دراسة تحليلية وتطبيقية لعلاج وصيانة أحد المرايا الزجاجية الفضية الأثرية

د.سلوى جاد الكريم ضوي•
د. مي عبد الحميد رفاعي•
د. داليا علي الزيات•

ملخص البحث :
يتناول البحث ترميم أحد المرايا الفضية القديمة باستخدام ورق الفضة لمحاولة تعويض واستبدال مواضع التلف في طبقة الخلفية المعدنية المسئولة عن جودة وكفاءة المرآة .

المقدمة :

كانت أولى المرايا المبكرة عبارةعن قطع من مواد صلبة طبيعية مصقولة مثل الأوبسديان (وهو زجاج بركاني ذو أصل طبيعي)، وقد وجد أمثلة لمرايا من الأوبسديان في Anatolia(وهي تركيا حاليا) وترجع إلي حوالي سنة ٦٠٠٠ ق.م[١]. ثم أستخدمت بعد ذلك المعادن كأسطح عاكسة وذلك بعد صقل سطحها جيداً. الا أنه بسبب الإنعكاس الضعيف للمعدن المصقول، فكان هذا النوع من المرايا لا يتناسب مع الإستخدامات الداخلية حيث الإضاءات الداخلية الضعيفة في ذلك الوقت والناتجة عن الشموع والفوانيس أو القناديل، فكانت تلك المرايا المعدنية تعكس بالتالي الأشعة بصورة مظلمة، هذا إلي جانب أن هذه المرايا المعدنية تصدأ بصورة سريعة ، فكانت هذه هي أهم الأسباب التي أدت إلي التفكير في إستخدام المرايا الزجاجية ،هذا بالإضافة الى بداية ظهور وتصنيع الألواح الزجاجية المسطحة، والتي استخدمت كمكون أساسي في تصنيع المرايا بعد وضع خلفية معدنية عاكسة علي أحد أوجهها والتي ساعدت على انتشار المرايا الزجاجية بعد ذلك[٢].وجاءت المرايا الزجاجية لأول مرة في استخدامها العام في أواخر العصور الوسطي بعد إنتشار صناعة الزجاج المسطح وكانت خلفيتها المعدنية عبارة عن سبيكة من القصدير والزئبق (ملغمة الزئبق والقصدير)، وظلت صناعتها حتي منتصف القرن السابع عشر [٣].

• أستاذ دكتور بقسم الترميم كلية الآثار جامعة القاهرة .
• أستاذ مساعد دكتور بقسم الترميم كلية الآثار جامعة القاهرة .
• مدرس مساعد بكلية الآثار جامعة القاهرة .

(1)Kelen, H., "The history of glass", (2010), p.3.
(2)Frank,S.,"The derfinitive Guide to Bathroom mirrors", The Frensh reflection, INC.,(2009), p.3.
(3)Davison, S.,Conservation and restoration of glass, Butterworth-heinemann,London, (2003), p.330.

وفي منتصف القرن التاسع عشر بدأً إنتاج المرايا المغطاه بالفضة (Silver backed-mirrors) وذلك عن طريق ترسيب طبقة رقيقة من الفضة علي الزجاج عن طريق إضافة الألدهيد إلي محلول من نترات الفضة[٤]، وكانت أول مرآة زجاجية مفضضة (Silvered – Glass mirror) ترجع إلي الكيميائي الألماني (Justus von Liebig) في ١٨٣٥م وذلك خلال إختزال كيميائي لنترات الفضة وكانت هذه الطريقة قاعدة لإنتاج المرايا حالياً بشكلها الحديث[٥].

١/ تلف المرايا الفضية :

تختلف مرايا الملغمة عن المرايا الفضية من حيث اللون والانعكاسية ، حيث أن مرايا الملغمة يكون لها درجة زرقة طفيفة ربما بسبب أكاسيد القصدير المتكونة كناتج من نواتج التلف بينما المرايا الفضية يكون لها لون مصفر ويصاحبه بعد ذلك الظاهرة المعروفة بتطويس الفضه (silver tarnish)[٦].

وبصفة عامة فان تلوث وتلف الطبقة العاكسة غير المحمية وتجمع الرواسب ونواتج الصدأ على سطحها يؤثر على الأداء البصري للمرآة ،فالأسطح البصرية تكون حساسة جدا للتلوث وتراكم الأتربة بسبب تكون طبقات دقيقة من بخار الماء على السطح وبالتالي تلتصق بالماء، وتراكمها التدريجي على المرآة يزيد الانعكاس الغير بصري non - specular من السطح مؤديا الى قلة جودة الصورة الناتجة من خلالها[٧].

وقد لوحظ أن معدلات الصدأ الناتجة على أسطح الفضة الموجودة في رطوبة تحتوي على ثاني أكسيد الكبريت تكون أعلى من معدلاتها في تلك الاجواء التي لا تحتوي عليه ،ولذلك يمكن استنتاج أن ال SO2 يعجل من عمليات الصدأ [٨].

يمكن أيضا أن تحدث بعض التفاعلات الكيميائية بين الملغمة والانبعاثات الناتجة من بعض أنواع الاخشاب (التي تتواجد في صورة اطارات حاملة للمرآة) و خاصة الاحماض العضوية مثل حمض الفورميك و الخليك،الورنيشات، الألوان، اللواصق، حمض الخليك الناتج من بعض لواصق البولي فينيل أسيتات المستخدمة في

([4])Hadsund P., The tin-mercury mirror: Its manufacturing technique and deterioration processes, Studies in Conservation **38** (1993) 3-16.

([5])Frank,S.,"The derfinitive Guide to Bathroom mirrors", Op.cit., p.3.

([6])Kathleen,P., "Historic mercury amalgam:history,safety and preservation", Art conservation, Williamstown art conservation center, (2010),p.2

([7])Badran,H.M.,"Mirror cleaning and reflectivity degradation at 1300 and 2300 m above sea level Mt.Hopkins",In "Neuclear instruments and methods in physics ressearch", A524,(2004),p.162.

([8])Kleber,CH., Hilfrich,U., Schreiner,M., "In situ QCM and TM-AFM investigation of the early stages of degradation silver and copper surfaces", Applied surface science 253 (2007), p.3719.

الاطار،الألواح المصنعة مثل ال MDF وغيرها،وكذلك استخدام المواد التي تعتمد على البولي ستيرين والتي ينبعث منها الستيرين styrene ،كل هذه المواد يمكن أن تسبب تطويس ودكانة طبقة الفضة . هذا بالاضافة الى المشاكل التي تتعرض لها الاطارات الخشبية المحيطة وتؤثر بالتالي على المرآة التي تحتويها والتي تتمثل في ناخرات الخشب والعفن والتي تسبب أيضا تبقع المرآة [٩] .

٢/ الدراسة التحليلية والتطبيقية :

تم اجراء الدراسة التحليلية والتطبيقية في هذا البحث على مرآة زجاجية من أحد القصور الفرنسية القديمة والتي تعود الى الفترة من ١٧٠٠-١٨٠٠م تقريبا وهي الفترة التي ظهرت وأنتجت فيها مرايا الفضة (كما سبق الذكر) .

١/٢ الفحوصات والتحاليل المختلفة :

ساعدت الفحوصات والتحاليل في التعرف على مكونات المرآة وتركيب كل مكون من مكوناتها الأساسية ،وقد تمثلت هذه الفحوص والتحاليل فيما يلي :

١/١/٢ تقييم حالة الأثر (التصوير الفوتوغرافي)

تم تصوير المرآة تصويرا فوتوغرافيا من كلا الناحيتين الأمامية(الزجاج) والخلفية (الطبقة المعدنية الخلفية) ، وذلك على النحو التالي :

أ- تسجيل الحالة العامة للمرآة من الناحية السطحية لها ومدى التلف الذي وصلت له :

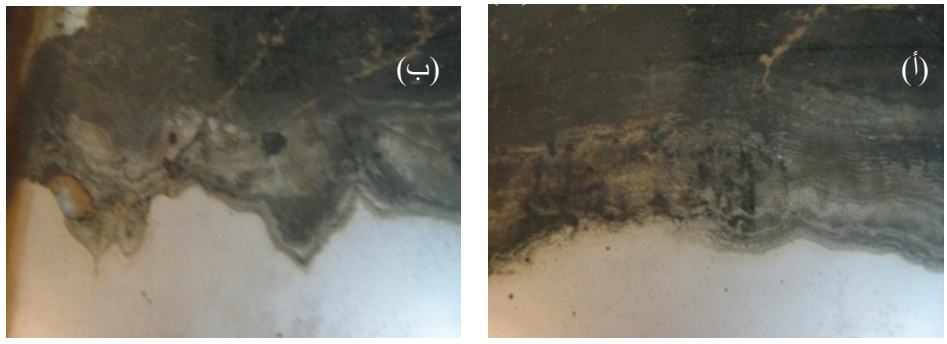
كما يبدو من الصور العامة التالية للمرآة أنها لا تعاني من تلف شديد سواء من الناحية السطحية (من ناحية المرآة) أو من الناحية الخلفية لها، فنلاحظ تلف المرآة والذي يتمثل في وجود بقعة صدأ كبيرة في جزء صغير من طبقة الخلفية المعدنية للمرآة ،وأيضا نلاحظ فقد جزء صغير منها في احدى أركانها،بالاضافة الى ما يعاني منه الاطار الخشبي وما عليه من زخارف من شروخ وكسور وفواصل بل وفقدها في بعض المواضع، الا أنه يمكن القول أن هذه المرآة بحالة جيدة نوعا ما وسوف ينعكس ذلك على خطة العلاج المقترحة لها .

([٩])Davison, S.,Conservation and restoration of glass, Butterworth-heinemann,London, (2003), p.330.

صورة رقم(١) توضح صور مختلفة عامة للمرآة ويتضح فيها اصابة جزء بسيط من المرآة بالصدأ والجزء الباقي من المرآة في حالة جيدة.

ب- تسجيل بقع الصدأ ومدى انتشارها في المرآة والاعتام والدكانة الواضحة فيها:

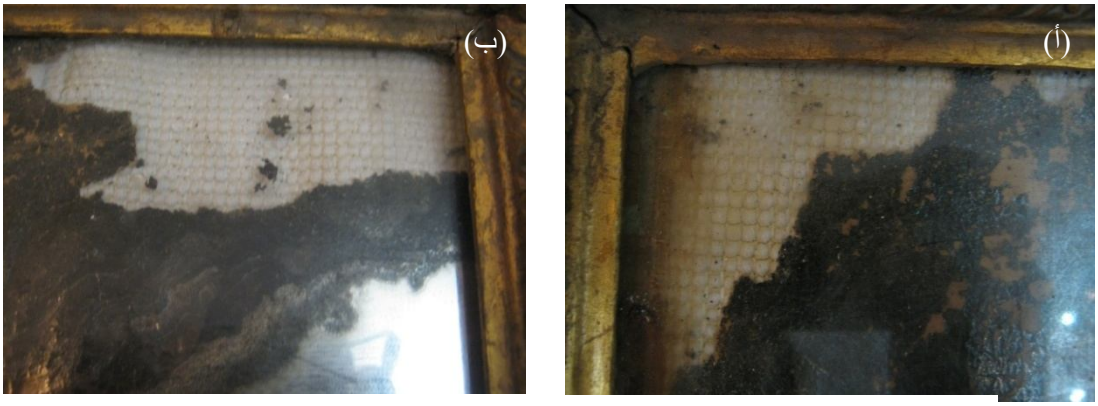
كما يتضح من الصور التالية بقعة صدأ الفضة الكبيرة التي توجد في أحد أجزاء المرآة ولكن يمكن القول أن بقع الصدأ في هذه الحالة لم تنتشر بدرجة كبيرة ،انما تتمثل فقط في نقاط صغيرة جدا في أماكن مختلفة من المرآة . وكما هو واضح في الصورة أن الجزء الذي يوجد به بقعة الصدأ تنعدم الرؤية من خلاله بسبب تلف الطبقة المسئولة عن انعكاس الضوء في هذا الجزء



صورة رقم(٢) توضح أحد أجزاء المرآة المحتوي على بقعة كبيرة من صدأ طبقة الفضة وبعض البقع البسيطة الأخرى .

ج- تسجيل المناطق المفقودة من طبقة الفضة الخلفية للمرآة :

كما يبدو من الصور التالية أن المرآة في هذه الحالة لاتعاني من فقد جزء كبير من الخلفية المعدنية ، ولكنه يتمثل فقط في مساحة صغيرة جدا في أركان المرآة .



صورة رقم(٣) توضح سقوط وفقد أجزاء من طبقة الخلفية المعدنية في بعض المواضع مسببا انعدام الرؤية من خلال المرآة في هذه المواضع .

د- تسجيل مناطق الفضه التي مازالت باقيه ولم تفقد من خلفيه المراة :

كما يبدو من الصورة التالية أن الجزء الأكبر من المرآة بحالة جيده جدا ولا تعاني فيه طبقة الخلفية المعدنية من مظاهر تلف بل وتعتبر المرآة في هذه الاجزاء مرآة مثالية، حيث لاتزال المرآة في هذه المواضع محتفظة بالخلفية المعدنية المسئولة عن الانعكاس من خلالها وبالتالي الرؤية من خلال المرآة .

صورة رقم(٤) توضح المساحة الكبيرة من المرآة التي مازالت محتفظة بجزء كبير من طبقة الفضة مما يجعلها مرآة مثالية في هذه المنطقة .

هـ- تسجيل الشروخ الدقيقة في طبقة الفضة :

لوحظ أيضا في طبقة الفضة العديد من الشروخ الدقيقة والتي تكون سببا بعد ذلك في ضعف وتفكك الطبقة تدريجيا وسقوطها في صورة قشور أو في صورة مسحوق ، بل وقد تنتشر وتتسبب في تقشر طبقة الفضة السليمة .

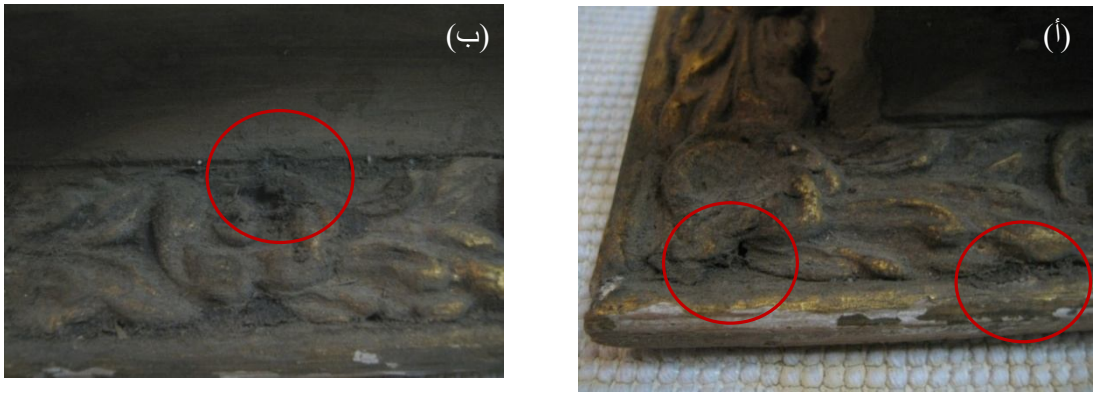
صورة رقم(٥) توضح الشروخ الدقيقة الكثيرة في طبقة الفضة المعتمة

و- تسجيل الكسور والشروخ المنتشرة في الاطار المزخرف للمرآة :

كما يبدو من الصور التالية وجود فواصل في الاطار الخشبي عند أماكن الوصلات الخشبية ، ويلاحظ كثرة الشقوق والشروخ الدقيقة في الزخارف التي تعلو الاطار الخشبي والتي تسبب بالتالي ضعف هذه الزخارف وتساقطها في الكثير من المواضع، بل وكانت هذه الشقوق تمثل أيضا بيئة مناسبة لنمو الكثير من الحشرات والفطريات

صورة رقم(٦) توضح الفواصل والشروخ والشقوق في الاطار الخشبي المحيط بالمرآة وفقد بعض الزخارف التي تعلو الاطار الخشبي.

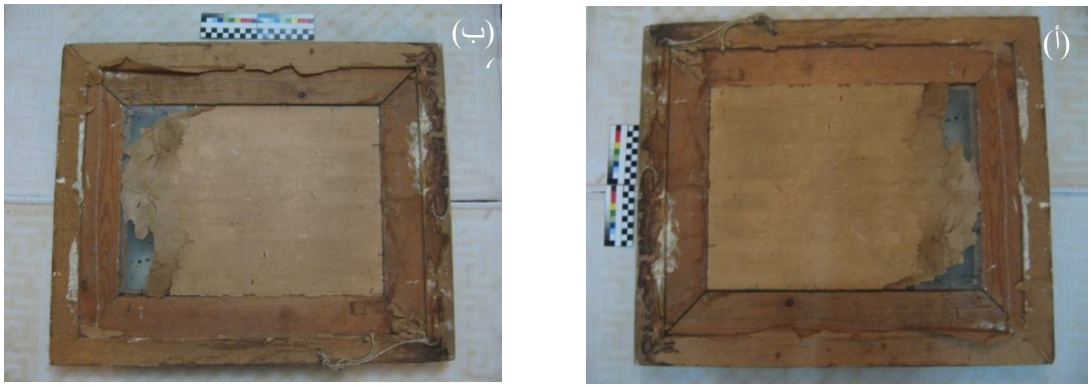
ز- تسجيل التلف الحشري والميكروبيولوجي في المرآة :



صورة رقم(٧) توضح التلف الحشري المتمثل في خيوط العنكبوت ومظاهر التلف الميكروبيولوجي الواضحة على الزخارف الجيرية والخشب .

ح- تسجيل المرآة من الخلف (الاطار الخشبي ، للمرآة) :

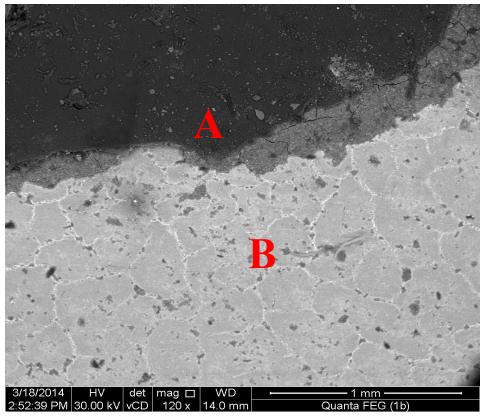
كما يبدو من الصور التالية ما تعاني منه خلفية المرآة من تلف سواء المرآة أو الاطار الخشبي المحيط بها ، حيث نلاحظ تقشر الطبقة الحامية لطبقة الفضة وسقوط طبقة الفضة معها أيضا من بعض المواضع وقد تبين ذلك واضحا في السطح العلوي للمرآة (من الناحية الأمامية)، هذا الى جانب ما يعاني منه الاطار الخشبي من رطوبة عالية واضحة في الأركان ،وقوة ضغط المسامير الرابطة للمرآة والتي أدت الى كسر الاطار الخشبي والضغط على اللوح الزجاجي في الكثير من المواضع .



صورة رقم(٨) توضح المرآة من الخلف (أ)و(ب) وبها الكثير من مظاهر التلف متمثلة في فقد طبقة الخلفية المعدنية(الفضة)(ج)و(د) وبقع الرطوبة في الخشب (ه)و(و).

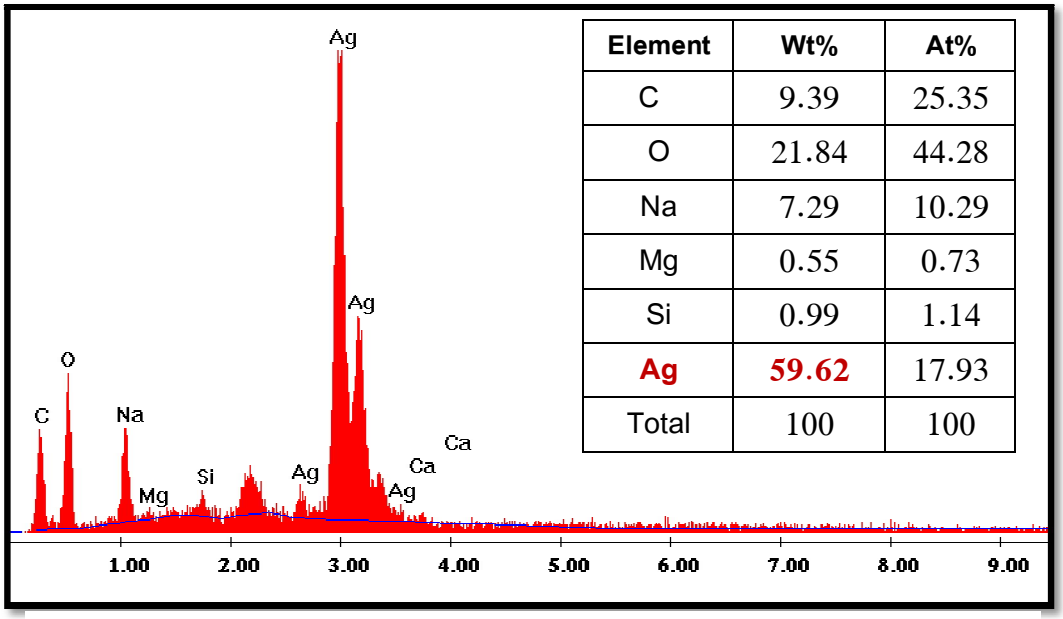
٢/١/٢ التحليل باستخدام نظام تشتت الأشعة السينية : Energy dispersive X-Ray

تم تحليل وتصوير كلا من الجزئين : الجزء السليم الذي مازال محتفظا بطبقة الخلفية المعدنية (A) والجزء المفقود منه طبقة الخلفية المعدنية (الفضة)(B) ، وكانت النتائج كالتالي :



صورة رقم(٩) صورة ميكروسكوبية بتكبير (120x) للمرآة المختارة كجانب تطبيقي وموضح عليها الجزئين :الجزء السليم المحتفظ بالخلفية المعدنية(A) والآخر وقد فقدت منه هذه الطبقة(B) .

*** نتيجة تحليل الجزء الأول (A) السليم الذي مازال محتفظا بطبقة الخلفية المعدنية**

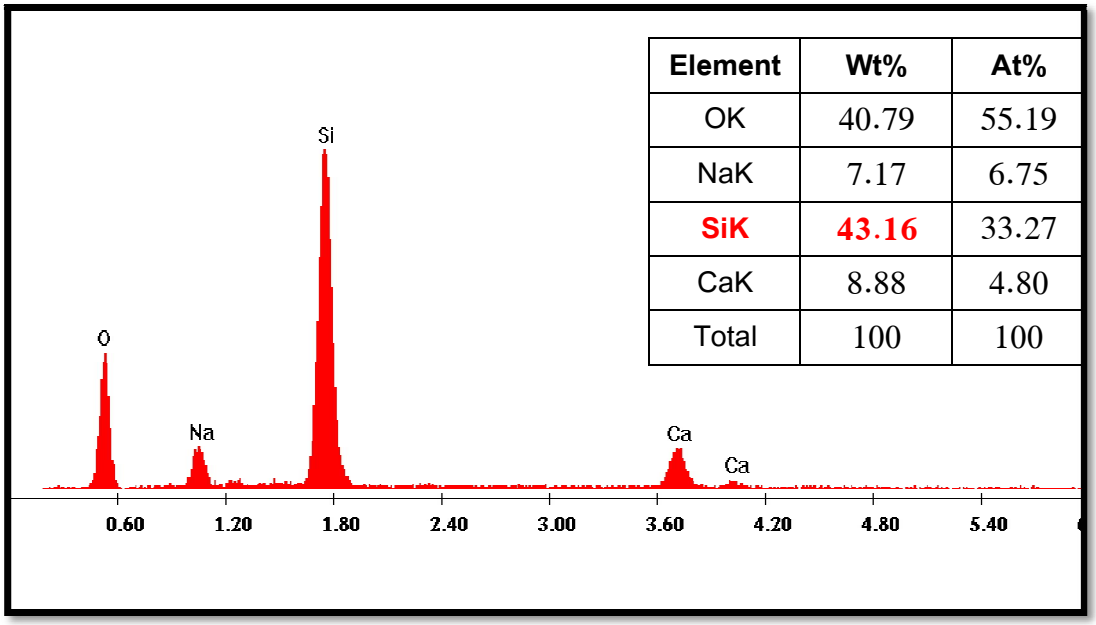


Element	Wt%	At%
C	9.39	25.35
O	21.84	44.28
Na	7.29	10.29
Mg	0.55	0.73
Si	0.99	1.14
Ag	**59.62**	17.93
Total	100	100

صورة رقم(١٠) توضح نتيجة تحليل الجزء الاول (A) السليم المحتفظ بالخلفية المعدنية للمرآة.

هذه العينة مأخوذة من خلفية المرآة وهي من أحد المناطق السليمة في المرآة والتي مازالت محتفظة بجزء كبير جدا من طبقة الخلفية المعدنية العاكسة ، ويتضح ذلك في نسبة الفضة المرتفعة (٥٩,٦٢%) في حين لوحظ ظهور نسبة قليلة جدا من السليكا(٠,٩٩%)والتي تعود لتركيب الزجاج المكون للمرآة من أسفل الطبقة المعدنية،هذا الى جانب ظهور كلا من الصوديوم والماغنيسيوم ولكن بنسب صغيرة وهما من أساس تركيب الزجاج المكون للمرآة ،وهذا دليل أيضا على حالة المرآة التي تعاني أيضا من عدم ثبات طبقة الخلفية المعدنية وسقوط طبقة بسيطة منها.

*** نتيجة تحليل الجزء الثاني (B) المفقود منه طبقة الخلفية المعدنية :**



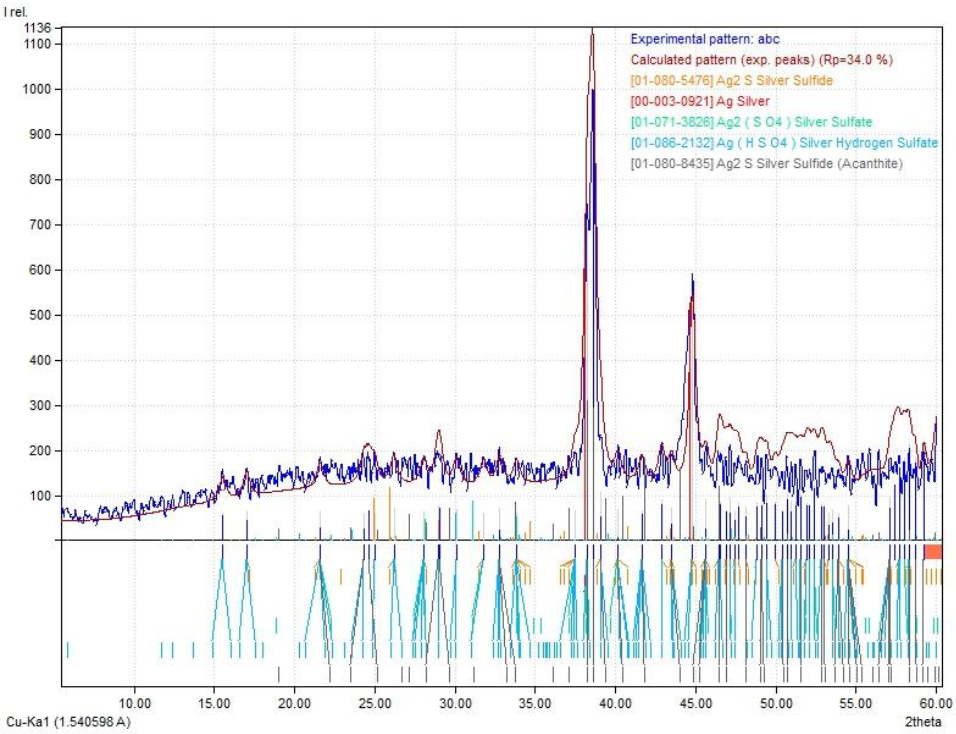
Element	Wt%	At%
OK	40.79	55.19
NaK	7.17	6.75
SiK	43.16	33.27
CaK	8.88	4.80
Total	100	100

صورة رقم(١١) توضح نتيجة تحليل الجزء الثاني (B) المفقود منه طبقة الخلفية المعدنية للمرآة .

هذه العينة مأخوذة من المرآة من أحد المناطق التي فقدت طبقتها المعدنية العاكسة حتى يتم التعرف على مكونات الزجاج المكون للمرآة ،ويتضح ذلك من وجود عناصر الزجاج الرئيسية وهي السليكا والصوديوم والكالسيوم.

٣/١/٢ التحليل باستخدام حيود الاشعة السينية : XRD

تم تحليل طبقة الخلفية المعدنية (الفضة) للمرآة للتعرف على المركبات االتي تسببت في حدوث بقع الصدأ أو المسئول عن ما يعرف بتطويس الفضة (silver tarnish).

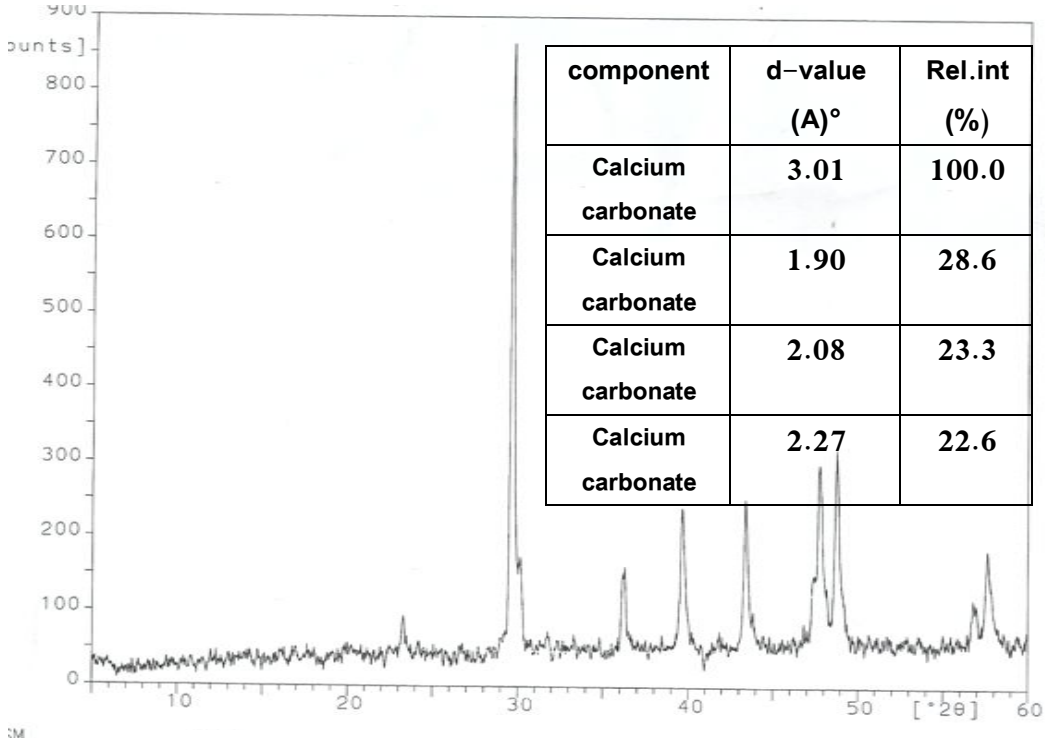


صورة رقم(١٢) توضح نتيجة تحليل المرآة (الجانب التطبيقي
باستخدام ال XRD .

وكما هو واضح في نمط التحليل ظهور مركبات الكبريت المختلفة والمسؤلة عن ظاهرة تطويس الفضة (silver tarnish) والناتجة عن تكون كبريتيد الفضة (silver sulfide) طبقا للمعادلة التالية :

$$8Ag + 4HS^- <---> 4Ag_2S + 2H_2 + 4e^-$$
$$0_2 + 2H_2O + 4e^- <---> 4OH^-$$

كذلك تم تحليل الزخارف التي تعلو الاطار الخشبي باستخدام ال XRD وتبينت النتائج كالتالي: وجد أن المكون الرئيسي لها هو الجير (كربونات الكالسيوم) CaCO3 والذي تأكد وجوده من وجود ثلاثة قيم أخرى تأكيدية له .



component	d–value (A)°	Rel.int (%)
Calcium carbonate	3.01	100.0
Calcium carbonate	1.90	28.6
Calcium carbonate	2.08	23.3
Calcium carbonate	2.27	22.6

صورة رقم(١٣) توضح نتيجة تحليل الزخارف التي تعلو الاطار الخشبي للمرآة باستخدام ال XRD .

الدراسة التجريبية :

و قد تم فيها تجارب للأستكمال الجزئى و الكلى للأجزاء التالفة و الناتجة عن تطويس الفضة و ظهور مركبات صدأ أهمها الكبريتيدات و ذلك على عينات زجاجية حديثة تم اعدادها خصيصا لهذه الدراسة.

٢/٢ الدراسة التطبيقية :

- علاج وصيانة الاطار الخشبي المحيط بالمرآة ومايعلوه من زخارف مذهبة :

١/١ تنظيف الاطار الخشبي :

تم تنظيف الاطار الخشبي بحرص شديد حتى لا يؤثر ذلك على طبقة التذهيب التي تعلوه ،وذلك باستخدام قطع القطن المبلله بالماء والملفوفه على شريحة خشبية صغيرة (small wooden skewers) حتى يتسنى لنا تنظيف الأجزاء الداخلية الدقيقة للزخارف ،وتم أولا اختبار حساسية هذه الطبقة المذهبة للماء ولم يؤثر عليها الماء بالفعل وبناءا عليه تم استكمال عملية التنظيف بالكامل باستخدام الماء المقطر.

(أ)

(ب)

(ج)

(د)

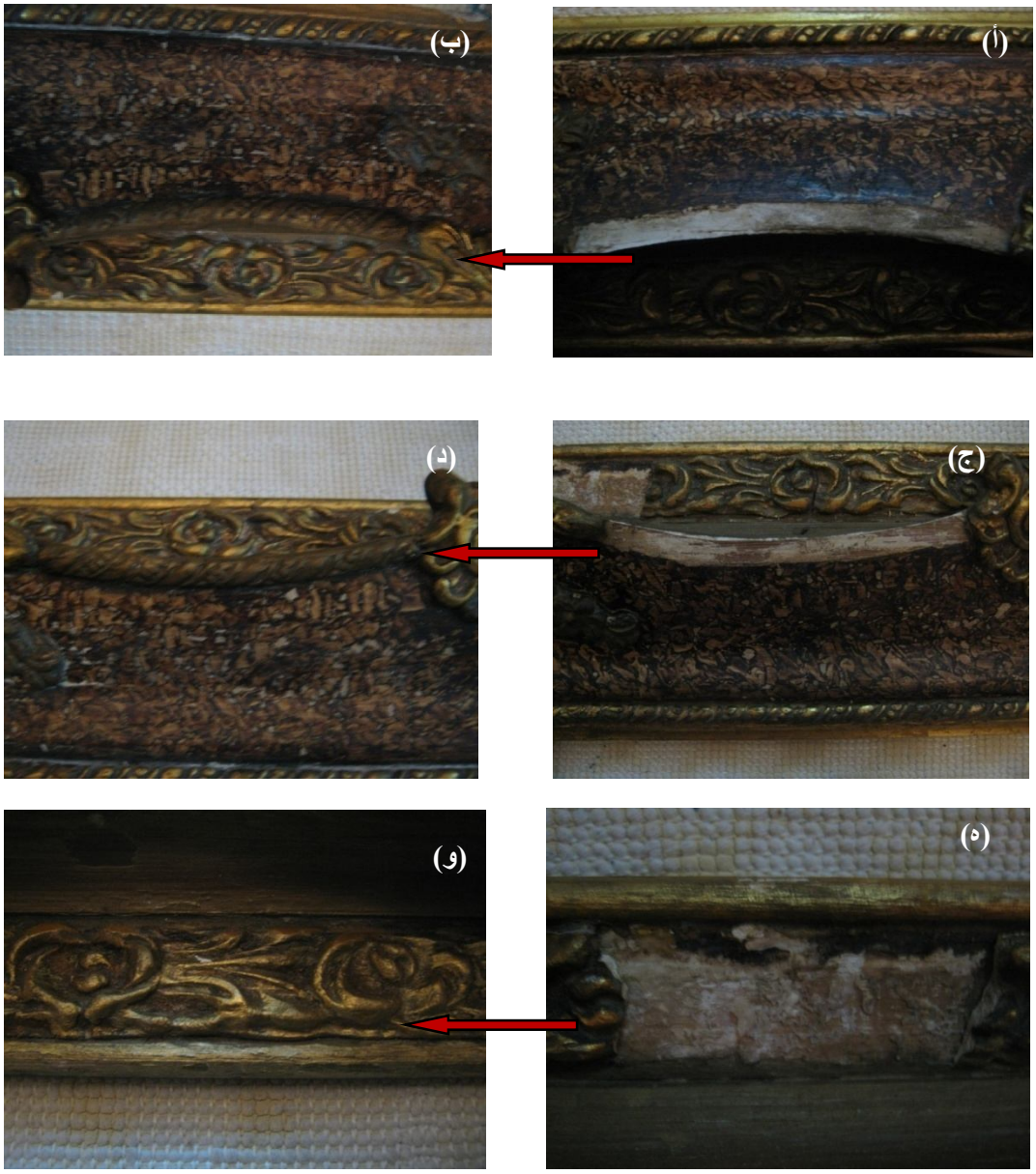
(ه)

(و)

صورة رقم (١٤) (أ،ب،ج،د) توضح عملية تنظيف الاطار الخشبي للمرآة بالماء المقطر،(ه،و) الفرق بين الأجزاء التي تم تنظيفها والأجزاء الأخرى التي لم يتم تنظيفها بعد،(ز،ح،ط،ي)أجزاء من الاطار قبل وبعد التنظيف .

٢/١ استكمال الزخارف المذهبة المفقودة التي تعلو الاطار الخشبي :

تحتوي هذه المرآة على ثلاثة أجزاء من الزخارف المفقودة ،واحد منها في الاطار الزخرفي السفلي والجزئين الآخرين في الاطار الزخرفي العلوي كما هو واضح في الصور التالية :



صورة رقم (١٥) توضح الأجزاء الثلاثة المفقودة من الزخارف التي تعلو الاطار الخشبي (أ،ج،ه) والأجزاء المقابله والشبيهه لكل واحده منها (ب،د،و) .

وقد تم استكمالها كالتالي :

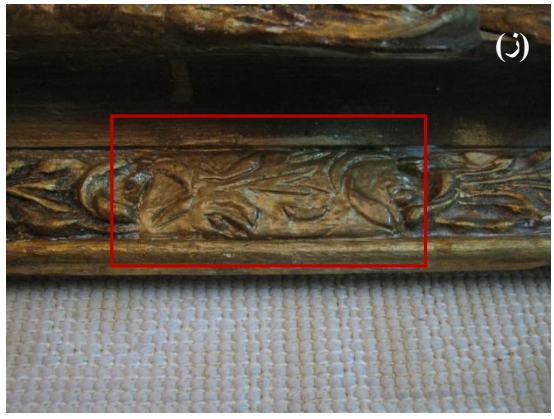
- تنظيف مواضع الأجزاء المفقودة جيدا حتى لا تحول عملية الارتباط الجيد بينها وبين الجزء الجديد المستكمل ، كما هو واضح في الصور (أ،ب) .
- تم استخدام اكسيد الكالسيوم CaO (الجير) وخلطه جيدا وذلك بناء على تحليل عينات من مناطق الزخارف باستخدام حيود الاشعة السينية،ثم وضع طبقة مناسبة من الجير بنفس سمك وانحناء وشكل الجزء المقابل للمنطقة المفقودة ،الصور (ج،د).
- طبع ورسم المنطقة السليمة المقابلة للجزء المفقود على ورق كلك ونقل الرسم على طبقة الجير، ثم نحتها بنفس الشكل،الصور(ه،و) .
- اعادة تذهيب الجزء المستكمل بنفس درجة لون الزخارف المذهبة(ز) .
- وقد تم استكمال بقية الزخارف المفقودة بنفس الأسلوب المستخدم في الجزء السابق

(أ)

(ب)

(ج)

(د)

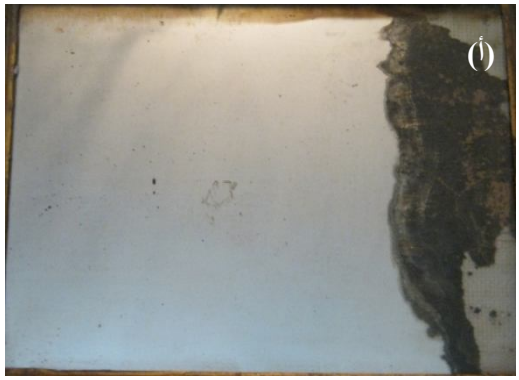


صورة رقم (١٦) توضح الصور(أ,ب)تنظيف المناطق المفقودة استعدادا للاستكمال، (ج,د) تحضير خلطة الجيرووضعها على المنطقة المفقودة(ه,و) رسم وطباعة الرسم على الجير،(ز)احدى الأجزاء المفقودة بعد استكمالها وتذهيبها،(ح،ط)احدى الأجزاء الأخرى المفقودة بعد استكمالها وتذهيبها.

وكما سبق القول أن المرآة في هذه الحالة لا تعاني من مشاكل كثيرة ولكن ينحصر التلف وصدأ طبقة الفضة فيها في جزء صغير فقط منها ، وبناءا عليه تم ازالة وتنظيف هذا الجزء فقط واستبداله بورق الفضة الجديد (والذي سبق تقييمه وتجربته في الدراسة التجريبية وثبت نجاحه في الاستكمال الجزئي)، وتمت هذه العملية على النحو التالي

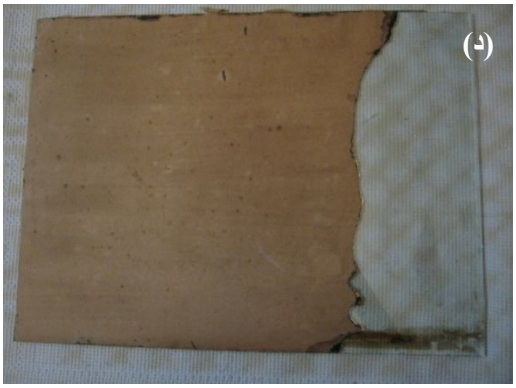
١/٢ تنظيف وازالة طبقة الفضة القديمة :

- تم تنظيف طبقة الفضة القديمة تدريجيا وبشكل موضعي باستخدام القطن المبلل بحمض الهيدروكلوريك المخفف،وقد تمت العملية بحرص شديد حتى لايتسرب الحمض ويؤثر على باقي طبقة الفضة السليمة الصور(ج،د) .


(أ)

(ب)

(ج)


(د)

- أيضا تم تنظيف سطح المرآة من الامام جيدا للتخلص من الشوائب وبصمات الاصابع وبعض البقع الداكنة الناتجة عند مناطق اتصالها بالاطار الخشبي .

٢

صورة رقم (١٧) توضح عملية تنظيف طبقة الفضة الخلفية للمرآة استعدادا لتطبيق ورق الفضة : (أ،ب) صور للمرآة من الأمام والخلف قبل عملية الترميم،(ج،د)تطور عملية تنظيف طبقة الفضة الخلفية للمرآة،(ه،و) تنظيف بعض البقع الصفراء والداكنة على سطح المرآة من الامام.

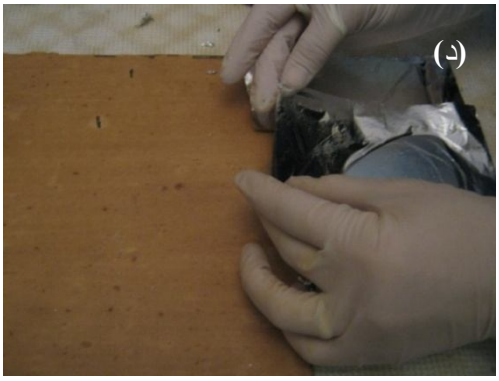
٢/٢ استكمال المنطقة المفقودة :

بعد الانتهاء من ازالة وتنظيف المناطق التالفة والداكنة من طبقة الفضة القديمة تم تطبيق ورق الفضة الجديد، وذلك على النحو التالي :

- تجهيز الخامات المطلوبة والمتمثلة في (ورق الفضة ، ألواح جيلاتين لاصق) الصورة (أ) .
- اذابة الجيلاتين في ماء دافئ حتى يتحول الى سائل لزج كمادة لاصقة، ووضع اللاصق على المنطقة المفقودة باستخدام الفرشاة ،الصورة (ب) .

صورة رقم (١٨) توضح طريقة تثبيت ورق الفضة: (أ)ورق الفضة والجيلاتين المستخدم في اللصق، (ب)وضع اللاصق.

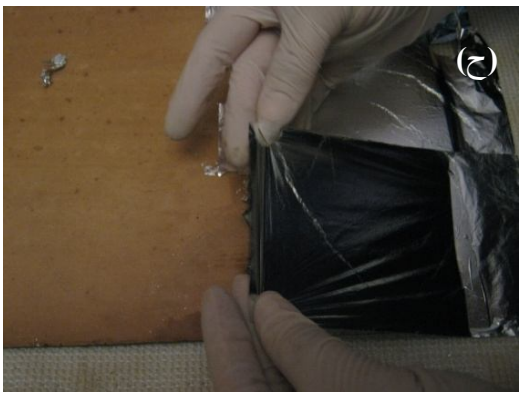
- تثبيت ورق الفضة في مكان اللاصق،كما هو في الصور(ج،د) ومحاولة تسويته وفرده جيدا (ه) باستخدام أصابع اليد بحرص شديد نظرا لدقة ورقة ورق الفضة الشديدة ،ثم وضع ورقة الفضة التالية بجوار السابقة (و،ز) ومحاولة تسويتها جيدا والتأكد من عدم وجود أي خطوط أو ثنيات والتي يمكن أن تؤثر بالتالي في المرآة الناتجة ، ثم وضع ورقة الفضة الأخيرة(ح) .ثم تترك المرآة لفترة بسيطة ويستخدم القطن بعد ذلك لفرد وتسوية الورق بحرص حتى نتخلص نهائيا من الخطوط والثنيات والتي تحول دون تكون مرآة جيدة ذات درجة انعكاس عالية .

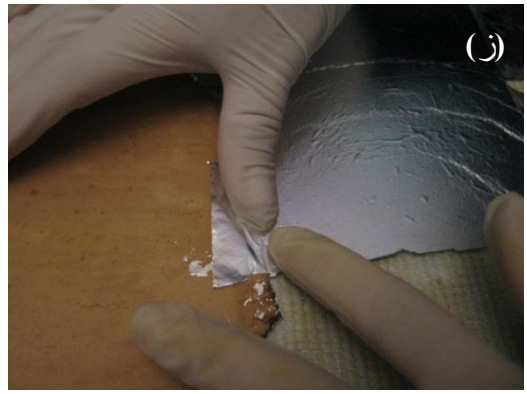

(د)

(ج)

(و)

(هـ)

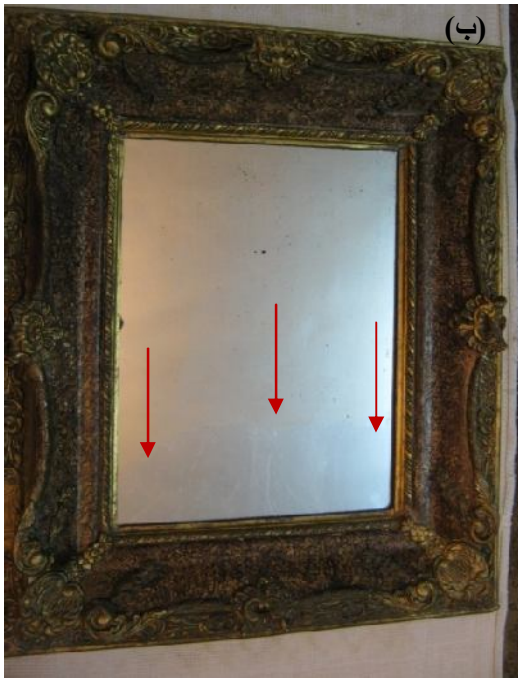




صورة رقم(١٩) توضح عملية تطبيق قطع ورق الفضة الجديدة في المناطق المفقودة والتي تم تنظيفها: (أ)توضح الخامات المطلوبة(لاصق الجيلاتين،ورق الفضة) ،(ب)وضع اللاصق في المنطقة المراد استكمالها،(ج،د)وضع القطعة الأولى من ورق الفضة في موضعها على اللاصق ،(ه،و) محاولة تسوية ورق الفضة وفرده جيدا ،(ز)وضع ورقة الفضة الثانية بجوار الأولى ومحاولة تسويتها،(ح)وضع الورقة الثالثة والاخيرة في مكانها،(ط،ي)صورة عامة للجزء المستكمل بورق الفضة .

٣/٢ تثبيت المرآة في الاطار

بعد الانتهاء من عمليات الترميم لكل من المرآة والاطار الخشبي يتم تثبيت المرآة بداخله من الخلف ووضع لوح من الابلكاش على المرآة للحفاظ عليها من الخلف وتثبيته باستخدام المسامير الصغيرة .



صورة رقم(٢٠) (أ) توضح المرآة قبل الترميم ،(ب) المرآة بعد الترميم ، (ج) صورة للمرآة بعد الترميم ولكن باستخدام الفلاش في الكاميرا لتوضيح التفاصيل الدقيقة فيها بعد الترميم ولتوضيح الجزء المستكمل فيها .

المراجع الاجنبية:

[1]Kelen, H., "the history of Glass", (2010), p.3

[2] Frank,S.,"The derfinitive Guide to Bathroom mirrors", The Frensh reflection, INC.,(2009), p.3.

[3] Davison, S.,Conservation and restoration of glass, Butterworth-heinemann,London, (2003), p.330.

[4] Hadsund P., The tin-mercury mirror: Its manufacturing technique and deterioration processes, Studies in Conservation **38** (1993) 3-16.

[5] Kathleen,P., "Historic mercury amalgam:history,safety and preservation", Art conservation, Williamstown art conservation center, (2010),p.2

[6] Badran,H.M.,"Mirror cleaning and reflectivity degradation at 1300 and 2300 m above sea level Mt.Hopkins",In "Neuclear instruments and methods in physics ressearch", A524,(2004),p.162.

[7]Kleber,CH., Hilfrich,U., Schreiner,M., "In situ QCM and TM-AFM investigation of the early stages of degradation silver and copper surfaces", Applied surface science 253 (2007), p.3719.