

## ترميم الزجاج



تتلخص عمليات الترميم هنا على

- 1- التنظيف.
- 2- الترييبط للأنية الزجاجية.
- 3- التجميع.

و الآن سوف نتناول كل عملية ترميم بالتفصيل

### 1- التنظيف

#### التنظيف الميكانيكى Mechanical cleaning

تتنوع الإتساخات الموجودة على الأنية الزجاجية بين

- وجود عالق طينى بسطح الزجاج
- وجود طبقات من نواتج التلف الناتجة عن تفاعل الأثر الزجاجى مع الوسيط المحيط.

وللتخلص من هذه العوالق والطبقات تم استخدام الوسائل الميكانيكية البسيطة فى التنظيف مثل:  
1- الفرش ذات الخشونة ودرجات النعومة المختلفة بداية من فرش الألوان الناعمة جدًا وحتى فرش الأسنان الخشنة ( مراعاة عدم خدش السطح الزجاجى ).

2- استخدام الفرر و المشاط للتخلص من هذه العوالق.

3- التنظيف باستخدام ورق الصنفرة الناعم فى حالة التصاق هذه الطبقات بشده بسطح الزجاج وبصورة لا تجدى معها إستخدام الوسائل السابقة يمكن إجراء عملية التنظيف باستخدام ورق الصنفرة الناعم وذلك بعد تنديده سطح الزجاج أى عملية صقل Polishing على أن تكون عملية التنظيف بصورة دائرية، على أن تقف عملية التنظيف بهذا الاسلوب قبل الوصول الى سطح الزجاج منعًا لخدشه.

4- ماكينة الفريزة الكهربائية ذات الرؤوس المختلفة الأشكال وفى بعض الحالات التى يصعب التخلص منها من هذه الطبقات يمكن الإستعانة فى إجراء عملية التنظيف بماكينة الفريزة الكهربائية ذات الرؤوس المختلفة الأشكال أيضًا مع الحرص على عدم خدش الأثر الزجاجى حيث يتم الإستعانة هنا برؤوس من الفلين أو نسيج مع إستخدام بودرة أكسيد الألومونيوم.

## 2- التنظيف الكيميائي

### أ- التنظيف بالمذيبات العضوية او المحاليل

إذا لم تجدى عملية التنظيف الميكانيكى فى تخليص السطح الزجاجى من طبقات نواتج التلف خاصة الطبقة الأولية فيمكن إستخدام بعض المذيبات منها :

1- الكحول : خاصة الكحول الإيثيلى  $C_2H_5 OH$  حيث يستخدم احيانًا مع الماء فى عمليات التنظيف للإسراع فى عملية تبخر الماء .

2- الماء : حيث يعد مذيبًا جيدًا للكثير من العوالق العالقة بسطح الزجاج ويفضل إستخدام الماء المقطر او الماء المنزوع الأيونات "المعادل".

3- الأسيتون : ويعد منظف فعال للأسطح الزجاجية.

4- التولوين : يستخدم فى تنظيف الأسطح الزجاجية فى حالة إتساخها بالمواد العضوية العالقة بسبب التلف البيولوجى.

### ب- التنظيف بالاحماض المعدنية

فى بعض الاحيان يظهر على سطح الزجاج وبعد تنظيفه بالوسائل السابقة بعض الحفر المحتوية على نواتج التلف ويمكن تنظيف هذا السطح بالاحماض المعدنية ومن المعروف أن الزجاج يقاوم تأثير الأحماض باستثناء حمض الهيدروكلوريك ومن الأحماض التى يمكن إستخدامها HCl بنسبة تركيز 10 – 30%، وحمض الستريك، ويجب الحرص عند إستخدام هذا الحامض حيث ثبت أن بعض أنواع الزجاج الأثرى قابلة للذوبان فيه.

ويعقب هذه المعالجة بالأحماض عملية تنظيف سريع بالماء الجارى ثم الماء المقطر من الكحول ثم الأثير للتخلص من أي آثار للحامض على سطح الزجاج وعلى الرغم من خطورة حامض HF إلا أنه استخدم فى حالات نادرة فى تنظيف الزجاج.

حيث إستخدم فى تنظيف زجاج كنيسة ترجع إلى القرن ال 17 فى أوروبا كانت معرضة لتكوين طبقات سميكة جداً من نواتج التلف منعت مرور الضوء من خلالها وكانت شديدة الالتصاق بالسطح الزجاجى ولم تجدى معها أى من الطرق السابقة فاستخدم معها حامض HF لتنظيف هذه الأسطح الزجاجية "وهى حالة نادرة"، وعلى أية حال لا يجب إستخدام التنظيف لسطح الزجاج بالأحماض إلا فى حالات الضرورة مع ضرورة إتباع طريقة التنظيف الموضعى.

## 2- تجميع الزجاج

المقصود بعملية التجميع هو إعادة بناء الأثر الزجاجى من أجزاءه المنفصلة بحيث يعود إلى شكله الأساسى الذى كان عليه قبل ان يتحطم إلى أجزاء صغيرة وهناك ثلاث طرق لتجميع الأثار الزجاجية:

### 1- التجميع المباشر

تم هذه الطريقة بالنسبة للأوانى الزجاجية ذات الجدار السميك نسبياً وعدد القطع المفصولة يكون قليلاً نسبياً أيضاً حيث تتم عملية التجميع مباشرة بين أجزاء الزجاج بصورة مباشرة بوضع اللاصق على إحدى حافتي الكسر وتطبيق الجزء الآخر المقابل عليها مع التحريك حركة دائرية لإخراج الهواء والزائد من مادة اللاصق والذى يتم إزالته بقطعة من الورق اليابانى مبلله بالأستيون.

### 2- تجميع الاجزاء الزجاجية على مرحلتين

يتم ذلك فى حالة الأوانى الزجاجية ذات السمك القليل نسبياً وعدد الأجزاء الكثيرة نسبياً، حيث يتم تجميع الأجزاء معاً بواسطة شرائح لاصقة ويتم لصقها بصورة معينة عمودية على الكسر وبمسافات متساوية.

والغرض من هذه العملية هو إجراء عملية تثبيت مبدئى يتم خلالها إختيار القطع السليمة للكسر وبعد التأكد من ذلك تأتى المرحلة الثانية وهى إدخال المادة اللاصقة المختارة بواسطة سن معدنى رفيع بين جزئى الكسر مع عدم المغالاة فى إستخدام المادة اللاصقة وإيضاً عدم إستخدامها

بقدر ضئيل لا يفي باحتياجات عملية التجميع، ويراعى أيضًا إزالة الزائد من المادة اللاصقة باستخدام مذيب عضوي كالأسيتون أو التولوين وبعد التكد تمامًا من تصلب المادة اللاصقة يتم نزع الشرائح اللاصقة وينظف موضوعها بالأسيتون.

### 3- التجميع على مرحلتين مع استخدام مادة سريعة الجفاف

يستخدم في حالة عدد القطع الكثيرة وقليلة السمك وهي عملية إجراء تجميع مبدئي ثم التلميع بالشرائح اللاصقة واستخدام مادة سريعة الجفاف والتي في درجة حرارة الغرفة في ثوانى معدودة، حيث يتم تجميع القطع الزجاجية كثيرة العدد وقليلة السمك ويتم التلميع بالشرائح اللاصقة أولاً ثم يتم تجهيز وصلات نحاسية تثبت على جانبي الكسر بهذه المادة، و بعد التأكد من جفاف المادة تجمع الأجزاء المنفصلة معًا بصورة سليمة ووضع سليم ثم يتم إزالة الشرائح اللاصقة وتعالج بوضع كسور المادة المجمعة وبعد جفافها يتم إزالة الوصلات النحاسية بقطعها وذلك عن طريق الإمساك بها من المنتصف ونزعها أو قطعها تاركة خلفها جزءاً من المادة اللاصقة يتم إزالته بواسطة المشروط ولكن مع الحذر الشديد حتى لا يخدش سطح الاناء الزجاجي .

### الشروط اللازمة لاستخدام المواد اللاصقة في عملية التجميع

- 1- أن تكون مادة قابلة للاسترجاع.
- 2- أن تكون مادة خاملة كيميائيًا ولا تتفاعل مع الوسط المحيط.
- 3- أن تكون مادة شفافة عديمة اللون.
- 4- يتناسب معدل التمدد والإنكماش لها مع معامل تمدد وانكماش الزجاج حتى لا تنفصل عند درجة الحرارة المرتفعة.
- 5- تكون ذات درجة لزوجة مناسبة حيث أن ارتفاع درجة اللزوجة يؤدي إلى عدم اللصق الجيد للزجاج كما أن إنخفاض اللزوجة يؤدي إلى تسرب اللاصقة من على سطح الزجاج.
- 6- أن تقاوم للإصابة بالفطريات حيث أن هناك مواد مثل الصمغ العربي والغراء كانت تستخدم في تجميع الكسر الزجاجية.
- 7- أن تكون لها مقاومة ميكانيكية عالية ضد الإجهادات.
- 8- أن يتناسب وقت جفافها مع وقت التشغيل.
- 9- أن تقاوم عامل التلوث الجوى حيث أنه كان يستخدم في بعض الأحيان الشمع في التجميع وتعد هذه المادة جاذبة للأتربة.

- 10- ألا يتغير لون المادة إلى الإصفرار بمرور الوقت عند تعرضها إلى الضوء أو الحرارة.
- 11- ألا تزيد من معامل الإنكسار الضوئي للزجاج منعًا لحدوث تشوهات بصرية ومعامل إنكسار الزجاج 1.50 – 1.25 زجاج السليكا.
- 12- أن تكون غير باهظة التكاليف مع ضرورة التأكد من تاريخ صلاحية المادة المستوردة المرشحة للاستخدام.

### لاصقات لربط الزجاج

إن استخدام اللاصقات فى لصق الزجاج مهم جدًا بالنسبة لتجميع أجزاء الآثار الزجاجية وفى صنع الزجاج المأمون وغير ذلك، والخصائص الفيزيائية والكيميائية للزجاج ذات تأثير على اختيار المواد اللاصقة لربط أجزاء الزجاج مع بعضها أو مع أى سطح آخر، وبما أن الزجاج أساساً من سيليكات الصوديوم ومع مختلف الشوائب فإن اللاصقات المستقطبة هى المناسبة لربط الزجاج.

وتعتبر المرونة وعامل التقلص والتمدد للمواد البوليميرية شيئاً هاماً للحصول على أعلى قوة ومثانة للصلق، وتحتاج حرارة وضغطاً لإنضاجها ويحتاج هذا الإنضاج غالباً الى إحداث شئ من تركيز الضغط على سطح الزجاج مما يسبب التعجيل فى كسر الزجاج، ولهذا فمن الضروري أخذ الحذر عند معالجة اللاصق لغرض تجميع الزجاج خصوصاً عند رفع درجة الحرارة فإذا كانت درجة حرارة الربط 150 درجة أو أكثر يجب تبريد القطع المصققة ببطء حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة.

وغالباً ما تضاف الملدنات والبوليميرات والمائتات كى توازن التقصف والاجهاد المختلف للتجمعات المصققة .

كما أن عدم تساوى تركيز الاجهاد الناتج عن تشقق اللاصق الشديد عند عملية الإنضاج يمكن أن تسبب عطب الزجاج تماماً تحت قوة التمدد الطبيعية للزجاج الذى تم تجميعه ومثال ذلك إن البولى فينيل أسيتات يشكل ربطاً جيداً تحت قوة التمدد الطبيعية للزجاج ولكن تظهر زيادة تركيز الاجهاد عن السطح اللاصق للزجاج.

واللاصقات التى تعتمد على البولى فينيل بوتيرال أو فينوليك بوتيرال او فينيل نتريل سليولوز فينيل "فينيل أسيتات" و الأيبوكسي تصلح للصلق الزجاج وعندما يتم إنضاج الربط بشكل جيد يزهر ربط قوى وخواص ملائمة لتغير الجو، أما للإستعمال الداخلى يستعمل سليولوز أسيتات معدل او فينيل أسيتات بولى أكريليك وأيبوكسيات محفزة بالأمين فتعتبر لاصقات جيدة

لربط الزجاج المستعمل لتركيب زجاج واجهات العرض ولوصل أو لصق الأيدي الزجاجية على الأبواب الزجاجية المنزلية كى تساعد على فتحها وإغلاقها.

ولتركيب الجدران الزجاجية لتزيينه ولبناء الواجهات الزجاجية تستعمل البولييمرات المرنة والمواد المستعملة من المطاط، أما ربط الزجاج المنقوش فإنه يحتاج إلى لصق لزج فورى لسلك الأماكن البعيدة عن السطح، وتعتبر العجينة المعدة من أكسيد النحاس وحمض الفوسفوريك جيدة لربطة القطع الزجاجية المخبارية أحياناً ويفيد الايثيل سيليكات لوصل ولصق الزجاج المكسور وينصح بإضافة لاصق البولى فينيل أسيتات ولاصق النتروسليليوز لأن علاقته الكيميائية بلزجاج تجعله جزءاً ذا قيمة .

### لاصقات إيبوكسيه

تؤدى الراتنجات الإيبوكسيه إلى ربط جيد مع الزجاج فمن السهل لصق الزجاج بالزجاج ولكن لصق الزجاج بمادة اخرى يمكن أن يحدث فرق كبير فى التمدد الحرارى وهذا يجعله مناسباً لإنضاج اللاصق وعند درجة الحرارة المناسبة كى يبعد خطر انكسار الزجاج عند تغيير الحرارة.

يعتبر راتنج الإيبوكسي مع بولى لسيدي لاصقاً جيداً للزجاج وإضافة مادة مرنة تحسن اللصق من هذه الناحية ويناسب لهذا الغرض المطاط الولى سلفيت ويناسب لاصق الإيبوكس لربط الزجاج بسبب قلة تقلصه ونقاوته وقوته العالية مع ذلك فإن هناك بعض العيوب كنقص المقاومة وخصوصاً فى الرطوبة العالية ومع ذلك يمكن معالجة لصق الزجاج بشكل جيد وذلك بلاصق فينول A للعناية بالقطع الزجاجية الصغيرة وتوجد إستعمالات واسعة المجال ايضاً مثل عمل النوافذ من الزجاج المزودج والجدران الزجاجية الساترة.

### لاصقات البولى فينيل بيوتيرات

يعتبر البولى فينيل بيوتيرات مادة أساسية للصلق الزجاج ولكنه أحياناً يفتقر لمقاومة الرطوبة فى الحرارة المنخفضة وهو لاصق جيد لتصفيح الزجاج وكذلك الزجاج المقاوم لطلقات الرصاص، ويتوفر فى صورة رقائى لهذا الغرض وأحياناً فى شكل مسحوق يحل بالمذيب لعمل محلول لاصق لربط الزجاج بالزجاج ويمكن تزويده بمذيب يتطاير كلياً قبل تجميع الزجاج، كما أن استعمال ملدن من البولى بيوتيرال يحتوى على 20 - 45 جزءاً من تراى إيثيلين جليكول

ورانتج داي إيثيل بوتيرال مع جزء من الرانتج فيمكن الحصول على ربط قوى للزجاج، و رانتج البيوتيرال يجب أن يكون ذا محتوى عالي من الهيدروكسيد الحر، وعندما يستبدل جميع الهيدروكسيد فإن البوليمر لا يظهر ميلا للصق بالزجاج، ويحصل على التصفيح الناعم للزجاج بتسخين الصفائح المعدة للتجميع مع طبقة البيوتيرال ثم الإحتفاظ بالضغط، ويختار البولي فينيل بيوتيرال لهذه الاستعمالات الهامة ليس فقط لقوة ربطه ولكن أيضا بسبب شفافيته وثباته ضد ضوء الشمس ومرونته ومقاومته.

### لاصقات من المطاط

إن اللاصقات المحضرة من مطاط الأيزوبرين تعطى نتائج جيدة لربط الزجاج بالزجاج ولكن هذا الربط سيكون شفافاً وذا لون وتوجد لاصقات من النوع الذى يستعمل كثيراً من المذيبات لربط أنواع الزجاج الأخرى، ويمكن إنضاجها ببطء عند درجة حرارة الغرفة ولكن التنشيط الحرارى يحسن قوة الربط وتستعمل هذه اللاصقات لربط اللباده بالزجاج والمطاط بالزجاج والزجاج المنقوش بالإنشاءات المعمارية كما يستعمل فى الأماكن الداخلية لربط الزجاج على مختلف السطوح، كذلك فان البولى سلفيت واللاصقات السيليكونية تستعمل بالأصل فى حالات خاصة تعطى لصقاً ضعيف القوة ولكنه جيد المتانة والتحميل وإستعماله محدود فى عملية السد والختم.

### لاصقات أخرى

إن لاصقات مطاط النيتريك، والفولينك من اللواصق المرغوب بها عندما نحتاج إلى ربط مرن وهذا النوع من اللاصقات يختلف فى لونه من الأشقر الفاتح الى الأسود. أما لاصقات الفينيل أسيتات والسليولوز فينيل أسيتات فهى شفافة وذات لصق مناسب القوة للإستعمالات الداخلية مثل لصق الزجاج أو الزجاج بالخشب وبالمواد الأخرى وهى تتصلب فى درجة حرارة الغرفة، وتتطلب وقتاً مناسباً كى يتبخر المذيب ويتم التجميع عندما يكون اللاصق لا يزال مناسباً لذلك كما أن التنشيط بالحرارة المعالجة الحرارية تزيد وقوع الربط.

المصدر