إستخدام البلكسى جلاس فى إستكمال الآثار الزجاجية : دراسة تجريبية تطبيقية

The use of Plexiglass to Completion Archaeological Glass : An Experimental Applied Study

***أ/ محمد حفنى مغازى حفنى*[1] نجوى سيد عبد الرحيم محمد[2] محمد رجب التهامى [3]**
رشا طه عباس حمد[2] حمدى عبد المنعم محمد عبد العال [4]
1- باحث دكتوراة - كلية الآثار- جامعة الفيوم - مصر
2- قسم الترميم- كلية الآثار- جامعة الفيوم- مصر.
3- قسم الزجاج- المركز القومى للبحوث، مصر.
4- وزارة السياحة والآثار- مصر.
mohammad.hefni@yahoo.com

الملخص:

تعد مرحلة الاستكمال من المراحل الهامة فى ترميم الأثر الزجاجى، لاسيما إن كانت عملية الاستكمال ضرورة بمكان ضعف بالقطعة الزجاجية الأثرية، وتظل مادة الاستكمال نقطة محورية تحتاج إلى استمرار الدراسة والبحث للتوصل للمادة الأنسب للاستكمال ولا يضر أن يكون هناك أكثر من مادة يمكن استخدامها فى تلك المرحلة .تعد مادة البلكسى جلاس من المواد المنتشر استخدامها فى العرض المتحفى للقطع الأثرية المنقولة، وأيضا تم استخدامها فى الترميم وتحديدا فى الاستكمال مثل استكمال الحجر، يتناول البحث دراسة مدى إمكانية استخدام البلكسى جلاس فى إستكمال الآثار الزجاجية، حيث أن هذه المادة تتميز بأنها شفافة وخاملة ويتوفر بها الكثير من الشروط الواجب توفرها فى المواد المستخدمة فى استكمال الآثار الزجاجية، إلا أنها مادة صلدة يصعب تطويعها، ومع ذلك فهى مادة تلين بالحرارة وذات سمك مختلف منها ما يتناسب مع سمك الزجاج الأثرى.

يرتكز البحث على دراسة مدى إمكانية تطويع البلكسى جلاس فى أماكن الفقد للقطع الزجاجية، وعلى هذا يتناول البحث دراسة تجريبية لاستكمال طبق زجاجى غير أثرى بمادة البلكسى جلاس وقد أثبتت الدراسة نتيجة إيجابية وتم استكمال الطبق الزجاجى بتلك المادة، وبهذا تم تطبيق الاستكمال باستخدام البلكسى جلاس على قارورة زجاجية ترجع إلى العصر الإسلامى المبكر محفوظة بمتحف الفن الإسلامي بالقاهرة.

الكلمات الدالة: الآثار الزجاجية، الإستكمال، بلكسى جلاس، الآثار الإسلامية، متحف الفن الإسلامى بالقاهرة.

Abstract:

The completion stage is an important stage in the conservation of archaeological glass, especially if completion is necessary due to a weakness in the object. The completion material remains a pivotal point, requiring continued study and research to determine the most appropriate material for completion. It's no harm to have more than one material available for use at this stage.

Plexi-glass is a widely used material for museum displays of movable archaeological object. It has also been used in conservation, specifically for completions such as stone completions. This research examines the feasibility of using Plexiglas to complete glass archaeological. This material is transparent and inert, and meets many of the requirements for materials used to complete glass archaeological. However, it is a difficult material to flexibly use. However, it softens with heat and has varying thicknesses, some of which are compatible with the thickness of archaeological glass.

The research focuses on studying the feasibility of using Plexi-glass in places where glass objects are lost. Accordingly, the research includes an experimental study to complete a non-archaeological glass flask with Plexi-glass. The study proved positive results and the glass flask was completed with this material. Thus, the completion using Plexi-glass was applied to

a glass flask dating back to the early Islamic era and preserved in the Museum of Islamic Art in Cairo.

Key Words: Archaeological glass, completion, Plexiglass, Islamic Antiquities, Museum of Islamic Art in Cairo.

1- المقدمة: Introduction

1-1- مرحلة الاستكمال للزجاج الأثرى:

هناك ثلاث أنواع لحماية الآثار، الحماية التوثيقية ويقصد بها حصول كل نموذج أثرى على القدر الكافى من البيانات، وحماية ميكانيكية ويقصد بها مراعاة عدم تحطم النماذج الأثرية نتيجة للضغط أو الإهتزازات، وحماية بيئية ويقصد بها توفير ظروف تسمح بوجود الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بالشكل المناسب([١])، ونتحدث هنا عن الحماية الميكانيكية للآثار الزجاجية وتحديداً مرحلة الاستكمال، ويمكن تطبيق مادة الاستكمال بشكل مباشر بحيث تكون جزء من الأثر الزجاجى وهذا منتشر عند استخدام إحدى مواد الايبوكسى المستخدمة بكثرة فى استكمال الزجاج الأثرى فى حالتها السائلة وذلك من خلال عمل قالب شمعى مزدوج مكان الفقد وصب المادة بقالب الشمع ثم فك وتنظيف القالب بعد تصلد مادة الايبوكسى([٢]) ([٣]) ومن أفضل المواد التى تم تناولها وبالدراسة واستخدامها فى لصق واستكمال الزجاج هى مادة كيمابوكسى 150 3D ([٤]) ومادة أرالديت 2020 ولابد هنا من ذكر أن مادة الايبوكسى غير استرجاعية ([٥]) ويحدث لها اصفرار مع الوقت ([٦])، وهناك طريقة أخرى لتطبيق مادة الاستكمال وهى التطبيق بشكل غير مباشر بحيث يتم عمل الاستكمال خارج القطعة ثم يتم لصقه محل مكان الفقد بالقطعة وتم استخدام هذا فى الاستكمال باستخدام إحدى مواد الايبوكسى أرالديت 2020 فى استكمال كرة زجاجية أثرية ([٧]) وتم استخدامها فى تطبيق مادة البارالويد المستخدم حديثاً فى استكمال الآثار الزجاجية فى استكمال قطعة كأس زجاجى أثرى ([٨]) ويفضل هنا اللصق باستخدام مادة استرجاعية مثل مادة بارالويد 44، ويتناسب مع مادة البلكسى جلاس الطريقة الثانية وهى تطبيق الاستكمال بشكلغير مباشر بحيث يتم تحضير أجزاء الاستكمال الحديثة خارج القطعة الزجاجية الأثرية ثم يتم لصقها بالقطعة.

1-2- البلكسى جلاس:

1-2-1- تعريف البلكسى جلاس:

---

[١] محمد، محمد : دراسة علمية تطبيقية لأهم التقنيات الحديثة المستخدمة فى علاج الآثار الجرانيتية المستخرجة من الحفائر، ماجستير، جامعة القاهرة - كلية الآثار- قسم ترميم الآثار، 2008.

[٢] حفنى، وآخرون: ترميم الآثار المتضررة من حادث الانفجار بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة تطبيقاً على إحدى الماذج المختارة، مجلة كلية آثار القاهرة، العدد 22، 2019.

[٣] حفنى، محمد: *دراسة تأثير الموجات الصوتية الناتجة عن التفجيرات على الآثار الزجاجية وطرق علاجها وصيانتها تطبيقاً على نماذج مختارة من متحف الفن الإسلامى بالقاهرة*، رسالة ماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة الفيوم، 2019م

[4] Hefni & others: Evaluation of Kemapoxy150 3D in restoration of archaeological glass, International journal of conservation science, Volume 12, Issue 2, April- June 2021.

[٥] حفنى، وآخرون: دراسة مقارنة لبعض اللواصق الإيبوكسية المستخدمة فى ترميم الآثار الزجاجية مجلة كلية آثار القاهرة، العدد 26، 2023.

[٦] حفنى، وآخرون: منهجية الترميم لإحدى المشكاوات الزجاجية المتضررة من تفجير محيط متحف الفن الإسلامى بالقاهرة "دراسة حالة"، مجلة كلية الآثار جامعة القاهرة، العدد السادس والعشرون، 2023

[7] Hamad & others: Explosion Effects on archaeological glass, conservation and protection strategy, International journal of conservation science, volume 12, issue 1, January- March 2021.

[8] Hana Bristow & Jan Dariusz Cutajar: Archaeological Glass Conservation: Comparative Approaches And Practicalities of Using Acrylic Resin Films As Gap Fills, Objects Specialty Group Postprints, Volume Twenty-Four, 2017.

هى مادة اكريليك شفافة اسمها العلمى بولى ميثيل ميثاكريلات، وتعرف اختصاراً PMMA، وهى نوع من أنواع بولييمرات اللدائن الحرارية ويطلق عليها زجاج الأكريليك أو زجاج البلكسى، ومسمى البلكسى جلاس هو اسم تجارى طرح بالسوق لأول مرة عام 1933([٩]).

1-2-2- استخدامات البلكسى جلاس فى المتحف:

1-2-2-1- العرض المتحفى:

يستخدم البلكسى جلاس بشكل منتشر فى فتارين العرض المتحفى وفى دعم ارتكاز القطع الأثرية بالعرض المتحفى ([١٠]) (شكل 1، 2).

شكل (1) يوضح استخدام بلكسى جلاس صغير السُمك فى دعم إرتكازقطعة أثرية فخارية معروضة بالمتحف المصرى بالتحرير

شكل (2) يوضح استخدام البلكسى جلاس بفاترينة عرض متحفى بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة

1-2-2-2- الترميم:

[٩] عبد السلام ، محمد: المتحف وفن العرض المتحفى، الكتاب الجامعى، المستوى الثانى، القاهرة: كلية الآثار – جامعة عين شمس، 2022- 2023.

[١٠] عبد السلام ، محمد : إدارة المجموعات المتحفية وتطبيق معيار مُرف المقتنى (Object ID) على قسم السجاد بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة "دراسة ميدانية متحفية"، مجلة مركز الدراسات البردية (BCPS)، كلية الآثار، جامعة عين شمس، مصر، المجلد 40 (2023) : 627-670

تم استخدام البلكسى جلاس فى استكمال الحجر الأثرى حيث تم استخدامه فى استكمال تابوت حجرى من حجر الجرانيت معروض بالمتحف المصرى بالتحرير (شكل 3) ، ويتناول البحث دراسة تجريبية تطبيقية لاستخدامه فى استكمال آثار الزجاجية.

شكل (3) استخدام البلكسى جلاس فى استكمال تابوت حجرى معروض بالمتحف المصرى بالتحرير([11])

1-2-3- طرق تشكيل البلكسى جلاس:

يتم تحديد السُمك المراد استخدامه تحديد الشكل المراد قطعه وتشكيله على لوح البلكسى جلاس كما هو ويتم القطع أولاً على اللوح الأصلى البلكسى جلاس كما هو بصورته المسطحة ثم يتم تشكيل الجزء المقطوع بالتليين بالحرارة بعد القطع، وأخيراً عند التطبيق يتم إزالة أى جزء زائد.

1-2-3-1- القطع:

1-2-3-1-1- القطع اليدوى:

هناك طريقتان للقطع اليدوى لألواح البلكسى جلاس حسب سُمك اللوح، حيث تستخدم الطريقة الأولى (طرقة الحفر والكسر) مع الألواح صغيرة السُمك وتتمثل فى وضح لوح البلكسى جلاس على المنضدة وتحديد مكان القطع باستخدام قلم ومتر خشبى أو معدنى مع ضرورة عدم إزالة الغلاف الورقى قبل القطع ثم يتم حز أو حفر مكان خط القطع باستخدام أداة قطع الزجاج (قاطعة زجاج) على كل خط من 5 إلى 10 مرات ثم يتم وضع الخط المحفور على حافة الطاولة ويتم تثبيت الجزء الآخر من اللوح ثم يتم الضغط بشدةعلى الجزء المراد قطعه وبذلك تم الانتهاء خطوات قطع البلكسى جلاس ([12])، ويمكن استخدام منشار كهربى مباشرة بدلاً من قاطع الزجاج ([13]) (شكل 4)، ويمكن بعد ذلك تنعيم الحواف الخشنة مكان القطع باستخدام فريزة برأس صنفرة تنعيم.

تستخدم الطريقة الثانية عند قطع الألواح ذات السُمك الكبير حيث يتم تثبيت اللوح على سطح مستوى مثل منضدة ثم يتم تحديد مكان القطع بنفس الأسلوب المستخدم بالطريقة الأولى ثم يتم وضع الخط المحدد على حافة الطاولة ثم يتم القطع باستخدام المنشار الكهربى (صاروخ)،وأخيراً يمكن تنعيم الحواف مكان القطع باستخدام فريزة رأس صنفرة تنعيم ([14]).

---

[11] تصوير الباحث.

[12] كيفية قطع زجاج بلكسى جلاس: موقع *الكترونى* WikiHow، الجمعة 17 إبريل 2025 الساعة 10.15م.

[13] *ورشة عمل تحت عنوان "تصميم وتقييم القواعد المناسبة وحوامل العرض للمقتنيات المتحفية (مادة البليكس جلاس Plexiglass نموذجاً)" بالمتحف المصرى بالتحرير، قطاع الترميم والمشروعات، وزارة السياحة والآثار، مصر، 14، 21، 28 يناير 2025.*

[14] كيفية قطع زجاج بلكسى جلاس: موقع *الكترونى* WikiHow، الجمعة 17 إبريل 2025 الساعة 10.15م.

شكل (4) يوضح طريقة قطع البلكسى جلاس يدوياً باستخدام منشار كهربى

1-2-3-1-2- القطع باستخدام الليزر:

يعد استخدام جهاز القطع بالليزر أسلوب متميز وسهل لقطع البلكسى جلاس بالشكل والأبعاد المطلوبة بشكل سهل ودقيق، حيث يتم تحديد الشكل المراد قطعه ورسمه بالأبعاد المطلوبة على برنامج AutoCAD ثم يتم توصيل البرنامج بالجهاز ووضع لوح البلكسى جلاس بالسُمك المراد بالجهاز تحت أدة القطع ثم يتم القطع فينتج الشكل المطلوب بالأبعاد المحددة ([١٥]) (شكل 5)، و ويعد الحصول على إعدادات الليزر المناسبة أمراً بالغ الأهمية لتحقيق النتائج المرجوة وجدير بالذكر أنه يجب أن تتطابق قوة الليزر مع السُمك المراد قطعه ([١٦]).

شكل (5) جهاز قطع البلكسى جلاس بالليزر بالمتحف المصرى بالتحرير ([١٧])

---

[١٥] *ورشة عمل تحت عنوان "تصميم وتقييم القواعد المناسبة وحوامل العرض للمقتنيات المتحفية (مادة البليكس جلاس Plexiglass نموذجاً)" بالمتحف المصرى بالتحرير، قطاع الترميم والمشروعات، وزارة السياحة والآثار، مصر، 14، 21، 28 يناير 2025.*

[١٦] *الدليل النهائى لإعدادات نسيج القطع بالليزر: موقع الكترونى MimoWork Laser، الجمعة 17 إبريل 2025 الساعة 10.30م.*

[١٧] *تصوير الباحث*

1-2-3-2- التليين بالحرارة:

سواء عند استخدام البلكسى جلاس فى العرض المتحفى أو فى الاستكمال يتم الحاجة إلى ثنى أو تشكيل هذا الجزء، وبالرغم أن البلكسى جلاس مادة صلبة إلا أنه عند تعريض جزء منه للحرارة يحدث تليين لهذا الجزء ويمكن ثنيه وبالتالى تشكيله بالانحاء المراد عمله عند العرض المتحفى أو بالشكل المحدد لاستخدامه فى الاستكمال، وعلى هذا يتم استخدام جهاز الهواء الساخن (الهيتر) وتركيز الهواء الساخن على الجزء المرادثنيه وتشكيله ويتم ثنى هذا الجزء (شكل 6)، مع مراعاة لبس قفازات واقية من الحرارة عند القيام بتلك الخطوة نظرا لسخونة البلكسى جلاس عند تعرضه لحرارة الهواء الساخن([١٨]).

شكل (6) استخدام جهاز الهواء الساخن (الهيتر) فى تليين البلكسى الجلاس لتشكيله

1-2-3-3- إزالة الأجزاء الزائدة عند تطبيق الاستكمال:

عند تطبيق الجزء المراد استخدامه من البلكسى جلاس بعد قطعه وتشكيله يمكن أن يتواجد جزء زائد أو أكثر، يتم إزالته باستخدام فريزة برأس صاروخ (رأس قاطعة) بعد تحديد الجزء الزائد بالقلم.

2- المواد والطرق: Materials and methods

2-1- الجانب التجريبى:

تم جلب طبق زجاجى حديث (غير أثرى) وتم عمل ثقب به باستخدام شنيور بنطة 2.5 مع مراعاة رش ماء مكان عمل الثقب أثناء استخدام الشنيور (شكل 7)، ثم تم وضع مادة استرجاعية بارالويد 44 على حواف الزجاج للجزء

١٨ ورشة عمل تحت عنوان "تصميم وتقييم القواعد المناسبة وحوامل العرض للمقتنيات المتحفية (مادة البليكس جلاس Plexiglass نموذجاً)" بالمتحف المصرى بالتحرير، قطاع الترميم والمشروعات، وزارة السياحة والآثار، مصر، 14، 21، 28 يناير 2025.

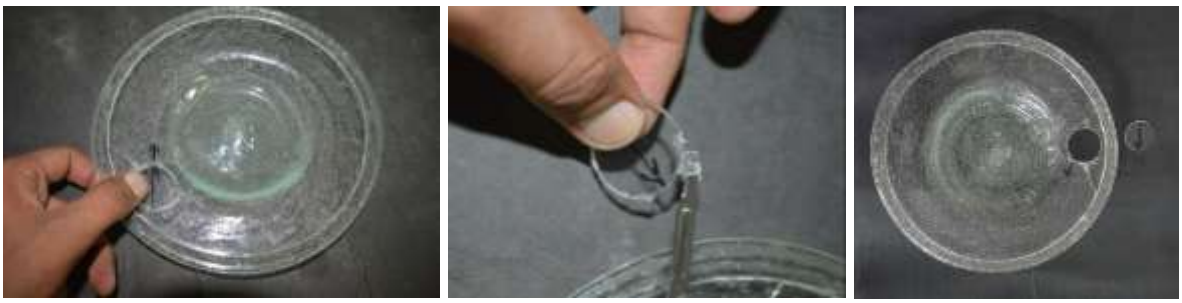
مكان دائرة الثقب للعزل بغرض تسهيل فك مادة الاستكمال بعد ذلك، وتم عمل استكمال باستخدام الجبس بعد وضع شريحة قالب شمع فردية من جهة واحدة بالطبق من الخلف، وتم فك جزء الاستكمال المتمثل فى الجبس وتم تقويته باستخدام مادة البارالويد حتى لا يحدث له كسر أثناء التعامل معه فيما بعد. ثم تم أخذ أبعاده وتم رسم الجزء المستكمل باستخدام برنامج AutoCAD وتطبيق الأبعاد عليه، وبعد توصيل البرنامج بجهاز الليزرالمستخدم فى قطع البلكسى جلاس تم القطع (شكل 8)، وجدير بالذكر أن قطع البلكسى جلاس المستخدم فى الجانب التجريبى والتطبيقى تم بالمتحف المصرى بالتحرير*، وبعد ذلك تم تجميع جزء البلكسى جلاس بالطبق مكان فتحة الثقب المصنوع ولصقه باستخدام مادة البارالويد B44 المذاب فى الأسيتون تركيز 50% (شكل 10)، مع العلم أنه تم إزالة أى جزء زائد من البلكسى جلاس باستخدام فريزة برأس صاروخ (رأس قاطعة) وتم صنفرة حوافها قبل لصقها بالطبق الزجاجى (شكل 9)، وبذلك تم الانتهاء من استكمال مكان الثقب المصنوع بالطبق الزجاجى باستخدام البلكسى جلاس (شكل 11).

شكل (7) عمل ثقب بالطبق الزجاجى الغير أثرى محل الجانب التجريبى

شكل (8) أ جزء الاستكمال من الجبس بعد فكه، ب جزء الاستكمال البلكسى جلاس بعد قطعه

* شكر خاصى إلى أ/ أحمد إسماعيل و د/ المعتز بالله الشهاوى أخصائيى الترميم بالمتحف المصرى بالتحرير لمساعدتهما على قطع البلكسى جلاس بجهاز الليزر المستخدم فى القطع، وشكر موصول إلى أ/ عزة فتحى مدير عام الترميم بالمتحف.

شكل (9) تحديد وإزالة جزء زائد بقطعة الاستكمال من البلكسى جلاس وصنفرة حوافها



شكل (10) لصق وتجميع جزء البلكسى جلاس (جزء الاستكمال) بالطبق الزجاجى مكان الثقب المصنوع

شكل (11) الطبق الزجاجى بعد الانتهاء من استكمال الثقب المصنوع باستخدام البلكسى جلاس

2-2- الجانب التطبيقى:

أظهرت الدراسة التجريبية كفاءة استخدام البلكسى جلاس فى استكمال الزجاج خاصة مع القطع الزجاجية صغيرة السُمك، وعلى هذا تم استخدام البلكسى جلاس فى استكمال قارورة زجاجية أثرية بها أكثر من جزء مفقود بالقطعة، ويتناول الجانب التطبيقى فى هذا البحث خطوات تطبيق استكمال الأجزاء المفقودة بالقطعة باستخدام البلكسى جلاس.

رقم الأثر: 23326

الأثر عبارة قارورة زجاجية ترجع إلى العصر الإسلامى المبكر* ، فهى قارورة كبيرة من زجاج به اخضرار ولها رقبة طويلة تنتهى بفوهة عريضة مستديرة بارزة إلى الخارج وعلى رقبتها زخرفة بسيطة بالقطعة (بعثة 143 - 5 – 95)، القارورة عبارة عن عدة أجزاء.

* شكر إلى د/ علاء الدين محمود وكيل متحف الفن الإسلامى بالقاهرة للشئون الأثرية على مساعدته فى هذا البحث.

تم عمل تنظيف للقارورة الزجاجية الأثرية (شكل 12)، ثم تم البدء بمرحلة التجميع حيث تم عمل تجميع الكِسَر الزجاجية باستخدام مادة بارالويد 44 مذاب فى الأسيتون تركيز 50% (شكل 14، 15) وتم استخدام الشرائح اللاصقة الشفافة Tape فى تجميع الكِسَر الزجاجية بعد وضع مادة البارالويد والتى يتم إزالتها بعد تصلد المادة اللاصقة المتمثلة فى مادة بارالويد 44، ثم تم البدء فى عمل الإستكمال باستخدام الجبس بعد عزل الحواف باستخدام مادة بارالويد 44 بعد عمل قوالب شمع مزدوجة (شكل 17، 18، 19)، وتم صنفرة أجزاء الجبس، ثم تم فك أجزاء الاستكمال المتمثلة فى الجبس وتم تقويتها مادة البارالويد حتى لا يحدث لها كسر أثناء التعامل معها (شكل 20)، ثم تم أخذ أبعاد تلك الأجزاء باستخدام خيط صنارة للتمكن من أخذ الأبعاد للأجزاء المنحنية بالشكل الدقيق ثم تم فرد خيط الصنارة وقياس الجزء المحد، وبعد أخذ الأبعاد للأجزاء المفقودة المتمثلة فى أجزاء جبس الاستكمال تم رسم هذا الأجزاء على برنامج AutoCAD بالأبعاد المحددة (شكل 22)، تم قطع البلكسى جلاس بالأبعاد المحددة باستخدام جهاز القطع بالليزر بالمتحف المصرى بالتحرير (شكل 23).

جدير بالذكر أن أماكن الفقد المراد استكمالها هى أربعة أماكن بالقارورة الزجاجية، وأن البلكسى جلاس المستخدم فى استكمال أماكن الفقد بالقارورة سُمك 1مم،ولتجهيز أجزاء البلكسى جلاس المستخدمة فى استكمال أماكن الفقد القارورة تم استخدام جهاز الهواء الساخن (الهيتر) فى تليين أجزاء البلكسى جلاس المستخدمة فى الاستكمال لتشكيلها بالمنحنى المناسب والاستدارة المناسبة للأجزاء المفقودة بالقارورة (شكل 26، 29)، وتم إزالة الأجزاء الزائدة من البلكسى جلاس باستخدام فريزة برأس صاروخ قطع (رأس قطع) (شكل 27، 29)، ثم تم التجميع النهائى ولصق أجزاء البلكسى جلاس المجهزة بأماكن الفقد بالقارورة الزجاجية الأثرية باستخدام مادة بارالويد 44 تركيز 50% (شكل 30، 32، 33، 34)، وكذلك تم تجميع باقى أجزاء الزجاج نهائياً باستخدام المادة اللاصقة المتمثلة فى مادة بارالويد 44 تركيز 50% (شكل 31، 36) وجدير بالذكر أنه تم إزالة الشرائح اللاصقة الشفافة Tape المستخدمة فى التجميع من داخل بدن القارورة الزجاجية (شكل 35) قبل لصق الجزء الأخير المتمثل فى فوهة القارورة (شكل 36)، وبهذا تم الانتهاء من ترميم القارورة الزجاجية ومن استكمال أماكن الفقد بالقارورة باستخدام البلكسى جلاس (شكل 37).

شكل (12) تنظيف القارورة الزجاجية الأثرية

شكل (13) القارورة الزجاجية الأثرية قبل التجميع

شكل (14) تجميع جزئين من كِسَر القارورة باستخدام بارالويد 44

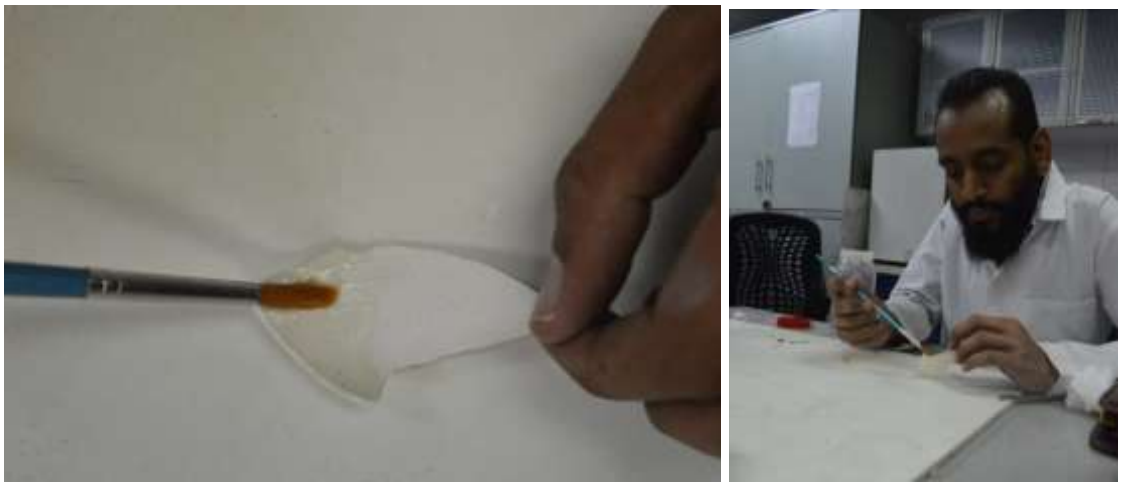
شكل (15) تجميع إحدى كِسَر القارورة

شكل (16) أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية

شكل (17) وضع قالب شمعى فردى من الداخل لأماكن الفقد لعمل أجزاء الاستكمال من الجبس

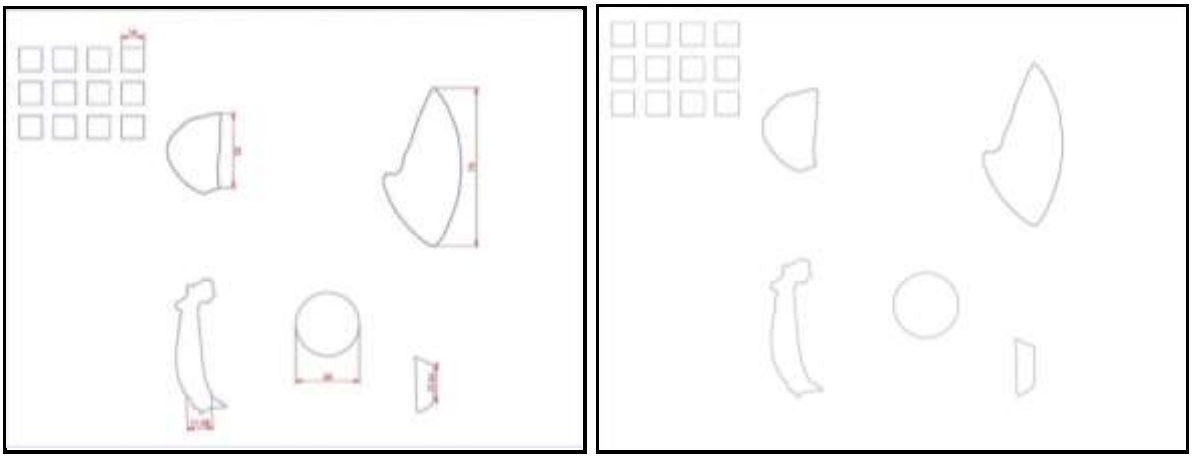
شكل (18) وضع مادة الجبس بإحدى أماكن الفقد لعمل الاستكمال بمادة الجبس

شكل (19) تسوية سطح أجزاء الاستكمال من الجبس

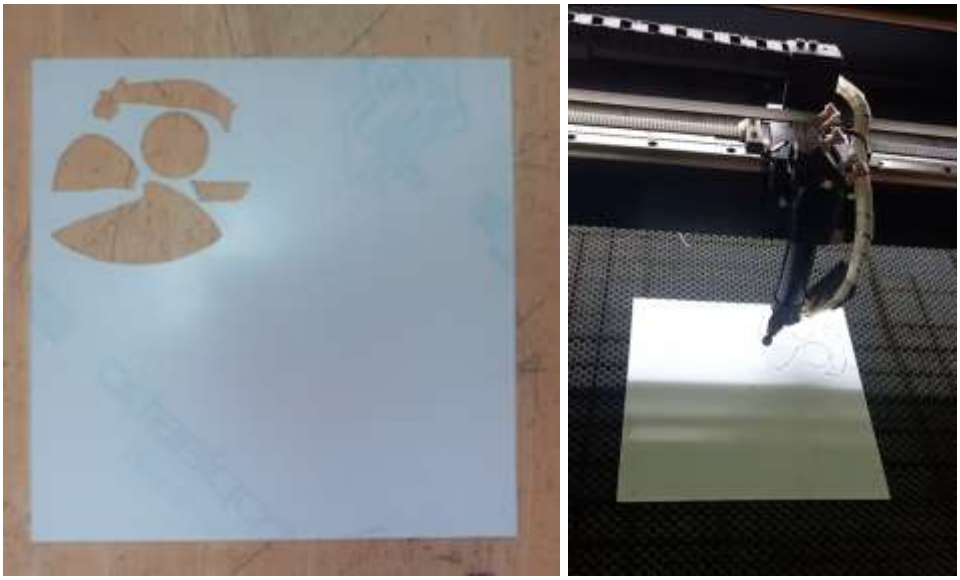


شكل (20) تقوية إحدى أجزاء الاستكمال المصنوعة من الجبس باستخدام مادة البارالويد

شكل (21) أجزاء الاستكمال من الجبس بعد فكها تمهيداً لقطع مثلها من البلكسى جلاس (تمثل أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية)



شكل (22) رسم أجزاء الاستكمال من الجبس على برنامج AutoCAD لقطع مثلها من البلكسى جلاس باستخدام جهاز القطع بالليزر



شكل (23) قطع البلكسى جلاس بالأشكال والابعاد المحددة باستخدام جهاز القطع بالليزر

شكل (24) أجزاء البلكسى جلاس بعد قطعها بأكثر من سُمك مختلف مع مثليها من اجزاء الاستكمال من الجبس

شكل (25) تجهيز وتشكيل الجزء الأول من البلكسى جلاس مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية

شكل (26) استخدام جهاز الهواء الساخن (الهيتر) لتليين جزء البلكسى جلاس حتى يمكن تشكيله مكان الفقد بالقطعة

شكل (27) إزالة جزء زائد من البلكسباستخدام الفريز برأس صاروخ (رأس قاطعة)

شكل (28) استكمال تجهيز وتشكيل الجزء الأول من البلكسى جلاس مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية

شكل (29) تجهيز وتشكيل الجزء الثانى من البلكسى جلاس مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية

شكل (30) تجميع وتركيب الجزء الأول من البلكسى جلاس نهائى مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية باستخدام مادة بارالويد 44

شكل (31) تجميع نهائى لجزء من الزجاج حول الجزء الأول من البلكسى جلاس بالقارورة الزجاجية

شكل (32) تجميع وتركيب الجزء الثانى من البلكسى جلاس نهائى مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية باستخدام المادة اللاصقة (بارالويد 44)

شكل (33) تجميع وتركيب الجزء الثالث من البلكسى جلاس نهائى مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية باستخدام مادة بارالويد 44

شكل (34) تجميع وتركيب الجزء الرابع من البلكسى جلاس مكان إحدى أماكن الفقد بالقارورة الزجاجية

شكل (35) إزالة الشرائح اللاصقة الشفافة من الداخل قبل غلق القارورة

شكل (36) تجميع الفوهة (الجزء الأخير) من القارورة باستخدام المادة اللاصقة (بارالويد 44)

شكل (37) القارورة الزجاجية بعد الاستكمال باستخدام البلكسى جلاس (أربعة أجزاء)

3- النتائج والمناقشة: Results and discussion

ثبت كفاءة مادة البلكسى جلاس قليلة السُمك فى استكمال الزجاج الأثرى، إلا أن المشكلة الأساسية هى تشكيل البلكسى جلاس حسب شكل مكان الفقد بالقطعة الأثرية، إلا أن البلكسى جلاس قليل السُمك يمكن تشكيله نسبياً بعد تليينه بالحرارة وذلك مع الانحناءات والاستدارات البسيطة، وجدير بالذكر أن الدراسة تناولت استخدام البلكسى جلاس فى الاستكمال بأسلوب يجعله استرجعياً حيث تم تشكيله خارج القطعة الزجاجية ثم تم لصقه باستخدام مادة لاصقة استرجاعية تتمثل فى مادة بارالويد 44.

أيضاً تمتد مشكلة تشكيل البلكسى جلاس فى مرحلة القطع بالشكل المحدد، إلا أن هذه المشكلة تقل مع قلة سُمك البلكسى جلاس، ويتمث الحل بشكل كبير فى هذه الجزئية مع القطع باستخدام جهاز القطع بالليزر، ولا تتوقف عملية استخدام البلكسى جلاس فى الاستكمال على تواجد بعض الأجزاء الزائدة فى جزء البلكسى جلاس المراد الاستكمال به عند تطبيقه على مكان الفقد حيث يمكن حل هذه المشكلة بإزالة الجزء الزائد كما تم التناول بالدراسة.

أيضاً تمتد مشكلة التشكيل للبلكسى جلاس فى تطبيق الأبعاد المطابقة لأبعاد الفقد على البلكسى جلاس المراد قطعه وتشكيله واستخدامه فى الاستكمال، وذلك يرجع إلى أن غالباً ما يكون الفقد بشكل غير مستقيم وبه من الانحناءات والاستدارات فى حين أن لوح البلكسى جلاس مسطح، إلى أن الدراسة تناولت أسلوباً مناسباً لأخذ الأبعاد بما يتناسب مع أبعاد الفقد بالقطعه حيث يتم مراعاة الانحناءات والاستدارات فى أخذ الأبعاد وتطبيقها أثناء قطع البلكسى جلاس بصورتها المسطحة ثم تشكيل الزوايا والاستدارات بعد ذلك.

وبالتالى فإن نتائج الدراسة التجريبية تؤكد كفاءة البلكسى جلاس قليل السُمك فى استكمال الآثار الزجاجية.

4- الاستنتاجات: Conclusions

4-1- كفاءة مادة البلكسى جلاس قليلة السُمك فى استكمال الزجاج الأثرى.

4-2- أعطى جهاز القطع بالليزر نتائج جيدة جداً فى قطع البلكسى جلاس بالشكل والأبعاد المحددة.
4-3- يراعى عند استخدام البلكسى جلاس فى الاستكمال أن يتم تشكيله خارج القطعة ثم لصق جزء الاستكمال مكان الفقد بالقطعة الزجاجية الأثرية باستخدام مادة لاصقة استرجاعية مثل مادة البارالويد.
4-4- يراعى دقة قياس الزوايا والاستدرارت بأماكن الفقد عن أخذ الأبعاد المراد تطبيقها على البلكسى جلاس بهدف استخدامه فى استكمال هذا الفقد بالأثر الزجاجى.
4-5- تم استخدام البلكسى جلاس سُمك 1 مم فى استكمال القطعة الزجاجية الأثرية التى تحمل رقم سجل 23326 بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة.

5- المراجع: References

المراجع العربية :

١) محمد أحمد عبد السلام : المتحف وفن العرض المتحفى، الكتاب الجامعى، المستوى الثانى، القاهرة: كلية الآثار – جامعة عين شمس، 2022- 2023.
٢) محمد أحمد عبد السلام : إدارة المجموعات المتحفية وتطبيق معيار مُرف المقتنى (Object ID) على قسم السجاد بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة "دراسة ميدانية متحفية"، مجلة مركز الدراسات البردية (BCPS)، كلية الآثار، جامعة عين شمس، مصر، المجلد 40 (2023) : 627-670.
٣) محمد أنور سيد محمد : دراسة علمية تطبيقية لأهم التقنيات الحديثة المستخدمة فى علاج الآثار الجرانيتية المستخرجة من الحفائر، ماجستير، جامعة القاهرة - كلية الآثار - قسم ترميم الآثار ، 2008.
٤) محمد حفنى مغازى حفنى، نجوى سيد عبد الرحيم ، حمدى عبد المنعم محمد ، رشا طه عباس حمد: ترميم الآثار المتضررة من حادث الانفجار بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة تطبيقاً على إحدى الماذج المختارة، مجلة كلية آثار القاهرة، العدد 22، 2019.
٥) محمد حفنى مغازى حفنى، نجوى سيد عبد الرحيم ، حمدى عبد المنعم ، رشا طه عباس حمد: دراسة مقارنة لبعض اللواصق الإيبوكسية المستخدمة فى ترميم الآثار الزجاجية مجلة كلية آثار القاهرة، العدد 26، 2023.
٦) محمد حفنى مغازى حفنى، نجوى سيد عبد الرحيم ، حمدى عبد المنعم ، رشا طه حمد: منهجية الترميم لإحدى المشكاوات الزجاجية المتضررة من تفجير محيط متحف الفن الإسلامى بالقاهرة "دراسة حالة"، مجلة كلية الآثار جامعة القاهرة، 26، 2023.
٧) محمد حفنى مغازى حفنى: دراسة تأثير الموجات الصوتية الناتجة عن التفجيرات على الآثار الزجاجية وطرق علاجها وصيانتها تطبيقاً على نماذج مختارة من متحف الفن الإسلامى بالقاهرة، رسالة ماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة الفيوم، 2019م.
٨) ورشة عمل تحت عنوان "تصميم وتقييم القواعد المناسبة وحوامل العرض للمقتنيات المتحفية (مادة البليكس جلاس Plexiglass نموذجاً)" بالمتحف المصرى بالتحرير، قطاع الترميم والمشروعات، وزارة السياحة والآثار، مصر، 14، 21، 28 يناير 2025.

المراجع الأجنبية :

1) Rasha T Hamad& Nagwa S Abd Al- Rahim &Mohammad H Moghazy& Hamdy Abd Al-Moneam : Explosion effects on archaeological glass, conservation and protection strategy, international journal of conservation science, Volume 12, Issue 1, January-March 2021.
2) Mohammad Hefni& Rasha T Hamad & Rasha Hamad& Hamdy Abd Al-Moneam : Evaluation of Kemapoxy150 3D in restoration of archaeological glass, international journal of conservation science, Volume 12, Issue 2, April- June 2021.

3) Hana Bristow & Jan Dariusz Cutajar: Archaeological Glass Conservation: Comparative Approaches And Practicalities of Using Acrylic Resin Films as Gap Fills, Objects Specialty Group Postprints, Volume Twenty- Four, 2017.

مواقع الإنترنت:

١) كيفية قطع زجاج بلكسى جلاس: موقع *الكترونى* WikiHow، الجمعة 17 إبريل 2025 الساعة 10.15
https://ar.wikihow.com/%D9%82%D8%B7%D8%B9%D8%B2%D8%AC%D8%A7%D8%AC-%D8%A8%D9%84%D9%8A%D9%83%D8%B3%D9%8A-%D8%AC%D9%84%D8%A7%D8%B3

٢) الدليل النهائى لإعدادات نسيج القطع *بالليزر*: موقع الكترونى MimoWork Laser، الجمعة 17 إبريل 2025 الساعة 10.30م: https://mimowork.com/ar/laser/laser-cutting-fabric-setting-guide/