Bonding Agents

عوامل الربط

أ.د. عزيز عبدالله

BONDING

One of the initial problems when resin restoratives were introduced was microleakage which resulted from the shrinkage of the resin while curing.

The problem was overcome to a great extent by the introduction of the ‘acid etch technique’ by Buonocore in 1955.

The acid etch technique used a combination of acid to etch the tooth and a bonding agent to improve the retention of the composite resin to the tooth.

Essentials of current bonding systems

Etchant

The etchant is an acid which selectively dissolves the tooth structure to provide retention for the restoration.

They are also known as conditioners. The most popular etchant is 37% phosphoric acid.

Primer

Primers are hydrophilic monomers usually carried in a solvent.

Because of their hydrophilic nature they are able to penetrate the moist tooth structure especially the dentin and its collagen mesh thus improving the bond. Thus, they serve as a bridge connecting the tooth structure to the adhesive.

The solvent used are acetone, ethanol or water.

Some are used without solvents.

Adhesive

Adhesives are generally hydrophobic monomers. Being hydrophobic they do not wet the tooth leading to air entrapment, air inhibition and thereby poor bonding. Thus they have to be used in combination with primers to form an effective bond to tooth structure.

The adhesive bonds the resin to the primer which in turn penetrates and binds to the tooth structure thus completing the bonding sequence.

الارتباط

كان االتسرب المجهري أحد المشاكل الألية التي ظهرت عند تقديم المواد الترميمية الراتنجية، وكان سببه تقلص الراتنج خلال التصليب.

تم التغلب على هذه المشكلة بشكل كبيرمن خلال تقديم تقنية التخريش الحمضي من قبل بونوكور 1955.

استخدمت تقنية التخريش الحمضي مشاركة بين الحمض لتخريش السن وعامل ربط من أجل تحسين ثبات الراتنج المركب إلى السن.

مبادئ أنظمة الربط الحالية

المخرش

المخرش عبارة عن حمض يحل بشكل انتقائي بنية السن لتأمين ثبات الترميم.

تعرف أيضاً بعوامل التكييف، وأكثر المخرشات شيوعاً هو حمض الفوسفور 37%.

المبدئ

هي وحيدات تماثر محبة للماء تكون محمولة عادة ضمن محل.

نتيجة لطبيعتها المحبة للماء فإنها قادرة على النفوذ ضمن بنية السن الرطبة لاسيما في العاج وشبكته الكولاجينية وبالتالي تحسن الارتباط، وبالتالي فإنها تخدم كجسر يصل بين بنية السن والمادة الرابطة.

المحلات المستخدم هي: الأسيتون، الايتانول أو الماء.

يستخدم بعضها من دون محلات.

المادة الرابطة

عموماً هي مادة كارهة للماء، وكونها كذلك فهي لا ترطب السن وبالتالي تسبب انحصار الهواء، تثبيط الهواء وبالتالي ارتباط ضعيف، وبالتالي يجب استخدامها بالمشاركة مع المبدئات لتشكل رابطة فعالة مع بنية السن.

تربط المادة الرابطة الراتنج إلى المبدئ والذي بدوره ينفذ ضمن بنية السن ويرتبط معها وبذلك تكتمل سلسلة الارتباط.

Acid etch technique

The acid etch technique was initially developed to improve retention to enamel. Initial bond agents did not appear to bond to the dentin.

At the time it was widely believed that

- Dentin could not be etched as well as enamel
- Acid etching of dentin would cause injury to the pulp

One reason for the low bond strength to dentin was because of the hydrophobic nature of the early adhesive resins.

In 1979 Fusyama demonstrated that dentin could be etched without causing any significant harm to the pulp. This together with the development of hydrophilic bonding agents significantly improved the bond strength to dentin.

The acid etch technique together with the application of current bonding agents is one of the most effective ways of improving the bond and marginal seal between resin and tooth structure.

Etchant/conditioner

The etchants are acidic in nature. They may be grouped as

- Mineral (e.g. phosphoric, nitric acid, etc
- Organic (e.g. maleic, citric, ethylenediamine-tetracetic (EDTA), etc.)
- Polymeric (e.g. polyacrylic acid).

The most frequently used etchant is **37% phosphoric acid**.

The acid in concentrations greater than 50% results in the formation of monocalcium phosphate monohydrate that reduces further dissolution.

It may be supplied as clear or colored gel or liquid. Brushes are used to apply or the acid is supplied in a syringe for direct application on to the enamel **(Fig. 11.16)**.

Another acid used is **10% maleic acid**.

تقنية التخريش الحمضي

تم تطويرها في البداية من أجل تحسين التثبيت إلى الميناء، ولا يبدو أن العوامل الرابطة الأولية كانت ترتبط إلى العاج.

تم الاعتقاد بشدة في ذلك الوقت أن

- لا يمكن تخريش العاج أضافة للميناء.
- سيسبب التخريش الحمضي للعاج أذية للب.

أحد اسباب قوة الارتباط الضعيفة إلى العاج هو الطبيعة الكارخة للماء للراتنجات اللصاقة الأولى.

أظهر Fusyama عام 1979 ان العاج يمكن أن يخرش من دون التسبب بأذية كبيرة للب، وهذا الأمر بالتزامن مع العوامل الرابطة المحبة للماء يحسن قوة الارتباط إلى العاج.

تعتبر تقنية التخريش الحمضي بالتزامن مع تطبيق العوامل الرابطة الحالية واحدة من أكثر الطرق فعالية في تحسين الرابطة والختم الحفافي بين الراتنج وبنية السن.

المخرش/المكيف

تكون المخرشات حمضية في طبيعتها، ويمكن أن تصنف إلى:

- معدنية (مثال: حمض الفوسفور، حمض النتريك، وغيرها)
- عضوية (مثال: الماليك، حمض الليمون، ايتلين ديامين تتراسيتيك (EDTA)).
- بلمري (تماثري): (مثل: حمض البولي أكريليك، وغيرها).

المخرش الأكثر استخداماً هو **حمض الفوسفور 37%**.

يؤدي الحمض بتراكيز اعلى من 50% إلى تشوه فوسفات أحادية الكالسيوم احادية الإماهة التي تقلل الانحلال اللاحق.

يمكن أن تتوفر على شكل جيل أو سائل ملون أو صافي، تستخدم الفراسي في تطبيقه أو يتوفر الحمض ضمن محقنة للتطبيق المباشر على الميناء (الشكل 16.11).

الحمض الآخر المستعمل هو **حمض الماليك 10%**.

FIGURE 11.16 37% phosphoric acid in a syringe.

الشكل 16.11: حمض الفوسفور 37% ضمن محقنة.

Mode of action on enamel

1. It creates microporosities by discrete etching of the enamel, i.e., by selective dissolution of enamel rod centers **(Fig. 11.17)**, or peripheries, or both.

2. Etching increases the surface area.

3. Etched enamel has a high surface energy, allowing the resin to wet the tooth surface better and penetrate into the microporosities.

When polymerized, it forms resin 'tags' which forms a mechanical bond to the enamel **(Fig. 11.18)**.

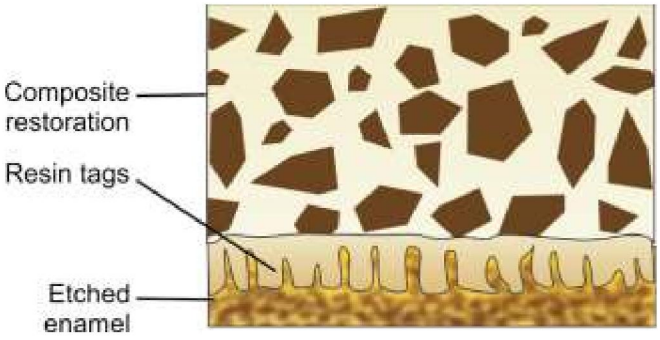


FIGURE 11.18 Diagrammatic representation showing mechanism of composite adhesion to etched enamel.

الشكل 18.11: مخطط ترسيمي يظهر آلية التصاق الكمبوزيت إلى الميناء المخرشة.

Mode of action on dentin

1. Removes smear layer and partially opens the dentinal tubules **(Fig. 11.19)**.

2. Provides modest etching of the intertubular dentin.

Procedure

The tooth is cleaned and polished with pumice before etching.

The phosphoric acid is then applied onto the enamel and then on to the dentin **(also known as total etch technique).**

نمط التأثير على الميناء

1. يخلق مسامات كروية من خلال التخريش المنعزل للميناء، مثال: الانحلال الانتقائي لمراكز العصيات الميناية (الشكل 17.11)، أو محيطها أو كلاهما.
2. يزيد التخريش من مساحة السطح.
3. تتمتع الميناء المخرشة بطاقة سطحية عالية، مما يسمح للراتنج بترطيب سطح السن بشكل أفضل وينفذ ضمن المسامات.

عند تصليبها، ستصلب أوتاداً راتنجية والتي تشكل رابطة ميكانيكية مع الميناء (الشكل 18.11).

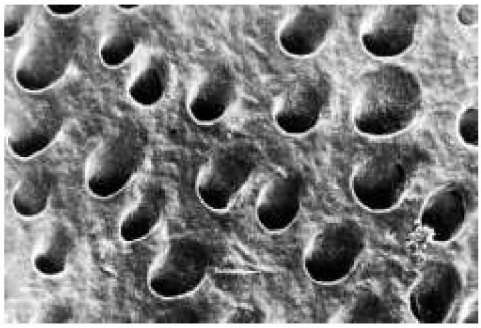


Figure 11.19 sem of etched dentin showing the open dentinal tubules (courtesy: mario fernando).

الشكل 19.11: صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تظهر القنيات العاجية المفتوحة (courtesy: mario fernando).

نمط التأثير على العاج

يزيل طبقة اللطاخة ويفتح القنيات العاجية بشكل جزئي (الشكل 19.11).

يؤمن تخريشاً معتدلاً للعاج بين القنيوي.

الإجراء

يتم تنظيف السن وتخريشه بمسحوق الخفان قبل التخريش.

بعد ذلك يتم تطبيق حمض الفوسفور على الميناء ومن ثم على العاج **(تعرف أيضاً بتقنية التخريش الكلي).**

Originally the length of application was set at 60 seconds but now it has been shown that 15 seconds is sufficient.

The etching time also depends on the history of the tooth, e.g. a tooth with high fluoride content and primary teeth requires longer etching time (to produce a similar etch pattern and bond strength 10% maleic acid needed at least 60 seconds of etching time).

The acid along with dissolved minerals should be rinsed off with a stream of water for 15 seconds and the enamel dried using compressed air.

After drying the enamel should have a white, frosted appearance **(Fig. 11.20)**

Figure 11.20 frosted appearance after a 15 second etch with 37% phosphoric acid

This surface must be kept clean and dry until the resin is placed. Even momentary contact of saliva, or blood can prevent effective resin tag formation and severely reduce the bond strength.

Avoiding desiccation of dentin

Desiccation (excessive drying) of the dentin should be avoided.

Desiccation can result in the collapse of the collagen mesh **(Fig. 11.21A)** or network which forms a dense film that is difficult to penetrate by the bond agent.

The collagen mesh is crucial in the formation of the hybrid layer **(Fig. 11.21B)**.

The monomers impregnate and became entangled with the collagen fibrils of surface demineralized dentin, creating a hybrid layer after their polymerization.

في الأصل؛ تم ضبط زمن التطبيق على 60 ثانية، لكن تبين الآن أن 15 ثانية كافية.

يعتمد زمن التخريش على تاريخ السن، مثلاً: يحتاج السن ذو المحتوى العالي من الفلور والأسنان المؤقتة زمن تخريش أطول (نحتاج إلى 10% حمض الماليك لزمن تخريش 60 ثانية على الاقل للحصول على نفس نموذج التخريش وقوة الارتباط).

يجب غسل الحمض مع المعادن المنحلة بتيار من الماء لمدة 15 ثانية ويتم تجفيف الماء لمدة 15 ثانية باستخدام الهواء المضغوط.

يصبح الميناء بعد التجفيف بظهر أبيض ثلجي (الشكل 20.11).

الشكل 20.11: المظهر الثلجي بعد 15 ثانية من التخريش بحمض الفوسفور 37%.

يجب الحفاظ على هذا السطح نظيفاً وجافاً إلى حين وضع الراتنج، فقد يسبب حتى التماس المؤقت مع اللعاب أو الدم إعاقة تشكل الوتد الراتنجي الفعال ويقلل بشكل كبير من قوة الرابطة.

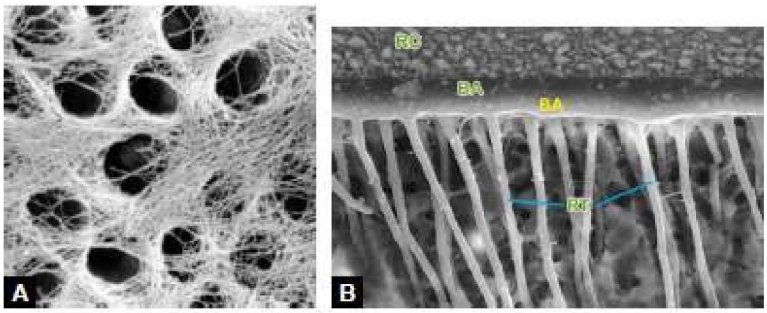
تجنب التجفيف الشديد للعاج

يجب تجنب التجفيف الشديد للعاج.

يمكن أن يؤدي التجفيف الشديد إلى انهيار الشبكة الكولاجينية (الشكل 21.11) التي تشكل طبقة كثيفة يصعب نفوذها من قبل العامل الرابط.

الشبكة الكولاجينية هامة جداً في تشكيل الطبقة الهجينة (الشكل 21.11).

تصبح وحيدات التماثر مشبعة وتتشابك مع الليفات الكولاجينية للسطح العاجي مزال التمعدن، مشكلة طبقة اللطاخة بعد تماثرها.



Figures 11.21a and b (a) sem of etched non-desiccated dentin showing collagen mesh (x 5000). (b) sem of resin-dentin interphase. Rc - resin composite, ba - bond agent, hl - hybrid layer, rt - resin tags. (x 2000).

الشكل 21.11: A، صورة بالمجهر الإلكتروني للعاج المخرشة غير المجففة بشدة تظهر شبكة الكولاجين (x 5000). B، صورة بالمجهر الإلكتروني للتداخل بين العاج والراتنج Rc: الراتنج المركب. BA: العامل الرابط. HL: الطبقة الهجينة. RT: الأوتاد الراتنجية (x 2000).

The hybrid layer together with the resin tags forms the prime mechanism for the adhesion of the composite restoration in dentin.

After drying the tooth, the dentin may be lightly remoistened with cotton and then blotted dry.

تشكل الطبقة الهجينة بالتزامن بالتزاممن مع الأوتاد الراتنجية الآلية الأساسية للالتصاق ترميمات الكمبوزيت مع العاج.

يمكن أن يعاد تبليل العاج قليلاً بعد تجفيف السن بقطنة ومن ثم لطخة جافة.

Enamel bond agents

These were the earliest bond agents.

The more viscous composite did not bond well to the etched enamel.

The enamel bond agent helped improve the bond by flowing into all the microporosities of the etched enamel and creating a mechanical retention.

العوامل الرابطة للميناء

هذه العوامل هي عوامل الربط الأولى.

لا يرتبط الكمبوزيت الأكثر لزوجة إلى الميناء المخرشة.

حسَّن عامل ربط الميناء من الارتباط من خلال السيلان ضمن المسامات المجهرية للميناء المخرشة مشكلاً تثبيتاً ميكانيكياً.

COMPOSITION

They are unfilled resins similar to that of the resin matrix of composite resin, diluted by other monomers to lower the viscosity.

These materials have been replaced by agents that bond to both enamel and dentin.

التركيب

عبارة عن راتنجات غير مملوءة مشابهة للقالب الراتنجي للكمبوزيت، تم تخفيفها بوحيدات تماثر أخرى إلى لزوجة أدنى.

تم استبدال هذه المواد بمواد ترتبط إلى كل من الميناء والعاج.

Bond strength

Bond strengths to etched enamel range from 16 MPa (230 Psi) to 22 MPa (3200 Psi).
Drying the enamel with warm air or using an ethanol rinse can increase the bond strength.

قوة الارتباط

تراوحت قوة الارتباط إلى الميناء المخرشة من 16ميغاباسكال إلى 22 ميغاباسكال.
يمكن أن يزيد تجفيف الميناء بالهواء الدافئ أو غسله بالايتانول من قوة الارتباط.

Enamel/dentin bond systems

The term dentin bond agent is no longer relevant as current bond agents bond to both enamel and dentin. The usage of the term is relevant only to discuss their evolution.

أنظمة الربط الميناائية/العاجية

لم يعد مصطلح عامل الربط العاجي مناسباً بعد الآن على اعتبار أن عوال الربط العاجية ترتبط إلى كل من الميناء والعاج، واستخدام هذا المصطلح مناسب فقط للحديث عن تطورها.

Due to acid etching, microleakage or loss of retention is no longer a hazard at the resin-enamel interface.

The problem lies at the resin-dentin/cementum interface. Thus agents that could bond to dentin were needed. Developing agents that will adhere to dentin was more difficult because

- It is heterogenous.
- The high water content interferes with bonding. Its tubular nature provides a variable area.
- Presence of a smear layer on the cut dentin surface (The smear layer is the layer of debris which adheres tightly to the dentin and fills the tubules after cavity cutting).

Ideally, the bond agent should be hydrophilic to displace the water and thereby wet the surface, permitting it to penetrate the porosities in dentin as well as react with the organic/ inorganic components.

Restorative resins are hydrophobic, therefore, bonding agents should contain both hydrophilic and hydrophobic parts.

The hydrophilic part bonds with either calcium in the hydroxyapatite crystals or with collagen. The hydrophobic part bonds with the restorative resin.

SUPPLIED AS

Dentin bond systems are supplied in one or more bottles containing conditioners (etchant)/ primers/ and adhesive depending on the generation.

لم يعد التسرب المجهري أو فقد التثبيت مشكلة عند السطح البني الميناء–الراتنج بعد الآن نتيجة لتقنية التخريش الحمضي.

تتوضع المشكلة عند السطح البيني الراتنج–العاج/الملاط، وبالتالي كان لابد من العوامل التر ترتبط إلى العاج، علماً أن تطوير العوامل التي ترتبط إلى العاج كا، أكثر صعوبة بسبب:

- كونها مغايرة
- يتداخل المحتوى المائي الكبير مع الارتباط.
- تؤمن بنيته القنيوي مساحة متفاوتة.
- وجود طبقة اللطاخة على السطح العاجي المحضر (طبقة اللطاخة هي طبقة بقايا التحضير التي تلتصق بقوة إلى العاج وتملأ القنيات بعد تحضير الحفرة).

من الناحية المثالية؛ يجب أن يكون العامل الرابط محباً للماء لكي يزيح الماء وبالتالي يرطب السطح، سامحاً له بالنفوذ ضمن المسامات في العاج بالإضافة إلى التفاعل مع المكونات العضوية / اللاعضوية.

الراتنجات الترميمية كارهة للماء وبالتالي يجب أن تحتوي عوامل الربط كلا الجزأين المحب والكاره للماء.

يرتبط الجزء المحب للماء إما مع بلورات الكالسيوم أو الهيروكسي أباتيت أو الكولاجين، في حين يرتبط الجزء الكاره للماء مع الراتنج الترميمي.

تتوفر على شكل

تتوفر أنظمة الربط العاجي بعبوة أو أكثر تحتوي عوامل تكييف (مخرش)/مبدئات/ ولاصق اعتماداً على الجيل.

Evolution of dentin bond agents—the various generations

For ease of description the evolution of bonding agents for composite resins are described under various generations (see also **Table 11.3**).

First generation (1950 to 1970)

Mineral acids were used to etch enamel.

Dentin etching was not recommended as it was believed it would harm the pulp.

They used glycerophosphoric acid dimethacrylate to provide a bifunctional molecule.

The hydrophilic phosphate part reacted with calcium ions of the hydroxyapatite.

The hydrophobic methacrylate groups bonded to the acrylic restorative resin.

These were generally self cured.

The main disadvantage was their CTE.

Leakage was a concern at the dentin-resin interphase.

تطور العوامل الرابطة للعاج -الأجيال المختلفة

تم وصف تطور العوامل الرابطة للراتنجات المركبة تحت أجيال مختلفة لتسهيل وصفها .

الجيل الأول (1950-1970)

تم استخدام الحموض المعدنية من أجل التخريش.

لم يكون من المنصوح به تخريش العاج فقد هناك اعتقاد أنه سيسبب أذية للب.

استخدمت حمض الغليسيروفوسفوريك والدي ميتاكريلات لتأمين جزيء ثنائي الوظيفة.

يتفاعل الجزء الفوسفاتي المحب للماء مع شوارد الكالسيوم من الهيدروكسي أباتيت.

ترتبط مجموعات الميتاكريلات الكارهة للماء مع الراتنج الترميمي الإكريلي.

كانت عموما ذاتية التصلب.

كانت سيئتها الرئيسة معامل تمددها الحراري.

كان التسرب موضع قلق عند الطور البيني العاج–الراتنج.

TABLE 11.3 Various generations of bond agents

Generation	*Enamel etchant*	*Dentin conditioner/primer*	*Adhesive*
1st generation	37% phosphoric acid	(not recommended)	GPDM
2nd generation	37% phosphoric acid	(not recommended)	Phenyl-P BisGMA/TEGDMA MPPA
3rd generation	37% phosphoric acid	Citric acid (10%)/CaCl (20%) Oxalic acid/aluminium nitrate EDTA	NPG-GMA/BPDM BisGMA/TEGDMA HEMA/BPDM 4 META/MMA HEMA/GPDM
4th generation	37% phosphoric HEMA/ BPDM	(total etch technique)	NPG-GMA/BPDM BisGMA/TEGDMA HEMA/BPDM 4 META/MMA HEMA/GPDM
5th generation	37% phosphoric	(total etch technique)	PENTA, Methacrylated phosphonates
6th generation			Methacrylated phosphates in water (acidic primer-adhesive)
7th generation			Methacrylated phosphates in water (acidic primer-adhesive)

Abbreviations

BisGMA – Bisphenol-A-glycidyl methacrylate
BPDM – Biphenyl dimethacrylate
EDTA – Ethylenediaminetetraacetic acid
GPDM – Gylcerophosphoric acid dimethacrylate
GA – Glutaraldehyde
HEMA – 2-Hydroxyethyl methacrylate
4-META – 4-Methyloxyethyl trimellitic acid
MMA – Methyl methacrylate
MPPA – 2-methacryloxyphenyl phosphoric acid
TEGDMA – Triethylene glycol dimethacrylate
PENTA ester – Dipentaerythritol pentacrylate phosphoric acid
NPG-GMA – N-Phenyl glycine glycidylmethacrylate
NTG-GMA – N-Tolyl glycine glycidylmethacrylate

Second generation (1970s)

Developed as adhesive agents for composite resins which had by then replaced acrylic restorations.

One system used NPG-GMA. It was proposed that the NPG portion bonded to the calcium of the tooth by chelation. Other products included phenyl-P, 2-methacryloxy phenyl phosphoric acid.

Bond strengths achieved were three times more than the earlier generations.

Disadvantage

Bond strengths were still low.

The adhesion was short term and the bond eventually hydrolysed, e.g. Prisma, Universal Bond, Clearfil, Scotch Bond.

Third generation (1980s)

The third generation bond agents made a serious attempt to deal with the smear layer which is formed when dentin is cut.

It was believed that the smear layer prevented proper bonding to the underlying dentin. Yet its complete removal by aggressive etching was contraindicated because it was believed that it protected the pulp by preventing direct contact with the monomer.

The third generation bond agents had bond strengths comparable to that of resin to etched enamel. Thus bond strengths improved to 12 to 15 MPa.

However, their use is more complex and requires two to three application steps.

- Etching of enamel using 37% phosphoric acid
- Conditioning of dentin using mild acids
- Application of separate primer
- Application of polymerizable monomer
- Placement of the resin.

Examples are Tenure, Scotch bond 2, Prisma, Universal bond, Mirage bond, etc.

الجيل الثاني (1970s)

تم تطويرها كعوامل إلصاق للراتنجات المركبة التي استبدلت الترميمات الإكريلية في ذلك الوقت.

أحد الأنظمة استخدم الـ NPG-GMA، وتم الافتراض أن جزء الـ NGP يرتبط مع الكالسيوم في السن من خلال الاختلاب، في حين تضمنت الأنظمة الأخرى الفينيل –P– 2 –ميتاكريلوكسي فينيل حمض الفوسفور.

كانت قوة الربط أكبر بثلاثة مرات من الجيل السابق.

المساوئ

بقيت قوة الارتباط ضعيفة.

كان الالتصاق قصير الأمد وانحلت الرابطة في النهاية بالماء.

من الأمثلة: Prisma، Uiversal Bond، Clearfil و Scotch Bond.

الجيل الثالث (1980s)

أجرت عوامل الربط من الجيل الثالث محاولة كبيرة للتعامل مع طبقة اللطاخة التي تشكلت عند تحضير العاج.

تم الاعتقاد بأن طبقة اللطاخة تعيق الارتباط المناسب إلى العاج الموجود تحتها، ومع ذلك كانت إزالتها بشكل عدواني مضاداً للاستطباب فقد كان من المعتقد أنها تحمي اللب من خلال منع التماس المباشر بينه وبين وحيدات التماثر.

اتملكت عوامل الربط من الجيل الثالث قوة ارتباط مماثلة لقوة ارتباط الراتنجإلى الميناء المخرش، وبالالي تحسنت قوة الارتباط ووصلت إلى 12–15 ميغاباسكال.

على كل حال كان استعمالها اكثر تعقيداً لأنها تتطلب خطوتين أو ثلاث خطوات لتطبيق.

- تخريش الميناء بحمض الفوسفور 37%
- تكييف العاج باستخدام حموض خفيفة.
- تطبيق المبدئ المنفصل
- تطبيق وحيد التماثر القابل للبلمرة
- تطبيق الراتنج

من الأمثلة: Tenure، Scotch bond 2، Prisma، Universal bond و Mirage bond وغيرها.

Fourth generation (early 1990s)

The fourth generation systems were possible because of some important ideological breakthroughs - like the total etch technique and the development of the hybrid zone.

Research showed that acid etching of dentin did not significantly harm the pulp as long as bacterial contamination and microleakage was avoided. Thus, the total-etch technique was introduced.

The hybrid layer (Fig. 11.21 B)

In 1982, Nakabayashi and Fusayama reported the formation of a hybrid layer.

The hybrid layer is defined as "the structure formed in dental hard tissues (enamel, dentin, cementum) by demineralization of the surface and subsurface, followed by infiltration of monomers into the collagen mesh **(Fig. 11.21)** and subsequent polymerization.

However, dealing with the collagen mesh was not easy. It is delicate and can be destroyed by desiccation.

Kanca (1991) introduced the idea of wet bonding again breaking with the traditional belief that thorough drying was necessary to improve bonding.

Examples are All Bond 2, Scotch bond multipurpose **(Fig. 11.22)**, Optibond, etc.

الجيل الرابع أوائل 1990

كان وجود الجيل الرابع ممكناً نتيجة لبعض التقدم الإيديولوجي الهام (مثل تقنية التخريش الكلي وتطور المنطقة الهجينة).

أثبت البحث أن التخريش الحمضي للعاج لا يؤذي اللب بكشل كبير طالما تم تجنب التلوث الجرثومي والتسرب المجهري.

وهكذا تم تقديم تقنية التخريش الكلي.

الطبقة الهجينة (الشكل 21.11 B)

ذكر Nakabayashi و Fusayama عام 1982 تشكل طبقة هجينة.

تعرف الطبقة الهجينة أنها البنية المتشكلةمن النسج السنية الصلبة (الميناء، العاج والملاط) من خلال إزالة تمعدن الطبقة السطحية وتحت السطحية متبوعاً بارتشاح وحيدات التماثر ضمن الشبكة الكولاجينية (الشكل 21.11) وعملية التماثر اللاحقة.

على كل حال؛ لم يكن من السهل التعامل مع شكبة الكولاجين، فهي حساسة وقد تتخرب بالتجفيف الشديد.

طرح Kanca عام 1991 مرة ثانية فكرة الارتباط الرطب مناقضاً الاعتقاد التقليدي أن التجفيف التام ضروري من أجل تحسين الارتباط.

الأمثلة: All Bond 2، Scotch bond multipurpose (الشكل 22.11)، و Optibond، وغيرها.

FIGURE 11.22 4th generation bonding system consisting of the conditioner (etchant), primer and the adhesive.

الشكل 22.11: الجيل الرابع من أنظمة الربط متألفاً من: مكيف (مخرش)، مبدئ، ولاصق.

The All Bond consists of 2 primers (NPG-GMA and Biphenyl dimethacrylate (BPDM) and an unfilled resin adhesive (40% BIS-GMA, 30% UDMA, 30% HEMA).

تتألف مادة All Bond من مبدئين (NPG-GMA و البيسيفينول دي ميتاكريلات (BPDM)) مادة لاصقة راتنجية غير مملوءة (BIS-GMA %40، UDMA %30، HEMA %30).

This system bonds composite not only to dentin but to most dental related surfaces like enamel, casting alloys, amalgam, porcelain and composite.

Bond strengths were high but as with the earlier system, multiple application steps were required.

Fifth generation (mid 1990s)

Because of the clinical complexity and multiple steps of the fourth generation dentists began asking for more simple adhesives.

The fifth generation combined the primer and adhesive in to one bottle (self priming adhesive).

Examples of the fifth generation self-priming adhesives are Single Bond (3M) **(Fig. 11.23)**, One Step (BISCO), Prime and Bond (Dentsply).

FIGURE 11.23 A 5th generation self priming adhesive (3M single Bond 2).

The advantages claimed are

1. Reduced application steps.
2. Less technique sensitive as it can bond to moist dentin.
3. Less volatile liquid.
4. Pleasant odor.
5. Higher bond strength.

Sixth generation (mid to late 1990s)

A separate etchant is not required.

These are 2 bottle systems.

Two varieties are seen—Type I and Type 2.

لا يربط هذا النظام الكمبوزيت إلى العاج فقط بل إلى معظم السطوح السنية المتصلة مثل الميناء، الخلائط المصبوبة، الأملغم، الخزف والكمبوزيت.

كانت قوة الارتباط عالية ولكنها تتطلب خطوات تطبيق متعددة حالها حال النظام الذي سبقها.

الجيل الخامس (منتصف 1990)

أصبح أطباء الأسنان يطلبون أنظمة ربط أكثر سهولة بسبب التعقيد السريري والخطوات المتعددة للجيل الرابع.

يدمج الجيل الخامس المبدئ مع المادة الرابطة في عبوة واحدة (مادة رابطة ذاتية البدء).

من الأمثلة على المواد الرابطة ذاتية البدء من الجيل الخامس: Single Bond (3M) (الشكل 23.11)، One Step (BISCO) و Prime and Bond (Dentsply).

الشكل 11.23: مادة رابطة ذاتية البدء من الجيل الخامس (Bond 2 3M single).

المزايا المزعومة:

1. قلل خطوات التطبيق
2. تقنية أقل حساسية على اعتبار أنها ترتبط إلى العاج الرطب.
3. سائل أقل تطاير.
4. رائحة لطيفة.
5. قوة ارتباط أكبر.

الجيل السادس (منتصف وإلى أواخر 1990)

لا يحتاج مخرشاً منفصلاً.

توجد أنظمة عبوتين.

يمكن مشاهدة نوعين: أول وثانٍ.

Type I

2 bottle 2 step system.

Etchant and primer are combined in one bottle (called self etching primer).

Other bottle contains adhesive.

Examples are Clearfil SE bond (Curare), Adhese (Ivoclar -**Fig. 11.24**), Optibond solo plus(Kerr), Nano bond (Pentron) etc.

Type II

2 bottle 1 step system.

Liquid A contains the primer. Liquid B contains a phosphoric acid modified resin (self etching adhesive).

FIGURE 11.24 A 6th generation. Type I - self etching primer (Adhese - Ivoclar).

الشكل 24.11: الجيل السادس النوع الأول- النبدئ ذاتي التخريش (Adhese- Ivoclar)

Both liquids are mixed just before application. For example, Xeno III (Dentsply - **Fig. 11.25**), Adper prompt L-pop (3 M), Tenure unibond (Dent Mat) etc.

Seventh generation (early 2000)

Attempts to combine all three (etchant, primer and adhesive) into a single product. Thus, seventh generation adhesives may be characterized as - 'no mix self etching adhesives'.

Examples include iBond (Heraeus Kulzer - **Fig. 11.26**), G bond (GC), Xeno IV (Dentsply) (glass ionomer based), Clearfil S3 (Curare).

النوع الأول

نظام عبوتين وخطوتين

تم دمج المخرش والمبدئ في عبوة واحدة (تسى المبدئ ذاتي التخريش).

عبوة أخرى تحتوي المادة الرابطة

الأمثلة: Clearfil SE bond (Curare)، Adhese (Ivoclar -**Fig. 11.24**)، Optibond solo plus(Kerr)، Nano bond (Pentron)، وغيرها.

النوع الثاني

نظام عبوتين وخطوة واحدة

يحتوي السائل A على المبدئ، بينما يحتوي السائل B على الراتنج المعل بحمض الفوسفور (مادة رابطة ذاتية التخريش).

FIGURE 11.25 6th generation Type II (Xeno-Dentsply).

االشكل 25.11: الجيل السادس النوع الثاني (Xeno-Dentsply).

يتم مزج كلا السائلين قبل التطبيق. مثال: Xeno III (Dentsply - **Fig. 11.25**)، Adper prompt L-pop (3 M)، Tenure unibond (Dent Mat)، وغيرها.

الجيل السابع (أوائل 2000)

يحاول هذا الجيل دمج المكونات الثلاثة (المخرش، المبئ والمادة الرابطة) ضمن منتج واحد، وبالتالي يمكن أن تتميز مواد ربط الجيل السابع بأنها "مواد ربط ذاتية التخريش لا تحتاج مزج".

تتضمن الأمثلة: iBond (Heraeus Kulzer - **Fig. 11.26**)، G bond (GC)، Xeno IV (Dentsply) (glass ionomer based)، Clearfil S3 (Curare).

FIGURE 11.26 7th generation iBond (Heraeus kulzer).

الشكل 26.11: الجيل السابع iBOND.

Unfortunately, insufficient research exists of the efficacy of the newer systems. Composition **(Table 11.4)** for one such product is presented.

لسوء الحظ؛ لا توجد أبحاث كافية حوف فعالية الأنظمة الأأحدث.

يظهر الجدول 4.11 مكونات هذا المركب.

TABLE 11.4 Composition of a 7th generation bonding agent (iBond)

Component	*Function*
UDMA	Matrix component Wetting of the surface Promotion of infiltration Bonding to collagen via hydrogen bonding Bonding to Ca^{2+} ions of the apatite via chelation complexes
4-Meta (pH = 2.2)	Matrix component Film-forming properties Cross-linking
Acetone	Solvent for monomers Facilitates solvent evaporation
Water	Solvent for monomers Hydrolysis of 4-Meta to 4-Meta (= acid) Provides water for etching process
Camphorquinone	Photoinitiator
Glutaraldehyde	Disinfectant/Desensitizer agent Cross-linking of collagen fibrils
Stabilizers	

الجدول 4.11: مكونات عامل الربط من الجيل السابع (iBOND)

المكون	الوظيفة
UDMA	مكون القالب ترطيب السطح تحفيز الارتشاح الارتباط مع الكولاجين بوساطة الروابط الهيدروجينية الارتباط مع شوارد الكالسيوم للأباتيت من خلال معقدات الاختلاب
4-META (PH==2.2)	مكون القالب خصائص تشكيل الغشاء الارتباط المتصالب
الأسيتون	مذيب لوحيدات التماثر يسهل تبخر المحل
الماء	يحل وحيدات التماثر يميه الـ 4-META إلى 4-META (=حمض) يؤمن الماء من أجل عملية التخريش
الكامفركينون	مبدئ ضوئي
الغلوتار الدهيد	عامل مطهر/مزيل حساسية ارتباط متصالب مع ليبيفات الكولاجين
مواد المثبتة	

Procedure for iBond

1. Isolate the tooth from saliva contamination during the adhesive procedure.

2. Clean the preparation, removing all debris with water. Remove excess water.

3. Saturate the microbrush with iBondTM liquid from either the bottle or single dose vial.

4. Apply 3 consecutive coats of iBondTM to both the enamel and dentin followed by gentle rubbing for 30 seconds.

5. Use gentle air pressure or vacuum to remove the acetone and water solvent.

6. Cure for 20 seconds with a dental curing light of at least 500 mW/C2.

7. Place composite.

Eighth Generation (2010)

In the new agents, the addition of nano-fillers with an average particle size of 12 nm increases the penetration of resin monomers and the hybrid layer thickness, which in turn improves the mechanical properties of the bonding systems

Nano-bonding agents are solutions of nano-fillers, which produce better enamel and dentin bond strength, stress absorption, and longer shelf life.

These new agent from self-etch generations have an acidic hydrophilic monomers and can be easily used on the etched enamel after contamination with saliva or moisture

Based on the manufacturer, nano-particles acting as crosslinks, will reduced the dimensional changes.

Nano-fillers, with dimensions larger than 15-20 nm or a content of more than 1.0 percent by weight, both can increase the viscosity of the adhesives, and may cause accumulation of the fillers over the top of the moistured surface.

These clusters can act as flaws which may induce crack and cause a decrease in the bond strength

الإجراء الخاص بـ iBOND

1. عزل السن من التلوث اللعاب أثناء إجراء الإلصاق.
2. تنظيف التحضير وإزالةكافة بقايا التحضير بالماء، وإزالة الماء الزائد.
3. إشباع الفرشاة الصغيرة بسائل الـ iBondTM إما من العبوة أو من زجاجة الجرعة الواحدة.
4. طبق ثلاث طبقات محافظة من الـ iBondTM على كل من الميناء والعاجمتبوعاً بمسح خفيف لمدة 30 ثانية.
5. استعمال تفريغ او ضغط هوائي خفيف لإزالة الأسيتون والمحل المائي.
6. صلب لمدة 20 ثانية بجهاز تصليب سني بشدة 500 ميلي واط/سم2 على الأقل.
7. طبق الكمبوزيت.

الجيل الثامن (2010)

إن إضافة مواد مالئة نانوية بمتوسط حجوم جزيئات 12 نانو متر إلى العوال الجديدة يزيد من اختراق وحيدات التماثر الراتنجية وثخانة الطبقة الهجينة مما يحسن من الخصائص الميكانيكية لأنظمة الربط.

عوامل الربط النانوية هي محاليل لمواد مالئة نانوية تعطي قوة ارتباط أكبر مع الميناء والعاج، تمتص الجهد وتزيد عمر التخزين.

يمتلك العال الجديد من الأجيال ذاتية التخريش وحيدات تماثر حمضية محبة للماء يمكن أن تستخدم بسهولة لتخريش الميناء بعد التلوث باللعاب أو الرطوبة.

ستقلل الجزيئات النانوية التي تعمل كروابط متصالبة، وفقاً للمصنع، من تغير الأبعاد.

يمكن للمواد المالئة النانوية ذات الابعاد الأكبر من 15–20 نانومتر أو المحتوى الأكبرمن 1% بالوزن أن تزيد لزوجة المادة الرابطة،ويمكن أن تسبب تراكم المواد المالئة على قمة السطح المرطب.

يمكن ن تمثل هذه العناقيد عيوباً قد تحر على التصدع وتزيد من قوة الارتباط.

Indications for use of bond agents

1. For bonding composite to tooth structure.

2. Bonding composite to porcelain and various metals like amalgam, base metal and noble metal alloys.

3. Desensitization of exposed dentin or root surfaces.

4. Bonding of porcelain veneers.

Contraindication

Bonding should not be done immediately after bleaching a tooth.

It is advisable to wait at least a week following the procedure.

Bonding mechanisms

The bonding is more probably micromechanical, due to the penetration of the polymerizable monomer into the finely textured primed dentin.

A fine collagen mesh exists on the surface of the dentin which current bond agents are able to infiltrate because of their hydrophilic components.

One more precaution is that the dentin should not be dried excessively as desiccation can cause the collapse of the fine collagen meshwork **(Fig. 11.19)** thereby reducing the bond strength.

Bond strength of dentin bond agents

Current dentin bond agents generate bond strengths comparable to that of resin to etched enamel.

Bond strength is difficult to measure because of the wide variations in the dentin itself, test methods, and other factors.

Bond strength reduces with increased depth of dentin.

Various studies have shown values ranging from 15 to 35 MPa.

استطبابات استعمال المواد الرابطة

1. ربط الكمبوزيت مع بنية السن
2. ربط الكمبوزيت مع الخزف والمعادن المختلفة مثل: الأملغم، الخلائط ذات الأساس المعدني وخلائط المعادن النبيلة.
3. إزالة حساسية العاج أو السطوح الجذرية المكشوفة.
4. ربط الوجوه الخزفية.

مضادات الاستطباب

لا يجب أن يتم الربط مباشرة بعض تبييض السن.

من المنصوح به الانتظار مدة أسبوع بعد التبييض.

آليات الارتباط

الاحتمال الأكبر ان يكون الارتباطميكانيكياً مجهرياً نتيجة لنفوذ وحيدات التماثر ضمن العاج مجهز القوام على نحو ممتاز.

توجد شبكة الكولاجين الرقيقة على سطح العاج بحيث تكون عوامل الربط العاجية قادرة على الارتشاح ضمنها نتيجة لمكوناتها المحبة للماء.

يجب الانتباه إلى أن العاج لا يجبأن يجفف بشدة لأن هذا الأمر قد يسبب انهيار شبكة الكولاجين (الشكل 19.11) وبالتالي يقلل من قوة الارتباط.

قوة ارتباط العوامل الرابطة للعاج

تولد عوامل ربط العاج الحالية قوة ارتباط تماثل قوة ارتباط الراتنج إلى الميناء المخرش.

منالصعب قياس قوة الارتباط نتيجة التنوع الكبير في العاج بحد ذاته، طرق الاختبار، وعوامل أخرى.

تتناقص قوة العاج مع زيادة عمق العاج.

أظهرت الدراسات المتنوعة أن القيم تتراوح بين 15 إلى 35 ميغاباسكال.