء:

يتم انجاز الإلصاق بالميناء من خلال تخريش هذه المادة عالية التمعدن لفترة زمنية توسع فعلياً سطح الارتباط، واكتشفت آلية الربط المينائي المعروفة بتقنية التخريش الحمضي من قبل Boonocore في عام ١٩٥٥، حيث أثبت زيادة قوة الارتباط عند تخريش الميناء بحمض الفوسفور بتركيز ٨٥% لمدة دقيقتين، وافترضت دراسات أخرى تشكل امتدادات راتنجية وإغلاق ميكانيكي مجهري للمسامات المينائية المتشكلة بالتخريش، حيث يحول تخريش الميناء سطحه من النعومة إلى الخشونة مع طاقة سطحية عالية حوالي ٧٢ داين /سم أي أكثر بمرتين من طاقة الميناء غير المخرشة، وإن عامل الربط المينائي هو عبارة عن راتنج اكريلي غير مملوء منخفض اللزوجة يرطب السطح عالي الطاقة وينساب ضمن المسافات المجهرية بواسطة الجذب الشعيري، وتعتمد عوامل الربط المينائية عموماً على جزيئات BIS- GMA المطورة على يد Bowen عام ١٩٦٢ أو جزيئات Urethane Dimethacrylate (UDMA) وكل من هذين المتماثرين يمتلك لزوجة عالية وهو كاره للماء، وفي الغالب يتم تخفيف هذه الصفات من خلال متماثرات أخرى محبة للماء بشكل أكبر وأقل لزوجة مثل TEG-DMA (Triethylene glycol Dimethacrylate) وأيضاً متماثرات مثل HEMA.

يتم إنجاز الربط بين الميناء والمادة المرممة من خلال تصلب المتماثرات داخل المسامات المجهرية والتماثر المشترك للروابط الكربونية المزدوجة مع القالب الراتنجي مما يؤدي إلى تشكل ارتباط كيميائي قوي، ولا يمكن استبعاد إمكانية التفاعل الكيميائي بين متماثرات خاصة وسطح الميناء المخرش، ويزيد التخريش الحمضي من خشونة حوالي ١٠ ميكرون من سطح الميناء ويخلق طبقة مسامية يتراوح عمقها من ٥-٥٠ ميكرون، ولقد وصفت **ثلاثة نماذج للميناء المخرشة:**

I- النموذج الأول: يحدث فيه الانحلال بشكل رئيس لقلب الموشور (مركزه).

II- النموذج الثاني: يحدث فيه الانحلال بشكل رئيس لمحيط الموشور.

III-النموذج الثالث: لا يوجد فيه بنية موشورية واضحة.

لقد تم وصف نوعين من التداخلات الراتنجية الحاصلة:

١) Macrotags: وتتشكل هذه التداخلات الكبيرة دورياً بين محيطات المواشير المينائية.

٢) Microtags: وتتشكل هذه التداخلات الصغيرة في لب المواشير المينائية حيث تتصلب المتماثرات ضمن ممرات متعددة تشكلت مكان انحلال بللورات الهيدروكسي أباتيت، وتعتبر الـ Microtags أكثر مساهمةً في قوة الارتباط بسبب كميتها الأكبر ومساحة السطح الكبيرة، ويعتمد تأثير التخريش الحمضي للميناء على عدة عوامل:

١- نوع الحمض المستعمل وتركيزه.

٢- شكل المخرش (جل- نصف جل- سائل) وزمن التخريش.

٣- زمن الغسل.

٤- تهيئة الميناء قبل تطبيق الحمض.

٥- التركيب الكيميائي للميناء وحالته.

٦- الأسنان دائمة أو مؤقتة.

٧- إذا كانت الميناء ذات بنية موشورية أو لا موشورية.

٨- إذا كانت الميناء مفلورة - ناقصة التمعدن - متلونة.

بالرغم من أن قوة ارتباط الراتنج المركب بسطح الميناء المخرشة بحمض الفوسفور كانت بمعدل ٢٠ ميغا باسكال فإنه من المعتقد أن قوة الارتباط هذه تكفي لأن تقاوم الجهود الناجمة عن عملية التقلص التصلبي للراتنج المركب، وبنفس الوقت عندما تكون حدود التحضير بالميناء فقط فإن التخريش الحمضي للميناء ينقص التسرب الحفافي، ولقد تم إثبات أن تقنية التخريش الحمضي المينائي هي إجراء سريري موثوق ومعتمد في التطبيقات الروتينية لطب الأسنان الترميمي الحديث، كما أن الإزالة الكاملة للمخرش وفوسفات الكالسيوم المنحلة مع الحفاظ على مساحة عمل مخرشة ونظيفة وغير ملوثة بالرطوبة أو اللعاب هي أمور شديدة الأهمية لدوام الارتباط المينائي الراتنجي، لهذا السبب يعتبر العزل بالحاجز المطاطي مهماً جداً ومفضلاً على العزل باللفافات القطنية.

٦-١٠-١ التخريش بحمض الفوسفور:

من الموصى به عموماً استعمال حمض الفوسفور بتركيز ٣٠-٤٠%، وزمن تخريش لا يقل عن ١٥ ثانية، وأن تكون مدة الغسل ٥-١٠ ثوانٍ، وذلك للحصول على سطح مينائي أكثر تقبلاً لعملية الربط.

كان هناك بعض الجدل تاريخياً حول تركيز حمض الفوسفور الذي يعطي فعالية تخريش مثالية لأن بعض الحموض أثبتت أنها تشكل رسابات Precipitates على السطح الذي سيدخل فيه الراتنج المرتبط، وأظهرت إحدى الدراسات أن حمض الفوسفور بتركيز ٥٠% المطبق لمدة ٦٠ ثانية على الميناء ينقص من تشكل رسابات فوسفات الكالسيوم الأحادية التي يمكن أن تغسل وتزال في حين أن التخريش بوساطة حمض الفوسفور بتركيز ٢٧% يؤدي لتشكل رسابة من ثنائي هيدرات فوسفات ثنائية الكالسيوم Dicalcium phosphate Dehydrate تكون صعبة الإزالة، ويزداد انحلال الكالسيوم وعمق التخريش عندما يزداد تركيز حمض الفوسفور وذلك حتى تركيز ٤٠%، أما بالتراكيز الأعلى فنحصل على أثر معاكس، وبالرغم من أن معظم مخرشات الميناء التجارية تكون بتراكيز ٣٠-٤٠% فإن تراكيزاً أقل تستخدم دون تعريض قوة الربط المينائي لحالة من الشك.

تناقص زمن التخريش التقليدي حيث كان الحمض يطبق لمدة ٦٠ ثانية بتركيز ٣٠-٤٠% فأصبح يطبق لمدة ١٥ ثانية، وبينت العديد من الدراسات السريرية والمجهرية أننا نحصل على ارتباط عند تطبيقنا للحمض لمدة ١٥-٦٠ ثانية.

يعد الغسل الكافي خطوة أساسية في تحقيق عملية الارتباط، وتبين أن زمن غسل من ١-٣ ثانية على سطح أملس يؤمن ختماً وربطاً كافياً، أما في التحضيرات ذات الشكل الأكثر تعقيداً فمن الموصى به أن يكون زمن الغسل من ٥-١٠ ثانية، وقد تم إثبات أن استخدام الإيثانول لإزالة الماء المتبقي من السطح المخرش يعزز قابلية متماثرات الراتنج للنفوذ في السطح المينائي المخرش، ولذلك تحتوي المبدئات الحديثة على عوامل تجفيف مثل الإيثانول والأسيتون مع تأثير مشابه.

٦-١٠-٢ تصميم حواف الميناء: Enamel Margin Design

يغير الربط الميناني من تصميم تحضير الحفرة لأنه من الطبيعي أن يكون القطع السني أقل.

تعطي الميناء المقطوعة حديثاً سطح ارتباط أفضل من الميناء غير المحضرة، وتحتوي الطبقة الخارجية من كل الأسنان المؤقتة و٧٠% من الأسنان الدائمة على ميناء غير موشورية (ميناء تفتقر المواشير المتناسقة) وتعطينا تثبيتاً ميكانيكياً أقل عندما تخرش، وتكون ثخانة هذه الطبقة ٣٠ ميكرون في الأسنان الدائمة وتكون الأكثر سيطرة في المناطق اللثوية، وإن تحضير ١ ملم من الميناء سوف يزيل هذه الطبقة ويحسن قوة الارتباط من ٢٥ – ٥٠ % معتمداً على كمية الميناء غير الموشورية الموجودة.

٦-١٠-٣ زوايا التحضير: Preparation angles

أولاً: التحضير بزاوية ٩٠ درجة:

وهو المفضل للحفاظ على النسج السنية، ولكنه لا يكشف نهايات المواشير وبالتالي فهو أقل تثبيتاً.

ثانياً: الشطب بزاوية ٤٥ درجة:

وهو الأكثر شيوعاً كخط إنهاء، حيث يحافظ على النسج السنية ويحقق أفضل كشف للمواشير الميناية، مقارنةً مع الشطب بزاوية ٩٠ درجة فإن الشطب بزاوية ٤٥ درجة سوف يعطينا ختماً أفضل للميناء، خاصة عند الحواف الميناية، وهو خط الإنهاء الأكثر جمالية والذي يسمح بالانتقال الناعم والتدريجي للون من الراتنج المركب للميناء، كما أنه يقلل من التسرب الحفافي.

ثالثاً: الشطب المقعر (الحجرة) joining convex bevel (خط إنهاء شبه كتف):

ويكشف أكبر مقدار من نهايات المواشير الميناية، وهو خط الإنهاء الأكثر تثبيتاً، حيث يسمح بزاوية ٩٠ درجة للترميم جاعلاً من حوافه أكثر متانة خاصة عند نقاط التماس الإطباقية، وعلى كل حال ولأنه التصميم الأقل محافظة فإن الشطب المقعر يجب أن يستخدم فقط عندما يكون التثبيت الأعظمي بالتخريش الحمضي ضرورياً (مثل الصنف الرابع).

رابعاً: الشطب المحدب (تحضير الإلصاق):

يختم بشكل أفضل من التصاميم التقليدية الثلاثة، وقد لا يكون هذا التصميم عملياً سريرياً بشكل دائم ولكنه يعطي مناطق مدورة من الميناء غير مدعومة تحقق توضعاً ممتازاً للراتنجات الرابطة، ولكنها تجعل من الصعب إزالة العاج النخر من الملتقى الميناني العاجي، ويستخدم هذا التصميم مع الراتنج المركب الكثيف القوي القادر على دعم الميناء.

بينت الدراسات أن أفضل ختم كان للتحضير اللصاق، وكان الشطب الطويل أفضل من شبه الكتف، كما أن الشطب بزاوية ٩٠ درجة حقق الختم الأضعف، لذلك فإنه من الأفضل استخدام أكثر من تصميم للحواف في نفس التحضير فمثلاً يحافظ الشطب بزاوية ٩٠ درجة على التماس الطبيعي، بينما يستخدم الشطب بزاوية ٤٥ درجة على السطح الشفوي ليحقق الجمالية المطلوبة، ويكون تحضير شبه الكتف على السطح اللساني جيداً من حيث زيادة الثبات والتقليل من انفتاح الحواف marginal chipping، وبالتالي فإن التنوع في حواف التحضير في نفس الترميم قد يكون الخطوة الأفضل للوصول للتثبيت الجيد والمحافظة على نسج السن.

٦-١٠-٤ الراتنجات الرابطة: bonding resins

إن العوامل الرابطة هي عبارة عن مواد راتنجية سائلة صممت لتحسين الربط بين الراتنج المركب اللزج والمسامات الميكرونية للميناء المخرشة، وأظهرت بعض الدراسات المخبرية أنه لا يوجد فرق في تكيف الراتنج المركب مع الميناء المخرشة سواء استُخدم العامل الرابط أم لم يستخدم إذا سمحت الخواص الانسيابية للراتنج المركب بترطيب السطح، وإن معظم أنوا ع الراتنج المركب اللصاقة والسيالة تكون سائلة كفاية للنفوذ في سطح الميناء بدون راتنج رابط.

يكون عمق الوتد الراتنجي مع الراتنج المركب فائق النعومة حوالي ٥٠ ميكرون بوجود العامل الرابط أو عدم وجوده، أما مع أنواع الراتنج المركب فائق النعومة الأكثر لزوجة يسبب غياب العامل الرابط إحداث أوتاد بعمق ٣٠ ميكرون مقارنة مع الأوتاد بعمق ٥٠ ميكرون بوجود

العامل الرابط، وعلى كلٍ حتى هذه الأوتاد الأقصر تتمزق داخلياً في الراتنج أكثر من تمزق الرابط عند السطح البيني بين الراتنج والميناء.

أظهرت الأبحاث أن استخدام العامل الرابط يقلل من تشكل فقاعات الهواء عند وضع الراتنج المركب مباشرة على الميناء، وأظهرت الدراسات السريرية عدم وجود فرق بعد ١٨ شهر بين أداء الراتنج المركب الموضوع على الميناء بوجود أو عدم وجود العامل الرابط، كما أظهرت الدراسات المخبرية أن استخدام عامل رابط متوسط يقلل درجة نكس النخر مقارنة مع الراتنج المركب الموضوع بدون العامل الرابط ويسبب نقصاً في التلون الحفافي بنسبة ١٧ – ٣١%، لذلك فقد اقترحت الدراسات أنه من الضروري استخدام عامل رابط مينائي مع أي نوع من أنواع الراتنج المركب القابل للتكثيف، بينما نادراً ما يفيد استخدام العامل الرابط مع الراتنج المركب السيال.

٦-١٠-٥ عوامل الربط وانسجام الراتنج: Bonding agents and resin compatibility

إن اختيار العامل الرابط قد يؤثر سلبياً في قوة الارتباط، حيث نحصل على الربط الأقوى للميناء المخرشة إذا كان الراتنج في العامل الرابط والراتنج المركب متشابهين.

غالباً ما يستخدم المصنعون وحيدات تماثر MONOMERS مختلفة في أنواع الراتنج المركب التي ينتجونها، وتصنع بعض أنواع الراتنج المركب من راتنجات Bis- GMA المعدلة لتحسين قابلية الانحلال في الميناء أو اللزوجة أو متانة القالب الراتنجي، كما أنه من الشائع استخدام اليوريثان تريسيكلو urethane tricyclo وبعض أنواع الميتاكريلات، ويضيف بعض المصنعين العوامل الرابطة المصنعة من راتنج مشابه للراتنج المركب ويختارون هذه العوامل الرابطة للعمل مع الراتنج المركب الملائم، وعلى كلٍ ولأن كل أنواع الراتنج المركب تقريباً هي ميتاكريلات لذلك فإن كل العوامل الرابطة تقريباً تعمل مع كل أنواع الراتنج المركب حيث أن الاختلافات بين الأنواع المختلفة من الراتنج المركب والعوامل الرابطة غير ملاحظة سريرياً، ولأن معظم المصنعين يضيفون اللواصق إلى الراتنج المركب فإنه ينصح باستخدامهم معاً وخاصة عندما يستخدم للربط المينائي راتنج مركب عالي اللزوجة.

ينجح أي من الأنماط المتعددة للعوامل الرابطة في ربط الراتنج المركب الخاص به كما يربط منتجات الراتنج المركب الأخرى وهذه الكيفية غير مفهومة، وتوجد طريقة بسيطة لتجنب إمكانية عدم الانسجام وهي استخدام العامل الرابط المخصص للراتنج المركب من قبل نفس المصنع.

٦-١٠-٦ الإجراءات السريرية للتخريش الحمضي للميناء :

Clinical Procedure for acid etching enamel

١- يجب غسل السن قبل وضع الحاجز المطاطي وقبل تقرير لون الراتنج المركب، وإن إزالة البقايا والقشيرة الرقيقة يضمن اختياراً أكثر دقة للون، وتخريشاً أكثر فعالية، كما يضمن إزالة أي زيت مترسب على السن من القبضة.

٢- وضع طبقة رقيقة من السائل أو الجل (الهلام) المخرش على الميناء بوساطة فرشاة بلاستيكية أو اسفنجة (وتعطى هذه الفرشاة أو الاسفنجة من قبل المصنع) ويجب أن يبقى السطح مرطباً بالحمض لمدة ١٥ – ٢٠ ثانية، ويجب عدم فرك أو تطبيق أي ضغط على سطح الميناء خلال أو بعد وضع المخرش لأن هذا يمكن أن يجعل المسامات المينائية الحساسة تنهار في حين أن خلق هذه المسامية هو الهدف من التخريش.

٣- الغسل لمدة ١٠ ثوانٍ على الأقل، وإذا كان الهلام المخرش هو المستخدم فينصح بالغسل لمدة أطول خاصة إذا كانت لزوجته عالية.

٤- التجفيف باستخدام مجفف كهربائي هوائي أو مفرغ الهواء عالي السرعة أو سيرنج الهواء لتجفيف السطح المخرش حديثاً.

٥- يجب أن تبدو الميناء بيضاء طبشورية وإذا لم تبد كذلك يجب إعادة الخطوة ٤ و٥ و٦ وإذا لم يتم الوصول للسطح الطبشوري فيجب إعادة شطب الميناء والبدء مرة أخرى.

٦-١١ الالتصاق إلى العاج:Adhesion to Dentin

للعاج طبيعة أكثر تعقيداً من الميناء ويبدي عدداً أكبر من العوائق أمام تحقيق الارتباط، فالعاج نسيج حي ديناميكي غير متجانس البنية يتصف بطاقة سطح منخفضة.

٦-١١-١ الصفات المثالية لعوامل الربط العاجي:

١- الارتباط إلى العاج بقوة أكبر أو تعادل ارتباط الراتنج المركب إلى الميناء المخرش.

٢- الحصول على قوة الارتباط العظمى بشكل سريع أي خلال دقائق معدودة مما يسمح بإجراء عمليات الإنهاء والتلميع، ومن ثم أداء الوظيفة لدى المريض ضمن إطار زمني معقول.

٣- أن تكون متقبلة حيوياً وغير مخرشة للب السني.

٤- أن تمنع التسرب المجهري.

٥- بقاؤها ثابتة لفترة طويلة ضمن البيئة الفموية.

٦- سهلة التطبيق سريرياً.

٦-١١-٢ تصنيف الأنظمة الرابطة للعاج.Dentin bonding agent systems classification:

٦-١١-٢-١ حسب عدد خطوات التطبيق:

- الأنظمة التقليدية أو ثلاثية الخطوة.
- الأنظمة ذات الخطوتين.
- الأنظمة وحيدة الخطوة.

٦-١١-٢-٢ حسب التركيب الكيميائي:

لواصق الجيل الأول First- Generation adhesives

ذكر Boonocore ١٩٥٦ أنه وبشكل مشابه لتقنية التخريش الحمضي للميناء فإن حمض غليسرول فوسفوريك دي ميتاكريليت GPDM (glycerol phosphoric Acid Dimethacrylate)

يمكن أن يرتبط مع السطوح العاجية المخرشة حيث كانت قوة الربط المرافقة لتقنية الربط البدائية هذه من ٢-٣ ميغا باسكال، بينما تراوحت قوة الارتباط مع الميناء ١٥-٢٠ ميغاباسكال وكان هذا الارتباط غير مستقر بالماء.

قبل التجارب التي قام بها Boonocore استخدم باحثون آخرون نفس المتماثر GPDM وذلك في بداية الخمسينات مع ظهور Sevriton cavity Seal وهي مادة راتنجية اكريلية- يمكن أن تتماثر من خلال تحفيزها بوساطة حمض السولفينيك، ولكن وبعد فشل هذه التقنية طورت عدة لواصق عاجية بصيغ كيميائية أكثر تعقيداً وذلك بهدف تحسين الالتصاق الكيميائي.

لقد كانت عوامل ربط العاج عبارة عن راتنج غير مملوء تعمل على تعزيز ترطيب سطح العاج وذلك قبل تطبيق الراتنج المركب وتصليبه، وفيما بعد أصبحت هذه العوامل بشكل متماثرات عضوية ثنائية الوظيفة لها مجموعات تفاعلية خاصة يعتقد أنها تتفاعل كيميائياً مع الهيدروكسي أباتيت أو مع القالب الكولاجيني.

يرتبط عامل الربط من الجيل الأول بوساطة اختلاب الكالسيوم على سطح السن ويملك مقاومة محسنة تجاه الماء.

لواصق الجيل الثاني Second- Generation Adhesives

ظهر أول منتج من أنظمة الإلصاق من الجيل الثاني في عام ١٩٧٨ واعتمدت هذه المنتجات على الاسترات المفسفرة لمشتقات الميتاكريليت، وتعتمد في آلية التصاقها على ترطيب السطح إضافة إلى حدوث تفاعل شاردي بين مجموعات الفوسفات ذات الشحنة السلبية والكالسيوم المشحون إيجابياً، وبالرغم من أن التفاعلات الكيميائية المتعددة مطلوبة مع كل من الجزئين العضوي واللاعضوي من العاج إلا أنه من غير المعتقد بأن الالتصاق الكيميائي الأولي يلعب دوراً كبيراً في عملية الربط، وتمتلك أنظمة الربط من الجيل الثاني قوى ربط متوسطة نادراً ما تتجاوز ٥-٦ Mpa ، وإن ظهور قوى ربط في بعض العينات أعلى من هذا الرقم قد يعزى إلى آلية ربط أخرى غير معروفة، وإن النتائج السريرية لاستخدام هذه الأنظمة كانت ضعيفة عموماً،

وربما يعزى هذا الفشل السريري إلى قابلية الحلمهة الضعيفة في الحفرة الفموية، وكون الارتباط الأولي يحدث مع طبقة اللطاخة أكثر من كونه مع العاج الموجود إلى الأسفل منها، حيث أن وجود طبقة اللطاخة يمنع حدوث التماس المباشر الذي يعد مطلباً أساسياً لحدوث التفاعل الكيميائي.

لواصق الجيل الثالث Third – Generation Adhesives

قدمت أسس هذا الجيل في الوقت الذي لاقت فيه الفلسفة اليابانية حول تخريش العاج لإزالة طبقة اللطاخة قبول الباحثين، حيث لم يكن تخريش العاج عملاً مشجعاً عليه في أمريكا وأوروبا خشية من أن هذه العملية تحفز حدوث الالتهاب اللبي، واستمر هذا الوضع حتى نهاية الثمانينات.

تعتمد آلية الربط العاجي عند تخريش العاج بوساطة الحمض على الثبات الميكانيكي المجهري للراتنج المركب على سطح العاج المخرش، وذلك من خلال انسياب اللاصق ضمن الأقنية العاجية المفتوحة.

– إن وجود السوائل العاجية بوفرة عند سطح الارتباط يمنع حصول الترابط الميكانيكي المجهري عند استخدام الراتنجات الأولى الكارهة للماء، واعتماداً على مفهوم التخريش الكلي تم إنتاج مستحضر باسم Clearfil New bond وذلك عام ١٩٨٤ وهو يحتوي على جزيئات HEMA ومركب: ١٠- methacryloxy Decyl Dehydrogenate phosphate (10-MDP) والذي يحتوي على مكونات كارهة للماء طويلة ومحبة للماء قصيرة تعمل كمكونات فعالة، وبلغت قوة ارتباط هذه الجيل مع العاج من ٨–١٠ ميغا باسكال.

لواصق الجيل الرابع Fourth – Generation Adhesives

ظهر في أوائل التسعينات واعتمد على التخريش الكامل للعاج والميناء بحمض الفوسفور، وكان التطور الأساسي في هذا الجيل تأكيد الارتباط مع العاج الرطب، واستخدام المبدئات ذات الأساس المائي والحاوي على محلات طيارة، ففي الدراسات التي أجريت في بداية العقد لوحظ أنه عند الارتباط مع العاج الجاف يحدث ارتشاح راتنجي ناقص لأنه يسبب تلف شبكة الألياف

الكولاجينية وتركها غير مدعومة بسبب خسف القالب المعدني والذي كان يحافظ على وضعها الصحيح، وبسبب هذا الانخساف لا يستطيع الراتنج النفوذ الجيد عبر الفراغات الضعيفة والمتبقية ويؤدي إلى طبقة هجينة ضعيفة بثخانة ٣ ميكرون، ولهذا اقترح الحل بأحد أمرين: الحفاظ على سطح العاج رطباً والتجفيف البسيط جداً غير المبالغ فيه، ومن أجل هذا يكفي أن نمر بلفافة قطنية تاركين سطح العاج لماعاً فهذا الماء يحافظ على شبكة الكولاجين مرنة ناضجة قابلة لنفوذ المبدئ الموجود في محل من الأسيتون وبشكل أقل الإيثانول الذي يحل محل رطوبة السطح، لأن جذور المحل المحبة للماء تنافس ذرات الماء الموجودة بين ألياف الكولاجين وتدفعها للخارج لكي تحل محلها حاملة معها وحيدات التماثر، وهنا تنتشر بين ألياف الكولاجين محققة ارتباطاً رائعاً وبعد ذلك يتطاير المحل، وهكذا نجد أن الحل المثالي من أجل الارتباط مع العاج الرطب هو بقاء سطح العاج رطباً، والتعامل مع مبدئ ذي أساس أسيتوني يحقق النتائج الأفضل وبعده الإيثانول في الدرجة الثانية، أما في حالة العاج الجاف تم استخدام مبدئ ذي أساس مائي، حيث أن التجفيف (الطبيعي وغير المبالغ فيه الذي يقوض شبكة الكولاجين) يتم تعويضه بالماء الزائد الموجود في المبدئ الذي تتراوح نسبته ٢٩-٥٠% حسب النظام المستخدم، وهذا الماء سوف يعيد انتعاش وتمدد ألياف الكولاجين ويحمل وحيدات التماثر لتتداخل ضمنها.

أما الجديد الثاني في هذا الجيل فهو التأكيد على الختم الحفافي للترميم، وذلك بإعادة تخريش الحواف وثم فرشها بسائل راتنجي منخفض اللزوجة، وقد تراوحت قوى الارتباط في هذا الجيل من ١٨-٢٠ ميغاباسكال.

في هذا النظام متعدد المراحل من حيث التطبيق استبدل مصطلح وسيلة الارتباط بمصطلح نظام الإلصاق.

لواصق الجيل الخامس Fifth – Generation Adhesives

بسبب التعقيد والمراحل والخطوات المتعددة في الجيل الرابع فقد عمدت الأبحاث إلى إيجاد أنظمة أبسط وبخطوات أقل بحيث نحصل على نفس القدرة على الختم والارتباط بل وأفضل من الجيل الرابع ولكن بخطوات وزمن أقل.

ظهر هذا الجيل عام ١٩٩٦ ويتميز بوجود عنصر واحد للربط، حيث تتم عملية تطبيق المبدئ Primer والرابط Bond في خطوة واحدة من خلال عبوة واحدة، ويمكن أن تحتوي مواد هذا الجيل على عناصر محررة للفلور، وعناصر ذات طبيعة مطاطية لامتصاص الجهود الناتجة عن التقلص التصلبي للمحافظة على الختم الحفافي سليماً قدر الإمكان، حيث تراوحت قوة الارتباط إلى العاج من ١٥ –٢٦ ميغا باسكال، وتستطيع مركبات هذا الجيل الحاوية على الماء مقاومة الرطوبة الزائدة، كما أنها تمتلك قدرة تنافسية رائعة تمكنها من طرد بروتينات اللعاب في حال التلوث السريري غير المقصود والحلول محلها.

لواصق الجيل السادس Sixth – Generation Adhesives

ظهر عام ١٩٩٧ ويتألف من مواد رابطة ذاتية التخريش Self-etch adhesive، ويتصف باختصار مرحلة التكييف ويتألف من محلولين مختلفين هما المبدئ ذاتي التخريش والراتنج الرابط بصورة منفصلة، المكيف والمبدئ والرابط مجتمعين ضمن سائلين منفصلين يستلزمان عملية المزج، إذاً يتضمن هذا الجيل مواد رابطة ذاتية التخريش بمرحلتين ومواد رابطة ذاتية التخريش بمكونين ولكن بمرحلة واحدة، ويعتمد هذا الجيل على طبقة اللطاخة كأساس للارتباط، ويختلف عن الجيل الثاني بحموضة المبدئ، واتصفت بعض الأشكال التجارية لهذا الجيل ببعض الميزات منها:

١– الراتنج T القادر على الانتشار العرضي بين ألياف الكولاجين والأقنية العاجية.

٢– المالئات النانومترية Nanofillers التي أضيفت إلى الراتنج الرابط بحجم ٧ نانومتر لتحسين خصائص وقوة الارتباط.

٣– امتدادات القمع المعكوس التي تشكلها هذه التقنية مخترقة عمق الطبقة الهجينة إلى ٤,٥–٦ ميكرون.

أمنت هذه الميزات دعماً قوياً لخصائص الطبقة الهجينة وساهمت في ترسيخ أثرها في تثبيت الترميم، إضافةً إلى خاصية القمع الراتنجي المعكوس من جهة أخرى، وتفاوتت قوى الارتباط حسب التركيب الدقيق للمادة الرابطة فبلغت عند بعض الأشكال ٢٤–٢٩ ميغا باسكال مع العاج، و٢٧–٣٥ ميغا باسكال مع الميناء.

أهمية المالئات المجهرية:

يبدو الرابط حين النظر إليه وكأنه غير مملوء (ويعني هذا الصغر الشديد الحجم للمالئات) لذلك فهي قادرة على الوصول إلى جميع المناطق الذي يصلها السائل، فهي تستطيع الدخول ضمن القنيات المفتوحة والانغراس في ألياف الكولاجين، وتعطي انتشاراً عرضانياً في القالب الراتنجي مقدمة قوى ارتباط هائلة لا يقدمها اللاصق غير المملوء.

لواصق الجيل السابع Seventh – Generation Adhesives

يتألف الجيل الأخير من المواد الرابطة من مركب واحد أي مواد رابطة ذاتية التخريش وحيدة المرحلة One-step self-etch adhesives رغم أن مواد الجيل الخامس يشار إليها خطأ بأنها أنظمة وحيدة العبوة، فمواد الجيل السابع في الحقيقة وحدها تنتمي فعلياً إلى هذا الصنف، وقد دخل هذا الجيل حديثًا إلى مجال طب الأسنان وما يزال تصنيفه موضع خلاف بسبب وجود نوعين له: الأول المبدئات ذاتية التخريش self etching primers (SEPs) والتي تجمع بين المخرش والمبدئ معًا في مرحلة واحدة ثم يتم تطبيق الرابط، والثاني المواد الرابطة ذاتية التخريش self-etching adhesive حيث تم دمج المبدئ الذي يقوم بالتخريش أيضاً مع الرابط الرتنجي ليتم العمل فيها على مرحلة واحدة، وبخلاف الجيل السادس لا تحتاج إلى مزج مما يعني أن مواد هذا الجيل تتألف من مزيج من المركبات المحبة والكارهة للماء، وتتميز المواد الرابطة ذاتية التخريش بأنها:

١- تقنية مفضلة لكونها توفر الوقت ولا تحتاج خطوات متعددة.

٢- لا تتطلب خطوات عمل منفصلة كما هو الحال في الأنظمة الحاوية على وحيدات تماثر حمضية، حيث تضم مرحلتي تكييف وربط العاج في خطوة واحدة.

٣- أقل حساسية للتطبيق لذلك فإن نتائجها السريرية موثوقة بدرجة أكبر.

٤- تقلل من الحساسية التالية للعمل عند المريض.

٥- تعتبر أقل عدوانية فهي ألطف على العاج عند مقارنتها بالتخريش بحمض الفوسفور.

٦- يعتبر تأثيرها على العاج سطحياً بشكل أكبر، وغالباً ما تبقى الأقنية العاجية مغلقة باللطاخة.

٦-١١-٢-٣ التصنيف العلمي للمواد الرابطة الحديثة:

أولاً- المواد الرابطة المعدلة لطبقة اللطاخة: Smear layer modifying Adhesives

المواد الرابطة العاجية التي تعدل طبقة اللطاخة تعتمد على مفهوم أن طبقة اللطاخة تقدم حاجزاً طبيعياً للب يحميه من الغزو الجرثومي، ويحدد التدفق الخارجي للسوائل اللبية التي ربما تفسد (تضعف) فعالية الارتباط، وإن الترطيب الفعال وتماثر وحيدات التماثر المرتشحة إلى طبقة اللطاخة هو أمر يمكن أن يقوي ارتباط طبقة اللطاخة لتمتد على السطح العاجي التحتي مشكلاً روابط ميكروميكانيكية وربما روابط كيميائية مع السطح العاجي المغطي، وسريرياً تتطلب هذه الأنظمة تخريشاً انتقائياً للميناء، والخطوة المنفصلة الأكثر نموذجية في هذه المجموعة هي المبدئات التي تطبق قبل تطبيق الراتنج المركب، وإن تداخل تلك المواد الرابطة مع العاج يكون ظاهرياً سطحياً جداً مع نفوذ محدود ضمن السطح العاجي، وهذا التداخل الضحل لنظام مواد الربط مع العاج بدون أي انكشاف لألياف الكولاجين يؤكد الحموضة الضعيفة لهذه المبدئات المعدلة لطبقة اللطاخة.

ثانياً-المواد الرابطة المزيلة لطبقة اللطاخة: Smear layer removing Adhesives

معظم أنظمة مواد الربط هذه الأيام مزيلة بشكل كامل لطبقة اللطاخة، وتستعمل مفهوم التخريش الكامل، وبشكل مبدئي فإن آليتها معتمدة على التأثير المشترك للتهجين وعلى تشكل الأوتاد الراتنجية، وهذه الأنظمة (بأشكالها الأصلية) تطبق بثلاث خطوات متعاقبة وبالتالي تصنف على أنها مواد رابطة مزيلة لطبقة اللطاخة بثلاث خطوات، وحتى عندما تطبق على العاج المتصلب فإن إجراء التخريش الحمضي بحمض الفوسفور بشكل شديد نسبياً يحدث طبقة هجينة منتظمة.

في أنظمة الثلاث خطوات فإن المبدئ سيؤكد الترطيب الفعال لألياف الكولاجين المكشوفة ليحل محل أي رطوبة متبقية على السطح محولاً حالة النسج من محبة للماء إلى كارهة

للماء، حاملاً وحيدات التماثر بشكل كاف إلى الفراغات ما بين الليفات، بينما سيملأ الراتنج الرابط المسامات المتبقية بين أليـاف الكولاجين والأوتاد الراتنجية المتشكلة التي تغلق القنيات العاجية المفتوحة، كما أنه يبدأ ويكمل تفاعل التماثر ويثبت الطبقة الهجينة المتشكلة والأوتاد الراتنجية، ويقدم روابط ثنائية الميتاكريلات من أجل المساعدة في التماثر في راتنج الترميمات المطبقة بنجاح، وببساطة فإن أنظمة الزجاجة الواحدة تكون فيها وظائف المبدئ والراتنج الرابط مدمجة بشكل كامل، ويمكن أن تكون أنظمة الخطوتين مقبولة كبديل حقيقي لتلك ذات الثلاث خطوات حيث أن تأثير تطبيقها على الطبقة الهجينة يجب أن يتم تحريه بشكل أكبر في المخابر والدراسات السريرية.

ثالثاً- المواد الرابطة الحالة لطبقة اللطاخة: Smear Layer- Dissolving Adhesives

إجراءات التطبيق المبسط هي ميزة المواد الرابطة المحلة لطبقة اللطاخة أو المواد ذاتية التخريش التي تستعمل المبدئات خفيفة الحموضة أو ما يسمى المبدئات ذاتية التخريش، حيث تزيل هذه المبدئات تمعدن طبقة اللطاخة جزئياً وتزيل تمعدن السطح العاجي التحتي جزئياً بدون إزالة بقايا طبقة اللطاخة المنحلة أو فوهات القنيات المغلقة، وتؤيد هذه الأنظمة الربط العاجي فقط ولذلك فإن تخريش الميناء الانتقائي المطلوب سيكون في خطوة منفصلة، وتقدم المواد الرابطة المحلة لطبقة اللطاخة الحالية ذات الخطوتين مبدئات ذاتية التخريش للتهيئة والبدء في آن واحد في كل من الميناء والعاج، وإن تبسيط إجراءات التطبيق السريري لم تكن فقط من خلال تقليل خطوات التطبيق بل من خلال حذف مرحلة الغسل بعد التكييف، وفي الحقيقة فإن هذه المبدئات المكيفة تزول فقط بالهواء بدون غسل، وكمحاسن إضافية يجب أن يتجنب الخلاف بين التجفيف عقب التكييف أو ترك العاج رطباً كما في تقنية الارتباط الرطب والفكرة الحقيقية وراء هذه الأنظمة هي إزالة تمعدن العاج بشكل ظاهري (سطحي)، ونفوذها بالوقت نفسه إلى عمق الإزالة الحاصلة مع وحيدات التماثر التي يمكن أن تتماثر في مكانها.

٦-١٢ الخطوات الحاسمة في الإلصاق critical steps in Adhesion:

٦-١٢-١ العزل isolation:

قبل البدء بإجراء الربط يجب أن يتحقق عزل كافٍ، وأن تتم السيطرة على رطوبة البيئة المحيطة والتي ستجري عليها عملية الربط.

يتطلب الارتباط إلى الميناء المخرشة سطحاً مجففاً بالهواء ليسمح للراتنج الكاره للماء والمصلب ضوئياً أن ينسحب بالجاذبية الشعرية تجاه الحفيرات المصنوعة بوساطة التخريش الحمضي، أما عند إجراء الربط العاجي فيجب أن نميز بين رطوبة العاج الداخلية والخارجية، حيث تنجم رطوبة العاج الداخلية عن سوائل اللب التي ترتشح عبر الأقنية العاجية إذا لم تغلق بالتخريش الحمضي، أما رطوبة العاج الخارجية فتتعلق بالمحيط ورطوبة البيئة، وقد أثبت بأن لها تأثيراً سلبياً على قوة الارتباط مع العاج، وإن درجة رطوبة البيئة تكون مرتفعة مقارنة بمثيلتها في الحفرة الفموية وذلك عند عدم استخدامنا للحاجز المطاطي، بينما عند استعمال الحاجز المطاطي تصبح الرطوبة في الحفرة الفموية مشابهة لرطوبة جو العيادة، وإن الشكل العرضي من رطوبة العاج الخارجية هو تلوث بنية السن بوساطة السوائل الخارجية، وهذا ما يعوق التماس الفعال بين اللاصق والمادة المرتبطة، كما أن التلوث باللعاب مؤذٍ جداً حيث يحتوي اللعاب على بروتينات تعيق إندخال الراتنج ضمن المسام المجهرية الناتجة عن التخريش الحمضي للميناء والعاج.

بما أن عزل الأسنان العلوية أكثر سهولة من السفلية فإن الإلصاق مع العاج يكون أكثر فعالية في الفك العلوي عنه في الفك السفلي، ويبقى الاستعمال المتواصل للحاجز المطاطي الطريقة الأكثر فعالية في السيطرة على الرطوبة.

٦-١٢-٢ حماية اللب والعاج dentin and pulp protection:

عندما يحتاج سن لترميم لصاق مع تأمين عزل كافٍ يجب أن يتخذ قرار حول الحاجة لوقاية العاج، ولا ينصح باستخدام مبطنات غير لصاقة أو حشوات قاعدية تحت الترميمات اللصاقة، ويمكن استعمال مواد لاصقة مثل GIC وفق تقنية الساندويش، ولكن وفي معظم الحالات يكون تطبيق لاصق مناسب فعالاً وكافياً، وكما أشير سابقاً فقد أوضحت الدراسات التي تستخدم الفحص المجهري أن اللواصق بإمكانها أن تختم القنيات العاجية من خلال الطبقة الهجينة.

عندما تكون ثخانة العاج المتبقية أقل من ٠,٥ مم ولا سيما في عاج الأسنان ذات النفوذية المرتفعة مثل الأسنان الفتية، فإن ماءات الكالسيوم هي الخيار المفضل لخواصها المحسنة لعملية الشفاء في اللب السني، إلا أن سيئتها الكبيرة هي قابليتها العالية للانحلال إذا لم تختم الحفرة بشكل جيد، لذلك عند استخدام ماءات الكالسيوم يجب أن تغطى باسمنت تقليدي مثل GIC ويفضل أن يكون معدلاً بالراتنج، حيث أنه وبشكل مغاير لإسمنت GIC التقليدي فإن الأشكال المعدلة بالراتنج تسمح بتماثر مشترك كيميائي مع الراتنج اللاصق بحيث يصبح اللاصق والسن والترميم الراتنجي النهائي كتلة واحدة، إضافة لذلك يعد GIC المعدل بالراتنج أكثر مقاومة للتخريش الحمضي من GIC التقليدي، وبسبب قابلية الانحلال المرتفعة لماءات الكالسيوم يجب ألا نقوم بتخريشها لذلك يجب أن يكون استخدام ماءات الكالسيوم في حده الأصغري بحيث تكون محصورة في المناطق العميقة فقط.

٦-١٢-٣ التكييف التقليدي للميناء والعاج universal enamel – dentin conditioning:

بعد أن يتم عزل السن المراد ترميمه بترميم لصاق بشكل جيد يجب أن نختار مكيفاً أو مخرشاً مناسباً لتهيئة السن، وكما ذكرنا فقد استبدلت تقنية التخريش الميناءي الانتقائي في الأجيال القديمة لنظم الربط بأنظمة إزالة طبقة اللطاخة بطريقة التخريش الكلي حيث يطبق الحمض أو المكيف على الميناء والعاج معاً، وبذلك نحصل على سطحين مختلفين بتثبيتين ميكانيكيين يندخل معهما الراتنج المرمم، وعلى الرغم من أن معظم الأبحاث الحديثة تركز على الحصول على ارتباط جيد مع العاج إلا أن أهمية الارتباط بالميناء لا يمكن أن يتم تجاهلها بحالٍ من الأحوال.

بشكل تقليدي كانت الميناء تخرش باستخدام حمض الفوسفور بتركيز ٣٠ – ٤٠ %، ومع تقديم تقنية التخريش الكلي يتم استخدام حمض الفوسفور بتراكيز أقل أو استخدام حموض أضعف بتراكيز مختلفة مثل: السيتريك – الماليك – النيتريك – وحمض الأوكساليك وتم استخدامها مع نظم إلصاق مختلفة.

إن الهدف الأساسي من تخريش الميناء والعاج هو الوصول إلى حالة وسط بين تخريش الميناء بشكل كافٍ لخلق نموذج تثبيت مجهري وتخريش العاج بلطف حتى لا نكشف الكولاجين

إلى عمق يكون من الصعب معه أن يندخل الراتنج إلى كامل هذا العمق، وعلى كل حال فقد أثبتت الدراسات المخبرية والخبرة السريرية ولعدة سنوات تلت طرح هذه التقنية أن قوة الارتباط إلى الميناء كانت أضعف وأقل ثباتاً، كما ويمكننا أن نستعمل مخرشين مختلفين للميناء والعاج ولكن هذا لا يبدو عملياً.

يكون استخدام الحمض الضعيف في الممارسة السريرية مقبولاً إذا قمنا بتخشين الميناء بشكل ميكانيكي قبل إجراء التخريش، أو إذا أزيل جل الحمض بقوة من على سطح الميناء، وفي يومنا هذا فإن أنظمة الإلصاق تستخدم مرة أخرى حمض الفوسفور التقليدي بتركيز أكبر من ٣٠ % لتخريش الميناء والعاج بتطبيق واحد، ومن الموصى به أن نقوم بتخريش الميناء أولاً لمدة ١٥ ثانية وفقط المناطق المتصلبة من العاج يمكن أن تخرش فيما بعد بدون المخاطر المرافقة لتخريش المناطق العميقة جداً من العاج، ويجب أن تخرش المناطق شديدة التمعدن لفترة أطول حتى تصبح أكثر قابلية للارتباط، وفي كل الأنظمة التي تعمل على إزالة طبقة اللطاخة يجب أن يزال المكيف والمنتجات جميعاً قبل البدء بتطبيق المبدئ والراتنج اللاصق.

الارتباط الرطب مقابل الارتباط الجاف WET VS DRY BONDING:

بعد تكييف السطوح المينائية والعاجية يجب أن تعالج هذه السطوح بشكل كامل للسماح باختراق كامل لمتماثرات اللاصق، فبالنسبة للميناء يفضل نظرياً أن يكون السطح جافاً تماماً، أما بالنسبة للعاج فيفضل أن يكون هناك كمية محددة من الرطوبة لتجنب حدوث انخماص على مستوى ألياف الكولاجين المكشوفة مما يؤدي لإعاقة الاختراق الفعال لمتماثرات اللاصق.

عند معالجة الميناء والعاج فإنه من الصعب أن نؤمن البيئة المثالية لكلا المادتين، ولكن إحدى الطرق التي تؤمن هذا الهدف هو إبقاء المادة جافة واستخدام أنظمة إلصاق ترتكز على مبدئات تعتمد على الماء لإعادة التميه وبذلك تعود الشبكة الكولاجينية للتمدد مما يمكن المتماثرات الراتنجية من الانتشار بشكل فعال، وكطريقة بديلة عن هذه الطريقة فقد تم تقديم طريقة سميت بالارتباط الرطب حيث يتم الحفاظ على العاج المخرش بالحمض رطباً وذلك بالاعتماد على قدرة المبدئات المعتمدة على الأسيتون على جذب الماء، ومن المهم وظيفياً بالنسبة لعملية التهجين الفعالة أن يتم تجريد ألياف الشبكة الكولاجينية من داعمها المعدني بعد تخريشها الحمضي، وأن يحافظ على صفتها الأسفنجية بحيث يسمح ذلك بالانتشار الداخلي لمتماثرات

الراتنج عند إجراء الخطوات التالية من الارتباط، ويعتقد أن عملية نزع الماء (البلمهة) من سطح العاج المخرش بالحمض خلال عملية التجفيف بالهواء يمكن تسبب جهوداً توترية سطحية تؤدي إلى انكماش ألياف الشبكة الكولاجينية المكشوفة، وأن تنخمص وتشكل خثرة تسد الطريق أمام الراتنج، أما إذا تبقى القليل من الماء داخل الفراغات الليفية فإن التفكك بالقالب الكولاجيني يستمر وتبقى هذه الفراغات مفتوحة.

ذكر أن تقنية الارتباط الرطب تزيد بشكل متكرر من قوى الارتباط مخبرياً، أما سريرياً فيشاهد السطح العاجي المميه واللماع مع العاج الرطب، ويجب أن تتم إزالة الرطوبة الزائدة من خلال تنشيفها أو إزالتها بوساطة كرية قطنية، حيث يمكن للماء الزائد أن يضعف المبدئ جاعلاً إياه أقل فاعلية، وعلى كل يجب أن نؤكد على أنه يمكن لتقنية الارتباط الرطب أن تضمن الانتشار والاندخال للراتنج فقط عندما تتم إزالة الماء من العاج بالطبقات السطحية قدر المستطاع، وأن يتم استبداله بالمتماثرات خلال مرحلة المبدئ التالية.

في بعض أنظمة الإلصاق تنحل المتماثرات المحبة للماء في محلات طيارة مثل الأسيتون والإيثانول، وتساعد هذه المحلات في استبدال الماء المتبقي إضافة إلى تصلب المتماثرات في الأقنية العاجية المفتوحة وضمن الفراغات الدقيقة للشبكة الكولاجينية، وفيما بعد يتم تبخير محاليل المبدئات من خلال تيار هوائي لطيف مخلفة وراءها متماثرات المبدئ الفعالة التي تمتلك النهايات المحبة للماء، والتي تمتلك انجذاباً لألياف الكولاجين المكشوفة ونهايات كارهة للماء تشكل مستقبلات للراتنج اللاصق المتصلب.

إذا لم يتم استبدال الماء داخل الشبكة الكولاجينية بشكل كامل فإن تصلب الراتنج داخل الطبقة الهجينة قد يتأثر أو على الأقل فإن الماء المتبقي سيتنافس مع الراتنج على الفراغ داخل العاج منزوع المعادن.

لقد سجل احتمال عدم استبدال كل الرطوبة الموجودة على سطح العاج زائد الرطوبة بوساطة متماثرات المبدئ المحبة للماء مع أنظمة إلصاق تعتمد على مبدئات مرتكزة على قاعدة من الأسيتون الحر المحب للماء، ففي مثل هكذا ظروف زائدة الرطوبة يظهر بأن الماء الزائد يشكل حالة من الانفصال بين المتماثرات المحبة والكارهة للماء مما يؤدي لتشكل نقطة أو تشكل كروي على السطح الداخلي العاجي الراتنجي، وهذا يعني ضعفاً للارتباط وعدم ختم كل القنيات

العاجية، ومن جهة أخرى فإن التجفيف اللطيف لسطح العاج لمدة زمنية أقل من ثلاثة ثوانٍ قبل تطبيق المبدئ المعتمد على الأسيتون الحر المحب للماء يؤدي إلى اندخال غير كامل للراتنج ضمن القنيات.

لوحظ الاندخال غير الفعال للراتنج الناجم عن الانخماص الحاصل بالكولاجين على أنه منطقة تدعى بالمنطقة الهجينة ولكنها لا تكون كثيفة، وبالنتيجة يبدو أن الارتباط الرطب تقنية حساسة من حيث أنه يجب ألا يكون العاج المخرش رطباً جداً، وألا يجفف بشكل شديد فيكفي تسليط تيار هوائي خفيف أو استعمال كرية قطنية جافة من أجل تأمين سطح خارجي يلائم عملية الارتباط الرطب، ومن ناحية الأهمية السريرية فهناك سيئتان تخصان **تقنية الارتباط الرطب وهما:**

السيئة الأولى: أن الأسيتون يتبخر بسرعة لذلك يجب أن نغلق العبوة الخاصة به بسرعة وأن يطبق بسرعة وبشكل مباشر بعد الانتهاء من التخريش، فعلى الرغم من التعامل الحريص مع المادة يمكن أن يتغير تركيب المادة بعد عدة استعمالات بسبب التبخر السريع للمادة المحلة، وهذا ما سيؤدي إلى زيادة نسبة المتماثرات بالنسبة للأسيتون وبالتالي سيؤثر على اختراق هذه المتماثرات للشبكة الكولاجينية المكشوفة.

السيئة الثانية: هي أن الممارس إذا أبقى على جدران الحفرة رطبة بعد التخريش يكون عاجزاً عن مشاهدة المظهر الأبيض المميز للميناء المخرشة بشكل جيد.

لقد تبين أن أنظمة الإلصاق التي تزود بمبدئات منحلة في الماء ترتبط بالتساوي من حيث الفاعلية مع العاج الجاف والرطب، وإن تجفيف العاج بالهواء ينقص من حجمه بمقدار ٦٥ %، ولكن إعادة الترطيب اللاصقة تعيد الحجم الأصلي للعاج، وكبديل عن ذلك يمكن أن يجفف العاج المكيف بالهواء ثم يعاد ترطيبه بالماء أو أي محلول يحوي عوامل مضادة للجراثيم مثل الكلورهيكسدين، حيث أن تطبيق أي وسيلة لإعادة ترطيب العاج بعد تكييفه يمكن أن يحسن من ارتباط بعض اللواصق البسيطة، وعلى العكس من أنظمة الإلصاق المزودة بمبدئات أساسها أسيتوني فإن الأنظمة المزودة بمبدئات أساسها مائي تبدو تقنية أقل حساسية تجاه التطبيق، وتكون قدرة الربط متساوية تقريباً باختلاف درجات الرطوبة والجفاف بالعاج.

إن **الميزة** التي يتمتع بها الارتباط الجاف بالعاج هو السهولة في تأمين هذا الجفاف، وألفة الممارسين تجاه هذا الأسلوب، إضافة إلا أن هذا الجفاف يمكن الممارس من مشاهدة مظهر الجليد المميز للميناء بعد انتهاء تكييفه، كما أن الارتباط الجاف لا يحمل المخاطر التي يحملها الترطيب الزائد، وسريرياً ينصح بإجراء الارتباط الجاف القياسي بحيث يتم تجفيف سطح العاج بتيارهوائي لطيف بعد تكييفه لمدة ٥ ثوانٍ، أو حتى يتحول المنظر اللماع الرطب إلى مظهر باهت، ويتحول سطح الميناء إلى مظهر طبشوري أبيض.

٦-١٢-٤ تطبيق المبدئ primer application:

يجب أن تطبق هذه المادة بحرص شديد لتأكيد اندخال الراتنج ضمن الشبكة الكولاجينية، ويجب ألا يقل زمن التطبيق عن ١٥ ثانية كما توصي بذلك معظم الشركات المنتجة، فيجب احترام هذه التوصيات لضمان انتشار المتماثرات واندخالها حتى كامل عمق المنطقة مخسوفة الأملاح.

عند إتباع تقنية الارتباط الجاف مع اعتماد مبدئات أساسها مائي تقوم بعملية إعادة الترطيب بنفسها فيجب أن تسمح الـ ١٥ ثانية هذه بتخفيف المكيف بتيار هوائي وهكذا تعود ألياف الكولاجين المنهارة إلى التمدد من جديد، أما مع تقنية الارتباط الرطب فيجب أن يطبق المبدئ على الأقل لـ ١٥ ثانية لاستبدال كامل الرطوبة المتبقية خلال التبخر الحاصل للمحل الحامل للمبدئ، وأكثر من ذلك فإن المبدئات ذات الأساس الأسيتوني الخالية من الماء الموجودة في نظم الإلصاق التي تعتمد نظام المراحل الثلاث أو المرحلتين (عبوة واحدة) في إزالة طبقة اللطاخة يجب أن تطبق بغزارة وعلى عدة طبقات.

بعد التجفيف بتيار هوائي بلطف ولفترة وجيزة يجب أن يبدو السطح الموشوري لماعاً، ويتم تطبيق المبدئ بفرشاة تستخدم لمرة واحدة من خلال فرك المادة على سطح العاج وهذا ما يحسن ويسرع من انتشار المتماثرات.

إن المظهر النموذجي لألياف الكولاجين يكون بشكل السجادة الشعثاء (shag carpet) حيث تتجه الألياف للأعلى نحو الراتنج اللاصق وتظهر وكأنها خيوط منسلة في تجاويف الألياف.

يعزى هذا المظهر إلى هذه الطريقة المتبعة في تطبيق المبدئ حيث يفرك المبدئ عند تطبيقه على السطوح، لوحظ أن نموذجاً مشابهاً لخصل (حزم) ألياف الكولاجين العميقة ينتج عن فرش حمض السيتريك على سطح الجذر كجزء من المعالجة التجددية للنسج حول السنية.

وجد أن الفعل الميكانيكي لعملية الفرك بالاشتراك مع الفعل الكيميائي لحمض السيتريك يعزز من إزالة المواد العاجية غير العضوية المنحلة كيميائياً، إضافة إلى البقايا والفضلات على السطح بحيث تتكشف طبوغرافياً مجمعات ألياف الكولاجين العميقة، وبطريقة مماثلة فإن التأثير الكيميائي الميكانيكي لحك السطح العاجي بمبدئ محضر خفيف يمكن أن يحل مواد غير عضوية عاجية إضافية قد تكون عالقة بشرك ألياف الكولاجين السطحية العاجية التي تكون بشكل زغابات صغيرة.

لا تحتاج الميناء المخرشة حمضياً لتطبيق مبدئ منفصل لإنجاز الارتباط الفعال عند تطبيق مادة الربط غير المملوءة أو المملوءة بشكل خفيف والكارهة للماء بتيار هوائي خفيف، ومن جهة أخرى يمكن تطبيق المبدئات على السطوح المينائية المخرشة دون التسبب بأية أذية لعملية الارتباط بالميناء.

في تقنية الارتباط الرطب يجب تطبيق المبدئات دائماً على الميناء المخرشة بالحمض لاستبدال أي رطوبة سطحية متبقية خلال التبخر الحاصل للحامل المحل للمبدئات، ويجب أن يتم تطبيق المبدئ من خلال التجفيف بالهواء لفترة قصيرة وبلطف حتى يتطاير أي محل زائد قبل تطبيق الراتنج اللاصق.

٦-١٢-٥ تطبيق اللاصق الراتنجي والمادة المرممة

:adhesive resin and restoration application

توضع طبقة اللاصق كخطوة نهائية في عملية الارتباط حيث تنتشر طبقة اللاصق على السطح ويتم ترقيقها من خلال استخدام فرشاة أكثر من استخدام التيار الهوائي حيث يتم فرش اللاصق بالتساوي بوساطة نهاية على شكل فرشاة تنشف باستمرار وبهذه الطريقة يتم الحصول

على ثخانة مثالية للاصق حوالي ١٠٠ ميكرومتر، وعندما يتم وضع اللاصق بثخانة كافية فإنه يلعب دوراً دارئاً للتخلص من الجهود، ويمتص بعض الجهود التوترية المسببة عن التقلص التصلبي للراتنج الموضوع فوق اللاصق.

إن تقليل ثخانة طبقة اللاصق بوساطة تيار هوائي قد يقلل من ثخانة هذه الطبقة كثيراً مما يؤدي لنقصان قدرتها الدارئة المرنة، ولدعم مفهوم هذا الارتباط المرن فقد زودت أنظمة الإلصاق العاجية براتنج منخفض اللزوجة لزيادة قوة الارتباط وتقليل التسرب المجهري.

لقد وجد أنه بالإمكان تقليل التسرب الحفافي عند استخدام راتنج مملوء منخفض اللزوجة كطبقة وسيطة، ويمكن لهذا المفهوم المرن للارتباط أن يساعد أيضاً في امتصاص قوى المضغ والآثار التي تحاول تغيير وضع السن، وبعد هذه المراحل نقوم ببناء الترميم بشكل طبقات لا تجمع بين الجدران المتقابلة بحيث ننقص من التقلص التصلبي قدر المستطاع آخذين بعين الاعتبار كتلة الترميم وعدد الجدران المرتبطة.