دراسة تأثير عوامل التلف المختلفة فى تلف الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن ومنهجية العلاج والصيانة تطبيقا على أثر زجاجى محفوظ بمخزن متحف الفن الإسلامى بالقاهرة

Study of the effect of various damage factors on the damage of the glass artifacts kept in historical stores and the methodology of treatment and conservation appliedon the glass artefact kept in Museum of Islamic Art in Cairo

أ.د/ سلوى جاد الكريم ضوى
أستاذ ترميم وصيانة الآثار، قسم الترميم، كلية الأثار، جامعة القاهرة.

Prof. Dr. Salwa Gad EL-Karim Dawi
Professor of Conservation of Antiquities at The Dept.of Conservation, Faculty of Archaeology, Cairo University
Sgdawi@yahoo.com

أ.د/ محمد محمد مصطفى
أستاذ ترميم وصيانة الآثار، قسم الترميم، كلية الأثار، جامعة القاهرة.

Prof. Dr. Mohamed Mohamed Mostafa
Professor of Conservation of Antiquities at thedept. ofconservation, facultyofarchaeology, cairouniversity
Mmmi228@yahoo.Com

م.م/ رانيا عبد الجواد نعمان العريبى
مدرس مساعد، قسم الترميم، كلية الأثار، جامعة القاهرة.

Assist. Dr. Rania Abdel-Gwad Noman Eloriby
Assistant lecturer, The Dept.of Conservation, Faculty of Archaeology, Cairo University
Princessrania88@yahoo.com

ملخص البحث:

يعتبر الزجاج من المواد الثابتة نسبياً في جو الحفظ العادي، وذلك بمقارنته بالمواد الأخرى، حيث أن معدل تأثره بالعوامل المتلفة للآثار يعد بطيئاً إلى حد ما، ولا يظهر بصورة واضحة إلا بعد مرور فترات زمنية بعيدة. ونظرا لأن تأثير العوامل المتلفة للآثار الزجاجية تختلف وفقا لظروف الحفظ، لذا يناقش البحث عوامل ومسببات تلف الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن.

ويقدم البحث دراسة حالة لترميم أثر زجاجى محفوظ بمتحف الفن الإسلامي بالقاهرة، ويهدف البحث إلى دراسة التركيب الكيميائى للآثر، ومعرفة مكوناته، ومدى ما وصل إليه من تلف بالإضافة إلى ذلك أجراء عمليات الترميم والتخزين للآثر. لذا فقد استخدمت العديد من الفحوصات والتحاليل المختلفة ومنها التصوير بالميكروسكوب الضوئى المحمول، والميكروسكوب الإلكتروني الماسح والتحليل باستخدام الميكرسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة السينية (EDX)، والتحليل بحيود الأشعة السينية (XRD). وقد نفذت عمليات الترميم والصيانة للأثر الزجاجي وتشمل عمليات التنظيف الميكانيكى، والكيميائى، والتجميع والاستكمال للأجزاء المفقودة، وكذلك تمت عملية التخزين باستخدام مواد معظمها خالية من الحموضة، وبطريقة تدعيمية لتحافظ على الآثر أثناء عملية التخزين.

الكلمات المفتاحية: أثار زجاجية، عوامل ومظاهرالتلف، صدأ الزجاج، الفحص والتحليل، العلاج والصيانة.

Abstract:

Glass is a relatively stable material in the normal preservation environment, compared to other materials, as its rate of deterioration is somewhat slow, and does not appear clearly until long periods periods have elapsed. Because the impact of the different deterioration factors of glass effects varies according to conservation conditions, Therefore the research discusses the factors and causes of the damage of glass effects kept in historical stores.

The research presents acase study for the restoration of glass artefact preserved in the Museum of Islamic Art in Cairo, the aim of the research is to study the chemical composition of the artefact, its components, and the extent of its damage in addition, the restoration and storage operations were carried out. Therefore, many different examinations and analysis were used, including imaging with the portable optical microscope, scanning electron microscopy and analysis using scanning electron microscope provided with (EDX)unit and XRD analysis. Glass restoration and conservation operations have been carried out, including mechanical and chemical cleaning, assembly and completion of the missing parts. The storage process was carried out using materials that were mostly acid-free and in a supportive manner to preserve the impact during the storage process.

Key words:

Glass artefacts, Factors and aspects deterioration, corrosion of glass, Examination and Analysis, Treatment and conservation.

المقدمة introduction

تتعدد العوامل المتلفة التى تؤثر سلبا على الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن فمنها عوامل التلف الداخلية وهي مرتبطة بتركيب وتصنيع الآثار الزجاجية حيث تضم عيوب التصنيع العديد من مسببات التلف ومنها التى تنشأ من التركيب الكيميائى غير المستقر للزجاج، أو أثناء تحضير الصانع لخامات وخلطة الزجاج، أو أثناء المعالجة الحرارية . وعوامل تلف خارجية وهي تعنى البيئة المحيطة التى يتواجد بها الأثر الزجاجى. ويمكن شرح كلا العاملين كالتالى:

أولا: عوامل التلف الداخلية: Indogenous Deterioration Factors

وهي مرتبطة بطبيعة المادة الزجاجية وتركيبها وطريقة تصنيعها وبالتى يمكن تناولها كما يلى:

1- التركيب الكيميائى للزجاج: Chemical composition of glass

يعرف الزجاج المصرى القديم من الناحية الكيميائية طبقا لما ذكره (Pollard,1996) بزجاج سليكات الصوديوم والكالسيوم Calcium and Sodium Silicate glass(Ca, Na, SiO_2) أى أن المكونات الأساسية لهذا النوع من الزجاج القديم هى:

أ- السليكا (Silica,SiO_2) والتى تمثل الأكسيد المكون للتركيب الشبكى للزجاج Net work Former، وكذلك تمثل الهيكل الأساسى للزجاج والمكونة للتركيب الشبكى حيث يمكنها تكوين المادة الزجاجية.

ب- أكسيد الصوديوم أو البوتاسا (Sodium Oxide,Potassium Oxide Na_2O,K_2O) ويمثل الأكسيد القلوى المطور للتركيب الشبكى للزجاج Net work Modifier، وتعرف بعوامل الصهر القلوية حيث أنها لها القدرة على خفض درجة حرارة المصهور الزجاجى ولذلك تعرف بمساعدات الصهر Flux

ج- أكسيد الكالسيوم أو الجير (Calcium oxide -Lime) والتى تدخل فى تطوير التركيب الشبكى للزجاج وتساعد فى زيادة معدل ثبات الزجاج glass Durability وتعرف بعوامل التثبيت بالزجاج .glass Stabilizers

د-المواد الأخرى وتمثل أكاسيد مصاحبة للمواد الخام الأساسية كشوائب غير متعمدة الإضافة، أو مواد مضافة عن عمد للحصول على مواصفات خاصة بالزجاج.

ويعد التركيب الكيميائى للزجاج هو المؤشر العام لمدى ثبات الزجاج وقوة تحمله لعوامل التلف المؤثرة (Bellendorf,P.,2010)وقد قسم الزجاج من هذه الناحية إلى الأنواع الأتيه:

- الزجاج الأكثر ثباتا Durable glass ويمثل زجاج سليكات الصوديوم والكالسيوم Soda, Lime, Silica glass المحتوى على نسب مناسبة من هذه العناصر والتى تقع فى المعدلات الآتية:

السليكا SiO_2: من 73% - 74%.

الصوديوم Na_2O: من 15% - 16%.

الكالسيوم Ca_2O : من 7% - 13%.

- الزجاج المتوسط الثبات Least durable glass وفيه تبدأ نسبة القلوى فى الإرتفاع على حساب نسبة السليكا والكالسيوم.
- الزجاج الأقل ثباتا Undurable glass وهو الزجاج المحتوى على نسبة عالية من القلوى تتجاوز 25% وتنخفض نسبة الكالسيوم عن 7% ونسبة السليكا عن 65% (سلوى، 1995).

تأثير النسب المختلفة للمكونات الأساسية على خواص الزجاج:

يتضح مما سبق أن لكل مكون من المكونات الأساسية للزجاج دور هام ومحدد داخل التركيب الشبكى للزجاج ، ومن هنا فإن خواص الزجاج المنتج تختلف باختلاف نسب مكوناته الأساسية من السليكا والقلوى والكالسيوم ، فالنسبة العالية من السليكا مطلوبة ولكنها تتطلب درجة حرارة عالية للإنصهار ومعالجة حرارية دقيقة بدونها يتعرض الزجاج للكسر وبسهولة ، ويصبح زجاجا ضعيفا أو أقل متانة Un durable glass بينما النسبة العالية من القلوى Alkali فإنها تخفض من درجة انصهار الزجاج وتجعل الزجاج أكثر تحملا لإختلاف درجات الحرارة عند التصنيع والتشكيل ، إلا أنها تعرض الزجاج المنتج للتلف مع مرور الزمن خاصة إذا ما وجد فى جو رطب ، وتعرضه للتأكل corrosion of glass ويصبح زجاجا أقل ثباتا Unstable glass(Newton,R.,1985,).وأما النسبة المحددة من الكالسيوم فإنها مفيدة جدا ، إذ أنها تعمل على زيادة درجة صلابة الزجاج وتزيد من متانته وتجعله أكثر مقاومة للذوبان فى الماء .

2- عيوب عملية التصنيع:

تنشأ عيوب التصنيع فى الأساس نتيجة الأهمال وعدم الخبرة من قبل الصانع فمنها عيوب تحدث أثناء تحضير الصانع لخامات وخلطة الزجاج ومنها ألا تكون الخامات على درجة كبيرة من النقاء أو من خلال عدم ضبط نسب المركبات الأساسية المكونة للزجاج أو عدم قابلية الخامات للمزج مزجا جيدا مع غيرها من مواد الخلطة المعدة للصهر.

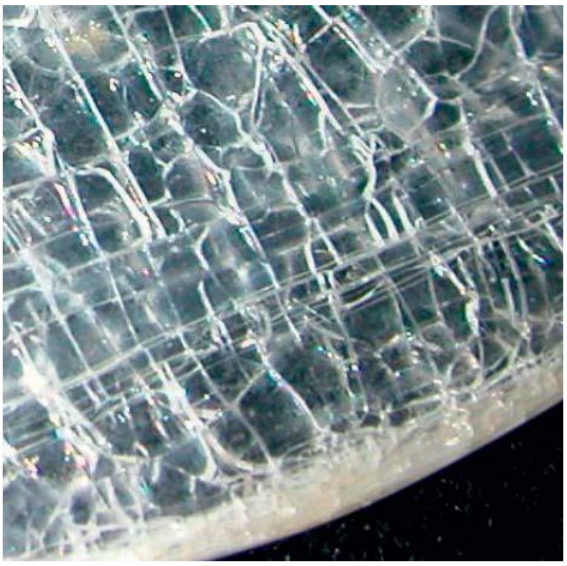
وتحدث أيضا عيوب أثناء المعالجة الحرارية ومنها عدم الوصول إلى درجة الحرارة اللازمة لصهر خامات الزجاج وحدوث التبريد السريع والمفاجئ وعدم توفير المعالجة الحرارية اللازمة لسلامة الأوانى بعد تشكيلها.

مظاهر التلف الناتجة عن عيوب التصنيع:

أ- الشروخ Cracks:

هي عبارة عن عدد لانهائي من الشروخ الدقيقة التي تسير في صورة خطوط في جميع الاتجاهات، مكونة شبكة من الشروخ التي تعطي في النهاية مظهراً يشبه قطع السكر الصغيرة Sugar appearance على سطح الإناء.

وقد تم تفسير سبب هذه الظاهرة على أنها ترجع إلى التبريد السريع للمنتج الزجاجي، ذلك أنه إذا لم يتم تبريد المنتج الزجاجي بعد تصنيعه تبريداً بطيئاً تدريجياً، فإن السطح الخارجي للزجاج سوف تنخفض درجة حرارته بسرعة أكبر من الجزء الداخلي وبالتالي ينكمش أسرع، وهذا الانكماش غير المتوقع يؤدي إلى حدوث اجهادات (Strains) متنوعة، والتي تؤدي مع مرور الوقت إلى حدوث هذه الشروخ، وفي النهاية تؤدي إلى تفتت المنتج الزجاجي نتيجة للضعف الذي أصاب بنائه.



صورة رقم (1) توضح الشروخ والشقوق الدقيقة على سطح الزجاج نقلا عن
Archaeological Evidence for glass working, guidelines for best practice,2011, p.4

ب–الفقاعات الهوائية: - Air Bubbles

عبارة عن جيوب هوائية داخلية في مادة الزجاج ، وتنتج هذه الظاهرة نتيجة خطأين متتابعين ، أولهما عدم ضبط نسب مكونات الزجاج وخاصة نسبة السليكا ، فزيادة نسبة السليكا في خلطة الزجاج يجعلها تحتاج إلى درجة حرارة عالية للصهر(David,W., 2006)، وثانيهما أنه لضمان تجانس خلطة المصهور الزجاجي ومزجه جيدا ، وبالتالي التخلص من الفقاعات والغازات فإن ذلك كان يتطلب من الصانع إبقاء المصهور عند درجة الإنصهار لفترات مناسبة لضمان التخلص تماما من هذه الغازات والأبخرة وهو الأمر الذي غالبا ما يغفله الصانع ومن هنا يمكن القول أن ظاهرة الإصابة بالفقاعات الهوائية تنتج عن عدم الوصول إلى درجة الحرارة المناسبة أثناء عملية صهر الزجاج او بقائه عند درجة الإنصهار لفترات طويلة للتخلص من الغازات التي لا تساعد اللزوجة العالية للمصهور على هروبها(Shelby.J.,2005).

ج- ظاهرة التحجرStoning:

وهذه الظاهرة عبارة عن بقع أو خطوط بيضاء معتمة، وتبدو الآنية المصابة بهذه الحالة كما لو كانت مصنوعة من المرمر، وتحدث نتيجة احتمال اختلاط مصهور الزجاج بالشوائب الموجودة فى بوتقة التصنيع أثناء عملية صهر الزجاج، وكذلك التهاون من جانب الصانع فى إزالة طبقة الخبث الأبيض White Slage التى تتكون على سطح مصهور الزجاج (سلوى ،1995).

د- فقدان الشفافية (إعادة تبلور الزجاج): Devitrification

تعرف ظاهرة **Devitrification** بظاهرة زوال الشفافية وكذلك إعادة التبلور، وهي محصورة فى وصف تكوين البلورات فى المصهور الزجاجى، أى ظهور طور بلورى معتم فى وسط الطور اللابلورى نتيجة لعيوب وأخطاء فى العملية الصناعية، وذلك أثناء عملية التبريد إذا كانت سرعة التبريد ليست كافية (بطيئة) ومن هنا جاءت ضرورة تبريد الزجاج تبريدا مفاجئا وسريعا (برديكو،2002).

حيث أن الزجاج فى الأصل مادة صلبة غير متبلورة Amorphous Substance يتحول تدريجيا عند إعادة بلورة مكوناته الأساسية أو بعض المركبات الناتجة عن إتحاد المكونات الأساسية للزجاج فى صورة أطوار منفصلة ومتميزة فى الوسط الزجاجى ويتحول الزجاج من الشفاف إلى المعتم ، ويمكن أن تنشأ هذه الظاهرة تلقائيا بمرور الزمن ، حيث تحدث هذه الظاهرة نتيجة للتلف والإنحلال الكيميائى للتركيب الكيميائى للزجاج Chemical decomposition نتيجة تعرضه لعوامل التلف فى ظروف البيئة المحيطة وأهمها درجات الحرارة والرطوبة حيث يحدث على فترات طويلة من الزمن إعادة تبلور مكونات الزجاج ، وتسبب هذه الظاهرة عند حدوثها تلف للزجاج Deterioration of glass خاصة المحتوى على نسبة عالية من القلوى(Abd-Allah, R,2007) .

هـ- الشوائب الرملية Sandy Impurities:

وهى عبارة عن بقع بنية، أو معلقات من الرمال فى الوسط الزجاجى ويرجع وجودها إلى عدم الوصول إلى مصهور متجانس Homogenous liquid أثناء عملية صهر الزجاج، وينتج عن ذلك وجود حبيبات رملية لم تنصهر انصهاراً كاملاً، وبالتالى تتواجد فى الإناء الزجاجى بعد تشكيله فى صورة معلقات رملية بنية اللون (Davison, S.,2006) .

ثانيا: عوامل التلف الخارجية

لعوامل التلف الخارجية أثرها الفعال على الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن، فالتغير الحادث للزجاج الأثرى لا يرتبط فقط بخواصة الذاتية لتركيبه الكيميائى ولكن يرتبط أيضا بالبيئات التى يوجد بها، فهناك العديد من العوامل الجوية Weather Factors المختلفة التى لها تأثير متلف على الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن ومنها الرطوبة بمصادرها المختلفة والتلوث الجوى والحرارة والكائنات الحية الدقيقة والأهتزازات بمصادرها المختلفة والتلف البشرى.

1- الرطوبة:

تعتبر الرطوبة من أهم عوامل التلف التى تؤثر على الآثار الزجاجية، إذ تعتبر حلقة الوصل لمعظم عوامل التلف الأخرى، هذا إلى جانب دورها كعامل هدم فردى بدون اشتراك العوامل الأخرى معها (Papadopoulos,N., 2012).

- **ميكانيكية حدوث التلف الناتج من الرطوبة على الآثار الزجاجية:**

ينتج عن ارتفاع الرطوبة على الآثار الزجاجية ظاهرة صدأ الزجاج والتى تحدث نتيجة عملية التبادل الأيونى (Ion exchange) بين الأيونات القلوية فى التركيب الشبكى للزجاج وبين أيونات الهيدروجين فى الماء وبالتالى فهى عملية تحلل مائى للزجاج Glass Dissolutionأو Hydration (Fearn,S.,2004).

وتحدث عملية التلف للزجاج عن طريق الماء على ثلاث مراحل وهما: (أولاً: التميؤ Hydration حيث يتحد جزئ الماء مع سطح الزجاج ويتصرف كمذيب. ثانياً: مرحلة التحلل المائى Hydrolysis والتى يتفاعل فيها الماء مع أيونات القلوى والتى تؤدى إلى تكون مجاميع الهيدروكسيل. ثالثا: التبادل الأيونى Ion exchangeوالتى يتم فيها التبادل الأيونى بين

كاتيونات القلوى alkali cations مثل الصوديوم أو البوتاسيوم وأيون الهيدروجين (البروتون) حيث تنتقل وتتحرك من المحلول بداخل الزجاج (Silvestri,A.,2005).

وتعد عملية تلف الزجاج بالماء هى الظاهرة الأخطر على الأطلاق حيث يتحول معها جسم الأثر إلى مادة هشة متأكلة ومتحولة دون أن يبقى من جسم الأثر شئ، وقد أطلق على هذه الظاهرة مصطلح تجوية الزجاج Weathering of glass وتحدث هذه الظاهرة لغالبية الزجاج القديم والمعروف كيميائيا بزجاج القلوى والجير Lime, Silica glass (Fitz,S., 1991).

مظاهر التلف الناتجة عن ظاهرة التأكل السطحى للزجاج (صدأ الزجاج) Corrosionofglass:

أ-الزجاج الهيدروجينى وإعتام الزجاج :Hydrogen glass and dulling

وهي ظاهرة طبيعية نتيجة لتعرض سطح الزجاج للعديد من التفاعلات والتغيرات الكيميائية فى بادئ الأمر والتى ينتج عنها تكون طبقة رقيقة من الزجاج الهيدروجينى Hydrogen glass layerوالناتجة عن عمليات التبادل الأيونى بين سطح الزجاج والماء، حيث يفقد الزجاج شفافيته ويتحول إلى نصف شفاف Semi transparent glassوباستمرار التبادل الأيونى وتكون طبقات أخرى من الزجاج الهيدروجينى على سطح الزجاج يفقد الزجاج شفافيته تماما ويتحول إلى زجاج معتم Opaque glass(Goldfinger,J.,2009).

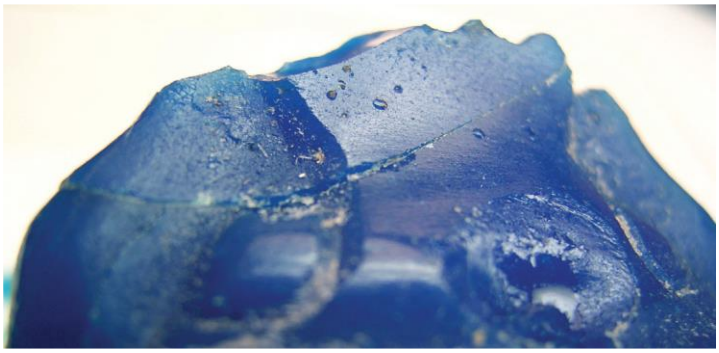
ب- الطبقات البيضاء المعتمة (الصدأ الأبيض) :Milky – opaque layers

هذه الطبقات تبدأ فى الظهور مع إزدياد معدلات التبادل الأيونى وتكون الزجاج الهيدروجينى على سطح الزجاج، وهي عبارة عن طبقات بيضاء معتمة وقد يتخللها خطوط بيضاء تكون سطحية فى البداية ولكن فى الحالات المتقدمة من التلف تتعمق هذه الخطوط وتمتد إلى الداخل مسببة تأكلا فى جسم الزجاج إلى جانب تلونها بألوان أخرى متعددة كاللون الأصفر واللون البنى(Newton,R.,&Davison,S.,1989) كما يتضح فى صورتان رقم (1)، (2).

صورتان رقم (1)،(2) توضحان ظاهرة الصدأ الأبيض المعتم لصنجتان محفوظان بمخزن آثار رشيد ، تصوير الباحثة .

ج- ظاهرة الزجاج الباكى أو المعروق :Weeping or sweating glass

ترجع التسمية لهذه الظاهرة إلى المظهر الذي يبديه سطح الزجاج من تكون قطرات مائيه عليه، وتحدث هذه الظاهرة فى المرحلة الوسطية من مراحل تأكل الزجاج والتى يتم فيها تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع غاز ثانى أكسيد الكربون المتواجد فى الوسط المحيط لتتكون كربونات الصوديوم الهيجروسكوبية التى لها القدرة على إمتصاص الماء وتركيزه على سطح الزجاج فى صورة قطرات مائية (سلوى، 1995) كما يتضح فى صورة رقم (3).



صورة رقم (3) توضح ظاهرة الزجاج الباكى على سطح جعران زجاجى محفوظ بالمتحف البريطانى نقلا عن Fletcher,P.,Freestone,I.,Geschke,R.,2008.

التقزح اللونى: Iridescence

تنتج هذه الظاهرة نتيجة إصابة الزجاج بالتلف وتكون نواتج تلفه السطحية فى صورة قشور أو طبقات رقيقة متعاقبة,(Norton,M., 2013) ، وعندما تكون هذه الطبقات قليلة العدد ورقيقة فعند سقوط الضوء عليها بزاويا مختلفة فإنه ينكسر و يتحلل إلى أطيافه الأساسية وتظهر ألوان الطيف على سطح الزجاج ، وتعرف هذه الظاهرة باسم تلاعب الألوان Play of color ويتضح ذلك فى صورة رقم (4)، وقد لوحظ أن هذه الظاهرة تنتشر فى الزجاج المتآكل والمستخرج من الحفائرو المحفوظ بالمخازن بنسبة عالية وذلك ما تم ملاحظته من الدراسة التى أجريت فى مخزن آثار رشيد ، لوحة رقم (1) .

صورة قم (4) توضح ظاهرة (التقزح اللونى) تلاعب الألوان على سطح آنية زجاجية من العصر الرومانى نقلا عن Norton,M.,2013,P.402.

أ ب ج

لوحة رقم (1) توضح مظاهر التآكل والتقزح اللونى للصنج الزجاجية المحفوظة بمخزن آثار رشيد، تصوير الباحثة.

2- تأثير الملوثات الجوية Air pollution effect

إن مكونات التلوث الجوى مختلفة منها الغازية والسائلة والصلبة التى تحدث أضرارا فيزيوكيميائية للمكونات المعدنية الداخلة فى تكوين الأثار حيث تسبب غازات التلوث الجوى ومنها غاز ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) وغاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) فى تلف الآثار الزجاجية وخاصة فى وجود الماء حيث تصبح عوامل تلف لا يستهان بها ، حيث تؤدى هذه الغازات إلى الهجوم الحمضى للزجاج(Ziemath,E.,1998) ، حيث أنها تتفاعل مع العناصر القلوية المفصولة بالنزح لتعطي أملاح كبريتات وكربونات وتكون لحد ما قابلة للذوبان(,.Goffer,Z2007). وكذلك من مصادر التلوث بالمخازن والتى تعرف بالمصادر الداخلية مثل مواد البناء ومواد التغليف والتخزين والتى تنبعث منها غازات ضارة (إدارة المتاحف ،2007). وهناك العديد من الدراسات التى تناولت تأثير الملوثات العضوية فى المتاحف والمخازن على سطح الزجاج غير المستقر فقد درس (Robinet,2006) سطح الزجاج بمتحف كورننج للزجاج (Corning Museum of Glass والمتحف القومى بأسكتلندا (National Museum of Scotland) (NMS)وما تكون على سطح الزجاج الأثرى من رواسب ومواد متبلورة على السطح ناتجة من اتحاد الفورمالدهيد وحمض الأستيك وحمض الفورميك حيث تكون على السطح بلورات من فورمات القلويات والأسيتات.

3- تأثير الحرارة Temperature effect

تتمثل خطورة هذا العامل فى حالة التذبذب ما بين الارتفاع والانخفاض فى درجة الحرارة وهذا العامل له خطورته على الآثار الزجاجية المزخرفة حيث تتأثر هذه الزخارف تأثرا واضحا وذلك نتيجة للأختلاف فى تعامل أجزاء الأنية الزجاجية مع ارتفاع وانخفاض درجة الحرارة ، حيث أن جسم الأنية الزجاجية يتعرض للإنكماش والتمدد بدرجة تختلف عن الأجزاء المحتوية على الزخارف حيث أن معامل التمدد والانكماش بالنسبة لجسم الأنية يختلف عن معامل التمدد والانكماش بالنسبة لهذه الزخارف أو الأكاسيد المعدنية ممايؤدى مع تكرار معدل التذبذب إلى انفصال هذه الزخارف وتعرضها للسقوط (سلوى جاد، 1995).

4- تأثير الكائنات الحية الدقيقة (التلف البيولوجى) :Biodeterioration effect

لا يمثل الأثر الزجاجى النظيف وسطا ملائما لنمو الكائنات الحية الدقيقة ولكن إذا كان هذا السطح رطب أو مغطى بالأتربة أو المواد الدهنية أو بعض اللواصق فهنا تجد تلك الكائنات وسط جيد للتغذية وملائم لنموها وتكاثرها (Carmona,N.,2006) ، وكذلك يكثر تواجدها على الزجاج المخزن فى ظروف رطبة .

ويرجع تأثير تلف الكائنات الحية الدقيقة على الزجاج فى أنه يهاجم بعض العناصر الداخلة فى تركيب الزجاج مثل الفسفور والبوتاسيوم والحديد والمنجنيز والكالسيوم وأن نموها يساعد بعض هذه العناصر على الهجرة ، كما أن نموها يسرع من العمليات الفيزيوكيميائية على سطح الزجاج حيث تمتص الماء من الجو ويغير نمو تلك الكائنات من الأس الهيدروجينى PH لسطح الزجاج فبعضها يخفض هذه القيمة إلى (2 : 4) ، والبعض الآخر مثل بعض أنواع الطحالب ترفع القيمة إلى اكثر من 10، إلى جانب أنها تنقل الماء من مكان لأخر على الزجاج ممايؤدى إلى إنتشار بيئة قابلة للهجر والنزح(Krumbein, W.,1991,) .

5- الذبذبات والأهتزازات :Vibrations

تسبب الأهتزازات والذبذبات الناتجة من المصادر المختلفة كحركة الطائرات أو حركة مرور السيارات وغيرها من وسائل النقل الثقيل ضررا مباشرا على الآثار الزجاجية بمختلف أنواعها ، فالزجاج مادة قابلة للكسر سهلة التهشم تحت أى ضغوط بسيطة ، لذلك فإن غالبية المتاحف التى تقع داخل نطاق الميادين المزدحمة بحركة المرور تكون أكثر عرضة لتأثير هذه الذبذبات والاهتزازات التى تؤثر على المدى البعيد على المقتنيات الزجاجية المخزونة والمعروضة لذلك فأنه من الأمور الهامة جدا والتى تتعلق بصيانة الآثار هو حسن اختيار مكان متحف الآثار داخل نطاق المدن ، وكذلك التصميم المناسب لقاعاته وصناديق حفظ الآثار به لتجنب المخاطر التى تنجم عن تأثير وسائل النقل المختلفة على مقتنيات المتحف (Jhonson,B.,1995). والتعرض للضغوط الميكانيكية والأهتزازات والذبذبات يعرض الآثار الزجاجية للتهشم والكسر مثال ذلك متحف الفن الإسلامى وما تعرض له من عملية تفجيرية إرهابية فى تاريخ 2014/1/24، وما تولد عنه من هزات قوية ومدمرة أدت إلى ضياع جزء كبير من الآثار الزجاجية المعروضة والمخزونة بداخل المتحف.

6- الإتلاف البشرى:

يتخذ التلف البشرى سواء كان متعمدا أو غير متعمد، صورا وأشكالا عديدة، وهذا التلف قد يكون مباشرا يبدو فى حينه أو غير مباشر تتضح مظاهره فيما بعد، ومن أهم مظاهر الإتلاف البشرى للآثار الزجاجية:

أ-الترميم الخاطئ: Faulty Restoration

قد يحدث فى بعض الحالات وينجم عنه حدوث تلف للقطعة أو تغيير فى سماتها وخصائصها، ولذلك لابد من البحث والدراسة المستفيضة للمواد والأساليب المستخدمة فى العلاج والصيانة وذلك لتلافى استخدام مواد غير ملائمة قد تحدث اضرار فى وقتها أو مستقبلها، ونظرا للطبيعة الهشة والضعيفة للزجاج، فإن حدوث أى خطأ سواء أثناء إجراء عمليات العلاج المختلفة أو فى اختيار المواد المناسبة للترميم يؤدى إلى حدوث أضرار بالغة بالنسبة للزجاج والتى يصعب إصلاحها فى الغالب(Davison, S.,2006)

ويعتبر حسن اختيار مواد الترميم هو البداية الحقيقية لنجاح عملية الترميم، ولذلك يشترط فى المواد المستخدمة فى عمليات ترميم الآثار سواء بهدف لصق أجزاءها أو تقويتها أو عزلها، أن تكون مأمونة الجانب ولها خاصية الأسترجاع Reversibility حتى يمكن حلها بسهولة عندما يتطلب الأمر إعادة الترميم (Horie,C.,2010).

ب- الأهمال وعدم الحرص فى تناول الآثار الزجاجية Human caireless:

لأن الزجاج يتميز بخفة الوزن، وقابليته للكسر بسهولة، فإنه يتعرض للتلف بسبب ذلك سواء محفوظ بالمخازن أو معروض بقاعات العرض أو عند نقله من مكان لآخر خاصة إذا لم يكن لدى القائمون على نقل وتناول هذه المقتنيات الوعي والحرص والقدرة على كيفية التعامل مع هذه النوعية من الآثار، وأخطر ما ينجم عن ذلك تهشم الأوانى الزجاجية نتيجة لسقوطها على الأرض أثناء تناولها ونقلها من مكان لآخر أو وضعها داخل فتارين العرض أو أرفف مخازن الآثار.

لذلك تعتبر عملية نقل الآثار الزجاجية أو سحبها من على الأرفف من الأمور الفنية الهامة التى يجب تدريب القائمون بذلك عليها جيدا حتى لا تتعرض الآثار الزجاجية لمخاطر بالغة يصعب علاجها (Davison,S.,2006).

ج- سوء التخزين للآثار الزجاجية:

يعرف سوء التخزين بالتخزين غير الملائم للقطع المتمثل فى استخدام وتطبيق طرق وأساليب تخزين غير مناسبة للقطع الأثرية ومنها وضع الآثار على الأرض مباشرة مما يجعلها عرضة للتلف الحشرى والفطرى، عدم توافر صيانة دورية وتنظيف دورى وعدم اتباع الطرق السليمة للتهوية مما يؤدى إلى تكدس الأتربة والغبار والملوثات على القطع الأثرية، وكذلك وضع الآثار فوق بعضها وملاصقة لبعضها دون الفصل بينها مما ينتج عنه تولد احمال وضغوط تؤدى إلى كسر القطع الزجاجية الضعيفة والهشة (Brill,R.,1975).

وعدم تصنيف القطع وتوزيعها وفقا لحالتها ومادة الصنع كذلك عدم مراعاة طبيعة ووزن وقيمة القطع الأثرية عند تخزينها، ووضع القطع الأثرية بطريقة غير متقنة بالأرفف مما يعرضها للكسر وكذلك وضع القطع الأثرية فى مكان غير آمن أو مكان سهل الأنزلاق مما يعرضها للسقوط، وأيضا وجود ثقوب أو تجاويف بالأرفف والكابينات يؤدى إلى دخول الحشرات ومهاجمتها للأثر، كذلك عدم إجراء تخطيط يسبق توزيع القطع حيث يتم وضع القطع الكبيرة أعلى القطع الصغيرة مما يعرضها للأجهادات والضغوط.

وكذلك من صور سوء التخزين عدم اتباع انظمة التخزين الأرشيفية الصحيحة المدعمة بالتقارير والصور التى تسهل الوصول إلى المقتنى الأثرى بشكل انسيابى ويسر ، وعدم وجود بطاقة تعريف Label للمساعدة على معرفة المعلومة الأثرية التوثيقية للقطعة ، والوقوف على حالتها أو لتعرض البطاقة للتحلل والتلف بمرور الوقت، وتخزين للأثار الزجاجية داخل الحاويات الخشبية والتى ينبعث منها الملوثات العضوية والأحماض الضارة مثل حمض الأسيتيك والفورمالدهيد وحمض الفورميك والتى تؤدى إلى تلف سطح الزجاج وتعجل من حدوث عملية التحلل المائى (Hydrolysis) ومن ثم حدوث الصدأ للزجاج (Wronowa,G.,2011) .

د- عدم تطبيق إجراءات الصيانة والحماية الدورية:

ويتمثل أفتقاد الصيانة الدورية فى عمل رصد وقياس دورى للعوامل البيئية المحيطة بالأثر ببيئة التخزين كافة، وأفتقاد الأسس العلمية الصحيحة فى الصيانة، واهمال النظافة والتفتيش والفحص والمراقبة الدورية مما يؤدى إلى تكدس الأتربة والأتساخات، وكذلك تخزين الآثار الزجاجية بدون تغليف مما يعرضها للتلف والتدمير حيث أنها غير مدعومة ومؤمنة فيزيائيا.

وعدم اجراء صيانة دورية للمقتنيات لا تقل أهمية عن متابعة ومراقبة درجات الحرارة والرطوبة والظروف البيئية المحيطة حيث أنها الكاشف الأول للتلف والتغيير الحادث للقطعة الأثرية (Ashely-Smith,J.,2013) وهي تشمل الترتيب للقطع والتنظيف للأتربة والفحص المبدئى بالعين المجردة أو بعدسة مكبرة، مع الأخذ فى الأعتبار تسجيل ذلك بشكل دقيق لكل تفاصيل القطعة الأثرية. وكذلك يراعى اجراء الأختبارات العلمية على مواد التغليف والتخزين قبل تطبيقه وذلك للتأكد من سلامتها وجودتها وصلاحيتها للاستخدام وأنه مصرح بها (Ryan,M.,1999).

هـ- نقص الوعي عند بعض صاحبى عهد الآثار:

وذلك خوفا وحرصا منهم على عهدتهم يحتاطون جدا بل يمنعون أحيانا خروج القطع التى فى عهدتهم بل احيانا يفضلون الأبقاء على العهدة فى مكانها حتى ولو أدى ذلك إلى أن تصبح متحللة ومتحولة كلية، ولذلك لابد من عمل دورات تثقيفية

لزيادة الوعي الأثرى بين أصحاب العهد وإعادة تنظيم العمل بين أصحاب العهد (الأمناء) والقائمين على أمر الصيانة. (Stolow, N.,1981)

و- ندرة الأيدى العاملة المدربة على أساليب التخزين القياسية:

وتتمثل فى نقص وندرة الدورات التدريبية للقائمين بالمجال العملى على نظم وأساليب التخزين القياسية العالمية على أيدي متخصصين محترفين فى مجال صيانة الآثار وحمايتها والحفاظ عليها وتأهيل المخازن الأثرية.

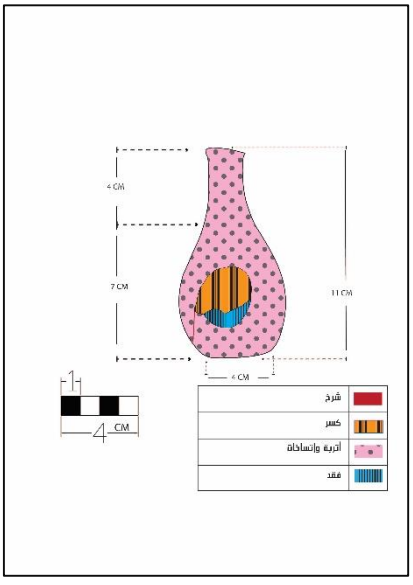
ثالثا: التطبيق العملى لترميم وصيانة أثر زجاجى محفوظ بمخزن متحف الفن الأسلامى بالقاهرة:

1- الوصف الأثرى:

قنينة من الزجاج الأبيض ببدن كمثرى الشكل ورقبة إسطوانية تنتهي بفوهة مستديرة ومصنعة بأسلوب بالنفخ فى القالب وترجع إلى القرن 3هجرى.

2- **التسجيل والتوثيق للقطعة:** تمت عملية التسجيل والتوثيق للقطعة وتوضيح مظاهر التلف والأبعاد باستخدام برنامج الأتوكاد.

صور رقم (5)، (6) توضح القنينة الزجاجية محل الدراسة والتى تحمل رقم 6628

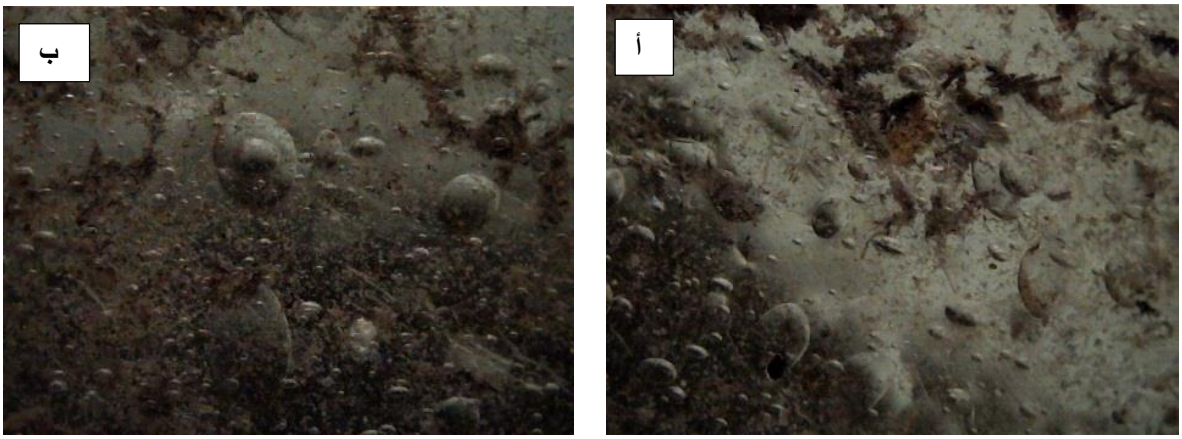


شكل رقم (1) توضح التوثيق للقنينة محل الدراسة باستخدام برنامج الأتوكاد

3- عمليات الفحص والتحليل:

أ-الفحص بالميكرسكوب الضوئى:

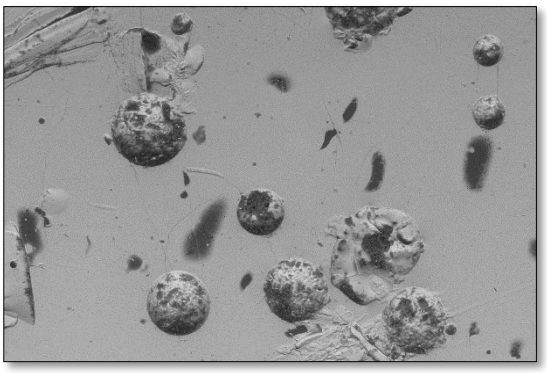
وبواسطته تم فحص وتصوير سطح الأثر الزجاجى موضوع الدراسة، من خلال قدرته على التكبير وتوصيله بالكمبيوتر ورؤية وتسجيل الجزء المراد دراسته. وذلك لمعرفة شكل السطح ومظاهر التلف الموجودة به، والتى يصعب رؤيتها بالعين المجردة. ويظهر فى اللوحة رقم (2) حالة السطح وما به من فقاعات هوائية والذى يعد مظهر من مظاهر عيوب الصناعة الناتجة عن عدم وصول مصهور الزجاج إلى مصهور متجانس أثناء عملية الصهر وما يتبع ذلك من لزوجة المصهور حيث يؤدى فى النهاية إلى احتواء المصهور الزجاجى على غازات لا تسمح لزوجة المصهور لخروجها والتى تؤدى فى النهاية إلى حدوث تلك الفقاعات فى سطح الزجاج والذى يعد مظهر من مظاهر ضعف الزجاج وبالتالى مظهر من مظاهر التلف .ويتضح كذلك شروخ وشقوق والتى قد تكون ناتجة عن عدم توفير المعالجة الحرارية المناسبة عقب عملية التصنيع كذلك يظهر تأكل فى سطح الزجاج ناتجة عن حدوث صدأ الزجاج (corrosion of glass).



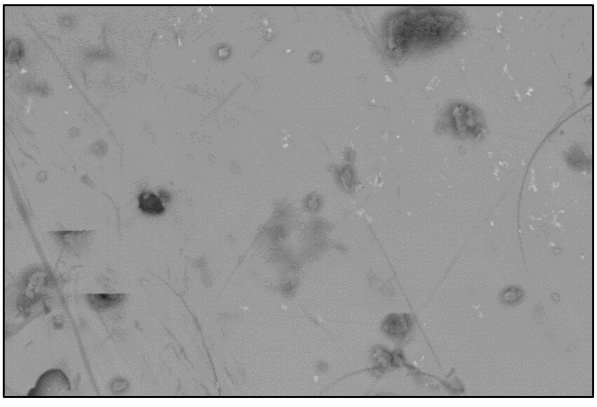
لوحة رقم (2) توضح الفحص بالميكرسكوب الضوئى صورة (أ)، (ب) توضح حالة التلف التى تعاني منها القطعة حيث يظهر أن سطح الزجاج ملئ بالفقاعات الهوائية والتى تعد مظهر من مظاهر ضعف الزجاج وكذلك تكلسات الأتربة والأتساخات على السطح مع ظهور للشروخ.

ب- الفحص بالميكرسكوب الإلكترونى الماسح:

تم الفحص والتحليل باستخدام الميكروسكوب الإلكتروتى الماسح (SEM) Scanning Electron Microscope المزود بوحدة تشتيت الطاقة Energy Dispersive X-ray (EDX). والجهاز المستخدم فى عملية الفحص والتحليل من طراز Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) بالهيئة المصرية للثروة المعدنية (وزارة البترول).



صورة رقم (5) بالميكرسكوب الإلكتروني الماسح بقوة تكبير 500× ويظهر بها الفقاعات الهوائية بسطح الزجاج.



صورة رقم (6) بالميكرسكوب الإلكترونى الماسح بقوة تكبير 1000× ويظهر بها الشروخ الشعرية بسطح الزجاج كما توجد حزوز وفجوات تبدو عميقة بلون داكن إضافة إلى ظهور البثور بسطح الزجاج.

ويتضح من الفحص بالميكرسكوب الألكترونى الماسح أن سطح الزجاج به فقاعات هوائية والتى تعد مظهر من مظاهر عيوب الصناعة الناتجة عن عدم وصول مصهور الزجاج إلى مصهور متجانس أثناء عملية الصهر وما يتبع ذلك من لزوجة المصهور حيث يؤدى فى النهاية إلى احتواء المصهور الزجاجى على غازات لا تسمح لزوجة المصهور بهروبها أو حروجها وعند تشكيل آنيه زجاجية من هذا المصهور نجده يحتوى على فقاعات هوائية والتى تعد مظهر من مظاهر ضعف الزجاج وبالتالى تعد مظهر من مظاهر التلف ونظرا لان الفقاعات الهوائية منتشرة بسطح الزجاج بصورة كبيرة وكذلك السمك القليل للزجاج فذلك يوضح مدى ضعف وهشاشة سطح الزجاج لذا يراعى التعامل معه بحرص أثناء اجراء عمليات الترميم والصيانة خوفا من تهشمه نظرا لحالة الضعف الشديدة التى يعانى منها السطح.

ج- التحليل بالميكرسكوب الألكترونى الماسح المزود بوحدة Energy Dispersive X-:EDX ray analysis

تم تحليل عينة من القنينة الزجاجية لمعرفة تركيبها وحالتها وما تعانيه من تلف وتحديد مدى ثباته، وقد تم التوصل إلى: أن القنينة الزجاجية من نوع زجاج سليكات الصوديوم والكالسيوم (Ca-Na-SiO_2) (Calcium – Sodium silicate)، أي من الزجاج الصوديومي (Soda glass) وهو النوع المنتشر في مصر عامة خلال العصور التاريخية. حيث لوحظ أن نسبة السليكا فى العينة حوالي (60.10 %) أما بالنسبة للقلوى (أكسيد الصوديوم) فى العينة نجده بنسبة (.547%) ومن هذه القياسات لنسبة الصوديوم نلاحظ وجوده بنسبة منخفضة وهذا يشير إلى نزوحه خارج الزجاج وهذا يزيد من تعرضه للتآكل. فى حين أنه عند ملاحظة نسبة العامل المثبت (أكسيد الكالسيوم) نجده فى العينة بنسبة (7.84%)،

جدول رقم (1) يوضح نتيجة التحليل باستخدام الميكروسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة (EDX)

Oxides	CO_2	Na_2O	Al_2O_3	SiO_2	Cl_2O	K_2O	CaO	MgO	Total
Oxides Weight%	16.37	7.54	1.60	60.10	0.82	2.51	7.84	3.22	100

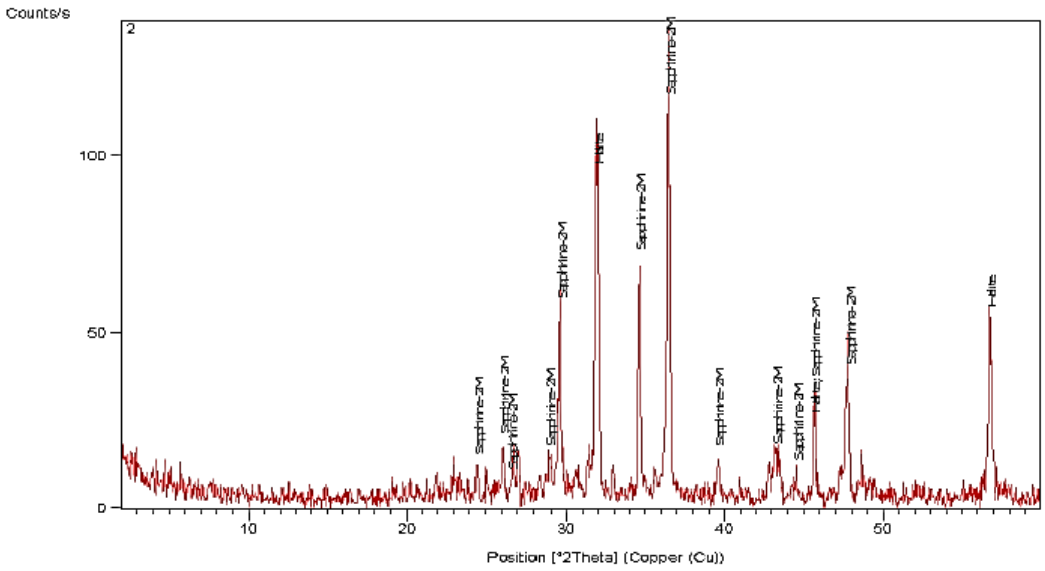
د- التحليل بحيود الأشعة السينية:(X-ray diffraction (XRD

استخدم التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية على المادة المستخدمة في عملية الأستكمال للأجزاء المفقودة وقد تم التحليل باستخدام جهاز XRD PHILIPES 1730 diffractometer with Ni filterبالهيئة العامة للثروة المعدنية (وزارة البترول).

وقد تم التحليل بحيود الأشعة السينية للبقايا الموجودة بداخل القنينة الزجاجية لمعرفة تركيبها وقد تبين من التحليل أنها تتركب من سيليكات الألومنيوم والماغنسيوم (معادن الطفلة).

Ref. Code	Mineral Name	Chemical Formula
01-071-3741	Halite	Na Cl
01-086-2245	Sapphirine-2M	Al3.80 Mg3.15 Fe1.05 (Si1.75 Al4.25 O20)

جدول رقم (2) يوضح المركبات الناتجة عن التحليل بحيود الأشعة السينية لعينة من البقايا الموجودة بداخل القنينة



شكل رقم (2) يوضح نتيجة التحليل بحيود الأشعة السينية لعينة من البقايا الموجودة بداخل القنينة

رابعا: مرحلة الترميم والصيانة

تمت عملية الترميم والصيانة على عدة مراحل:

- عملية التنظيف.
- عملية التجميع.
- عملية الأستكمال.
- عملية الحفظ والتخزين.

1- عملية التنظيف:Cleaning

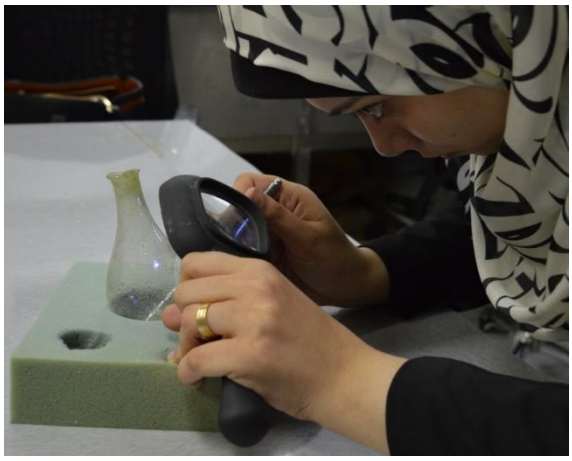
أ-التنظيف الميكانيكى :Mechanical Cleaning

كان من الضرورى العمل بهذا الأسلوب فى ظل أجواء من الدقة والحذر وتحت عدسة مكبرة باستمرار وباستخدام أدوات دقيقة غير حادة فى نفس الوقت. وبالنسبة للأتساخات الطينية فقد استخدم لها فرش دقيقة ناعمة أو قطع من القطن الجاف على عيدان خشبية لإزالة جزء منها بالقدر المتاح فى الحدود الآمنة، وقد استخدم المشرط ذو سن رفيع وغير حاد فى نفس الوقت لإزالة أكبر قدر من الأتساخات الغائرة داخل الحفر والحزوز على سطح الزجاج وتمت هذه العملية بحذر شديد دون الوصول إلى سطح الزجاج.

ب- التنظيف الكيميائى: Chemical Cleaning

لم يستلزم الأمر هنا استخدام المنظفات الكيميائية بالقدر الكبير نظرا للنسبة البسيطة من الأتساخات المتبقية على سطح القنينة، وقد تم استخدام الماء المقطر بصورة مناسبة فى تنظيف السطح الداخلى للقنينة واستخدم الماء الدافئ غالبا فى إتمام عملية التنظيف. وللتخلص من بقايا الأتساخات والأتربة فقد استخدمت التركيبة الآتية (100سم^3 كحول إثيلى + 100سم^3 إثير+ 10سم^3 زيت خروع) فى حدود ضيقة فى صورة قطع من القطن المشبعة به على عيدان خشبية وسيقان زجاجية مع سرعة التجفيف بعد التنظيف.

صورة رقم (7) توضح عملية التنظيف الميكانيكى باستخدام قطن جاف ملفوف على عود خشبى لأجزاء مختلفة من القنينة الزجاجية



صورة رقم (8) توضح القيام بعملية التنظيف الميكانيكى باستخدام مشرط ذو سن دقيق وذلك تحت عدسة مكبرة مراعاة لعدم خدش الزجاج.

2- عملية التجميع والأستكمال: Adhesion and Completion of missing part

تمت عملية التجميع المبدئى Initial joining للجزء المكسور فى منطقة البدن وذلك باستخدام أسلوب التثبيت بشرائح السلوتيب على مسافات مناسبة وبطريقة عمودية على خط الكسر ثم تمت عملية اللصق النهائى Final joiningباستخدام الأرالديت 1092 فى مناطق اللحام على خط الكسر، وبعد تمام التصلب كان يتم تنظيف موضع اللصق ميكانيكيا وبحذر شديد نظرا لضعف وهشاشة سطح الزجاج، وقد كان للعدسة المكبرة دور هام فى التأكد من تمام عملية التنظيف لأماكن الأرالديت.

وقد كان هناك صعوبة فى استكمال تلك المنطقة المفقودة بالرغم من صغر مساحتها ولكن نظرا لهشاشة وضعف زجاج القنينة فقد تم إجراء العديد من التجارب وذلك لمحاولة استكمال تلك المنطقة بطريقة القالب كما توضح لوحة رقم (3) وذلك قبل عملية التجميع للجزء المكسور أعلى المنطقة المفقودة ولكن وجدت صعوبة بالغة أثناء تنفيذه نظرا لضعف الزجاج وخوفا عليه من تهشمه.

لذلك تم التوصل إلى طريقة جديدة مبتكرة أمكن من خلالها استكمال هذه المنطقة المفقودة بنجاح وتم التفكير فى إجراء عمليتى التجميع المبدئى والنهائى للجزء المكسور أولا ثم أحضار شريحة من الشمع وتطبيعها على الجزء المقابل للجزء المفقود وذلك لأخذ نفس الأنحناء لبدن القنينة ومن خلال التجارب أيضا تم التوصل إلى فكرة العمل بالراتنج وهو لزج وذلك لبناء طبقات من الراتنج على شريحة الشمع حيث كان ينتظر أن تجف الطبقة الأولى ثم يتم إضافة طبقة أخرى وهكذا إلى أن تم الوصول إلى سمك مناسب من الراتنج يناسب سمك القنينة الزجاجية وقد كان العمل بحذر ودقة شديدة وذلك للوصول إلى السمك المناسب ، وبعد تمام تصلب الأرالديت تم الحصول على شريحة شفافة من مادة الأرالديت لوحة رقم (4) صورة رقم (د) ثم تحديد الجزء المطلوب وتقطيعه حسب الجزء المفقود كما يتضح ذلك فى صورة رقم (هـ).

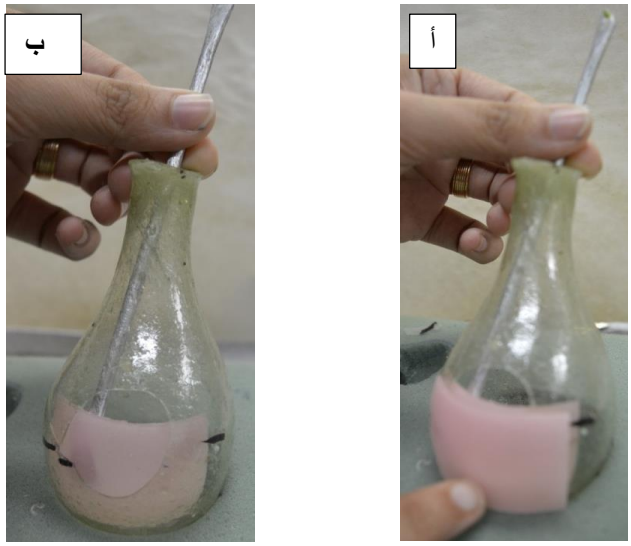
ثم وضع الجزء المستكمل وتم تثبيته ولصقه باستخدام لاصق الارالديت وملء الفراغات الناتجة باستخدام لاصق الأرالديت وهو لزج. ثم تمت عملية الصقل والتسوية باستخدام ورق صنفرة ناعمة جدا ذات درجات نعومة من 400-600 فى عملية الصقل النهائى، ولإعادة شفافية الجزء المستكمل بعد عملية الصقل والتسوية استخدم لذلك محلول مخفف من الأرالديت 1092 الذائب فى الأسيتون بواسطة فرشاة ناعمة يتم دهان الجزء المستكمل دهانا خفيفا ومتجانسا ويتضح ذلك فى لوحة رقم (5).

3- عملية التقوية والعزل: Consolidation and coating

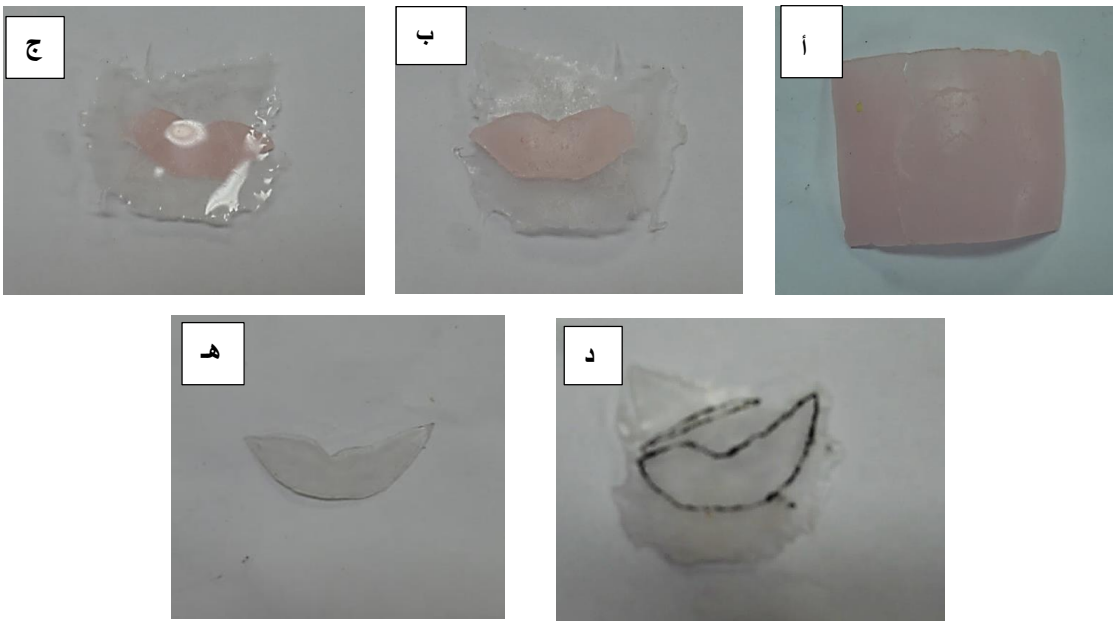
تمت عملية التقوية والحماية باستخدام مركب النانوبارلويد مع نانو الزنك وذلك باستخدام الفرشاة.

4- عملية الترقيم للقطعة الأثرية: Labelling process

وقد تمت عملية الترقيم للقطعة الآثرية وذلك باستخدام الورق الياباني المشبع بالبارلويد ب 72 وبعد ذلك تم إضافته إلى السطح باستخدام الأسبتيولا ثم تم كتابة الرقم على الأثر ويتضح ذلك فى لوحة رقم (6)، وهذا هو الأسلوب المتبع فى ترقيم القطع الأثرية بمتحف الفن الإسلامى.



لوحة رقم (3) توضح المحاولات التى تمت لإجراء عملية الأستكمال للجزء المفقود، صورة رقم (أ) توضح محاولة عمل قالب شمعى مزدوج، وصورة رقم (ب) توضح عمل قالب شمعى مفرد ولكن كان من الصعب تثبيت شمع الأسنان على جسم القنينة بالحرارة باستخدام الكاوية الكهربائية وذلك لسببين أولهما ضعف وهشاشة زجاج القنينة والثانى لصغر المكان والذي لا يسمح بدخول الكاوية إلى السطح الداخلي لتثبيت الشمع من الداخل.



لوحة رقم (4) توضح طريقة عمل شريحة من المادة المكملة (الأرالديت 1092) بحيث يسهل تقطيعها على مساحة الشكل المفقود ويظهر فى صورة رقم (أ) شمع الأسنان وقد أخذ شكل الأنحناء لجسم القنينة وذلك عن طريق تطبيعة على الجزء المقابل للجزء المفقود. صورة رقم (ب) توضح تصلب مادة الأرالديت ونزعها من على القالب الشمعى مع بقاء شكل الجزء المفقود لشمع الأسنان على الشريحة من المادة المكملة. صورة رقم (ج) توضح الشريحة من الخلف حيث يظهر شفافيتها العالية والسمك المناسب. صورة رقم (د) توضح تحديد الجزء المفقود. صورة رقم (هـ) توضح شكل الجزء المفقود من المادة المكملة بعد تقطيعه وقصه وتسويته.

لوحة رقم (5) توضح تثبيت الجزء المكمل للجزء المفقود صور رقم (أ) ،(ب) توضح عملية الصقل والتسوية للجزء المستكمل باستخدام ورق الصنفرة الناعمة جدا بعد تثبيته بلاصق الأرالديت وتركه فترة لتمام تصلبه صورة رقم (ج) توضح الجزء المستكمل بعد الأنتهاء من عمله

لوحة رقم (6) توضح القنينة الزجاجية بعد عمليات الترميم والصيانة

5- عملية الحفظ والتخزين: Storage process

بعد الانتهاء من عمليات ترميم وصيانة القنينة الزجاجية تم حفظها ثانية بمخازن متحف الفن الإسلامى بعد تهيئة ظروف حفظ مناسبة عما كانت عليه من قبل ، حيث تم عمل صندوق من الكرتون الخالى من الحموضة Free acid board مناسب لأبعاد القنينة وتم تدعيم القنينة داخل الصندوق بسنادات من القطن الطبى الملفوفة بالورق اليابانى (Tissue paper) صورة رقم مع عمل مكان داخل الصندوق لحفظ الرواسب والبقايا التى كانت داخل القنينه وذلك باعتبارها جزء من الآثر صورة رقم وقد تم عمل فكرة مبتكرة فى ذلك الصندوق ليصلح لعملية التخزين والعرض المتحفى حيث تم عمل فى غطاء الصندوق مكان لوضع القنينة بداخله وذلك إذا تم عرضها ، ويتضح ذلك فى لوحة رقم (7).

لوحة رقم (7) توضح عملية التخزين

الأستنتاجات:

تنقسم عوامل ومظاهر تلف الآثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن إلى عوامل تلف داخلية تتعلق بتركيب الزجاج وطريقة التصنيع وهناك عدة مظاهر للتلف ناتجة عن عوامل التلف الداخلية ومنها الشروخ والفقاعات الهوائية والتحجر والشوائب الرملية وفقدان الشفافية ، وعوامل تلف خارجية ومنها الرطوبة وتعتبر أخطر عامل تلف على الآثار الزجاجية وتؤدى إلى حدوث صدأ الزجاج (corrosion of glass) حيث ينتج عنها العديد من مظاهر التلف ومنها الزجاج الهيدروجينى وإعتام الزجاج ، والطبقات البيضاء المعتمة (الصدأ الأبيض) ، و الزجاج الباكى (المعروق) ، والتقزح اللونى . ومن عوامل التلف الخارجية الملوثات الجوية، والحرارة، وتأثير الكائنات الحية الدقيقة، والذبذبات، والأهتزازات، وعوامل التلف البشرية ومنها عمليات الترميم الخاطئ وسوء عملية التخزين للآثار الزجاجية، وعدم تطبيق إجراءات الصيانة والحماية الدورية، ونقص الوعي عند صاحبى عهد الآثار، وندرة الأيدى العاملة المدربة على أساليب التخزين القياسية.

ومن خلال التطبيق العملى على الأثر الزجاجى المحفوظ بمخزن متحف الفن الأسلامى تم التعامل معه بعدة طرق متتابعة ومنها عملية الوصف الأثرى، والتسجيل والتوثيق وعمليات الفحص والتحليل، وقد تمت بعدة طرق مختلفة وذلك للتعرف على تركيب الأثر الزجاجى وظاهر التلف التى يعاني منها الأثر وبالتالى إمكانية وضع خطة علاج مناسبة للحفاظ عليه حيث تم استخدام الفحص بالميكروسكوب الضوئى، والفحص والتحليل بالميكروسكوب الألكترونى الماسح المزود بوحدة (EDX، والتحليل باستخدام حيود الأشعة السينية.

ومن خلال إجراء الجزء التطبيقى تم استنتاج انه لا ينبغى التقيد بضرورة تنفيذ القالب المزدوج والمفرد فى عمليات استكمال الأجزاء المفقودة من الزجاج ولكن يجب التفكير والتوصل لحلول مبتكرة تناسب حالة الآثر وتناسب أماكن الأجزاء المفقودة ويتضح ذلك فى الآثر الزجاجى محل الدراسة والذي كان من الصعب الأستكمال باستخدام القالب فى الجزء المفقود من الأثر الزجاجى لذاتم عمل طبعة من مادة الأستكمال على الجزء المقابل للجزء المفقود والتعامل معها بعد الجفاف واستكمال الأجزاء المفقودة.

قائمة المراجع:

أولا: المراجع العربية

ضوى، سلوى جاد الكريم، دراسة ترميم وصيانة الآثار الزجاجية فى مصر تطبيقا على نماذج مختارة، رسالة دكتوراة، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 1995.

1-Dawi, Salwa Gad El Karim, Drast trmym w syant alathar alzgagya fe masr tatbecn ala nmazg, duktura, Kuliet alathar, Gamiet alkahra, 1995.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

1- Abd-Allah, R., Devitrification behaviour of corroded glass: four case study, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 7, No 1,2007.
2- Ashely-Smith,J.,Burmester,A.,and Eibl,M.,Climate for collections standards and uncertainties, Archetype Publications,2013.
3- Brill,R.,Crizzling–Aproblem in glass conservation ,conservation in archaeology and the applied arts,1975.
4- Bellendorf,P.,Roemich,H.,Gerlach,S.,Lopez,E.,andWittstadt,K., Archaeological Glass: The Surface and Beyond, ICOM Committee for Conservation , 2010.
5- Carmona,N.,Laiz,L.,Gonzalez,J.,Heras,M.,Villegas,M., Biodeterioration of historic stained glasses from the Cartuja deMiraflores (Spain), International Biodeterioration & Biodegradation ,Elsevier,2006.
6- Davison, S., Conservation and restoration of glass, Butter worth- Heinemann, Elsevier,2006.
7- David,W.,Glass , Apocket Dictionary of terms commonly used to describe glass and glass making, 2006.
8- Fearn,S.,Phail,D.,Oakley,V., Room temperature corrosion of museum glass: an investigation using low-energy SIMS, Applied Surface Science,2004.
9- Fitz, S., Glass objects : Causes, mechanism and measurement of damage , In " science, technology and European cultural heritage", Baer, N.S. & Sabbion, C. and Sors, A.I., Oxford, Butter worth – Heinemann, 1991.
10- Fletcher,P.,Freestone,I.,Geschke,R., Analysis and conservation of a weeping glass Scarab,The british museum,Technical Research Bulletin,Vol.2, 2008
11- Goffer,Z.,Archaeological chemistry,second edition, John wiley& Sons publication , 2007.
12- Goldfinger,J.,Targowski,P.,Gora,M., Characterization of Glass Surface Morphology by Optical Coherence Tomography, Studies in Conservation, Vol. 54, No. 2, 2009
13- Horie,C.V.,Materials for conservation, Organic consolidants,adhesives and coatings,second edition, Butterworth Heinemann, Elsevier, 2010.
14- Jhonson,B.V&Horgan,C.,Museum collection storage,Unesco press, French, 1995
15- Krumbein, W.E. et al., Biocorrosion and Biodeterioration of Antique and medieval glass, Geomicrobiology Journal, Vol. 9, U.K.,1991.
16- Newton, R., and Davison,S., Conservation of glass, Butterworths, London, 1989.
17- Norton, M& Barry Carter, C., Ceramic materials: science and engineering, Springer science media,2013
18- Papadopoulos,N., Drosou,C.,Influence of weather conditions on glass properties, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 2012.
19- Pollard,A.M.&Heron,C.,Archaeological chemistry, (RSC),Cambridge, UK,1996 .
20- Robinet,L.,Hall,C.,Eremin,K.,Fearn,S.,Tate,J., Alteration of soda silicate glasses by organic pollutants in museums:Mechanisms and kinetics, Journal of Non-Crystalline Solids,2009.
21- Ryan,M., Caring for collections,Amanual of preventive conservation,The heritage council,1999.
22- Silvestri,A., Molin, G.,and Salviulo ,G., Archaeological glass alteration products in marine and land-based environments: morphological, chemical and microtextural Characterization , Journal of Non-Crystalline Solids, 2005.
23- Shelby.J.E.,Introduction to glass science and technology,2nd Edition,The royal society of chemistry,2005.