دراسة حماية وصيانة الأثار الزجاجية باستخدام المواد النانوية مع التطبيق العملى لترميم وصيانة أثر زجاجى

Study of the protection and conservation of glass artifacts using nanomaterials with the practical application of the restoration and maintenance of glass artefact.

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 The Dept. of Conservation, Faculty of Archaeology, Cairo University
mmmi228@yahoo.com

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

Dr. Rania Abdel Gwad Noman Eloriby
Assistant lecturer, The Dept.of Conservation, Faculty of Archaeology, Cairo University
princessrania88@yahoo.com

الملخص:
فى السنوات الأخيرة أصبح للحبيبات النانوية دورا كبيرا فى مجال حماية وصيانة الآثار حيث يتم تشتيت هذه الحبيبات النانوية فى البوليمرات المختلفة من أجل تحسين خصائصها والحصول على مركبات نانوية Nano composite ، وقد حققت تلك المواد طفرة كبيرة وغير مسبوقة فى تحسين الخصائص الفيزيوكيميائية والميكانيكية للبوليمرات المستخدمة فى عمليات التقوية والحماية للأسطح الزجاجية، ويرجع ذلك لما تتمتع به المواد النانوية من أحجام متناهية فى الصغر ، ومساحة أسطح كبيرة جدا مقارنة بأحجامها وكذلك الزيادة الكبيرة فى نشاطها الكيميائى. ونتيجة لتصنيع تلك الفئات الجديدة من المركبات النانوية متعددة الوظائف Multifunctional Nano composite والتى تطبق فى خطوة واحدة ، والتى تقوم بأكثر من وظيفة فى حماية الأسطح ، ويرجع ذلك لتمتع هذه المركبات بالعديد من الخصائص والتى من أهمها: القدرة العالية على طرد الماء Super hydrophobic surface وخاصية التنظيف الذاتى حيث تزايد دور تطبيقات المواد النانوية فى مجال حماية وصيانة الآثار الزجاجية وقد أصبح أكثر فاعلية فتقنيات النانو رفعت من كفاءة المواد المعالجة التقليدية وقدمت أسطح أكثر تحملا للعوامل الجوية والأحتكاك ، وأسطح تعالج مشاكل تراكم الأتربة والأتساخ من خلال خاصية التنظيف الذاتى Self cleaning ، وكذلك مقاومة الكائنات الحية الدقيقة، ومقاومة تأثير الأشعة فوق البنفسجية .

الكلمات المفتاحية: الآثار الزجاجية، المواد النانوية، الفحص والتحليل، التنظيف الذاتى، الحماية.

Abstract:

In recent years, nanoparticles have played a major role in the protection and conservation of antiquities. These nanoparticles are dispersed in different polymers to improve their properties and to obtain nanoparticles. These materials have achieved a significant and unprecedented breakthrough in improving the physical and mechanical properties of polymers used in Reinforcement and protection of glass surfaces, due to nanomaterials of very small size, very large surface area compared to their sizes and the significant increase in their chemical activity. As a result of the manufacture of these new Multifunctional Nano composites, which are applied in a single step, which has more than one function in the protection of the surfaces, due to the enjoyment of these compounds with many characteristics, the most important: the ability to expel water Super hydrophobic surface and cleaning The nanotechnology applications have increased the efficiency of traditional treatment materials and provided more tolerant surfaces for weather and friction, and surfaces that problems of accumulation of dust and dirt through the theory of Self-Self cleaning, as well as resistance to micro living organisms, resist the impact of UV.

Key Words:

Glass artifacts, Nanomaterials, Examination and analysis, Self-cleaning, Protection.

المقدمة:

لقد أمكن من خلال التطور العلمى والتكنولوجى فى الأونة الأخيرة إنتاج وتصنيع العديد من المواد النانوية ذات الخصائص المتميزة والفريدة من نوعها حيث يتم تشتيت هذه الحبيبات النانوية فى البوليمرات المختلفة من أجل تحسين خصائصها والحصول على مركبات نانوية Nano composite تتمتع بالعديد من الخصائص وتعرف المواد النانوية المركبة Composites materials بأنها المواد التى يتم إنتاجها عن طريق إضافة الحبيبات النانوية (المواد الداعمة Reinforcement Materials) إلى الوسط البوليمرى (مادة الأساس Base material أو ما يعرف بمادة الوسط Materix) (Fernando,R., 2009) حيث يتم خلط هذه المواد خلطا جيدا مع بعضها للحصول على مادة مركبة نانوية متجانسة تتوافر بها خصائص جيدة لا يمكن الحصول عليها باستخدام البوليمرات التقليدية بصورة منفردة (Gay,D.,2003) مثل القدرة العالية على طرد الماء (Aslanidou,D.,2018) وخاصية التنظيف الذاتى للأسطح الزجاجية المعالجة ، ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية وكذلك درجات الحرارة العالية فضلا عن المقاومة العالية للتلف الميكروبيولوجى .

1- القدرة العالية على طرد الماء:Super hydrophobicity

يعتبر الماء من أخطر عوامل التلف التى تهاجم الآثار الزجاجية حيث أنه يلعب الدور الأساسى فى عمليات الصدأ التى تصيب الآثار الزجاجية، كما يقوم بتحفيز وتنشيط عوامل التلف الأخرى (سلوى، 1995) لذا فتعتبر خاصية طرد الماء hydrophobicity من أهم الخصائص الواجب توافرها فى المواد المستخدمة فى حماية الآثار الزجاجية.

فمن خلال تشتت جزيئات النانو فى محاليل بوليمرات السيلوكسان Siloxane والأكريليك Acrylic بتركيزات محددة حيث تعطى جزيئات النانو لأسطح البوليمرات الخشونة اللازمة لتصبح أسطح فوق طاردة للماء(Kim.J.,2010) ، وقد أستخدمت تلك البوليمرات لحماية الأثار فى البيئات المفتوحة التى تتعرض دوما للأمطار الغزيرة وتكون الثلوج وترسب أيروسوولات التلوث الجوى ويتم ذلك من خلال الرش أو التطبيق بالفرشاة على الأسطح المختلفة مثل الزجاج والأحجار والمعادن وغيرها مكونة طبقة من خليط البوليمر وجزيئات النانو لها خاصية فوق الطاردة للماء Super

hydrophobic ، وقد استخدمت مواد مختلفة من جزيئات النانو مثل أكسيد السليكا SiO_2 وأكسيد الزنك ZnO مع البوليمرات السليكونية لعمل الأسطح فوق الطاردة للماء(شريف عبد العاطى ، 2016) .

2- دراسة مواد النانو ذاتية التنظيف: Self Cleaning

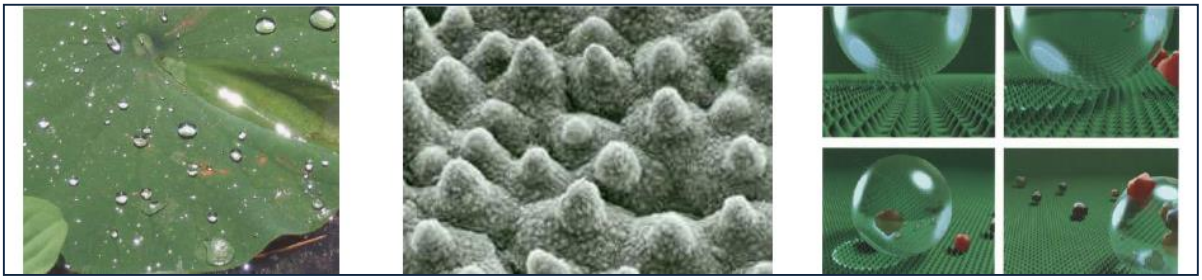
تزايد دور تطبيقات مواد النانو فى مجال الزجاج وقد أصبح مؤثرا فتقنيات النانو رفعت من كفاءة المواد التقليدية وقدمت أسطح أكثر تحملا للعوامل الجوية والأحتكاك، وأسطح تعالج مشاكل تراكم الأتربة والأتساخ من خلال نظرية التنظيف الذاتى، وأسطح قابلة للتكيف مع درجات الحرارة المختلفة للحفاظ على أسطح الآثار الزجاجية بأكبر قوة ممكنة، وقد تعددت أنواع مواد النانو التى توفر لسطح الزجاج خاصية التنظيف الذاتى وتعتمد تلك المواد التى تم معالجتها بها إلى تحويلها لأسطح فوق طاردة للماء ونذكر منها:

(1) - طلاءات التنظيف الذاتى باستخدام الأسطح فوق الطاردة للماء Super hydrophobic Self Cleaning surfaces

حيث يعتمد الأساس العلمى لهذا النوع على القدرة العالية للمركبات النانوية على طرد الماء وذلك نتيجة تمتعها بأسطح خشنة نانوية ذات توتر سطحى منخفض تعمل على تكور قطرات الماء وعدم انتشارها على السطح مما يجعل من السهل سقوطها من على السطح حاملة معها الملوثات والأتساخات (Licciulli, D.,2002) .

(أ)- طلاءات التنظيف الذاتى ذات ملمس زهرة اللوتس: Lotus Effect

توجد هذه الظاهرة فى كثير من المواد الطبيعية مثل نباتات أوراق زهرة اللوتس والمعروفة بنقائها وقدرتها على التنظيف الذاتى ويرجع ذلك إلى تمتعها بأسطح فوق طاردة للماء ناتجة عن التركيب الكيميائى والمورفولوجى لأسطحها والتى تتكون من بللورات نانوية ذات سطح خشن (Thompson,C.,2014) وسط خلايا ميكرونية مغطاة بطبقة من الشمع (Kim,J.,2010) ويتضح ذلك فى صورة رقم (1).



صورة رقم (1) توضح أوراق نبات اللوتس فوق الطاردة للماء نقلاعن Anous,I.,2014,p.18

وبذلك فإن التنظيف الذاتى باستخدام نظرية تأثير نبات اللوتس (Lotus-Effect) يعتمد على أن سطح المركبات النانوية خشنة وليست ناعمة وأنها فوق طاردة للماء حيث أن الماء يتكور ومن ثم يزال محملا بالأتربة والأتساخات. وهناك مثال استخدم خاصية التنظيف الذاتى بتأثير الأسطح المغطاة بالمركبات النانوية فوق الطاردة للماء وهومتحف أرابكس بروما بإيطاليا وذلك بالزجاج الخارجى للمتحف وهذا ما نرجو تحقيقه بالأسطح الزجاجية للمتاحف حتى تظل أطول فترة ممكنة نظيفة (Waked,A,.2011)

3- مقاومة الكائنات الحية الدقيقة: Anti microorganisms

من أهم الخصائص التى يجب توافرها فى المواد المستخدمة فى مجال حماية الآثار الزجاجية هى مقاومة الكائنات الحية الدقيقة حيث تتواجد على الزجاج المخزن فى ظروف رطبة وعلى النوافذ الزجاجية المهملة ، وتلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا هاما فى الاسراع من حدوث ظاهرة صدأ الزجاج وقد ينتج عن التلف البيولوجى للزجاج العديد من مظاهر التلف ومنها حدوث تأكل ونقر وضياع الألوان الموجودة على السطح ، وزيادة عناصر الباتوسيوم والفوسفور والكالسيوم والكبريت والمنجنيز وترسب المعادن الحيوية على سطح الزجاج والتى تدل وجود التلف البيولوجى وزيادة نشاطه ، وكذلك وتؤثر على شفافية الزجاج وتسبب فى حدوث مشاكل جمالية تضر بحالة الآثر الزجاجى(Pinar, G.,2013) ولوقف التلف البيولوجى والحد منه فقد اعتمد على استخدام مواد حامية وطاردة للماء نظرا لكون الرطوبة هى العامل الأساسى لنمو الكائنات الحية الدقيقة وفى العادة كان يعتمد على استخدام أملاح الأمونيوم الرباعية ولكن للأسف غير قادرة على منع الأستعادة البيولوجية (Werf,I ,2015)

وحديثا حققت المركبات النانوية نجاح كبير فى حماية الأسطح من التلف الميكربيولوجى وذلك لأحتوائها على خليط من بوليمر طارد للماء بالإضافة إلى بعض الحبيبات النانوية ذات القدرة العالية على مقاومة البكتريا والفطريات والطحالب ومن أهم أمثلة هذه الحبيبات النانوية: أكسيد الفضة، وأكسيد الزنك، وثانى أكسيد التيتانيوم، وأكسيد النحاس (Helmi,F.,2015).

4- مقاومة تأثير الأشعة فوق البنفسجية:

الأشعة فوق البنفسجية هى موجة كهرومغناطيسية ذات طول موجي أقصر من الضوء المرئى لكنها أطول من الأشعة السينية، وسميت بفوق البنفسجية لأن طول موجة اللون البنفسجى هى الأقصر بين ألوان الطيف ومداها الموجى يبدأ من 400 نانومتر إلى 10 نانومتر وتسمى الأشعة فوق البنفسجية أحيانا بالأشعة السوداء بسبب عدم رؤيتها بالعين المجردة.

وتؤدى الأشعة فوق البنفسجية إلى تلف وتدهور البوليمرات المستخدمة فى عملية التقوية والحماية لأسطح المواد الأثرية المطبقة عليها حيث أنها تمتلك طاقة كافية تسبب كسر الروابط الموجودة فى هذه السلاسل البوليمرية مما ينتج عنه تشقق السطح Surface cracking، وحدوث تغير فى اللون الذي يصبح داكنا وبالتالى يفقد الشفافية المطلوب تحقيقها على سطح الأثر (بلقيس محمد، 2009).

ومن خلال التطور فى استخدام المواد النانوية خلال السنوات القليلة الماضية أصبحت تدخل فى العديد من التطبيقات التى تحسن من أدائها فقد استخدمت فى تحسين خصائص البوليمرات والحماية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية الضارة. فهناك بعض الحبيبات النانوية مثل أكسيد الزنك وثانى أكسيد التيتانيوم تتميز بقدرة عالية فى امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وبالتالى فإن إضافة تلك الحبيبات النانوية إلى البوليمرات يقلل من درجة تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية وبالتالى حماية الأسطح الأثرية (Latthe,s.,2014,).

ثانيا: دراسة حالة لعلاج وترميم وتخزين أثر زجاجى محفوظ بمخزن بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة:

المواد وطرق الدراسة:

1- مواد الدراسة:

آثر زجاجى محفوظ بمتحف الفن الأسلامى بالقاهرة ويعاني من العديد من مظاهر التلف والتى تتمثل فى عمليات الترميم السابق (الخاطئ)، وتراكم الأتربة والأتساخات والذي أدى إلى عتامة السطح مما يشوهه مظهره الجمالي.

2- طرق الدراسة:

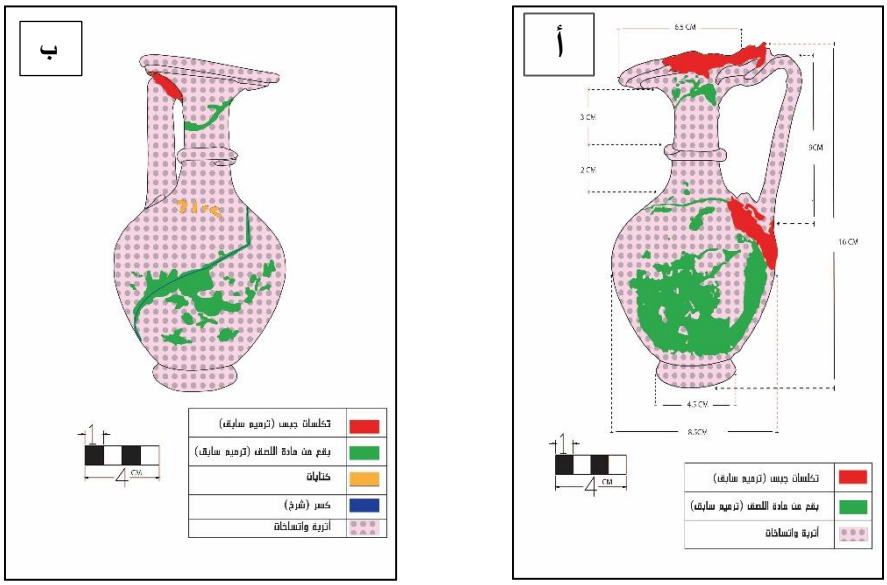
2-1 عملية الوصف الأثرى والفنى للأثر الزجاجى:

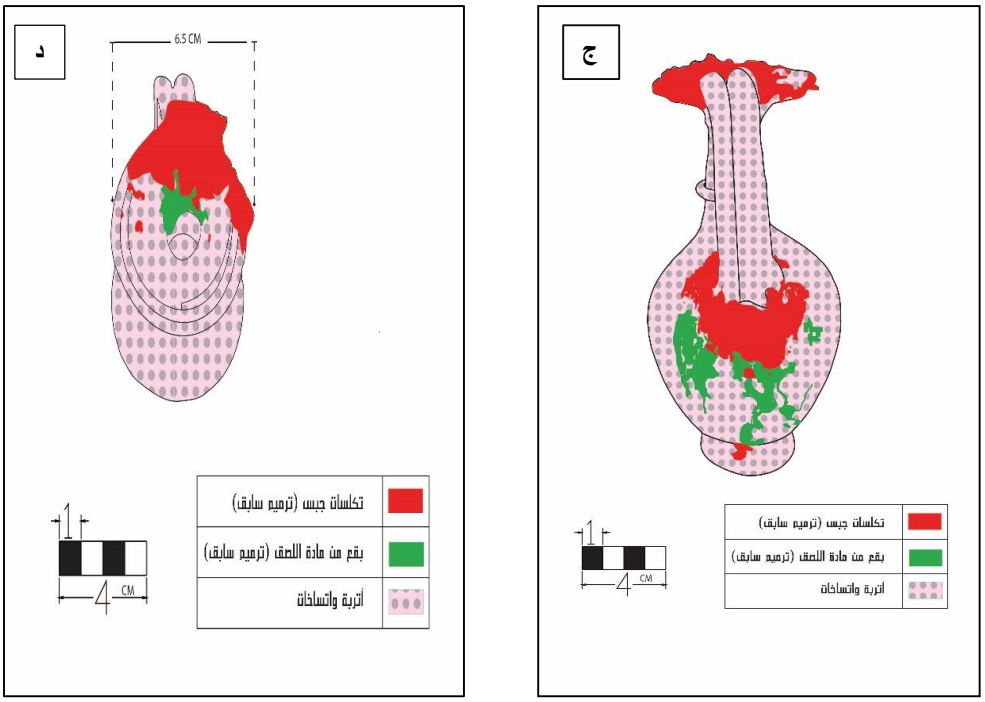
عبارة عن دورق من الزجاج المائل الى الأخضرار والبدن كروي والرقبة اسطوانية عليها زخرفة بالإضافة من مادة الزجاج، يتصل بالبدن من أعلى مقبض الدورق وينتهي عند فوهته، ويظهر ذلك فى لوحة رقم (2)، ويرجع الى القرن 1-3هجرى، ومشكل بأسلوب النفخ ومزخرف بأسلوب الإضافة.

لوحة رقم (2) توضح الأثر الزجاجى محل الدراسة

2-2 عملية التسجيل والتوثيق للقطعة:

تمت عملية التسجيل والتوثيق وتوقيع مظاهر التلف للآثر الزجاجى باستخدام برنامجى الأتوكاد والفوتوشوب ويظهر ذلك فى لوحة رقم (3):





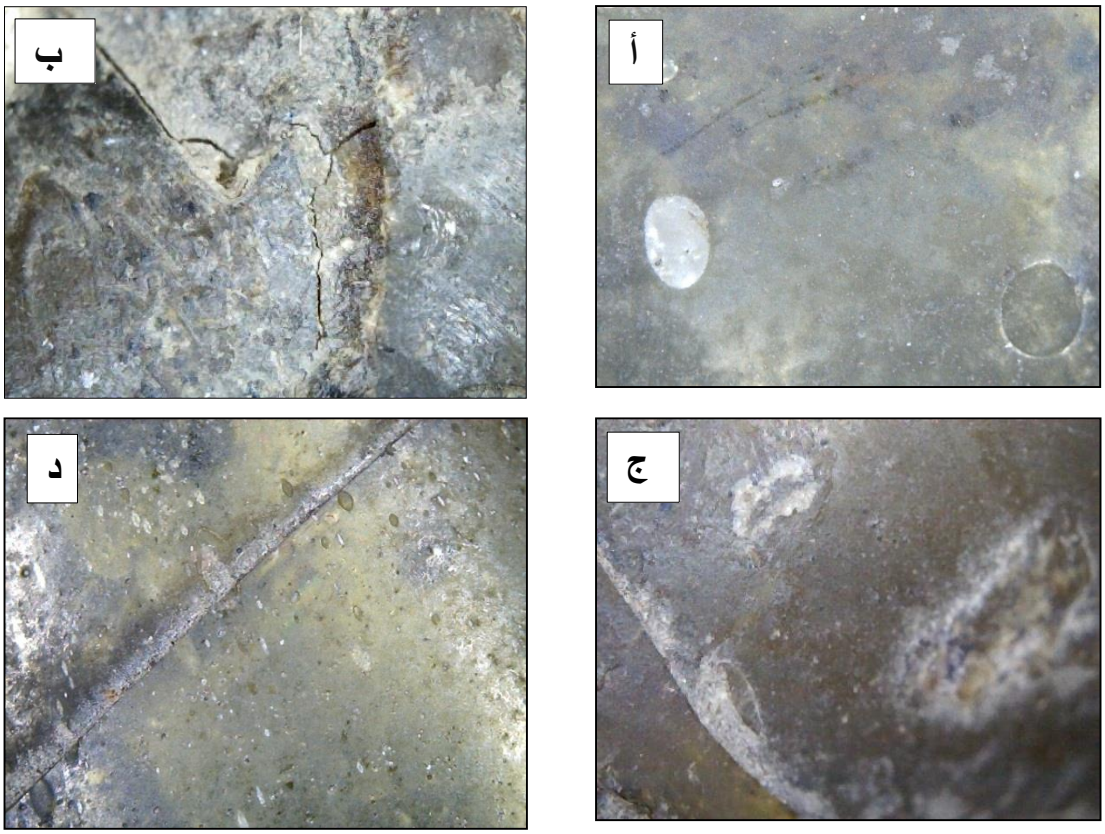
لوحة رقم (3) توضح تسجيل وتوثيق الأثر الزجاجى محل الدراسة من الأوجة المختلفة موضحا عليها مظاهر التلف التى تعاني منها القطعة.

3-2 عمليات الفحص والتحليل للأثر الزجاجى:

تمت عمليات الفحص والتحليل باستخدام:

1-3-2 عملية الفحص بالميكرسكوب الضوئى الرقمى:

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 (4- أ) 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 فى اللوحة رقم (4- ب،ج، د) 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).

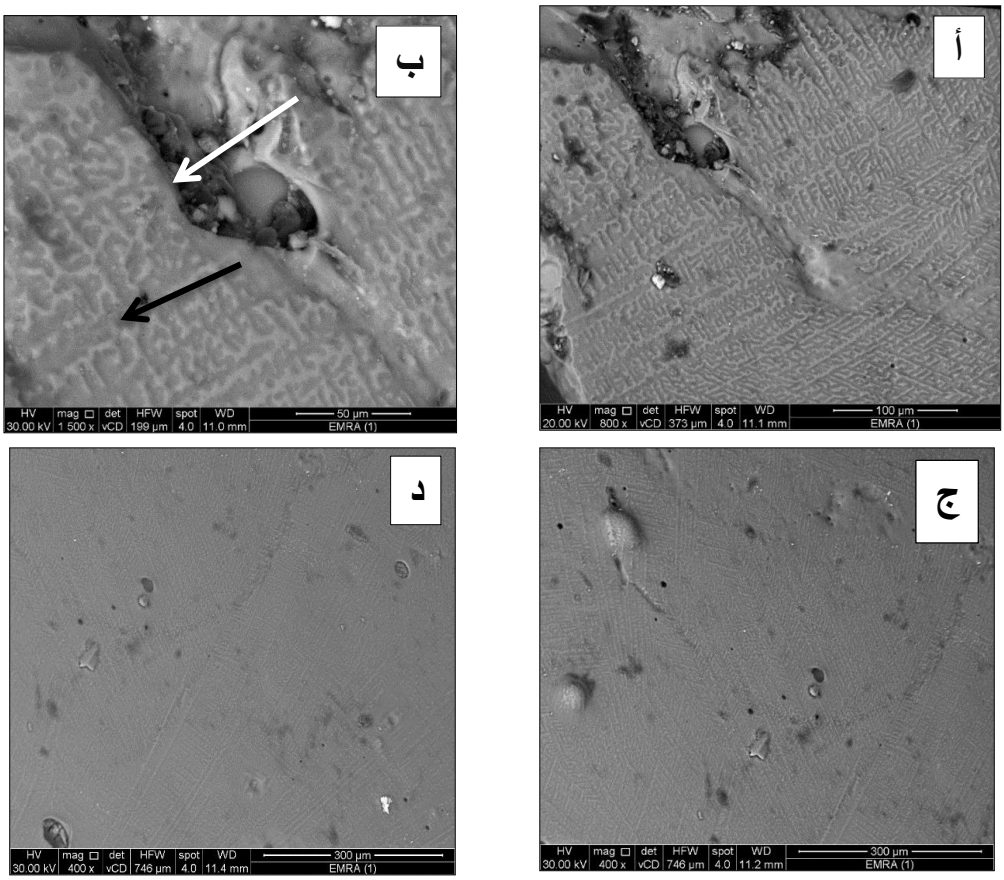


لوحة (4) توضح حالة التلف التي وصل اليها الزجاج وما يعاني من تأكل وتقشر وشروخ

2-3-2عملية الفحص والتحليل باستخدام بالميكروسكوب الألكترونى الماسح(SEM) المزود بوحدة تشتيت الطاقة (EDX):

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

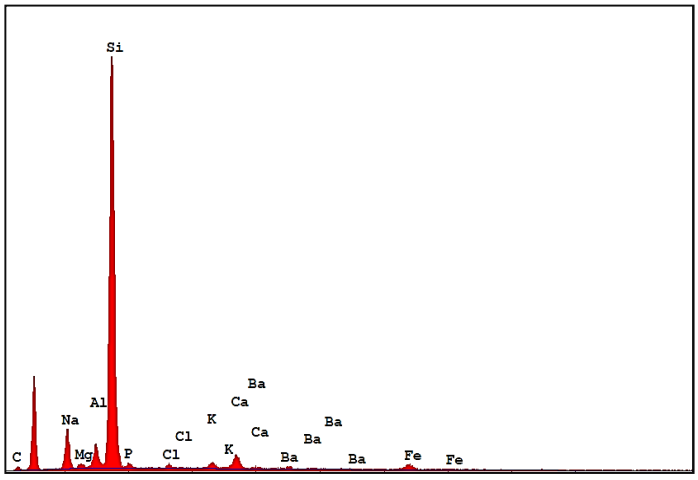
ويتضح فى اللوحة (5) الفحص لسطح الزجاج الأثرى حيث يظهر فى الصور عدم استواء السطح وتعرجه وتموجه في بعض الأماكن ؛ وهذا يرجع الى طريقة صناعة القطعه لانها مصنعة بطريقة يدوية بأسلوب النفخ في القالب ، وتظهر بالصورة (ب) أجزاء بلون أسود وذلك يرجع الى ضعف وتأكل الزجاج ، والأجزاء التي تبدور بارزة فى الصورة (ج) فهى عبارة عن شوائب أو أكاسيد معدنية لم تنصهر تماما ، واحتواء سطح الزجاج على هذه المكونات غير كاملة الأنصهار تشير الى ان المصهور الزجاجى الذى صنعت منه القطعة لم يكن متجانسا نظرا لعدم الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة ، ويظهر فى الصورة (د) بثور ونقر على سطح الزجاج والتى تؤكد حالة الضعف التى بها سطح الزجاج.



لوحة (5) توضح الفحص باستخدام الميكرسكوب الألكترونى الماسح لسطح الزجاج الأثرى

وبالتحليل بإستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تشتيت الطاقة (EDX)تم التعرف على تركيب الزجاج الأثرى وقد لوحظ من تركيب العينة ويظهر فى شكل رقم (1) أن تركيب الزجاج من نوع سيليكات الصوديوم والكالسيوم حيث بلغت نسبة السيلكا به إلى (3. 68%) وقد تغلبت نسبة الصوديوم (8.20%) على نسبة البوتاسيوم (0.64%) وهذا يؤكد أن القلوى المستخدم هو ملح النطرون كذلك فإن اللون المائل إلى الأخضرار للدورق الزجاجى يرجع إلى وجود نسبة من أكسيد الحديد (1.38%).

Element	Wt %
CO2	12.49
Na2O	8.20
MgO	0.88
Al2O3	4.13
SiO2	68.36
P2O5	1.05
Cl2O	0.39
K2O	0.64
CaO	1.69
BaO	0.80
Fe2O3	1.38
Total	100.00

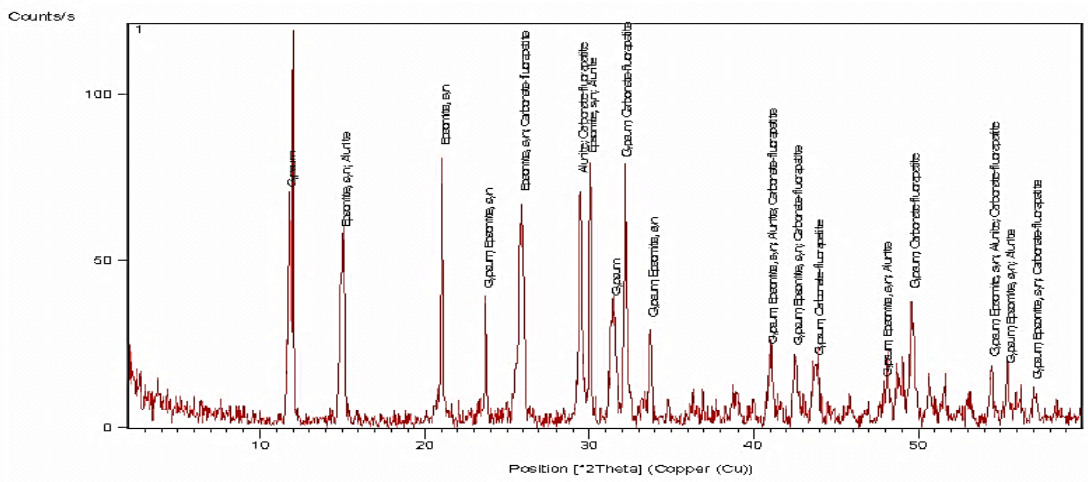


شكل رقم (1) يوضح نتيجة التحليل باستخدام الميكروسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة (EDX)

3-3-2 التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية X-RAY DIFFRACTION

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).

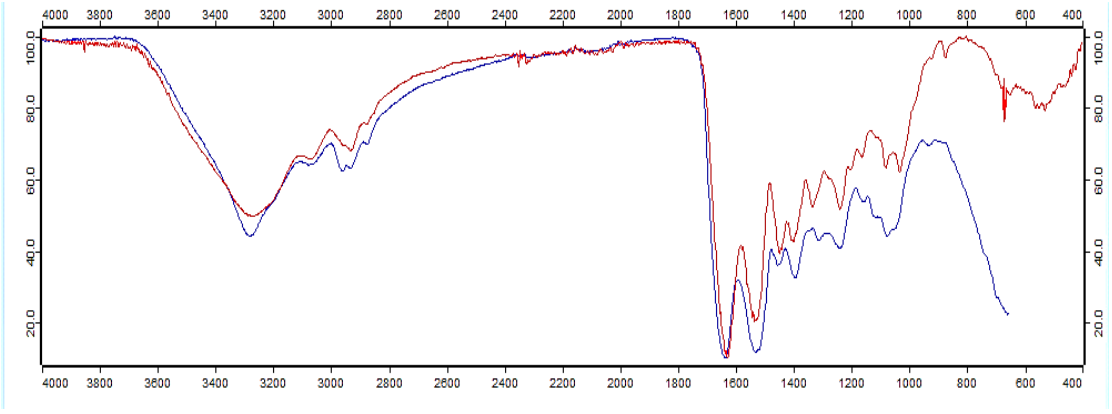
ويتضح من الشكل رقم (2) أن المادة المستخدمة فى عملية الأستكمال وهي الجبس.



شكل رقم (2) توضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من مادة الأستكمال.

4-3-2التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء:

استخدم التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لعينة من المادة اللاصقة المستخدمة في عملية التجميع السابق ويتضح بالشكل رقم (3) انها عبارة عن الغراء الحيواني.



شكل رقم (3) يوضح التحليل الطيفى بالأشعة تحت الحمراء

4-2 مرحلة الترميم والصيانة:

بعدما تمت عمليات الوصف الأثرى والتسجيل والتوثيق والفحص والتحليل للأثر موضوع الدراسة ومعرفة مكوناته وطبيعة نواتج التلف وتأثيرها على درجة ثبات الزجاج، ومقدار التلف الذي وصلت له فإنه لابد من التدخل بعمليات الترميم والصيانة والتخزين للحفاظ عليه من التلف والتدهور. ويمكن تناول الأثر الزجاجى بعمليات الترميم والعلاج الأتية:

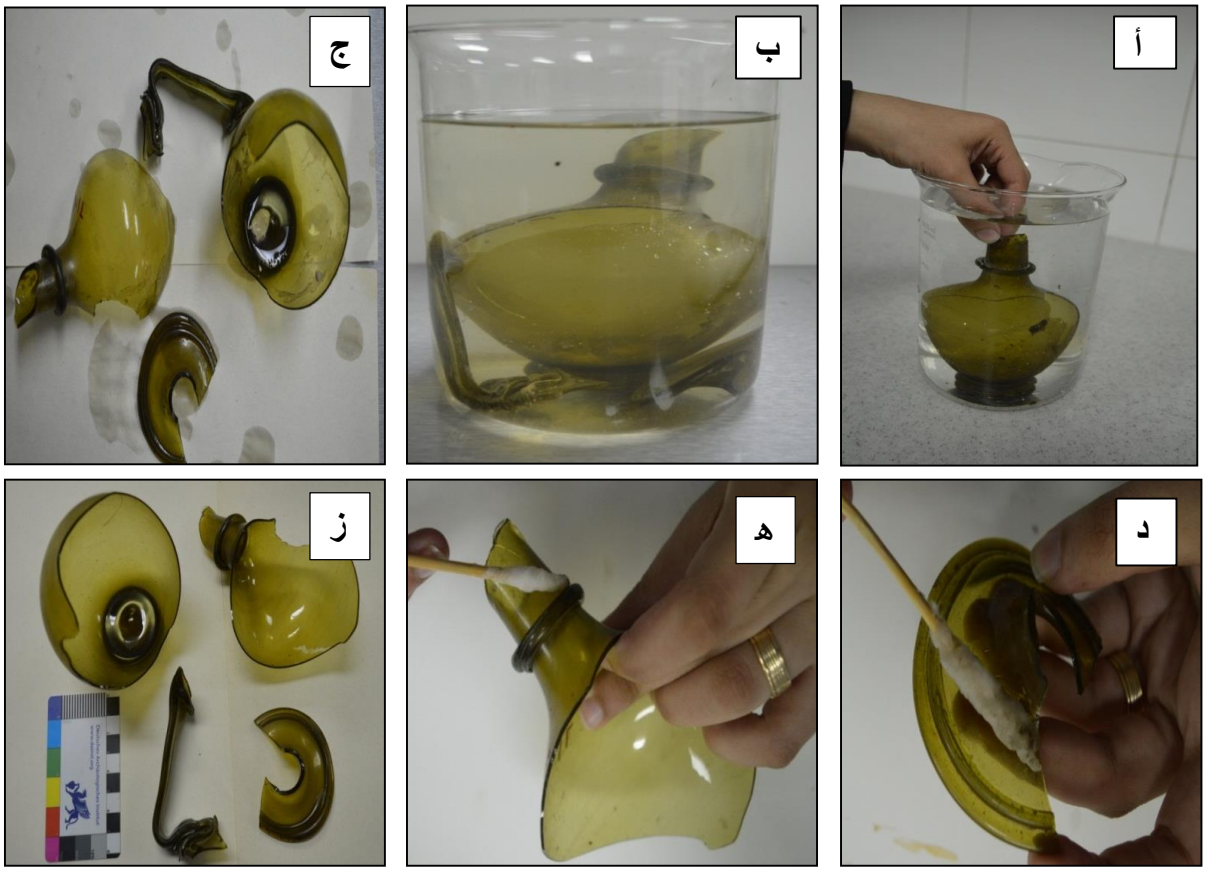
1-4-2عملية التنظيف الميكانيكى: Mechanical Cleaning

ويعتبرمن أنسب الوسائل التى تتبع فى تنظيف الأسطح الزجاجية على أن يتم ذلك بمنتهى الحذر ، ومن خلاله يتم إزالة العوالق الطينية أو الرملية أو نواتج التلف المتكونة على سطح الزجاج نتيجة تفاعله مع الظروف المحيطة والتى تعرف ب Weathering Crusts (Abd-Allah-2013) ، وقد تمت عملية التنظيف الميكانيكى باستخدام الفرش الناعمة بأنواعها المختلفة والمشارط وذلك لإزالة التكلسات الجبسية المستخدمة فى عملية الأستكمال السابق، وقد تم عمل دعامة أو سنادة من فوم البولى إيثلين كى يرتكز عليها الأثر الزجاجى حتى لا يتعرض للسقوط والكسر أثناء عملية التنظيف . وفى نهاية عملية التنظيف الميكانيكى تم إزالة التكلسات الجبسية المستخدمة فى عملية الأستكمال وذلك فى فوهة الدورق وكذلك حول المقبض فى منطقة البدن وكذلك تمت عملية إزالة كتل اللصق المستخدمة فى عملية اللصق للكسر الزجاجية وبعد تمام عملية الإزالة والتنظيف تم فك بعض القطع. ويتضح ذلك فى اللوحة رقم (6).

لوحة رقم (6) صور(أ)،(ب) توضح عملية التنظيف الميكانيكى لإزالة مادة الجبس المستخدم فى عملية الأستكمال السابقة وذلك عن طريق تنديته بالماء وإزالته بالمشرط ، صورتى (ج)،(د) توضح الأنتهاء من إزالة التكلسات الجبسية المستخدمة فى عملية الأستكمال السابقة

2-4-2 عملية التنظيف الكيميائى: Chemical Cleaning

وقد تم التنظيف باستخدام الماء الدافىء (Warm Water) (Koob,2004) حيث تم غمر الدورق الزجاجى فى الماء وذلك للتخلص من بقايا اللاصق المستخدم فى عملية اللصق للقطع الزجاجية وقد تمت عملية الغمر لمدة 10 دقائق حيث لوحظ فك القطع بمجرد عملية الغمر ولم تسنغرق وقتا طويلا مما يدل على ضعف اللاصق المستخدم فى عملية التجميع النهائى للقطع وعقب عملية الفك تم استخراج القطع وتجفيفها فورا من الماء وقد تم استخدام بعض المذيبات العضوية والمحاليل (Solutions of detergents) ومنها الكحول الإيثيلى والأسيتون لإزالة بعض الرواسب الصلبة على سطح الزجاج ويتضح ذلك فى اللوحة رقم (7).



لوحة رقم (7) صور تبين نتيجة عملية التنظيف الميكانيكى وذلك بإزالة التكلسات الجبسية واللاصق المستخدم فى عملية التجميع السابق ومن ثم الفك لبعض القطع.

3-4-2 عملية التجميع ولصق الأجزاء المكسورة: Joining of fragmented parts

تعتبر هذه العملية من العمليات الهامة والدقيقة والتى تتطلب خبرة ودقة وقد تمت عملية التجميع المبدئى عن طريق تركيب القطع بعد تنظيف حوافها جيدا باستخدام الأسيتون ووضعها فى مكانها السليم وتثبيتها بواسطة شرائح السلوتيب على مسافات متفاوته من خط اللصق ويظهر ذلك فى لوحة رقم (8) ؛ وذلك لمعرفة أماكن الأجزاء المراد استكمالها ووضع الخطة المناسبة لتنفيذ عملية الأستكمال سواء فى الأجزاء المفقودة من الفوهة والجزء الأخر فى منطقة المقبض والذى واجه صعوبة كبيرة لتنفيذه نظرا لوجودة فى أكثر من منطقة انتقال.

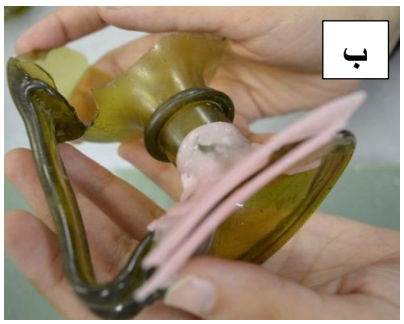
لوحة رقم (8) توضح عملية التجميع المبدئى للقطع الزجاجية

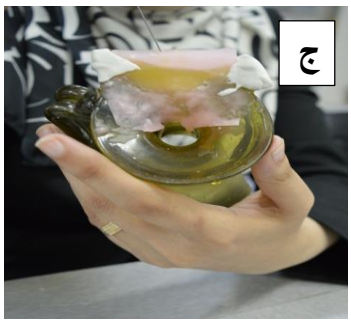
4-4-2 عملية الأستكمال للأجزاء المفقودة :Completion of missing parts

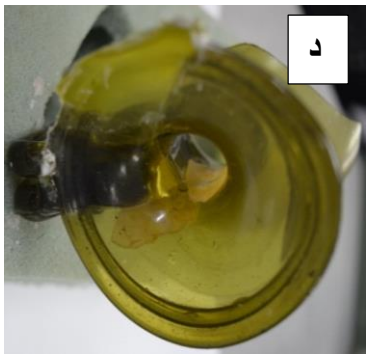
تهدف عملية الأستكمال إلى حماية الأثر وتدعيمة والحفاظ عليه ويعاني الأثر الزجاجى محل الدراسة من وجود فقد فى منطقة الفوهة وفى منطقة البدن حول مقبض الدورق الزجاجى.

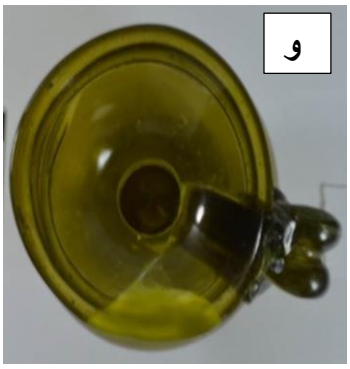
2-4-4-1 طريقة استكمال الجزء المفقود من الفوهة:

تم عمل قالب مزدوج من الشمع وذلك عن طريق أخذ شريحة من الشمع تناسب مساحة المنطقة المفقودة وتزيد عنه قليلا ، ثم تم تليين الشمع باستخدام تيار هوائى ساخن وتم تطبيع شريحة الشمع على الجزء المقابل للمنطقة المفقودة من الخارج وذلك للحصول على القالب الخارجى External mould ويتضح ذلك فى لوحة رقم (9-أ) ثم تم تطبيع شريحة أخرى من الشمع على السطح الداخلى للجزء المفقود للحصول على القالب الداخلى Internal mould وذلك فى صورة (9- ب) ثم تم تثبيت كلا من القالبين باستخدام مكواه كهربائية وبعد ذلك تم صب المادة المكملة من مادة الأرالديت 1092 مع إضافة نسبة من مادة ملونة من ألوان الزجاج لإضفاء اللون المناسب والمقارب للون الآنية الزجاجية وبدرجة مميزة عنه (أفتح) وذلك فى صورة (9-ج) ، وبعد التأكد من تمام تصلب المادة المكملة تم نزع القالب وتنظيف موضعه بالبنزين وفى حدود مأمونة الجانب ثم تمت عملية الصقل والتسوية للجزء المستكمل باستخدام ماكينة الفريزة ويظهر ذلك فى صورة (9-د،ه) وفى صورة (9- و) يظهر شكل الجزء المستكمل للفوهة بعد تمام عملية الصقل والتسوية .









لوحة رقم (9) صور توضح استكمال الجزء المفقود من الفوهة

2-4-4-2طريقة استكمال الجزء المفقود من البدن:

ولأستكمال الجزء المفقود من البدن حول مقبض الدورق الزجاجى والذي يشمل ثلاث مناطق انتقال مختلفة فقد واجهتنا صعوبة لعمل قالب سواء مزدوج أو مفرد فى هذا الجزء ولذا تم التفكير فى عمل نموذج مشابه في شكل طبعة (شريحة) من المادة المكملة وذلك على الجزء المقابل للجزء المفقود وعمل طبقات متتالية من مادة الأستكمال حتى الوصول إلى السمك المناسب وبعد تمام الجفاف تم نزع (الطبعة) الشريحة من مكانها وتقطيعها إلى أجزاء مناسبة لحجم الفراغات المطلوبة. وتوضح لوحة رقم (10) خطوات عمل النموذج من المادة المكملة ففى صورتى (أ، ب) تم تحديد الجزء المراد الأستكمال عليه ثم وضع طبقة خفيفة من البارالويد وذلك للصق ورق الفويل ثم تمت عملية العزل لورق الفويل بمادة الفازلين وذلك تمهيدا لوضع طبقات من المادة المكملة عليه (وتم العمل بالأرالديت وهو لزج وليس سائل) ويتضح ذلك فى صورتى (ج، د).

وبعد تمام عملية الجفاف والتصلب تم فك الطبعة (الشريحة) من المادة المكملة ويظهر فى صورة (هـ) شكل الطبعة من المادة المكملة بعد تمام الجفاف والتصلب وتمت عملية تقطيع الجزء المستكمل بالفريزة على حسب المساحات المطلوبة ويتضح ذلك فى صورتى (و،ز) ثم لصقها فى أماكنها وملء الفراغات بالمادة المكملة من الأرالديت (1092) ويظهر ذلك فى صورتى (ح، ط) و بعد ذلك تم عزل حواف الزجاج بالفويل لمنع التصاق المادة المكمله على الحواف وذلك فى لوحة رقم (11،أ) تم تمت عملية الصقل والتسوية باستخدام ماكينة الفريزة وذلك فى صورتى (ب،ج) ثم تمت عملية التجميع النهائى للقطعة المتبقية باستخدام لاصق الأرالديت 1092 وذلك على حواف خط الكسر ويتضح ذلك فى صورة رقم (د) ثم تمت عملية إعادة الشفافية للجزء المستكمل باستخدام خليط من مادة الأرالديت والاسيتون ويظهر فى صورة رقم (هـ) ، ويتضح فى صورة (و) الشكل النهائى للجزء المستكمل بعد تمام عملية الترميم له .

لوحة رقم (10) توضح خطوات عمل الجزء المستكمل فى منطقة البدن حول مقبض لدورق الزجاجى

لوحة رقم (11) توضح عمليةالصقل والتسوية وإعادة الشفافية للجزء المستكمل من البدن.

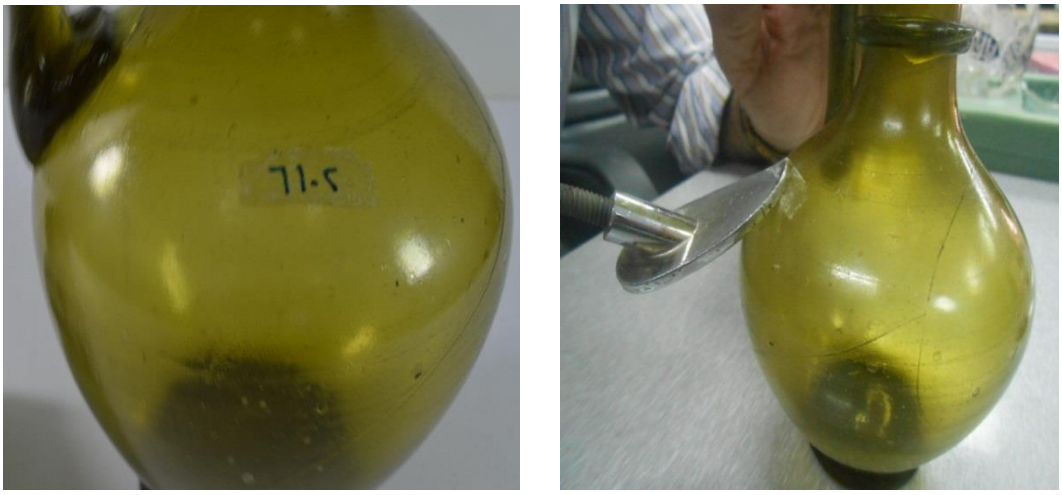
5-2 عملية الترقيم للقطعة الآثرية: Labelling process

د- عملية التقوية والعزل: Consolidation and coating

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

هـ- 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 (12)، وهذا هو الأسلوب المتبع فى ترقيم القطع الأثرية بمتحف الفن الإسلامى. وفى لوحة رقم (13) صور(أ)،(ب)،(ج) توضح شكل الأثر الزجاجى من الأوجة المختلفة بعد تمام عملية الترميم والصيانة .



لوحة رقم (12) صور توضح عملية الترقيم للقطعة الأثرية

لوحة رقم (13) توضح الأثر الزجاجى بعد تمام عمليات الترميم والصيانة

6-2 عملية التخزين: Storage process

وقد تمت عملية التخزين باستخدام كرتون خالى من الحموضة (Free acid board) وبطريقة تدعيمية للأثر الزجاجى لتحافظ عليه أثناء عملية التخزين لمنع اهتزازة وكسره وتم التوصل لهذه الطريقة حيث أنها تصلح للعرض والتخزين فى ذات الوقت حيث تم عمل فراغ فى غطاء علبة التخزين على حسب مساحة قاعدة الدورق الزجاجى وذلك لعرضها به إذا تطلب عرضها فى المتحف، ويتضح ذلك فى لوحة رقم (14).

لوحة رقم (14) صور توضح عملية التخزين للآثر الزجاجى وعملية التدعيم له وحفظه داخل صندوق مصنوع من كرتون خالى من الحموضة

الأستنتاجات:

لقد حققت المواد النانوية دورا هاما وفعالا فى تحسين خصائص المواد المستخدمة فى تقوية وحماية المواد الأثرية من خلال التغلب على كثير من الصعوبات التى كانت تواجه هذه العمليات وأيضا تحسين خصائص المواد المستخدمة فيها فضلا عن تصنيع مواد نانوية مركبة متعددة الوظائف التى تطبق فى صورة طبقة واحدة وتقوم بأكثر من وظيفة ومنها خاصية الأسطح فوق الطاردة للماء وخاصية التنظيف الذاتى ومقاومة الكائنات الحية الدقيقة ومقاومة تأثير الأشعة فوق البنفسجية وبالتالى تحسن من حماية وتقوية الآثار الزجاجية الضعيفة والهشه والتى تعانى من صدأ الزجاج Corrosion of glass.

ومن خلال الفحوص والتحاليل اتضح ان الآثر الزجاجى محل الدراسة من النوع المعروف كيميائيا باسم زجاج سيليكات الصوديوم والكالسيوم، حيث تمثل أكاسيد السليكا والصوديوم والكالسيوم المركبات الأساسية فى تركيب الزجاج وتصل نسبة السيلكا به حوالي 68% وثبت أن اللون المائل إلى الأخضرار للدورق الزجاجى يرجع إلى وجود أكسيد الحديد.

واتضح بالفحص بالميكرسكوب الألكترونى الماسح أن سطح الزجاج متعرج وغير مستوى وذلك يرجع إلى طريقة صناعة الزجاج وهي النفخ بالقالب، واحتواء سطح الزجاج على بعض من المكونات غير كاملة الأنصهار تشير الى ان المصهور الزجاجى الذي صنعت منه القطعة لم يكن متجانسا نظرا لعدم الوصول الى درجة الحرارة المطلوبة.

وأثبت الفحص بحيود الأشعة السينية أن المادة المستخدمة فى عملية استكمال الأجزاء المفقودةالمستخدمة فى أعمال الترميم السابق للدورق الزجاجى هى الجبس. كما أثبت التحليل الطيفى للأشعة تحت الحمراء على عينة من المادة اللاصقة المستخدمة فى التجميع السابق أنها عبارة عن الغراءالحيوانى، وقد استخدم التجميع بطريقة خاطئة.

ومن خلال إجراء الجانب التطبيقى للترميم والصيانة للأثر الزجاجى اتضح أن التنظيف الميكانيكى هو الأسلوب الأفضل فى تنظيف سطح الزجاج فى مراحله الأولى، كما أثبتت فاعليته فى إزالة الطبقات السميكة من مادة اللصق القديمة، ومن المنظفات الكيميائية التى أعطت نتيجة جيدة فى تنظيف سطح الزجاج الكحول الإيثيلى، وفى إزالة بقايا مادة لاصق الأرالديت المستخدم فى عمليات اللصق الحالى فقد أعطى الأسيتون نتائج فعالة أثناء عمليات الترميم والتنظيف.

وتم 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 والذى كان من الصعب الأستكمال باستخدام القالب فى منطقة البدن حول المقبض الزجاجى لذاتم عمل طبعة من مادة الأستكمال على الجزء المقابل للجزء المفقود والتعامل معها بعد الجفاف واستكمال الأجزاء المفقودة يفضل استخدام مادة الأرالديت 1092 فى عمليات استكمال الأجزاء المفقودة لما يتميز به من شفافية عالية ودرجة لزوجة منخفضة وصلابة عالية ويضاف لها ألوان زجاج فى حالة الآثر الزجاجى الملون .

يجب دائما استخدام مواد خالية من الحموضة فى عمليات تخزين الآثار الزجاجية ولابد من توفير عملية التدعيم والتبطين المناسبة لحالة كل إثر، كما يجب القيام بعمليات المتابعة والصيانة الدورية للمقتنيات الزجاجية المحفوظة بالمخازن.

المراجع:

أولا: المراجع العربية

1- أحمد، سيد منصور، دراسة مقارنه لتقييم فاعلية كل من المركبات التقليديه والمركبات النانويه المستخدمة فى التنظيف والحمايه الذاتيه لأسطح بعض الأحجار الأثرية، تطبيقا على نماذج مختارة، رسالة ماجستير، كلية الآثار، جامعة القاهرة ،2014.

Ahmed, Sayed Mansour, Drast mokrna letakym falyt kol men elmorkabt eltakledya wa elmorkabt elnanoya elmostakhdma fe eltanzef wa elhamaya elzatea lastoha bad elahgar elatherya, tatbecn ala namzg mokhtra, reslt majester, kolyt elathar, gamet elkahram2014

2- ضياء، بلقيس محمد، دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) على بعض الخصائص الميكانيكية لمتراكبات الإيبوكسي، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد27، العدد 15، 2009.

Zia,Balqis Mohamed, Drast tather elasha fok elbnafsegia ala bad elkhasaes elmekanecia le motrakbat elobexy ,maglet elhandsa wa eltoknologia ,elmoglad27,2009.

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

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- Aslanidou,D., Karapanagiotis,I., Superhydrophobic,Superoleophobic and Antimicrobial Coatings for the Protection of Silk Textiles, Journal of coatings, Vol.8., 2018.

2- Anous,I.,Nanomaterials and their applications in interior design, American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences, Vol.7, 2014Bravo, J., Zhai, L., Cohen ,R. , Rubner ,M., Transparent super hydrophobic films based on silica nanoparticles,Langmuir,Vol 23, 2007.

3- Faroun,N.M., Rashed,A.,Abou-Liela,M., Conservation of cultural heritage using nanotechnology applications in glass,2015.

4- Fernando,R., Nanocomposite and Nanostructured Coatings:Recent Advancements, American Chemical Society: Washington, DC, 2009,PP1-20

5- Ganesh,V., Nair, A., Raut,H., Walsh,T., Ramakrishna,S., Photocatalytic super hydrophilic TiO2 coating on glass by electrospinning,RSC Advances, 2012.

6- Gay,D.,HOA,S.,Tsai,S.,Composite Materials Design and Application, CRC Press , New York,2003.

7- Helmi,F., Ali,N., Ismael,S., Nano Materials For The Inhibtion of microbial growth on ancient Egyptian furnal masks , Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 15, No 3, 2015.

8- Jones N, Ray B, Ranjit KT, Manna AC. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms. FEMS Microbiol Lett. 2008.

9- Kim.J., Nano-Structured Self-Cleaning Superhydrophobic Glass,Phd thesis, University of California,Sandiego, 2010

10- Latthe,s.,Liu,s.,Terashima,C.,Nakata,K.,Fujishima,A, Transparent, Adherent, and Photocatalytic SiO2-TiO2 Coatings on Polycarbonate for Self-Cleaning Applications, Coatings , Vol.4, 2014.

11- Licciulli,A.,Lisi, D.,Self cleaning, Corso di laurea in Ingegneria dei Materiali, Scienze Tecnologia dei Materiali Ceramici, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI LECCE,2002,p.7.

12- Thompson,C., Highly Transparent,Self-cleaning,and Antireflective Nanoparticle Coatings,doctordissertation,University of Arkansas, Published by ProQuest LLC, 2014.

13- Pinar, G., Garcia-Valles, M., Gimeno-Torrente, D., Fernandez-Turiel, J.L., Ettenauer, J.,Sterflinger, K.,. Microscopic, chemical, and molecular-biological investigationof the decayed medieval stained window glasses of two Catalonian Churches, Int. Biodeter,Biodeg,2013.

14- Waked,A., Nano materials applications for conservation of cultural heritage,in Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XII, W.I.T. press, Vol. 118,2011

15- Werf,I., Ditaranto,N., Picca,R., Sportelli,M., Sabbatini,l.,Development of a novel conservation treatment of stone monuments with bioactive nanocomposites,in heritage science,2015.