إعتبارات تكنولوجية لترميم المجسمات الزجاجية الأثرية

أ. م .د . حسام الدين نظمي حسني * م . د . نيفين سعد الدين عبد الرحمن سالم *

الملخص البحث

يعد مجال ترميم المجسمات الزجاجية واحدا من أهم مجالات ترميم الأثار، وذلك لما له من أهمية كبيرة في الحفاظ على الزجاج الأثري من الإندثار، ونظرا لما تتعرض له معظم هذه المجسمات من عوامل تلف نتيجة للدفن في التربة أو تعريض بعضها للعوامل الجوية المختلفة وأحيانا أخرى للعوامل البشرية مما يؤدي لتآكلها أو كسرها أحيانا، ظهرت الحاجة الملحة للتركيز على ضرورة تطوير عمليات ترميم تلك المجسمات بشكل مستمر وبطرق علمية سليمة لضمان الحفاظ عليها لما تمثله تلك المجسمات من تراث إنساني هام، وانه لمن المعروف أن هناك الكثير من أساليب ومواد الترميم التي أستخدمت في خلال السنوات الأخيرة في مجال ترميم المجسمات الزجاجية، ولكن نظرا لوجود خلل وقصور في الاستفادة من أهم الإعتبارات التكنولوجية اللازمة لمواد وأساليب ترميم تلك المجسمات والتي يجب إتباعها قبل وأثناء عمليات الترميم، ظهرت الكثير من الآثار السلبية على جودة ترميم تلك المجسمات الأثرية وبالتالي تعريض هذا الأثار التاريخية والتراثية الهامة للخطر بل وقد يصل الأمر احيانا لطمس معالمها التكنولوجية والتاريخية، وبالتالي ظهرت مشكلة البحث في الحاجة لتحديد أهم الإعتبارات التكنولوجية لأفضل مواد وأساليب ترميم المجسمات الزجاجية المستخدمة في مراحل الترميم المختلفة (التنظيف–التجميع–الإستكمال) للمساهمة في إيجاد وتنفيذ أفضل الحلول لمشاكل ترميم تلك المجسمات وبالتالي تحقيق أفضل نتائج ترميم لها، فالبحث يهدف الى تحديد أهم الإعتبارات التكنولوجية لمواد وأساليب ترميم المجسمات الزجاجية باسلوب علمي منهجي مما يساهم في توفير المعلومات اللازمة لترميم تلك المجسمات باسلوب علمي سليم، وترجع أهمية البحث في إثراء مجال ترميم المجسمات الزجاجية بأهم الإعتبارات التكنولوجية اللازمة قبل وأثناء مراحل الترميم المختلفة مما يؤدي لتنفيذ عمليات ترميم ناجحة وبالتالي الحفاظ على هذا التراث الإنساني الهام، فالبحث يفترض أنه بالتركيز على دراسة أفضل أساليب ومواد ترميم المجسمات الزجاجية في كل مرحلة ترميم يمكن وضع أهم الإعتبارات التكنولوجية لها وبالتالي الترميم بطرق ناجحة، وقد توصل البحث إلى وضع أهم الإعتبارات التكنولوجية اللازمة في عمليات ترميم المجسمات

* أستاذ مساعد بقسم الزجاج – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان– مصر
* مدرس دكتور بقسم الزجاج – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان– مصر

الزجاجية سواء لأفضل المواد المستخدمة أو الاساليب المتبعة للترميم في كل مرحلة مما يثري مجال ترميم الأثار بمعلومات تكنولوجية هامة تؤدي الى نجاح عمليات الترميم بشكل كبير وبالتالي الحفاظ على هذا التراث الأثري الإنساني.

المقدمة :-

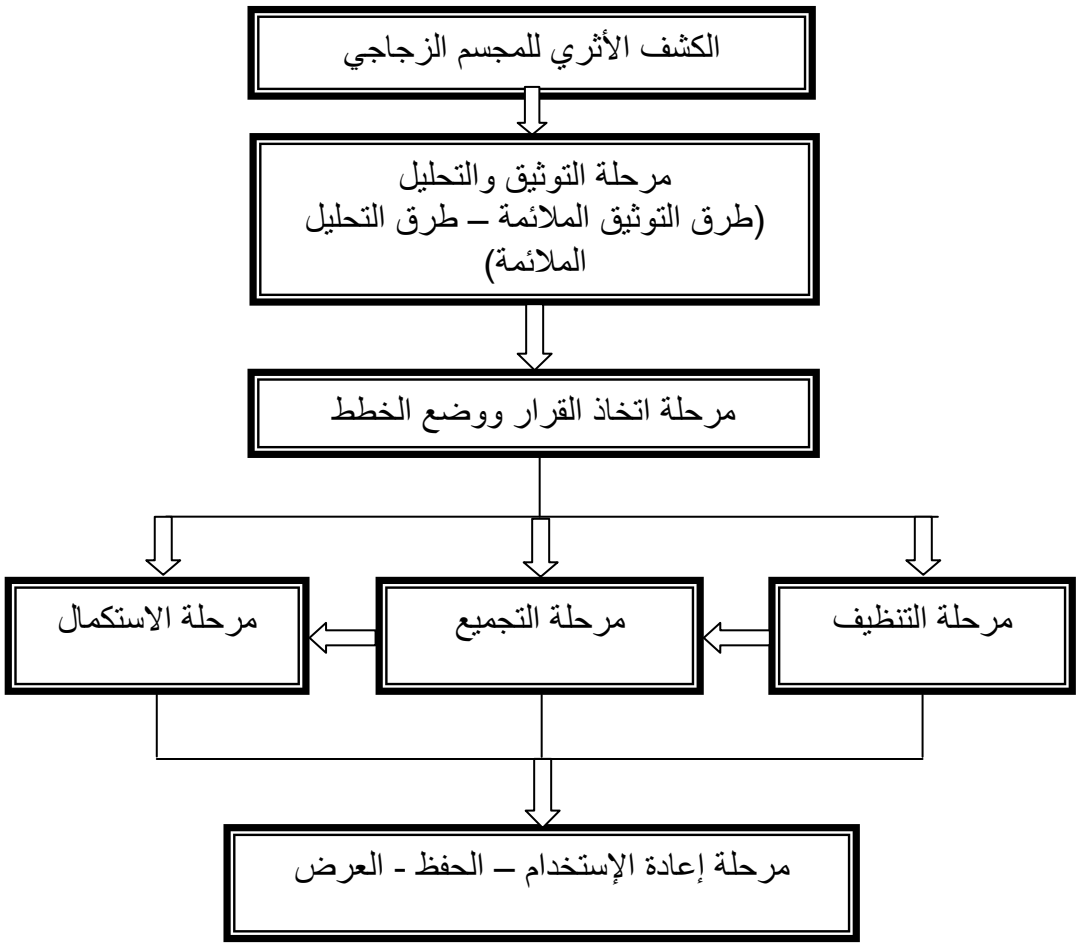
اكتشف الزجاج القديم في الألفية الثالثة قبل الميلاد حيث اكتشف الإنسان الزجاج واستخدمه من أجل عمل أدوات تستخدم فى حياته اليومية كما هو حال استخدامه للفخار، كذلك لرغبته الشديدة فى استخدامه كبديل للأحجار الكريمة كمادة للتزيين فى صناعة الحلى وترصيع الأثاث وصناعة التمائم ، وفي الألفية الثانية قبل الميلاد بدأت صناعة المجسمات الزجاجية التي يركز عليها البحث والتي تعد أحد أهم مجالات صناعة الزجاج القديم ، حيث كانت تصنع الأواني الزجاجية في البداية على قالب مصمت من الرمل والطين ثم تطورت صناعتها باختراع أنبوب النفخ وظهور الأواني المنفوخة مما أدى إلى تنوع كبير في أنواع وأشكال تلك المجسمات الزجاجية .

تعد عمليات الحفاظ على المجسمات الزجاجية من الاندثار أحد أولويات مرممي الآثار لما لها من أهمية تراثية تسجل أساليب الحياة اليومية للإنسان على مر العصور المختلفة، كما تظهر أهمية وضع أسس واعتبارات لعمليات الترميم المختلفة للوصول إلى عمليات ترميم ناجحة للمجسمات الزجاجية .

ويمر الترميم عادة بالعديد من الخطوات الأساسية والتي تسمى بطرق الترميم وكل طريقة يتبعها عدة أساليب للوصول إلى أفضل الحلول لمشاكل الترميم المختلفة باستخدام بعض الخامات والأدوات التي تساعد على تنفيذ تلك الخطوات ، وتختلف درجة التعقيد والصعوبة في ترميم المجسمات الزجاجية وبالتالي تتنوع أساليب ترميمها ، وذلك طبقاً لاختلاف شكل وتركيب المجسم الزجاجي ومظاهر التلف به .

وقد ظهرت مشكلة البحث في الحاجة لوضع وتحديد أهم الاعتبارات التكنولوجية لمواد وأساليب ترميم المجسمات الزجاجية المستخدمة في مراحل الترميم المختلفة ، فالبحث يهدف الى تحديد أهم الاعتبارات التكنولوجية لمواد وأساليب ترميم المجسمات الزجاجية بأسلوب علمي منهجي يساهم في توفير المعلومات اللازمة لترميم تلك المجسمات ، وترجع أهمية البحث في إثراء مجال ترميم المجسمات الزجاجية بأهم الإعتبارات التكنولوجية اللازمة قبل وأثناء مراحل الترميم المختلفة مما يؤدي لتنفيذ عمليات ترميم ناجحة وبالتالي الحفاظ على هذا التراث الإنساني الهام ، فالبحث يفترض أنه بالتركيز على دراسة طرق توثيق وتحليل المجسمات الزجاجية وكذلك أساليب ومواد ترميم المجسمات الزجاجية في كل مرحلة ترميم يمكن وضع أهم إعتبارات الصيانة والترميم لها. إن عملية حفظ وصيانة وترميم المجسم الزجاجي تمر بعدة

مراحل ترتبط بحالة الأثر عند الكشف عنه ، فقد يتطلب الأمر عملية تنظيف وصيانة للأثر السليم ذي الحالة الجيدة ، وقد يتطلب الأمر في أحيان أخرى عمليات تجميع أو استكمال لأجزاء الزجاج المكسور أو المفقود ، ويعتمد اتخاذ القرار لوضع خطة للصيانة أو الترميم على الحالة العامة للأثر وأهميته وقيمته الأثرية ومدرسة الترميم المتبعة وكيف سيتم استخدامه أو حفظه أو عرضه ، والشكل رقم (١) يوضح مخطط اتخاذ القرار لحفظ وصيانة أو ترميم المجسم الزجاجي الأثري .

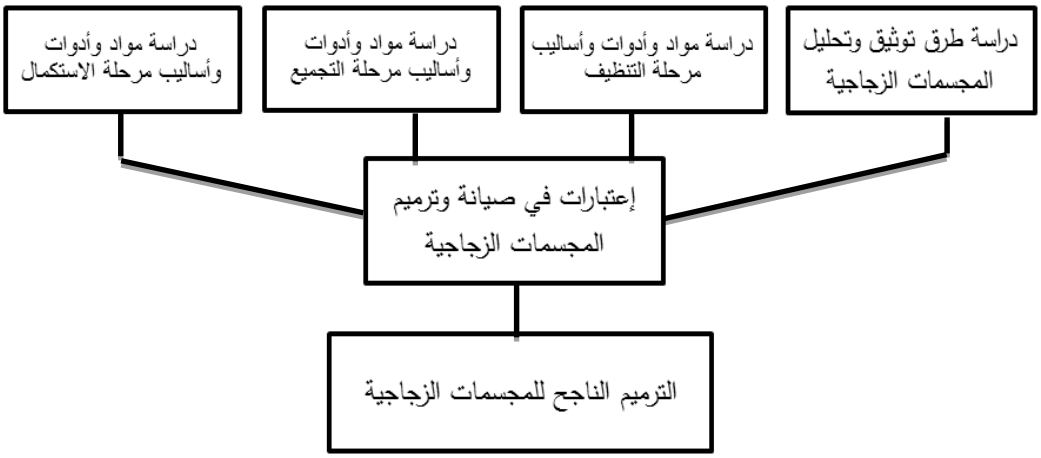


شكل رقم (١) مخطط اتخاذ القرار لحفظ أو صيانة أو ترميم المجسم الزجاجي الأثري

ودراسة طرق توثيق وتحليل المجسمات الزجاجية وكذلك أفضل مواد وأدوات وأساليب كل مرحلة ترميم يؤدي إلى وضع أهم الاعتبارات التكنولوجية وبالتالي إجراء عمليات

المنارة للاستشارات
www.

ترميم ناجحة لتلك المجسمات الزجاجية الأثرية كما هو مبين في الشكل التوضيحي رقم (٢) التالي:-



شكل توضيحي رقم (٢) الترميم الناجح للمجسمات الزجاجية الأثرية

وتعتمد عملية الصيانة والترميم بشكل أساسي على تحديد أهم العوامل ومظاهرها المؤثرة في تلف المجسمات الزجاجية الأثرية ، حيث ينطلق منها تحديد أفضل تقنيات التحليل وكذا الأسلوب الأمثل للصيانة والترميم . وقد اشتمل البحث على عدة محاور تشمل :

١- عوامل ومظاهر تلف المجسمات الزجاجية الأثرية :-

يعد الزجاج من المواد القابلة للتأثر بالظروف المحيطة حيث تقل مقاومته بصورة كبيرة لمؤثرات الحرارة والرطوبة ، ويتكون الزجاج من السليكا والتى تمثل Network former بالإضافة إلى مواد تحسين خواص الزجاج Network modifiers التي تقلل من اللزوجة للمصهور ومن درجة الانصهار ، ومعظم تركيب المجسمات الزجاجية الأثرية عبارة عن سليكا بنسبة (٧٣ – ٧٤%) ومادة قلوية (صوديوم أو بوتاسيوم) بنسبة (١٦-٢٢%) ، فإذا حدث واختلت نسبة هذه المكونات بزيادة نسبة القلوي مع التعرض لعوامل التلف يظهر العديد من مظاهر تلف تلك المجسمات ، وتختلف قدرة الزجاج على مقاومة عوامل التلف باختلاف تركيبه الكيميائي ؛ فزجاج الصوديوم يكون قادراً على المقاومة الكيميائية بمقدار ضعف تحمل زجاج البوتاسيوم . ويمكن تقسيم عوامل التلف إلى عاملين أساسيين هما : العوامل البيئية مثل : الرطوبة والحرارة والضوء والأتربة والرياح والزلازل والملوثات الأخرى ، والعوامل البشرية مثل : سوء تركيب خلطات الزجاج ، التصنيع السيئ لبعض القطع الزجاجية غير المتقنة الصنع ،

المنارة للاستشارات
www.

سوء استخدام الزجاج في بيئته الاستخدامية القديمة ، سوء حفظ وصيانة الأثر ، الترميم الخاطئ .[١]

وتتنوع مظاهر التلف للمجسمات الزجاجية الأثرية الناتجة عن أساليب تكنولوجيا صناعة الزجاج القديم فهي تضم (التحجر - إعادة التبلور - الفقاعات الهوائية – الشروخ الدقيقة – الكسور التلقائية – البلورات – الانفصال المرحلي) ، أما مظاهر التلف الناتجة عن العوامل الفيزيائية أو التفاعلات الكيميائية للزجاج الأثري تبعاً لنوع الزجاج ونتيجة وجوده في ظروف بيئية ومناخية محددة فتشمل [٢] (التآكل السطحي والإعتام الناتج عن تبادل أيوني بين أيونات القلوي الموجودة على سطح الزجاج وبين أيونات الماء ، أو الناتج عن الإفرازات الحامضية للكائنات الحية الدقيقة التي توجد في التربة ، أو الناتج عن التفاعلات على سطح الزجاج المغمور في مياه البحر المالحة - الاتساخات الناتجة عن الطمر في التربة الرطبة - التشرخ والكسور بسبب وجود المجسمات الزجاجية تحت سطح التربة لفترات زمنية طويلة تحت ضغوط وأحمال خارجية لا تتحملها جدرانها فتتحول إلى أجزاء صغيرة – الترميم الخاطئ واستخدام خامات غير ملائمة لترميم تلك المجسمات بما يؤدي إلى ظهور إصفرار وبقع على سطح الزجاج وأحيانا أخرى الى تآكله وكسره) .[٣]

وهناك مجموعة من الاعتبارات الهامة قبل البدء في مراحل الترميم والتي تفيد مرمم الزجاج بشكل أساسي وهي :-

- عند نقل الزجاج الأثري من بيئته يجب أن يتم بطريقة آمنة تحافظ عليه ، فمثلاً عند نقل الأثر من التربة يجب أن ينقل بحرص شديد ، وفي حالة التصاق سطحه بأجزاء من التربة المحيطة به يجب أن تزال تلك الأجزاء في معمل الترميم المتخصص حيث أنه في بعض الأحيان تعتبر تلك الأجزاء من التربة كجدار حماية للزجاج .
- قبل عملية الترميم يجب أن يحفظ الزجاج في بيئة مشابهة لتلك التي كان يتواجد فيها ، ففي حالة اختلاف البيئة المفاجئ قد يحدث سرعة في عملية التآكل ، كما يجب أن يحفظ الزجاج بعيداً عن الشمس لأن الجفاف السريع ربما يتسبب في فقد طبقات التجوية المتكونة على سطح الزجاج إثر الدفن في التربة
- يجب الحفاظ على وجود المواد الأخرى الملتصقة بالزجاج أثناء صناعته مثل الفرت والقالب المصمت وذلك لأهمية تلك المواد علمياً في معرفة طرق إنتاج تلك النوعيات من الزجاج .

---

[1] Koob ،S. P. (2006). Conservation and Care of Glass Objects. London: Archetype publications

[٢] - لا يمكن الفصل بين عوامل تلف الأثريات الزجاجية وتصنيفها إلى فيزيائية وكيميائية ، فحقيقة ما يحدث من مظاهر تلف تكون ناتجة عن تحولات فيزيائية وكيميائية بنسب مختلفة .

[3] Davison، S. (2003). Conservation and restoration of glass. UK: Elsevier Ltd.

المنارة للاستشارات
www.

- يجب الحذر الشديد في مناولة وتحريك القطع الزجاجية التي تحتاج إلى ترميم وذلك للحفاظ على الزجاج الأثري لأنه في معظم الحالات يكون سهل الكسر والخدش .

٢- طرق توثيق وتحليل المجسمات الزجاجية الأثرية :-

للتحقق من ماهية مظاهر تلف المجسمات الزجاجية الأثرية ومدى تأثر الزجاج بها يجرى العديد من عمليات التوثيق والتحاليل والاختبارات المختلفة لها قبل إجراء عمليات الترميم اللازمة :

أ- التوثيق :-

هي عملية تتم من خلال المتخصصين في مجال ترميم الزجاج الأثري ، حيث يوثق الأثر بتوصيف تاريخ ومكان العثور عليه وأبعاده وطريقة إنتاجه ، كذلك توصيف شكله ومظهر سطحه وأخيرا استخدامه ، وتوثيقه تسجيلياً بوصف حالته ومدى ما أصابه من تلف وأماكن هذا التلف ، سواء كانت رواسب أو كسور أو بقع ، أو وجود قطع مهشمة أو ناقصة ، كما يشمل تقدير حالتة جيدة كانت أو سيئة ، وإذا كان قد أجرى له عمليات ترميم خاطئة من قبل ، كما تتم غالبا عمليات التوثيق باستخدام التصوير الفوتوغرافي وتدوين الملاحظات الهامة صوتيا أو كتابيا ، وكذلك عمل الرسومات والقطاعات الهندسية اللازمة للاستفادة منها أثناء مراحل الترميم المختلفة.

ب- التحليل :-

يوجد العديد من أنواع الاختبارات والتحاليل التي من الممكن أن يتم إجراؤها على المجسمات الزجاجية المراد ترميمها مثل : اختبار المجهر البصري Optical Microscopy Examination لإظهار الشروخ الصغيرة الغير واضحة بالرؤية العادية والتي قد تصيب السطح وتتسبب في كسره ، واختبار ضوء الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Light للتعرف على عمليات الترميم السابقة وكذلك إظهار اللواصق التي تم استخدامها أو طبقات الشمع التي غلف بها الزجاج سابقا ، واختبار قياس الإجهاد Polarizing Film لإظهار أي إجهاد موجود بالقطعة الزجاجية على هيئة نقاط لامعة في الزجاج ، واختبار الوزن Weight الذي يساعد في فصل المجموعات الزجاجية من نفس النوع فمثلا إذا فقد جزء من آنية معروف أن لها شبيه فيمكن من خلال الوزن تحديد الجزء المفقود ، كذلك اختبار الكثافة Density ويستخدم لتحديد نوعية الزجاج وهذا يفيد كثيرا في اختيار نوعيات اللواصق المستخدمة في الترميم ، والفحص بطريقة تفلور وحيود الأشعة السينية X-Ray Fluorescence الذي يستخدم لمعرفة العناصر المكونة للزجاج ، واختبار الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectroscopy لتقدير درجة تركيز العناصر المكونة للزجاج بكل دقة

المنارة للاستشارات
www.

؛ سواء العناصر الأساسية أو الثانوية أو النادرة ، والاختبار باستخدام الأشعة تحت الحمراء Infrared Rays Analysis ، حيث يتم تحليل عينة من الألوان الموجودة على الزجاج للتعرف على وجود وسيط لوني من عدمه [٤] .

ومن خلال الدراسات النظرية السابقة يمكن وضع الاعتبارات التالية:-

- يجب تسجيل الزجاج وتوثيقه بحالته التي وجد عليها وذلك بالتوصيف الدقيق والتصوير ، كما يجب عمل توثيق لكل مرحلة ترميم .
- يجب أن يشتمل التوثيق على الحالة العامة للأثر الزجاجي وعدد وحجم ومقاسات القطع المكونة له ، وتسجيل كل ما أجري عليه من عمليات ترميم سابقة (تصليح – لواصق – ترميم) وكذلك مظهر السطح الزجاجي من خدوش وكسور.
- لمعرفة نوع التآكل الذي حدث للزجاج يجب معرفة وتحليل التربة التي دفن بها ، أو البيئة التي وجد بها الأثر .
- يتم تحديد الأسلوب الأمثل لتحليل الأثر الزجاجي طبقاً لمظاهر التلف به وتوافر الأجهزة المناسبة للاختبارات .
- يفضل اللجوء إلى تقنيات تحليل لا تؤثر على الأثر الزجاجي كيميائيا أو فيزيائياً.

٣- مرحلة تنظيف المجسمات الزجاجية الأثرية :-

تتنوع الرواسب الموجودة على المجسمات الزجاجية عامة بين وجود عوالق طينية وترسبات من الوسط المحيط وطبقات تجوية على سطح الزجاج ، وبداية يتم فحص القطع الزجاجية الأثرية قبل تنظيفها أو إعدادها للترميم بهدف تحديد الطريقة المثلى والخامات اللازمة والأدوات المستخدمة الملائمة لإجراء عمليات التنظيف (في بعض الأحيان لا يمكن إجراء عمليات تنظيف للأثر الزجاجي لسوء حالته والتي قد تؤدي إلى تدميره بشكل كامل) ، ونظراً لأهمية تلك المرحلة **ومن خلال الدراسات النظرية يمكن وضع الاعتبارات التالية قبل إجراء عملية التنظيف:-**

- لا يتم غسل الزجاج الأثري وتنظيفه إلا في معمل الترميم المتخصص وبواسطة متخصصين طبقاً لحالة الأثر وبيئة تواجده ومظاهر التلف به .
- يجب عدم إزالة طبقات التجوية من على سطح الزجاج وذلك لأن عملية التآكل تكون على سطح الزجاج فهي تتم من السطح الخارجي ثم تصل للسطح الداخلي ، وبالتالي فان إزالة طبقة التجوية ستزيل بالتالي أجزاء من سطح الزجاج .

[4] Koob ،S. P. (2006). Conservation and Care of Glass Objects. London: Archetype publications .

المنارة للاستشارات
www.

- يفضل تنظيف القطعة الأثرية اذا سمحت حالتها بذلك حتى في حالة عدم الحاجة إلى ترميمها ، وذلك لإزالة العناصر القلوية المتراكمة على سطح الزجاج إثر تفاعلها مع الهواء المحيط والبيئة الرطبة لأن بقاء هذه العناصر لفترات زمنية طويلة يعمل على تحلل وتفتت شبكة السليكا ، وبالتالي زيادة تفاعل العناصر القلوية الأخرى على سطح الزجاج .
- يجب تحديد ما إذا كان قد تم تنظيف أو ترميم تلك القطعة الأثرية من قبل أم لا
- فحص وتسجيل عيوب التصنيع أو الشروخ بالمجسم الزجاجي الأثري .
- تحديد نوعية وحالة الملونات والطلاءات والمينا المستخدمة - في حالة وجودها - على المجسم الأثري .

خامات وأدوات التنظيف :-

تستخدم بعض الخامات والأدوات الأساسية في مرحلة تنظيف المجسمات الزجاجية طبقاً للحالة العامة للأثر، وتتنوع الخامات المستخدمة مثال : الماء – الصابون السائل (المنظفات الصناعية) – الصنفرة – الأكسجين الذري - الأحماض المعدنية – المذيبات العضوية – الإنزيمات ، أما الأدوات المستخدمة والتجهيزات فتضم : مناشف ورقية وقطنية – فرش تنظيف متعددة المقاسات ودرجات النعومة – أحواض غسيل بلاستيكية - ماكينة فريزة كهربائية ذات رؤوس مختلفة الأشكال– جهاز الموجات فوق الصوتية - شعاع الليزر .[٥]

ومن خلال الدراسات النظرية يمكن وضع أهم الاعتبارات الخاصة بخامات وأدوات التنظيف لتشمل ما يلي :-

- يفضل استخدام أحواض كبيرة من البلاستيك التي تستخدم في الأغراض المعملية لضمان الحفاظ على المجسمات الزجاجية من الكسر أثناء التنظيف .
- يجب العمل في غرفة واسعة وجيدة الإضاءة وخاصة فوق الأحواض .
- يفضل استخدام الماء المقطر أو المنزوع الأيونات "المعادل" ، ويمكن استخدام الماء الفاتر، كما لا يجب أن ينظف الزجاج داخل غسالات الأطباق لعدم تعريضه للتآكل .
- يجب أن يستخدم صابون سائل غير ملون أو ذو رائحة عطرية ، كما لا يجب أن يحتوي على أمونيا .
- يفضل عدم ارتداء القفازات أثناء عملية التنظيف لتلافي انزلاق الزجاج من اليد.

[5] Andre ،J. (1976). The restorer's handbook of Ceramics and glass . New York: Van Nostrand Reinhold Company.

المنارة للاستشارات
www.

- يمكن التنظيف باستخدام فرش غسيل الزجاجات أو الفرش ذات الخشونة ودرجات النعومة المختلفة بداية من فرش الألوان الناعمة جداً وحتى فرش الأسنان الخشنة .
- من الممكن استخدام المناشف الورقية الناعمة والقوية ولكن يجب الحذر في استخدامها خوفا من تعلق أجزاء منها في حواف الزجاج أو بين الشروخ والكسور .
- يمكن استخدام أدوات النحت الخشبية (الفرر) للتخلص من العوالق .
- يمكن التنظيف باستخدام ورق الصنفرة الناعم فى حالة التصاق هذه الطبقات الطينية بشده بسطح الزجاج في حالة عدم نجاح استخدام وسائل التنظيف السابقة.
- يمكن استخدام ماكينة الفريزة الكهربائية ذات الرؤوس المختلفة الأشكال من الفلين أو النسيج مع استخدام بودرة أكسيد الألومونيوم ، وذلك في بعض الحالات التى يصعب التخلص منها من الطبقات العالقة العنيدة .
- يستخدم التنظيف بالمذيبات العضوية أو المحاليل أو بالأكسجين الذري Atomic Oxygen Treatment في حالة فشل عمليات التنظيف الميكانيكى
- تستخدم الإنزيمات Enzymes في تكسير البقع الدهنية .
- تستخدم الكمادات الورقية أو طين سيبوليت Sepiolite للتخلص من الأملاح مثل الفوسفات Phosphates ، والنيترات Nitrates ، والكلوريدات Chlorides.
- في حالة البقع العنيدة يمكن استخدام حمضHCL وحمض الستريك ، ويحذر استخدام أحماض الفسفوريك والهيدروفلوريك في تنظيف الزجاج لأنها تعمل على تآكل سطح الزجاج ، وذلك لقدرتها على حل السليكا بسرعة .
- في حالة الطبقات العالقة الرقيقة والمتماسكة جيداً بالسطح الزجاجي يمكن استخدام التنظيف بالموجات فوق الصوتية Cleaning by Ultra-Sonic waves وكذلك التنظيف بأشعة الليزر Laser Cleaning مع اختيار الطول الموجي وعدد الذبذبات المناسب .
- يجب ألا تزال اللواصق الورقية التى يوجد عليها الأرقام المتحفية إلا بأخذ تصريح من المتحف ، ويجب أن تعاد إليه لأنها تحمل معلومات عن الأثر الزجاجي نفسه .

المنارة للاستشارات
www.

طرق وأساليب التنظيف :-

يتم استخدام عدة طرق وأساليب لتنظيف المجسمات الزجاجية الأثرية طبقاً للحالة العامة للأثر (شكل المجسم ومظاهر التلف به – تركيبه الكيميائي – وجود زخارف به ملونة بالطلاءات أو المينا) ، وتتعدد تلك الطرق والأساليب بداية من التنظيف بالماء إلى التنظيف الميكانيكي أو الكيميائي ، أو التنظيف بالموجات فوق الصوتية أو بأشعة الليزر.

وقد تم وضع عدة اعتبارات لطرق وأساليب تنظيف المجسمات الزجاجية الأثرية من خلال الدراسات النظرية ومنها :-

- يمكن التنظيف بالماء بأكثر من طريقة مثل الغمس أو بالفرشاة أو بالشطف ببطء ، ويجب اختيار الطريقة المناسبة طبقاً لحالة وقوة وتماسك الزجاج .
- يستخدم الماء وهو في الحالة الفاترة ويحذر استخدام الماء الساخن أو البارد المباشر حتى لا يتسبب في وجود ضرر مباشر للزجاج .
- يطبق الصابون على الزجاج باستخدام الفرش الناعمة او بالقطن الناعم .
- يترك الزجاج ليجف على المناشف الورقية حتى لا يتسرب الماء داخل الشروخ ويستقر بداخلها ، ثم يترك الزجاج ليجف كليا في درجة حرارة الغرفة العادية الغير رطبة .
- يفضل تنظيف الزجاج بالأسيتون بعد الماء لأن الأسيتون يلتصق بجزيئات الماء الباقية ويساعد على تبخرها بسرعة .[٦]
- يجب الحفاظ على الزجاج في خزانات مغلقة وذلك للحفاظ عليها من العوامل الجوية الضارة ، وذلك في درجات حرارة تتراوح من ١٨-٣٠ درجة مئوية ورطوبة ٤٠-٥٥% .
- لتنظيف البقع العنيدة يستخدم في البداية محلول ضعيف مثل محلول الكحول مع الماء ثم يستخدم بعد ذلك الكحول فقط دون الماء أو يستخدم بنزين التنظيف ، وفي حالة بقع الحديد يمكن إزالتها باستخدام محلول تركيزه ٥-١٠% Oxalic Acid ، أما بقع الشمع تزال باستخدام أدوات خشبية رفيعة (فرر) أو باستخدام زيت معدني مقطر مثل البنزين ، وبقع الكربونات تظهر عادة على سطح الزجاج على هيئة بقع بيضاء وتزال بمحلول تركيزه ٣-٥% من حامض النيتريك باستخدام قطعة من القطن الناعم .
- عند استخدام حمض HCL وحمض الستريك يجب أن يكون بنسبة تركيز ١٠–٣٠% ، ويعقب ذلك عملية تنظيف سريع بالماء الجارى ثم الماء المقطر ثم الإثير للتخلص من أي آثار للحامض من على سطح الزجاج .

[6] Koob ،S. P. (2006). Conservation and Care of Glass Objects. London: Archetype publications

المنارة للاستشارات
www.

- في حالة البقع الناتجة عن دفن الزجاج في التربة يستخدم لإزالتها محلول قلوي من هيدروكسيد الصوديوم من ١٠-٣٠ ثانية فقط على الزجاج و ذلك باستخدام القطن أو الفرشاة الناعمة ، كما يمكن استخدام هيدروكسيد الصوديوم بتركيز ١٠-١٥% لإزالة البقع العضوية وخاصة المتكونة من تراكم الزيوت [٧]
- للتخلص من الأملاح يتم الغسل في الماء الساكن أو الجاري كما يمكن عمل كمادات ورق أو من طين سيبوليت Sepiolite.
- إستخدام الصنفرة الناعمة يكون بصورة دائرية ويجب أن تتوقف عملية التنظيف بهذا الأسلوب قبل الوصول إلى سطح الزجاج خوفا من خدشه.

وللمساعدة على استنتاج أهم الإعتبارات اللازمة في مراحل ترميم المجسمات الزجاجية أجريت مجموعة من التجارب العملية بجانب الدراسات النظرية لمحاكاة ترميم المجسمات الزجاجية الأثرية ، وذلك باستخدام مجموعة من المنتجات الزجاجية الحديثة (ذات الطابع الروماني القديم ؛ فيما يعرف تجارياً باسم الزجاج البلدي) والمشكلة بالنفخ الحر من زجاج مصهور في أفران محدودة في قدرتها على تحمل درجات الحرارة العالية والتي تستخدم كسر الزجاج كخلطة أساسية في الإنتاج . وقد تم تعريض هذه المجسمات للكسر المتعمد بسقوطها أكثر من مرة على الأرض ، ثم أجريت عليها عمليات الترميم اللازمة (تجهيز – تجميع مبدئي – تجميع نهائي – إستكمال – تشطيب) لاستعادة الشكل الأصلي لها وقد تم إختيار نموذجين من هذه التجارب لتوضيح تلك الدراسة العملية وهما لطبق مسطح وآخر لقنينة .

[7] Koob ،S. P. (2006). Conservation and Care of Glass Objects. London: Archetype publications

المنارة للاستشارات
www.

٤- مرحلة تجميع الزجاج :-

المقصود بعملية التجميع هو إعادة بناء الأثر الزجاجي من أجزائه المنفصلة بحيث يعود إلى شكله الأساسي الذي كان عليه قبل أن يتحطم لأجزاء صغيرة ، ويعتمد وضع خطة وأسلوب التجميع على شكل الأثر وأجزائه المكسورة والتخيل العام للشكل قبل تحطمه – سواء بتجميع أجزاء كبيرة معاً تعطي الشكل العام للأثر ، أو وجود مجسمات مشابهة أخرى سليمة تعطي مرجعية لاستنتاج الشكل ، وتعد مرحلة تجميع القطع الزجاجية لتكون الأثر الزجاجي أحد المهام الصعبة لمرمم الزجاج بالرغم من توافر اللواصق المتعددة والخامات والأدوات والأساليب المستخدمة لتجميعها .

خامات وأدوات التجميع :-

تستخدم في تلك المرحلة بعض الأجهزة والأدوات والخامات الهامة مثل : ثلاجة – فرن مجفف – أحواض بلاستيكية مليئة بالرمل – شرائط لاصقة بلاستيكية – دعامات وقوائم بلاستيكية – اللواصق بأنواعها المختلفة وأشهرهم الأكريليود - مجموعة الايبوكسيات- لواصق البولى فينيل بيوتيرات– لواصق المطاط .

ويعد اختيار اللواصق المناسبة لترميم الزجاج من الأمور الصعبة ، فالتنوع الكبير في اللواصق يتطلب أهمية دراستها لتحديد الأنسب في الاستخدام والأكثر ملاءمة لأسلوب التجميع المتبع في الترميم ، **ومن الدراسات النظرية يمكن وضع بعض الاعتبارات الهامة لاختيار اللواصق كما يلي :-**

- أن تكون مادة اللاصق قابلة للاسترجاع ، شفافة عديمة اللون وصافية كالماء .
- أن يكون اللاصق قليل التكلفة سهل الاستخدام ويعطي نتائج مرضية .
- ألا يسبب اللاصق أي تلف للزجاج أثناء تطبيقه .
- أن يكون اللاصق ثابتا ولا يسبب بقعا على الزجاج في مدة لا تقل عن ١٠ سنوات .
- أن تكون مادة اللاصق خاملة كيميائياً ولا تتفاعل مع الوسط المحيط ، ومقاومة للإصابة بالفطريات .
- يتناسب معدل التمدد والانكماش للاصق مع معامل تمدد وانكماش الزجاج حتى لا ينفصلا عند درجة الحرارة المرتفعة .
- أن يكون اللاصق ذو مقاومة ميكانيكية عالية ضد الإجهادات .
- تكون درجة لزوجة اللاصق مناسبة لأن ارتفاعها يؤدى إلى عدم اللصق الجيد للزجاج ، كما أن انخفاضها يؤدى إلى تسربها من على سطح الزجاج .
- أن يتناسب وقت جفاف اللاصق مع وقت التشغيل .

المنارة للاستشارات
www.

- أن يقاوم اللاصق عامل التلوث الجوى حيث كان يستخدم في بعض الأحيان الشمع في التجميع وتعد هذه المادة جاذبة للأتربة .
- ألا يتغير لون اللاصق إلى الاصفرار بمرور الوقت عند التعرض إلى الضوء أو الحرارة.
- ألا يزيد اللاصق من معامل الانكسار الضوئي للزجاج منعاً لحدوث تشوهات بصرية .
- يفضل استخدام الإيبوكسيات في ترميم الزجاج الشفاف وذلك لأنها أقل أنواع اللواصق في تكوين الفقاعات الهوائية وبالتالي التأثير المباشر على نفاذية الضوء خلال الزجاج .
- أفضل أنواع الايبوكسيات في ترميم الزجاج هو Hxtal NY L-1 وذلك لملاءمته لمعظم نوعيات الزجاج مثل زجاج الصودا جير ، في حين يفضل استخدام Epotek 301-2 في حالة زجاج الرصاص .
- يفضل استخدام الأكريلويد Acryloid وهو معروف في أوروبا باسم Paraloid B-72 لطول مدة ثباته والقوة المتوسطة وسرعة التشغيل وتكلفته المنخفضة .[٨]
- يفتقر لاصق البولى فينيل لمقاومة الرطوبة فى الحرارة المنخفضة ولكنه لاصق جيد للزجاج المقاوم لطلقات الرصاص ويتوفر فى صورة رقائق لهذا الغرض .

طرق وأساليب التجميع :-

من خلال الدراسات النظرية يمكن القول أن هناك اتجاهين لتجميع المجسمات الزجاجية وهما :

١- التجميع المباشر حيث تتم في حالة المجسمات الزجاجية ذات الجدار السميك وعدد القطع المفصولة يكون قليلاً نسبياً ؛ فتتم عملية التجميع مباشرة بين أجزاء الزجاج بوضع اللاصق على إحدى حافتي الكسر وتطبيق الجزء الآخر المقابل عليه .

٢- التجميع على خطوتين وتتم فى حالة المجسمات الزجاجية ذات السمك القليل وعدد الأجزاء الكثيرة نسبياً ؛ فيتم تجميع القطع الزجاجية بشرائح لاصقة بلاستيكية (Scotch) أو سلوتيب يتم لصقها عموديا على الكسر وبمسافات متساوية لإجراء عملية تثبيت مبدئي ، ثم تثبيت نهائي بإدخال المادة اللاصقة المختارة بين جزئي الكسر.[٩]

[8] Koob ،S. P. (2006). Conservation and Care of Glass Objects. London: Archetype publications

[9] Andre ،J. (1976). The restorer's handbook of Ceramics and glass . New York: Van Nostrand Reinhold Company.

المنارة للاستشارات
www.

ويمكن توضيح تلك الإتجاهات في الدراسة العملية التجريبية التي أجريت بالبحث كما هو موضح في جدول (١)

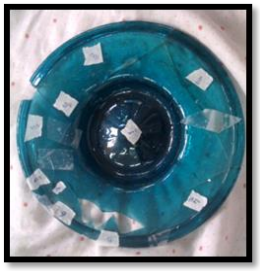
ومن خلال الدراسات النظرية والتجريبية يمكن وضع عدة اعتبارات في مراحل التجميع لترميم المجسمات الزجاجية :-

- يجب ترتيب قطع كسر الزجاج على صينية مبطنة بترتيبها المنطقي ، فتوضع القطع الخاصة بكل جزء من المجسم الأثري (القاعدة – الفوهة – البدن – الأجزاء المضافة) معاً لسهولة وضع منظومة التجميع .
- يفضل استخدام لاصق الاسكوتش في عملية التجميع الأولي بقطع صغيرة متساوية *.
- لا يجب استخدام اللواصق البلاستيكية في حالة الزجاج الذي يوجد عليه تجوية ، لأن تلك اللواصق من الممكن أن تزيل معها بعض أجزاء تلك الطبقة وبالتالي الضرر المباشر للزجاج

* يتم تدعيم الزجاج أثناء عملية الترميم بطرق ووسائل مختلفة طبقاً لحجم ووزن القطع الزجاجية وشكل الزجاج وحالته ومظهر سطحه ، وتستخدم لهذا الغرض عدة أنواع منها : شرائط اللصق البلاستيكية "الاسكوتش" - الشمع اللاصق – القوالب الرملية لتثبيت وضع الزجاج – حوامل التثبيت المعدنية – حوامل تثبيت من الصلصال – سلوك معدنية "كوبري" تثبت بمواد لاصقة مؤقتة يسهل إزالتها .

المنارة للاستشارات
www.

جدول (١) مراحل التجميع لمنتجات زجاجية مجسمة تحاكي الزجاج الأثري

مراحل الترميم	نموذج (١)	نموذج (٢)
التجهيز		
التجميع المبدئي بالإسكوتش		
التجميع النهائي بلاصق الإيبوكسي		

لا يفضل استخدام اللواصق البلاستيكية في حالة الزجاج المموه بالمينا أو الذهب.

١٩٩٣

المنارة للاستشارات
www.

- يمكن استخدام المواسك المعدنية الصغيرة أو ما يسمى بالكباري في عمليات التجميع المبدئي ، ويتم تصنيعها يدويا من سلك معدن الاستانلس ستيل أو النحاس وتأخذ شكل الحرف اليوناني أوميجا –v– .
- يفضل لصق القطع المكسورة واحدة تلو الأخرى ، ويفضل بدء اللصق بداية من القاعدة ، وأحيانا أخرى يفضل بدء اللصق من القطع الكبيرة ثم الأصغر.
- يجب وضع كميات قليلة من اللاصق على حافة القطع الزجاجية قبل اللصق مباشرة.
- ينظف الزائد من اللواصق بالأسيتون بعد الجفاف لتجنب تخلله في الشقوق وتأثيره على قوة التصاق الزجاج .
- يمكن إجراء تعديلات في عملية اللصق وفك القطع الزجاجية ثانية وذلك باستخدام محلول الاسيتون حيث يستخدم فرشاة صغيرة بها اسيتون على الجانبين العلوى والسفلي للكسر حتى يلين اللاصق ، كما يمكن استخدام الحرارة الخفيفة عن طريق مجفف الشعر (السشوار) ولكن بدرجات حرارة منخفضة لا تتعدى ٤٠ درجة مئوية حتى لا يؤثر على الزجاج .

كما يمكن وضع بعض الاعتبارات الهامة للواصق الإيبوكسيات كما يلي :-

- يجب الخلط الجيد للإيبوكسي وذلك لضمان بقائه لفترة طويلة كلاصق ، وتتم عملية الخلط في طبق زجاجي ، ولا يجب استخدام الأطباق المعدنية أو أي أداة معدنية في عملية الخلط وذلك لأن الإيبوكسيات تتفاعل مع المعدن ولكن يستثنى من ذلك معدن الاستانلس ستيل .
- بعد الخلط يترك خليط الإيبوكسي ليتفاعل لمدة خمس دقائق أو يسخن في الفرن لدرجة ٤٠ درجة مئوية لمدة خمس دقائق ليصبح جاهزا بعدها للاستخدام ، ويفضل أن يكون سميكا قبل الاستخدام لسهولة التحكم به وتقليل فرصة انزلاق الزجاج عن بعضه البعض ، وكذلك عدم السماح بتكون الفقاعات الهوائية .[١٠]
- الإيبوكسي القليل السمك يفضل في لصق القطع الكبيرة .
- للتماسك الجيد بين الايبوكسي والزجاج وخروج أي فقاعات هوائية متكونة يمكن تدفئة قطعتي الزجاج المراد لصقهما قبل اللصق مباشرة ثم إضافة القليل من الإيبوكسي على الحواف .
- يجب أن ينظف الإيبوكسي الزائد قبل الجفاف التام له باستخدام أدوات خشبية وليست معدنية ويمكن أن يتم ذلك حتى اليوم التالي للصق .

[10] Davison ،S. (2003). Conservation and restoration of glass. UK: Elsevier Ltd.

المنارة للاستشارات
www.

- يحفظ الإيبوكسي المتبقي في عبوات مغلقة لاستخدامه فيما بعد وذلك بوضعه في الثلاجة ومن الممكن إعادة استخدامه خلال أسبوع ويمكن ملاحظة زيادة سمكه يوما بعد يوم .
- يستخدم لترميم الشروخ العمياء وهي التي تنتهي في منتصف المنتج الزجاجي لاصق الايبوكسي المنخفض اللزوجة وهنا يفضل استخدام ايبوكسي Hxtal اوEpotek.

٥- مرحلة الاستكمال :-

تعد عملية استكمال الأجزاء المفقودة على سطح المجسمات الزجاجية تحدياً هاماً للمرمم، وهذا ما يعرف بعملية ملء الفجوات gap fill bled ، وهذه العملية ربما تكون مطلوبة عندما يفقد المجسم الزجاجي الأثري جزءاً أو أكثر من القطع الزجاجية المكونة له ، ولا تنفذ تلك العملية في كل الحالات ؛ فهناك بعض مدارس الترميم ترجِّح ترك تلك الفجوات دون ملء ، وهناك مدارس أخرى في الترميم تفضل استكمالها لأنها تزيد من استقرار الهيكل البنائي للمجسم الزجاجى من جهة وتوضح وتؤكد على الجانب الجمالي له من جهة أخرى .

خامات وأدوات مرحلة استكمال الأجزاء المفقودة :-

تتنوع خامات تلك المرحلة من خامات لازمة لتشكيل نماذج مثل الطين والصلصال وأخرى للقوالب مثل اللدائن وشمع الأسنان والسليكون المطاطي ذو اللزوجه المنخفضة والشرائط اللاصقة الشفافة والأقنعة اللاصقة والكؤوس الورقية والبالونات ، وأخرى لازمة للصب أو ملء الفجوات وأفضلها الراتنجات الصناعية ذات اللزوجة المنخفضة والثبات العالي ، وكان يستخدم البولي استر والاكريلك في الماضي ، ويفضل حاليا استخدام الإيبوكسيات العالية الشفافية ذات اللزوجة المنخفضة جداً ، كما يستخدم أحيانا الجبس ويفضل جبس باريس الذي يستخدم في صناعة الخزف وذلك في حالة الزجاج المعتم أو النصف شفاف .

ومن الدراسات النظرية لخامات استكمال الأجزاء المفقودة يمكن وضع الاعتبارات الآتية :

في حالة استخدام خامات لتشكيل نماذج Modeling Materials :-

- الحرص الشديد في استخدام الطين والصلصال عند عمل النماذج للأجزاء المفقودة من الأثر الزجاجي مع مراعاة عدم ترك بقايا من خامة النموذج تؤثر على تشكيل القالب وبالتالي تؤثر على مظهر الجزء المستكمل .

المنارة للاستشارات
www.

- الحرص عند استخدام الطين لتشكيل النموذج لإحتوائه على نسبة من الرطوبة التي تمنع التصاق أي مادة لاصقة بالزجاج أثناء التجميع أو الاستكمال .

في حالة استخدام خامات لقالب تشكيل الأجزاء المفقودةMolding Materials :-

- استخدام خامات لا تحدث ضرراً فيزيائياً للزجاج بأن تلتصق بقوة بسطح الزجاج ، أو تنتزع أجزاء بارزة من سطح الزجاج ، أو تولد حرارة تؤثر على الزجاج .
- استخدام خامات لا تحدث ضرراً كيميائياً للزجاج بأن تتفاعل معه .
- استخدام خامات تحقق تشكيلاً دقيقاً ومتطابقاً مع أجزاء الأثر المفقودة وتشكل التفاصيل الدقيقة له .
- استخدام خامات تتميز باللزوجة المناسبة أثناء التشكيل .
- استخدام خامات تكون متاحة وبسعر مناسب ولها فترة صلاحية طويلة الاستخدام.
- استخدام خامات تقاوم الحرارة الناتجة عن تفاعلات البلمرة للمواد اللاصقة ، كما يجب أن لا تتفاعل معها .
- استخدام خامات تبقى مادة القالب مستقرة ثابتة دون تغير لعدة أيام أو أسابيع لاستكمال مراحل الترميم .

ويمكن وضع مجموعة من الإعتبارات عند إستخدام الخامات المختلفة لتنفيذ قوالب تشكيل الأجزاء المفقوده عند الإستكمال وهي :-

- يستخدم شريط الإسكوتش في حالة الفجوات الصغيرة جداً والتي لا يتعدى حجمها عرض هذا الشريط ويجب أن تكون هذه الفجوة مسطحة حيث أن هذا الشريط لا يتشكل بشكل المنحنيات .
- عند استخدام شرائح شمع الأسنان كقالب يجب أن تسخن شرائح الشمع لتأخذ الشكل المطلوب بمساعدة الهواء أو الماء الدافئ ، كما يجب أن يطلى الشمع بكحول البولي فينيل عدة مرات ليعمل كعازل بين الشمع والمادة الراتنجية المستخدمة في الاستكمال ويمنع اندماج لون الشمع معها .
- عند استخدام السليكون المطاطي كقالب يجب حساب نسبة انكماشه أثناء الاستخدام ، حيث تصل نسبة انكماشه إلى ١% عند تطبيقه لفترة زمنية محدودة ، ولكن تزيد نسبة الانكماش لتصل إلى ٢,٢% في الفترات الزمنية الطويلة ، ويجب أن يكون سمك قالب السليكون المطاطي كبيرا ليسمح بتماسكه أثناء عمليات الترميم ، وقد يستخدم لهذا الغرض قميص خارجي من الجص يعمل

المنارة للاستشارات
www.

على تماسك قالب السليكون ، كما يمكن أن تضاف إليه مواد مالئة مثل الكاولين أو السليكا لتزيد من تماسكه ، ويتميز السليكون المطاطي (مقارنة بشرائح الشمع) بقدرته العالية على التشكل ليعطي أدق التفاصيل ، ولهذا فهو يستخدم عادة في قوالب تشكيل الأجزاء المفقودة البارة والغائرة والأيادي . ويجب أن يغطي السليكون المطاطي المصبوب كقالب مساحة مضاعفة لمساحة الفجوة ، ويصب ببطء وبالقرب من الحواف لمنع تكوين الفقاعات في المنتصف .

- عند استخدام الجص العادي أو جص باريس أو جص الأسنان كقالب لتشكيل الأجزاء المفقودة من المجسم الزجاجي الأثري يجب مراعاة استخدامه في الأجزاء المستوية التي لا تحتوي على Under cut مثل أيادي الأواني لصعوبة فصله عن الزجاج ، كما يجب أن تضاف مادة عازلة بين القالب الجصي وبين المادة الراتنجية المصبوبة لضمان شفافيتها .
- تسبب اللدائن بعض الأثر على الأسطح الزجاجية لذا يفضل استخدامها في حالة الزجاج المعتم .
- يستخدم البالون المطاطي كقالب داخلي في حالة الأواني ذات الأشكال البسيطة والصغيرة الحجم .

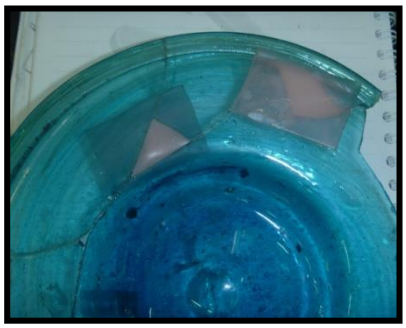
ج- في حالة استخدام خامات صب الأجزاء المفقودة Casting Materials:-

- أن تكون قابلة للصب داخل القوالب .
- أن يكون لها أقل معدل من الانكماش .
- أن تكون شفافة تماماً وتبقى كذلك لفترات زمنية طويلة بعد صبها .
- أن تكون قابلة للتلوين لإمكانية إضافة اللون إلى الأجزاء المفقودة .

ويمكن توضيح مرحلة الاستكمال في الدراسة العملية التجريبية التي أجريت بالبحث كما هو في جدول (٢) حيث تم استخدام العديد من الخامات وأساليب الإستكمال وتحدد اختيار الخامة الملائمة لعمل قالب التشكيل طبقاً لشكل وحجم الجزء المراد استكماله في قطعة الزجاج المجسم .

المنارة للاستشارات
www.

جدول (٢) مرحلة الاستكمال لمنتجات زجاجية مجسمة تحاكي الزجاج الأثري

مراحل الترميم	نموذج (١)	نموذج (٢)
الإستكمال		

- طرق وأساليب استكمال الأجزاء المفقودة من المجسم الأثري :-

تختلف عمليات استكمال الأجزاء المفقودة من المجسم ، ويمكن فصلها إلى عدة مجالات :

- **ترميم واستكمال أجزاء صغيرة من الزجاج:** يتم الاستكمال باستخدام شرائح من (الإسكوتش) أو شرائح من شمع الأسنان ؛ تُلصق على أحد وجهي الزجاج ثم يصب الإيبوكسي ليملأ الفراغ الصغير للجزء المفقود .
- **ترميم واستكمال أجزاء مشكلة في قوالب مأخوذة من الشكل الأصلي للزجاج** : ويستخدم لهذا الغرض عدة أساليب تعتمد على شكل ومكان الجزء المفقود ومادة القالب المتاحة ، فيتم تنفيذ قالب مطابق للجزء المفقود بصب مادة القالب فوق جزء مماثل له في المجسم الزجاجي ، ثم يتم وضع القالب فوق الجزء المفقود ويثبت جيداً فوق الزجاج لمنع التسرب ، ثم تصب المادة الراتنجية داخل القالب.

المنارة للاستشارات
www.

- **ترميم واستكمال أجزاء مشكلة في قالب مأخوذ عن نموذج مطابق للزجاج المفقود** : في هذه الحالة يتم الاستكمال للأجزاء المفقودة في المجسمات الزجاجية التي لا يتشابه فيها الجزء المفقود مع أجزاء أخرى بالمجسم ، حيث يتم تشكيل نموذج من الطين أو من الصلصال للجزء المفقود ، ثم يصب فوقه قالب ، ومن ثم تصب المادة الراتنجية داخل القالب وبعد جفافها تأخذ من القالب وتركب عوضاً عن الجزء المفقود ، وقد يشكل نموذج الجزء المفقود ثم ينفذ فوقه القالب ، ومن ثم يُزال النموذج الطيني تاركاً وراءه فراغ القالب الذي يُملأ بمادة الاستكمال أثناء بقاء القالب فوق المجسم الزجاجي .
- **تجميع لأجزاء المجسم الزجاجي الأثري بدون استكمال** : ويستخدم هذا الأسلوب بغرض العرض المتحفي ، حيث يصعب استكمال مثل هذه النوعية من المجسمات الأثرية لوجود أجزاء كثيرة مفقودة منها ، لذا يتم استنتاج الشكل العام للمجسم عن طريق تجميع القطع المتشابهة معاً ، ثم تجمع فوق نموذج شفاف من شرائح البلاستيك ، وقد يتم التجميع فوق نموذج شفاف من الزجاج المصنع حديثاً يتم استنتاج شكله من الشكل العام للأجزاء الموجودة التي يتم تجميعها .

وهناك مجموعة من الاعتبارات التي يمكن استنتاجها في كل من هذه المجالات منها

أ- ترميم واستكمال أجزاء صغيرة من الزجاج:

- يتم صب المادة المستخدمة في الاستكمال من جهة الوجه الخارجي للمجسم (في حالة ترميم مجسمات زجاجية مغلقة مثل الأواني) كما يفضل الصب من ناحية الوجه الداخلي أحياناً أخرى (في حالة المجسمات المفتوحة مثل الأطباق) .
- تستخدم عادة القوالب ذات الوجه الواحد في استكمال الأجزاء المفقودة ذات الانحناءات الواسعة ، أما في حالة الانحناءات الضيقة فيفضل استخدام القالب ذو الوجهين .
- يراعى استخدام حاجز من الشمع على سطح الزجاج وحول الجزء المفقود للتحكم في عدم خروج المادة اللاصقة .
- يمكن أحياناً صب أكثر من طبقة للوصول إلى السمك والهيئة المطلوبة ، ويتم صب الطبقة التالية بعد جفاف الطبقة الأولى بحوالي من ٤-٦ ساعات ، مع أهمية توجيه وضع المجسم الزجاجي ليصبح الجزء المراد استكماله في وضع أفقي حتى تمام جفاف مادة الاستكمال ، وعادة يفضل أن يكون الصب على مرحلة واحدة حتى لا تحدث شقوق داخلية في الإيبوكسي .
- يتم استخدام مواد مالئة ملونة (مثل الصبغات التي توجد على هيئة حبيبات) ، وتضاف على الإيبوكسي لتعطي اللون المطابق للزجاج .
- يجب اختبار الصبغة أولاً للتأكد من توافقها مع الإيبوكسي .

المنارة للاستشارات
www.

- يتم إعداد اللون باستخدام الألوان الأساسية مثل الأحمر والأصفر والأزرق ثم بعد ذلك إضافة الأسود للحصول على درجات الألوان الداكنة أو الأبيض للحصول على الدرجات اللونية الفاتحة .
- عند تلوين الإيبوكسي يفضل استخدام ضوء النهار لتحديد درجة لون الزجاج ويجب الوضع في الاعتبار سمك طبقة الإيبوكسي ولونه وكمية المحفز لأن زيادة نسبة المحفز تعمل على تفتيح درجة اللون ، أما في الفجوات الصغيرة جدا لا يستلزم وضع صبغة ، لأن شفافية الإيبوكسي ستسمح للضوء بالنفاذ بسهولة ليتلون الإيبوكسي بلون الزجاج المحيط به من كل جانب .

ب- ترميم واستكمال أجزاء مشكلة في قوالب مأخوذة من الشكل الأصلي للزجاج :

- يراعى تضمين القالب فتحات تسمح بخروج الهواء أثناء الصب وأخرى لعملية الصب .
- زيادة المادة المصبوبة عن المعدل لضمان تعويض الانكماش
- لتسهيل عملية الصب داخل وجهي القالب ذو الوجهين تتبع طريقة الحقن خلال زوج من ماصات العصير - تثبت في أحد أوجه القالب – أحدهما لدخول المادة المصبوبة ، والأخرى لخروج الهواء .
- يراعى التحكم في عملية صب المادة الراتنجية داخل القالب باستخدام أدوات مناسبة تتحكم في توجيه الصب بطريقة صحيحة (باستخدام طبق زجاجي أو عمود زجاجي ساخن ليسمح بمزج الايبوكسي بطريقة جيدة) .
- في حالة استكمال أجزاء مفقودة بها Under cut يتم عمل قمع من ورق الألومنيوم عند فتحة الصب يساعد على التغذية المستمرة بالراتنج حتى تمام اكتمال عملية الصب .
- يجب الصب في أحد أركان القالب لتجنب وجود الفقاعات ، وللتخلص من الفقاعات التي قد تنتج يثبت عمود زجاجي بالقرب منها بطريقة رأسية لمدة دقيقة لتصعد إلى السطح .

ج- ترميم واستكمال أجزاء مشكلة في قالب مأخوذ عن نموذج مطابق للزجاج المفقود:

- يراعى دقة تنفيذ نموذج الجزء المفقود وقالب التشكيل لضمان مطابقة الجزء المصبوب الناتج للجزء المفقود .
- يمكن عمل شرائح صغيرة من الإيبوكسي تصب على هيئة لوحات مستوية بسمك الزجاج المطلوب ويترك لمدة ٢٤-٣٦ ساعة ثم يقطع بالشكل المرغوب فيه بواسطة المقص ويلصق داخل الفجوة مع الزجاج بواسطة الإيبوكسي .

المنارة للاستشارات
www.

د- تجميع لأجزاء المجسم الزجاجي الأثري بدون استكمال :

- يتم تحديد الأسلوب الأمثل لتجميع المجسم الزجاجي الأثري بدون استكمال طبقاً لحالة الأثر وعدد القطع الزجاجية المتاحة به .
- يمكن استنباط شكل المجسم الزجاجي لتنفيذ مجسم شفاف مطابق له بمساعدة القطع الزجاجية المتاحة (خاصة الكبيرة منها) ، كما يمكن استنتاج الشكل والأبعاد من مجسمات أخرى مشابهة .

٦- التشطيب النهائي:

بعد إتمام عملية الاستكمال وإزالة قالب التشكيل وتمام جفاف المواد اللاصقة يتم تشطيب الأجزاء المستكملة عن طريق إزالة الأجزاء الزائدة منها من على سطح الزجاج بطرق كيميائية (باستخدام مذيبات مثل الأسيتون) ، أو بطرق ميكانيكية (باستخدام أدوات مثل الصنفرة الخشنة والناعمة) ، ويمكن التأكد من نجاح الإيبوكسي عندما لا يحتاج إلى عمليات التشطيب ، ويلتصق كليا بعد ٤٨ ساعة وكذلك يخرج بسهولة من القالب .

ويمكن توضيح مرحلة التشطيب في الدراسة العملية التجريبية التي أجريت بالبحث كما هو في جدول (٣) .

المنارة للاستشارات
www.

جدول (٣) مرحلة التشطيب النهائي لمنتجات زجاجية مجسمة تحاكي الزجاج الأثري

مراحل الترميم	نموذج (١)	نموذج (٢)
التشطيب		

ويمكن وضع بعض الاعتبارات الهامة في عملية التشطيب كما يلي :

- يمكن إزالة زوائد الإيبوكسي باستخدام الأسيتون في خلال ٢٤ ساعة من استخدامه لأنه يجف تماما بعد حوالي ٧٢ ساعة .
- إذا لوحظ انطفاء لون الإيبوكسي بعد الصب يوضع عليه طبقة رقيقة من الشمع أو الأكريليك أو مزيج من الإيبوكسي وكحول الإيثانول أو يتم صنفرته بصنفرة ناعمة جدا .
- يمكن استخدام الصنفرة المتعددة المقاسات في تشطيب الإيبوكسي ، فإذا كانت الزوائد بارزة بدرجة كبيرة يستخدم في البداية الصنفرة الخشنة ثم الأنعم فالأنعم حتى يتم صقل السطح بشكل جيد ، ولا تستخدم الصنفرة الا بعد جفاف الايبوكسي بشكل تام بعد مرور ٧٢ ساعة .
- يمكن استخدام الصنفرة المبللة بالماء للحصول على درجة تشطيب جيدة وسطح أنعم للإيبوكسي .
- يمكن تلميع سطح الايبوكسي بعد صقله باستخدام أكسيد السيريوم الأحمر وهنا يمكن استخدام ادوات التلميع الميكانيكية وذلك بعد الجفاف التام للإيبوكسي .

المنارة للاستشارات
www.

- النتائج:-

- يعتمد اتخاذ القرار لوضع خطة للصيانة أو الترميم للمجسم الزجاجي الأثري على الحالة العامة للأثر وأهميته وقيمته الأثرية ومدرسة الترميم المتبعة وكيف سيتم استخدامه أو حفظه أو عرضه .
- تم تحديد أهم الاعتبارات المؤثرة في عمليات تنظيف المجسمات الأثرية الزجاجية بداية من اعتبارات استخدام خامات وأدوات متنوعة ، وصولاً إلى الاعتبارات المختلفة للأساليب المستخدمة في هذه العمليات .
- تم تحديد أهم الاعتبارات المؤثرة في عمليات ترميم المجسمات الأثرية الزجاجية (التجميع – الاستكمال) بداية من اعتبارات استخدام خامات وأدوات متنوعة ، وصولاً إلى الاعتبارات المختلفة للأساليب المستخدمة في هذه العمليات .
- تم وضع مجموعة من الاعتبارات الهامة لاختيار اللواصق أو المواد المصبوبة في عمليات الترميم ومنها : أن تكون مادة اللاصق قابلة للاسترجاع ، شفافة عديمة اللون ، لا تسبب أي تلف للزجاج أثناء تطبيقها ، يتناسب معدل التمدد والانكماش لها مع معامل تمدد وانكماش الزجاج حتى لا ينفصلا عند درجة الحرارة المرتفعة ، يقاوم اللاصق عامل التلوث الجوى .
- تم تحديد أهم خصائص خامات تنفيذ قالب تشكيل الأجزاء المفقودة من الأثر الزجاجي ومنها : لا تحدث ضرراً فيزيائياً أو كيميائياً للزجاج ، تحقق تشكيلاً دقيقاً ومتطابقاً مع أجزاء الأثر المفقودة وتشكل التفاصيل الدقيقة له ، تتميز باللزوجة المناسبة أثناء التشكيل ، تقاوم الحرارة الناتجة عن تفاعلات البلمرة للمواد اللاصقة ، كما يجب أن لا تتفاعل معها.
- يمكن فصل أساليب استكمال الأجزاء المفقودة من المجسم الأثري إلى عدة مجالات تضم : ترميم واستكمال أجزاء صغيرة من الزجاج - ترميم واستكمال أجزاء مشكلة في قوالب مأخوذة من الشكل الأصلي للزجاج - ترميم واستكمال أجزاء مشكلة في قالب مأخوذ عن نموذج مطابق للزجاج المفقود - تجميع لأجزاء المجسم الزجاجي الأثري بدون استكمال .

المنارة للاستشارات
www.

- التوصيات:-

- تفعيل تطبيق الاعتبارات التكنولوجية في مجال ترميم الزجاج الأثري بما يسهم في نجاح منظومة الترميم والحفاظ على التراث .
- التأكيد على زيادة الجوانب المعرفية والتكنولوجية للمرمم حول اعتبارات ترميم الزجاج المجسم بهدف رفع القدرات المهارية في مجالات ترميم الزجاج .
- إنشاء مركز بحثي متخصص في مجال ترميم الزجاج بمصر .

المراجع :-

١. مارى بر ويكو. الحفظ فى علم الآثار – الطرق والأساليب العلمية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية ، ترجمة د. محمد أحمد الشاعر. المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية. القاهرة. (٢٠٠٢)

٢. محمد فهمي عبد الوهاب. دراسات نظرية وعملية فى حقل الفنون الأثرية وطرق ومواد الترميم الحديثة. مطابع دار الشعب. القاهرة. (١٩٧٨)

3- Andre، J. (1976). *The restorer's handbook of Ceramics and glass* . New York: Van Nostrand Reinhold Company.

4- Davison، S. (2003). *Conservation and restoration of glass.* UK: Elsevier Ltd.

5- Koob، S. P. (2006). *Conservation and Care of Glass Objects.* London: Archetype publications Ltd.

6- S-Davison، R.-N. &. (1989). *Conservation of glass.* London.

7- Sedlackova، H. (2006). Ninth-to Mid-16th Century glass Finds in Moravia. *Journal of glass Studies، 48*، 191-224.

المنارة للاستشارات

www.