جامعة القاهرة
كلية الآثار
قسم ترميم الآثار

# دراسة المواد والطرق الحديثة المستخدمة فى ترميم وصيانة الآثار الخزفية الإسلامية مع التطبيق العملي على بعض النماذج المختارة

رسالة مقدمة من

**فاطمة صلاح مدكور محمد**

مدرس مساعد – قسم ترميم الآثار

كلية الفنون الجميلة – جامعة المنيا

للحصول على

درجة الدكتوراة فى فلسفة ترميم وصيانة الآثار

إشـــــــراف

**أ.د فاطمة محمد حلمي**

أستاذ دراسة مواد الآثار وصيانتها

ورئيس قسم الترميم السابق بكلية الآثار – جامعة القاهرة

**أ.د فوزية محمد فهيم**

أستاذ البوليمرات بالمركز القومي للبحوث

**أ.د أبو الحمد محمود فرغلي**

استاذ الفنون الإسلامية بقسم الآثار

الإسلامية بكلية الآثار – جامعة القاهرة

٢٠٠٤م/١٤٢٥ هـ

Cairo University
Faculty of Archaeology
Conservation Department

# Study of Recent Materials and Methods Used in Restoration and Conservation of Islamic Archaeological Ceramics with Application on Some Selected Examples

**Ph.D. Thesis Submitted by**

*Fatma Salah Madkour Mohamed*

**Assistant Lecture Conservation Dept.**
**Faculty of Fine Arts**
**Minia University**

**For The Partial Fulfillment of Ph.D. Degree**
**In the Philosophy of Conservation of Antiquities**

**Supervised by**

*Prof. Dr. Fatma M. Helmi*

**Prof. Of Study of Archeological Materials & their Conservation**
**Previous Head of Conservation Dept.**
**Faculty of Archaeology ,Cairo University**

*Prof. Dr. Abo El Hamed M. Farghali*
*Prof. of Islamic Art Faculty of Archaeology Cairo University*

*Prof. Dr. Fawzia M. Fahim*
*Prof. of Polymers, The National Research Center*

2004

## الفصل الأول

يشتمل هذا الفصل من الرسالة على دراسة تطور إنتاج الخزف في العصور الإسلامية المختلفة في مصر بالاضافة الي الأساليب الزخرفية المنفذه علية وأماكن صناعته المختلفة وذلك بداية من العصر الإسلامي المبكر ( ق ٧ – ٨م /١ –٢ هـ ) حيث أستمر إنتاج الخزف المصري المحلي والمتطور عن الخزف في العصور السابقه فيما عدا بعض التكوينات الزخرفية والكتابات التي تشير إلى بداية العصر الإسلامي .

وقد أمدتنا حفائر مدينة الفسطاط بمجموعة من الكسر الصغيرة التي ترجع إلى هذه الفترة وتتميز طينتها بالهشاشية واللون الأحمر أما عن صناعة الخزف في العصر الطولوني ( ق ٩م /٣هـ) فقد سارت وفقا لطراز الخلافة العباسية ببغداد وكان الخزف ذي البريق المعدني من أشهر أنواع الخزف في هذه الفترة وكان قوام زخرفته عبارة عن دوائر بداخلها تهشيرات تشبه مثيلاتها في العراق ، هذا إلى جانب نوع آخر من الخزف تميز بالزخارف البارزة المصنوعة عن طريق القالب .

أما بالنسبة للخزف في العصر الفاطمي فقد كان من أشهر أنواعة الخزف ذي البريق المعدني Metallic luster wares والذي تراوحت ألوانه في البداية بين الأصفر الذهبي والأصفر المائل إلى الأخضر ثم أصبح البريق يميل إلى اللون البني بعد ذلك ، وقد شملت زخارفه رسوم لحيوانات وطيور وكذلك موضوعات الطرب والصيد والشراب بالإضافة الى مناظر تمثل جوانب الحياة اليومية لأفراد الشعب ، و قد صنع نوع أخر من الخزف في هذا العصر أيضا عُرف بالخزف ذو الزخارف المحفورة ( المحزوز ) Sgraffiato Wares وكانت زخارفه تنفذ عن طريق النقش في البدن وتغطي بطبقة تزجيج شفافة .

أما عن أنواع الخزف خلال العصرين الأيوبي والمملوكي ( ق ١٢ – ١٥ م / ٦ – ٩ هـ ) فقد تنوعت حيث تضمنت الخزف المرسوم تحت لطلاء Underglaze – Painted Pottery والتي كانت ترسم زخافه باللون الأسود تحت طلاء زجاجي أخضر أو أزرق أو بنفسجي و أحيانا كانت تُرسم زخارفه بألوان متعدده وقد كانت تتألف من رسوم آدمية وحيوانية بالإضافة إلى الخزف المحزوز وقد كان من أكثرأنواع الخزف أنتشارا في العصر المملوكي وقد صنع من طفلة الخزف الأرضي الأحمر وقد كانت تزخرفه كتابات نسخية توضع غالبا داخل شعار رسمي لدولة المماليك ، وقد وجد نوعا أخر من الخزف في هذه الفترة هو الخزف المزخرف بالمينا أو البطانات الملونة هذا الى جانب ما يعرف بالخزف تقليد السيلادون .

.أما عن الخزف في العصر العثماني ( ق ١٦. – ١٨ م / ١٠ – ١٢ هـ ) فقد عرف الأتراك عن الخزافين الإيرانيين فن الخزف المرسوم تحت الطلاء باللونين الأزرق والأبيض هذا وقد ظهر نوع أخر من الخزف كان يلون بلون واحد هو الأزرق أو الأخضر أو البني وزخارفه عبارة عن تفريعات وتوريقات نباتية و أشكال محوره من الأزهار، هذا إلى جانب نوع أخر متطور كانت تزخرفة رسوم ملونه تطبق على طبقة من البطانة البيضاء .

هذا وقد أحتوى هذا الفصل أيضا على طرز وأساليب زخرفة الأواني الخزفية خلال العصور الإسلامية في مصر والتي تضمنت الزخارف النباتية حيث استخدم الفنان المسلم الزخارف النباتية لزخرفة المشغولات الخزفية وذلك تمشيا مع العقيدة الإسلامية التي تنبذ استخدام الزخارف الآدمية والحيوانية والتي مع ذلك تم استخدامها في بعض الأحيان ، هذا إلى جانب طراز الزخارف الهندسية والخطية والتي شملت الكتابات الكوفية وعبارات دعائية وكتابات خاصة بالمدح وكتابات دينية ، هذا وقد تم كذلك استخدام الزخارف الآدمية والحيوانية والتي شملت رسوم

آدمية بسيطة مثل أمير جالس على العرش أو صياد يمسك رمحا هذا إلى جانب أشكال الحيوانات وخاصة في خزف العصر الفاطمي مثل مناظر الغزلان والأرانب .

و قد تم كذلك تناول مراكز صناعة الخزف في مصر في العصور الإسلامية المختلفة ، وقد أمدتنا أطلال مدينة الفسطاط بنماذج عديدة من الخزف المصنوع في مصر والشرق الأدني منذ العصر القبطي وحتى نهاية القرن ١٦م حيث كانت تمثل هذه المدينة أحد مراكز صناعة الخزف والفخار الهامة في العصر الإسلامي في مصر ، هذا إلى جانب مدينة القاهرة والتي كانت مركزا هاما لإنتاج الخزف بعد ذلك ومدينة الفيوم حيث أنتجت نوعا من الخزف زخارفه مرسومة تحت الطلاء بلون واحد أو متعددة الألوان ، وقد كان أول إنتاج لهذه المدينة من الخزف في عهد الدولة الطولونية ، وقد كانت مدينة الإسكندرية كذلك تمثل مركزا محليا لصناعة الخزف خاصة ذا الزخارف البارز ة ذات اللون الواحد ، هذا إلى جانب مدينة تُعرف بإيوان وهي تقع في صعيد مصر ومدينة أسيوط حيث كانت هذه المدينة تمثل مركزا فنيا و حضاريا طوال العصر الإسلامي .

## الفصل الثاني

في هذا الفصل من البحث تمت دراسة خامات وطرق صناعة الخزف خلال العصور الإسلامية المختلفة في مصر حيث أشتملت هذه الدراسة علي ثلاثة أجزاء رئيسية ، الجزء الأول تضمن المواد الخام المستخدمة ومنها أنواع الطفلة حيث أستخدمت طفلة الخزف الأرضي Earthenware clay ذات اللون الأحمر في صناعة معظم الأواني الفخارية والخزفية في العصور الإسلامية المختلفة وهي من الطينات الضعيفة التي لا تتحمل درجة حرارة أعلى من ٩٠٠°م وذلك لإحتوائها على نسبة مرتفعة من المواد الحديدية والشوائب ، وقد أستخدمت هذه الطفلة فيما بين القرنين ٩ – ١٢ م / ٣ – ٦ هـ ويوجد نوع أخر من الطفلة كان مستخدم أيضا يسمى طفلة الخزف السيليسي أو عجينة الخزف الحجري Stonepaste وقد استخدمت لإنتاج أنواع جيدة من الخزف الإسلامي ربما منذ القرن ١٢م وإلى ما بعد ذلك .

أما فيما يتعلق بأنواع التزجيجات فقد تم استخدام نوعين رئيسين وهما تزجيج الرصاص Lead Glaze والذي ورثة العالم الإسلامي من الحضارة الرومانية البيزنطية حيث أستخدمت أكسيد الرصاص الأصفر PbO4 بالإضافة إلى كبريتيد الرصاص ( الجالينا ) والنوع الأخر هو التزجيج القلوي حيث استخدمت الصودا والبوتاس و أيضا الملح العادي وقد ظهر هذا النوع في العالم الاسلامي خلال القرن ١٢م / ٦هـ ، هذا إلى جانب تزجيج التصدير المعتم .

وبالنسبة للأكاسيد المعدنية الملونة فقد تم استخدام ثلاثة أكاسيد رئيسية هي أكاسيد الحديد للحصول على اللون الأخضر والرمادي المائل للأخضر في الجو المختزل واللون الأصفر والبني والأسود في الجو المؤكسد وأكاسيد النحاس للحصول تزجيجات ملونه باللون الأخضر والأزرق هذا بالإضافة إلى أكسيد الكوبالت وذلك للحصول على اللون الأزرق والتركواز بدرجاته المختلفة ، هذا إلى جانب الأكاسيد الأخرى مثل الكروم والمنجنيز والتصدير .

أما الجزء الثاني من الفصل فقد شمل دراسة طرق صناعة الخزف في العصور الإسلامية حيث كانت أولى الخطوات هى تجهيز الطفلة وتنقيتها من الشوائب المختلفة واعدادها للتشكيل ثم مرحلة التشكيل والتي شملت التشكيل باليد أو بواسطة القالب أو بطريقة البناء من خلال أحبال الطفلة أو من خلال دولاب الخزاف حيث يرجع أول

أستخدام لقرص دوار معروف في صناعة الخزف إلى ٥٠٠٠ عام . ق . م في بلاد ما بين النهرين ، ثم عملية التجفيف بعد ذلك للتخلص من الماء المتحد فيزيائيا حيث كان يتم ذلك في الهواء الطلق أو على شرائح ساخنة خاصة للتجفيف بعد ذلك تأتي عملية الحرق أو التسوية حيث كان الشكل الشائع لأفران الحرق عبارة عن حجرة سفلية لاشعال النار ( حجرة النار ) ثم حجرة علوية تسمى حجرة التحميص والتي كان يوضع بها الفخار والخزف في شكل صفوف .

أما الجزء الثالث من هذا الفصل فيحتوي على دراسة لأساليب صناعة أنواع مختلفة من الخزف في مصر خلال العصور الاسلامية المختلفة والذي شمل الخزف ذي البريق المعدني حيث كانت ترسم الزخارف فوق الطلاء القصديري بعد حرقة بواسطة طبقة من الأكاسيد المعدنية عبارة عن خليط معدني يتكون من أكسيد حديد أصفر و أجزاء من نترات الفضة و أكسيد النحاس ثم تحرق الآنية داخل أفران خاصة في درجات حرارة منخفضة تتراوح ما بين ٦٠٠ – ٦٥٠ م وذلك في جو كربوني حيث تتحول الأكاسيد المعدنية إلى طبقة معدنية رقيقة ذات بريق معدني

أما عن طريقة صناعة الخزف ذو الزخارف المحزوزه ، فقد كانت تشكل الآنية وتترك لتجف ثم تصقل ثم تكسي بطبقة رقيقة من البطانة ( طينة فاتحة اللون ) ثم تترك لتجف ببطء ثم يتم تنفيذ الزخارف على السطح بطريقة الحز وذلك بإزالة جزء من البطانة حتى نصل إلى جسم الاناء الغامق اللون ثم تحرق الآنية بعد الجفاف ثم تطلي بالطلاء الزجاجي ثم تحرق مرة أخرى .

وفيما يتعلق بالخزف ذو البطانات الملونة ( المينا ) كان يقوم الخزاف بتشكيل الإناء وتجفيفه ثم تغطيته بطبقة من البطانة ثم يحرق حريقا واحداً .

وهناك نوع أخر هو الخزف المرسوم تحت الطلاء حيث كان يتم الرسم مباشرة فوق الطينه المشكل منها الإناء دون كسوتة بطبقة بطانة وبعد ذلك يطلى الإناء بالطلاء الزجاجي ثم يحرق مرة أخرى .

## الفصل الثالث

يتناول هذا الفصل من البحث دراسة عوامل ومظاهر التلف المختلفة للآثار الخزفية حيث يشتمل على عوامل التلف الفيزيائي Physical Deterioration Factors ومنها العيوب الناتجة عن عملية الصناعة والمتمثله في الجفاف السريع للقطعة أو عدم التجفيف الكامل أو الحرق في ظروف غير متحكم فيها خاصة في حالة الجسم المحتوى على نسبة عالية من الكوارتز ، هذا بالإضافة الي تأثير الرطوبة حيث يمكن أن تؤدي الرطوبة العالية إلى إعادة تميؤ لقطع الخزف الذي تم حرقه عند درجة حرارة منخفضة مما يؤدي إلى نشأة شروخ شعرية عشوائية في الجسم الخزفي .

هذا وقد تم في هذا الفصل أيضا دراسة ميكانيكية تلف الفخار والخزف المدفون في التربة بالإضافة إلى دراسة التلف الناتج عن الأملاح الذائبة ومصادرها و أنواعها ومظاهر التلف الناتج عنها حيث ربما يؤدي تحرك الأملاح القابلة للذوبان وهجرتها نتيجة للتردد في درجة الرطوبة النسبية الي حدوث ضغط ميكانيكي نتيجة لزيادة حجمها خلال عملية التبلور بينما الرواسب الملحية غير القابلة للذوبان تؤدي إلى حدوث تحول جمالي وأعتام وضغط ميكانيكي موضعي في طبقة التزجيج السطحية ، ومن الأملاح الشائعة التي تصيب قطع الخزف أملاح الكلوريدات والكبريتات والنترات .

هذا إلى جانب تناول تلف الخزف المستخرج من بيئة بحرية والذي يكون مغطى بطبقة عضوية صلبة ناتجة من الكائنات الحية البحرية، هذا بالاضافة إلى التلف المتمثل في الشروخ والتشققات في طبقة التزجيج مع ذوبان جزئي في البدن الطفلي ، بالإضافة إلى الإصابة بالبقع المختلفة نتيجة لتواجد قطع الخزف مع مواد أخرى مثل الأخشاب والمعادن .

أما بالنسبة لعوامل التلف الكميائي Chemical Deterioration Factors والمتمثلة في الملوثات الجوية وأنواعها وتأثيرها وهجوم الأحماض وهجوم القلويات والاتساخات والبقع و أنواعها فقد تم تناولها بالتفصيل في هذا الفصل من الرسالة .

وفيما يتعلق بالملوثات الجوية فمن أهمها الحبيبات الدقيقة والأتربة والغبار والدخان والأبخرة التي تؤدي إلى تغير الخواص المرئية والمتمثلة في تكون طبقات صلبة على السطح ، هذا بالإضافة إلى غازات التلوث الجوي والتي تشمل أكاسيد النيتروجين والكبريت التي تتحول إلى أحماض متلفة تؤدي إلى تأكل السليكا في طبقات التزجيج الخارجية حيث تتحول بمرور الوقت إلى طبقات ضعيفة هشة .

ومن عوامل التف الكيميائي أيضا هجوم الأحماض بالنسبة لقطع الخزف المحتوي على مواد رابطة كلسية والمدفون في تربة ذات طبيعه حمضية مما يؤدي إلى عملية نزح لهذه المواد تاركة الجسم الخزفي ذو مظهر مسامي ، هذا بالإضافة إلى تلف التزجيجات المحتوية على مركبات كالسيوم ويوجد مظهر تلف آخر في قطع الخزف يسمى هجوم القلويات Alkaline Attack حيث يحدث نزح للمواد القلوية من الوسط الزجاجي في التزجيجات وذلك في الظروف القوية حيث تتحول السليكا إلى سيليكا ذائبة .

هذا وقد تم تناول الاتساخات والبقع المختلفة والتي تشمل بقع الطعام Food Stains والبقع المعدنية Metallic Stains والبقع الناتجة عن نمو العفن والبقع الناتجة عن مواد الترميم المختلفة هذا بالاضافة إلى الرواسب الصلبة المتحجرة على السطح والتي تتكون غالبا من الكربونات والكبريتات والسيليكا .

أما بالنسبة لعوامل التلف البيئية خلال العرض والتخزين والمتمثلة في درجة الحرارة فقد تم دراستها في هذا الفصل أيضا حيث تتسبب الحرارة العالية في حدوث صدمة حرارية للخزف هذا بالإضافة إلى تأثيرها على معدلات التفاعلات الكيميائية الأخرى أما الرطوبة فهي لا تسبب تهديداً كبيرا لقطع الخزف ما لم تتواجد معها مواد أخرى ذات درجة حساسية للرطوبة مثل الدعائم والدُسر المعدنية ، و تتراوح درجة الرطوبة المناسبة من ٤٠ – ٦٥ % في حالة القطع الخزفية السليمة ، هذا إلى جانب الإتساخات والأتربة داخل بيئة المتحف والتي تؤدي إلى تشوه أسطح قطع الخزف وخاصة إذا كانت تحتوي على مواد قلوية ، أما إذا كانت ذات طبيعه حمضية فإنها تؤدي إلى التعجيل بحدوث تلف كيميائي .

وقد شمل هذا الفصل أيضا عوامل التلف البشرية المتمثله في استخدام مواد غير مناسبة في ترميم الخزف الأثري مثل استخدام الأحماض المختلفة في إزالة البقع المعدنية أو استخدام مركبات الكالسيوم في حالة القطع المحتوية على نسبة عالية من الرطوبة مما يؤدي للأصابة بالأملاح ، هذا إلى جانب التعرض للصدمة والكشط وذلك نتيجة للتناول والحمل غير السليم لقطع الخزف مما يؤدي إلى تعرضها للتهشم ، أو نتيجة لاستخدام طرق تنظيف قوية وعنيفة وخاصة في حالة القطع ذات درجة الحرق المنخفضة .

وأخيرا تم تناول خطر تعرض القطع الخزفية للحرائق مما يؤدي لتبقعها وحدوث شروخ شعرية دقيقة في السطح وترسب طبقة الملوثات ذات اللون الأسود على طبقة التزجيج السطحية .

## الفصل الرابع

في هذا الفصل من الرسالة تم تناول طرق ومواد التنظيف المختلفة وطرق إزالة الأملاح ومواد التقوية الحديثة المستخدمة في تقوية الآثار الخزفية بالإضافة إلى دراسة اللواصق ومواد الاستكمال .

وفيما يتعلق بطرق ومواد التنظيف فتشمل التنظيف الميكانيكي وطرق التنظيف الكيميائي والذي يعتمد على استخدام الماء والأحماض والمحاليل الكيميائية ، أما فيما يتعلق بإزالة البقع المختلفة فيستخدم حمض الأوكساليك ١٠ % و محلول Ethylene diamine tetracetic acid ( EDTA ) لإزالة بقع الحديد وتستخدم كذلك المواد المخلبية Chelating Agents لهذا الغرض ، هذا وقد تم كذلك تناول طرق إزالة الترميم السابق من طلاءات ولواصق و مواد استكمال ودعائم ودُسر ، وقد تم مناقشة استخدام الموجات فوق الصوتية في تنظيف قطع الخزف واستخدام أشعة الليزر في هذا الغرض أيضا حيث تم تناول طبيعة أشعة الليزر وأنواعها ومميزاتها كوسيلة لتنظيف قطع الخزف الأثري .

أما بالنسبة لطرق إزالة الأملاح الذائبة وغيرالذائبة فقد تم تناولها بالتفصيل في هذا الفصل وقد تضمن هذا الفصل أيضا دراسة مواد التقوية الحديثة المستخدمه في تقوية الخزف الأثري الضعيف الهش ومنها راتنجات السليكون والتي تتضمن مادة التترايثوكسي سيلان Tetraethoxysilane ( TEOS) والتي تعتبرمن أشهر المواد المستخدمة في تقوية الأحجار والخزف هذا بالإضافة إلى مادة الميثل تراي ميثوكسي سيلان (MTMOS ) Methyltrimethoxysilane ومادة الإيثيل تراي إيثوكسي سيلان ( ETEOS ) Ethyltriethoxysilane ومادة السليكون زركينيوم ألكوكسيد ( SZA ) Silicon zirconium Alkoxide

هذا بالاضافة الى بوليمرات الأكريليك Acrylic Polymers ومن أشهر أنواعه البارالويد ب-٧٢ وهو بوليمر مشترك يتكون من الايثيل ميثا كريلات والميثيل أكريلات حيث يعتبر من أفضل المواد المستخدمة في تقوية الخزف الضعيف وذلك من حيث الثبات والاسترجاعية .

وفيما يتعلق بالمواد اللاصقة المستخدمة في تجميع الآثار الخزفية فقد تم دراستها في هذا الفصل حيث تم تناول لواصق راتنجات الثرموسيتنج والتي تنتمي إليها لواصق الايبوكسي Epoxy Adhesives حيث تم مناقشة التركيب الكيميائي لها وعوامل تصلبها وتقييم استخدامها كالواصق للخزف الأثري ، وكذلك لواصق راتنجات السيانو أكريلات Cyanoacrylate Adhesives ولواصق البولي استر Polyester Adhesives

أما لواصق راتنجات الثرموبلاستيك فقد تم دراستها أيضا والتي تشمل لاصق خلات الفينيل Polyviyl Acetate Adhesive ولاصق البارالويد ب -٧٢ Paraloid B -72 Adhesive حيث يستخدم لهذا الغرض في صورة كيزات تتراوح من ٤٠ – ٥٠ % مذابا في الأسيتون وكذلك لاصق نترات السليولوز Cellulose Nitrate Adhesive هذا بالإضافة إلى تناول خواص اللاصق المناسب.

هذا بالإضافة الى تناول مواد الاستكمال Replacement Materials والتي تشمل مركبات الكالسيوم وأهمها الجبس حيث توجد أنواع عديدة متاحة منه تختلف في خواصها المختلفة مثل وقت التصلب والكثافة واللون و

منه جبس الأسنان Dental Plaster وهو عبارة عن كبريتات الكالسيوم النصف متميئة والذي ينتج من تسخين الجبس ( كبريتات الكالسيوم المائية ) إلى درجة ٥١٢٠ م هذا بالإضافة إلى البولي فيلا Polyfilla وهي عبارة عن الجبس الباريسي وألياف السليولوز.

ومن مواد الاستكمال المستخدمه مع الخزف أيضا راتنجات الايبوكسي والبولي أستر ومن أمثلة راتنجات الايبوكسي المستخدمة لهذا الغرض مادة HXTAL –Nyl -1 وهى تتميز بدرجة تصلب بطيء و Milliput Epoxy Putty ومادة تسمى Pliacre والأرالديت 2020 والأرالديت 2001 و من عجائن الايبوكسي المضاف لها لون أبيض وجاهز للاستخدام مادة تسمى Sylmasta

ومن راتنجات البولي استر المستخدمة في استكمال الخزف مادة تسمى Sebralit ومادة F . E . W وهي من عجائن البولي أستر المضاف إليها مواد مالئة خاملة وملونات .

وتستخدم كذلك عجائن خلات الفينيل و الأكريليك لهذا الغرض ، هذا وتستخدم الطفلة المحروقة في استكمال الاجزاء المفقودة من قطع الخزف أحيانا حيث يتم تشكيلها وحرقها ثم لصقها بإستخدام لاصق مناسب.

أما فيما يتعلق بالمواد المستخدمة في تلوين الزخارف و الألوان فتستخدم ألوان الأكريليك المخلوط بوسيط لاصق من الأكريليك وعند الاستخدام يتم خلطها بالماء وتتميز هذه الألوان بدرجة مقاومتها العالية للخدش والتحفر .

## الفصل الخامس

يتضمن هذا الفصل من الرسالة التجارب والاختبارات التي تم اجرائها على مواد الترميم المختلفة المستخدمة مع الخزف الأثري وذلك لتقييمها والتوصل إل أفضل المواد سواء مواد التقوية أو المواد اللاصقة أو مواد الاستكمال وذلك لتطبيقها في ترميم وعلاج مجموعة الآثار الخزفية المختارة فيما بعد.

وقد تم أولا أجراء تجارب وفحوص لعينات مشابهة للخزف الأثري من حفائر مدينة الفسطاط و هي تمثل نفس العصور التي تنتمي إليها القطع المختاره في الجانب التطبيقي ، حيث تم تعيين الخواص الفيزيائية لهذه العينات والتي شملت درجة أمتصاص الماء ودرجة المسامية الظاهرية والكثافة الكلية ، وقد تراوحت درجة أمتصاص الماء لها من ٢٢,٤ – ٢٦% والمسامية من ٣٥ – ٤٢,٨ % والكثافة من ١,٥٥ – ١,٦٣ كجم /سم٣ ، ثم تم أجراء تحليل لنفس العينات باستخدام حيود الأشعة السينية ( XRD ) حيث أحتوت العينة رقم ( ١) الممثلة للخزف الفاطمي على معادن الكوارتز و الجيهلينيت والولاستونيت و الدايوبيسيد والتريديميت.

أما العينة رقم ( ٢) الممثلة للخزف المملوكي ( الأزرق والأبيض ) فقد أحتوت على معدن الكوارتز والتريديميت كمعادن رئيسية ومعدن الجيهلينت والايليت كشوائب .

بعد ذلك تم تصنيع عينات مشابهة من حيث الخواص والتركيب الكيميائي والمعدني للعينات الأثرية وقد تكونت التركيبه المختاره من طفلة الكره بنسبة ٥٠% والسيليكا بنسبة ٣٥ % والدلوميت ١٠% والفرت ( كسر الزجاج ) بنسبة ٥% هذا وقد تم تصنيع عينات غير مزججة وعينات مزججة و ذلك لأجراء التجارب و الأختبارات المختلفة عليها .

ثم تم تعيين الخواص الفيزيائية لها حيث كانت هذه الخواص متشابهة إلى حد كبير مع خواص العينات الأثرية .

هذا بالاضافة إلي إجراء فحص للعينات المصنعة باستخدام XRD حيث ثبت أنها تحتوي على معادن كل من الكوارتز والتريديميت وهي مشابهة إلى حد كبيرمن حيث التركيب الكيميائي للعينة المنتمية إلى العصر المملوكي .

بعد ذلك تم أجراء تجارب لتقييم مواد التقوية المختارة والتي كانت تشمل مادة **RC70** وهي تنتمي إلى راتنجات السليكون وتتكون من أسترات السليكون وحمض السلسليك وايثيل سيليكونات القصدير في شكل محلول ذائب في الكحول الأبيض ومادة **Mowital B 60 HH** وهي عبارة عن البولي فينيل بيوترال بتركيزين مختلفين هما ٥% ، ٣% و الذائبه في في الأسيتون ، ومادة **الفاكر OH** و مادة **البولي فينيل مثيل سليوكسان** الذائب في الزايلين بنسبة تركيز ٢٦% ، ومادة **البارالويد ب – ٧٢** بنسبة تركيز ٥% في الأسيتون .

بعد ذلك تم تطبيق مواد التقوية السابقة على عينات مصنعة مقاس ٣× ٣ × ١سم وتم أجراء العديد من الأختبارات عليها شملت التقييم البصري بعد التقوية حيث لم تؤثر كل المواد المشتقة من راتنجات السليكون على مظهر العينات بينما أعطت مادة الموفيتال B60HH مظهر لامع نسبيا للعينات المعالجة ، وقد تم كذلك تعيين الخواص الفيزيائية للعينات المعالجة ومقارنتها بالعينة القياسية وقد أدت كل المواد المستخدمة الى خفض نسبة أمتصاص الماء و المسامية وزيادة الكثافة.

وقد حققت مادة البولي فينيل مثيل سيلوكسان أفضل النتائج حيث أدت الي خفض درجة أمتصاص الماء بنسبة ٤٠% والمسامية بنسبة ٢٩,٦ وأدت الى زيادة الكثافة ، وقد كانت أقل مادة حققت نتائج مرضيه هي الموفيتال ٥% حيث أدت الى انخفاض درجة أمتصاص الماء بنسبة ٤% وخفض المسامية بنسبة ٧,٣ % هذا وقد ثبت أن استخدام مادة الموفيتال بنسبة ٣% قد حققت نتائج أفضل عن استخدامها في التركيزات الأعلي.

أما بالنسبة للعينات المزججه فقد حقق البولى فينيل ميثيل سيلوكسان أفضل النتائج و كذلك حقق كل من الفاكر OH و RC 70 نتائج جيدة ثم البارالويد ب – ٧٢ و الموفيتال ٣% و الموفيتال ٥% على التوالى .

و قد تم كذلك تعيين الخواص الميكانيكية والتى تتضمن قوة تحمل الضغط Compressive Strength وقوة تحمل الشد Tensile Strength لعينات معالجه وغير معالجه ، حيث حقق الفاكر OH أفضل النتائج حيث أدى الى زيادة تحمل الضغط بنسبة ٤ و٤٩% ثم مادة البولي فينيل ميثيل سيلوكسان حوالي ٦و٤٨% ثم البارالويد ب – ٧٢ بنسبة ٤و٤٦ ثم مادة RC 70 بنسبة ٧و٤٤ ثم مادة الموفيتال ٥% بنسبة ٤٢% و أخيرا الموفيتال ٣% بنسبة ٢٠% .

أما بالنسبة لاختبار قوة تحمل الشد فقد حققت مادة البولي فينيل ميثل سيلوكسان أفضل نتيجة حيث أدت الى زيادة تحمل الشد بنسبة ٤٠% ثم مادة RC 70 بنسبة ٧و٣٦ % ثم مادة البارالويد ب–٧٢ بنسبة ٨و٣٢ % ثم مادة الموفيتال ٥% بنسبة ٤و٢٧ % ثم الموفيتال ٣% بنسبة ٢٠% أخيرا الفاكر OH بنسبة ٤و١٩% .

هذا و قد تم كذلك أجراء عملية تجويه معجله بواسطة تعريض عينات معالجه وغير معالجة لدورات من التسخين الشديد و الرطوبة المرتفعة و قد أظهرت معظم المواد درجة مقاومة جيدة بالمقارنة بالعينة القياسية ، بالاضافة الى التجوية بواسطة الأملاح حيث أظهرت مادتى البولى فينيل ميثيل سيلوكسان و الفاكر OH مقاومة ممتازة للتلف الناتج للأملاح حيث ظلت العينات المعالجة بهما بحالة متماسكة و جيدة بعد انتهاء الدورات و التي بلغت ١٨ دورة .

أما باقى المواد فقد تأثرت بدرجة واضحة بالأملاح و خاصة مادتي الموفيتال و البارالويد ب – ٧٢.

أما فيما يتعلق بالتجارب و الأختبارات التي تمت لتقييم المواد اللاصقة المختارة والتي شملت لاصق البارالويد ب – ٧٢ بنسبة ٥٠% في الأسيتون و لاصق السيانوأكريلات و لاصق الأرالديت ١٠٩٢ فقد تم أجراء اختبارات قوة شد الرابطة ثم التقادم الحراري و الضوئي ثم قياس التغير اللوني نتيجة للتقادم و فيما يتعلق بنتائج قوة الشد فقد حقق البارالويد ب – ٧٢ أقل قوة شد حيث بلغت ٥ كجم / سم$^{٢}$أما السيانوأكريلات فقد حقق ٢و١٠كجم/ سم$^{٢}$ ، أما الأرالديت ١٠٩٢ فقد حقق قوة شد بلغت ١١و١٣كجم/سم$^{٢}$.

أما في أختبار التقادم الضوئي فقد تحول لون الأرالديت الشفاف الي اللون الأصفر أما لاصق السيانوأكريلات فقد تأثر بشدة بالضوء حيث تحول لونه من اللون الشفاف الي اللون الأصفر الغامق (الكهرماني ) وقد كان لاصق البارالويد ب –٧٢ أقلهم تأثرا بالتقادم الضوئي ، و بعد ذلك تم أجراء قياس درجة التغير في اللون لهذه اللواصق حيث حقق لاصق السيانوأكريلات درجة تغير بلغت ٣٥و٣٩ و لاصق الأرالديت ٤١و ١٧ ، أما البارالويد ب– ٧٢ فقد تغير بدرجة ١٥ .

أما التقادم الحراري فقد كان لاصق الأرالديت أكثر اللواصق تأثرا حيث تحول لونه الي اللون الأصفر الفاتح ، أما لاصق السيانواكريلات و البارالويد فلم يتغير لونهما بعد التعريض .

أما فيما يتعلق بالاختبارات التي تمت علي مواد الأستكمال المختاره وهي البولي فيلا و جبس الأسنان و جسو بولونيا و الأرالديت + مسحوق الفخار و الأرالديت + أكسيد الزنك و البارالويد ٣٠% + مسحوق الفخار ثم الموفيتال ١٨% + مسحوق الفخار فقد تم أجراء أختبارات التقادم الضوئي والحراري عليها ثم تم قياس التغير اللوني بعد التقادم حيث تغير لون الأرالديت بعد التقادم بدرجة ٥٨و١٧ وتغير جبس الأسنان بدرجة ٢١و٥ أما باقي المواد فلم يتغير لونها نتيجة للتقادم الضوئي .
هذا وقد تم كذلك قياس درجة الصلادة للمواد المختارة حيث حقق الأرالديت ١٠٩٢ مع المواد المالئة المختلفة درجات صلادة مرتفعة تراوحت ما بين ١٨٦–١٦١ ثانية ، أما مادة جسو بولونيا فقد حققت أقل درجة صلادة بلغت ٣٦ ثانية . أما البولي فيلا فقد حققت ١١٦ ثانية و جبس الأسنان ١٦٤ ثانية و كلا من البارالويد ب ٧٢ و الموفيتال + مسحوق الفخار حققا ١٣٢ و ٩٣ علي التوالي .

أما بالنسبة لقياس درجة الانكماش فقد حقق جسو بولونيا أعلي درجة أنكماش بلغت ٨و٢٠ % وجبس الأسنان ٢و١٠% والبولي فيلا ١٠ % أما بالنسبة للأرالديت ١٠٩٢ + أكسيد الزنك و مسحوق الفخار فلم يحقق أى درجة انكماش أمكن قياسها .

## الفصل السادس

ينقسم هذا الفصل الأخير من الرسالة إلى جزئين ، الجزء الأول خاص بالتحاليل والفحوص المختلفة التى أجريت على عينات من القطع الأثرية المختارة وذلك لدراسة التركيب الكيميائى والمعدني لها بالإضافة إلى دراسة مواد وأساليب الصناعة بما فيها درجة حرارة حرق القطع المختلفة .

وقد تم إجراء تحاليل وفحوص مختلفة لقطع الخزف المختارة من المتحف القبطى حيث تمت دراسة وتحليل القطعة الكبيرة رقم ٣٢٩٠ بالعديد من الطرق حيث تم تحليل عينه من الجسم باستخدام الأشعة السينية (XRD) واتضح أنها تحتوى على معادن الكوارتز Quartz بنسبة حوالي ٤٨,٦% و الكالسيت Calcite بنسبة حوالي ٢٠,٧ والهيماتيت بنسبة حوالي ١٦% وكل من الدايوبسيد والولاستونيت بنسبة حوالي ٧% .

هذا وقد تم تحليل نفس العينة أيضا باستخدام طريقة الامتصاص الذرى (AAS) حيث كانت نسبة ثانى أكسيد السليكون ٣٧,٨% وأكسيد الألومنيوم ٣,٧٢% وأكسيد الحديديك ٢,٥٦ وأكسيد الكالسيوم ٢٦,٩٢ والماغنسيوم ٢,٨٥ ونتيجة هذا التحليل تؤكد نتيجة التحليل السابق حيث يلاحظ ارتفاع نسبة الكالسيوم فى عينه جسم هذه القطعة .

أما التحليل بواسطة الامتصاص الذرى لعينة التزجيج السطحية فقد اتضح إنها تحتوى على ثانى أكسيد السليكون بنسبة ٥٢,٦١ % وأكسيد الكالسيوم بنسبة ١١,٩٤% والبوتاسيوم ٥,٤٢% ، أما مساعد الصهر فقد اتضح أنه الرصاص حيث بلغت نسبته فى العينة ١٤,٥٨% .

أما اللون الأزرق والتركواز فقد اتضح أنهما نتجا عن استخدام أكسيد النحاسيك و أكسيد الكوبالت أما اللون الأسود فنتج عن استخدام أكسيد الحديديك .

وقد تم كذلك تحليل عينه من استكمال سابق فى القطعة حيث احتوت على معادن الجبس بنسبة ٣٥% والكالسيت بنسبة ٢٧,٨% والدولوميت بنسبة ١٤,٦% ثم الهيماتيت والكوارتز بنسب ضئيلة .

أما نتيجة التحليل لعينة من لاصق قديم استخدم فى التجميع السابق فقد تم تحليله بواسطة الأشعة تحت الحمراء (IR) و قد ثبت أنه عبارة عن الغراء الحيوانى

أما القطعة رقم ٢٨١٠ بالمتحف القبطى أيضا وهى عبارة عن آنية صغيرة ذات لون أخضر وترجع إلى العصر الفاطمى فقد تم تحليل عينه من الجسم بالأشعة السينية أيضا وقد كانت تحتوى على معادن الكوارتز بنسبة حوالي ٤٦% والتريديميت بنسبة حوالي ٢٠,٤% والدولوميت ١٧% والولاستونيت بنسبة ٨% .

هذا وقد تم تحليل عينه من طبقة التزجيج ذات اللون الأخضر بطريقة الأمتصاص الذرى حيث اتضح احتوائها على ثانى أكسيد السليكون بنسبة ٤٢,٣٥% وأكسيد الألومنيوم بنسبة ٥,٥٦% والكالسيوم ٨,٨% ، أما مساعد الصهر فعبارة عن أكسيد الرصاص بنسبة ١٧,٩٦% أما اللون الأخضر فكان يتكون من أكسيد النحاسيك ١,٤٢% .

هذا بالإضافة إلى فحص عينه من التزجيج أيضا باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ( SEM ).

أما بالنسبة للقطعة الثالثة رقم ٢٨٠٨ بالمتحف القبطى أيضا فقد تم إجراء تحليل بواسطة (XRD) لها وقد احتوت على معادن كل من الكوارتز بنسبة حوالي ٥١% والتريديميت بنسبة حوالي ٢٥% والولاستونيت ١١% والدايوبسيد ١١% أيضا .

أم القطعة رقم ٦٢٦٦ بالمتحف الإسلامي وهي عبارة عن طبق ذو لون تركواز وبه زخارف باللون الأسود وترجع إلى العصر العثمانى فقد تم فحصها و تحليلها بالعديد من الطرق شملت تحليل الجسم بواسطة حيود الأشعة السينية (XRD) حيث اتضح احتوائه على معادن كل من الكوارتز بنسبة حوالي ٧٨% والتريديميت بنسبة حوالي ٢٢% .

هذا بالإضافة إلى فحص طبقة التزجيج بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) وتشتت الطاقة للأشعة السينية (EDX) حيث اتضح أحتواء طبقة التزجيج على عناصر السليكا وكذلك الكالسيوم والصوديوم كمساعدات صهر قلوية ، أما اللون التركواز فتم الحصول عليه نتيجة لأستخدام أكسيد الكوبالت ، وتواجد كذلك عنصر الحديد والذى من المرجح أنه استخدم فى صورة أكسيد حديديك للحصول على اللون الأسود .

وقد تم تناول طرق التحليل والفحص الأخرى التى تستخدم فى دراسة الخزف الأثرى والتى تشمل طريقة التحليل بواسطة استقراء البلازما ( ICPS ) والتحليل بواسطة النيترون النشط ( NAA ) والتحليل بواسطة أنبعاث الجسيمات الدقيقة للأشعة السينية ( PIXE ) بالإضافة إلى استخدام الفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني النافذ للضوء والماسح .

أما الجزء الثانى من هذا الفصل فيحتوى على طرق ترميم وعلاج القطع الخزفية السابقة الذكر ، وفيما يختص بالقطعة رقم ٣٢٩٠ بالمتحف القبطي فقد تم تناول الوصف الأثري والفني لها بالتفصيل وكذلك تم تناول مظاهر تلف القطعة بالشرح والدراسة والمتمثل في الترميم السابق الخاطئ بها بالإضافة إلى الاتساخات والبقع المختلفة والشروخ والشقوق والانفصالات الناتجة عن عيوب الصناعة وكذلك فقد وتساقط أجزاء من طبقة التزجيج السطحية ، هذا بالإضافة إلى فقد بعض الأجزاء من القطعة وخاصة في القاعدة والفوهة وأجزاء من البدن هذا بالإضافة إلى المسامير الحديدية المستخدمة كوسيلة للتدعيم قديما .

بعد ذلك تم تناول مراحل الترميم والعلاج لهذه القطعة حيث بدأت خطوات الترميم بعملية توثيق للقطعة من خلال رفع المقاسات والزخارف وتسجيل مظاهر التلف المختلفة ثم فك وإزالة الترميم السابق والمتمثل فى التجميع والاستكمال والدسر الحديدية .

و قد بدأت عملية الترميم أولا بإجراء التنظيف الشامل وإزالة بقايا مواد الترميم القديمة من القطع سواء المادة اللاصقة أو مادة الاستكمال و ذلك باستخدام الطرق الميكانيكية وكذلك التنظيف بالماء والمحاليل المختلفة .

وبعد ذلك تم عمل تجميع لأجزاء القطعة المهشمة باستخدام لاصق الأرالديت ١٠٩٢ حيث كانت القطعة في حاجه إلى لاصق قوى نظرا لطبيعة وحجم القطعة الكبير وذلك مع استخدام دعائم معدنية غير قابلة للصدأ للربط بين الأجزاء المهشمة ، هذا مع الاستعانة بالكمبيوتر لتجميع بعض الأجزاء من القطعة .

بعد ذلك تم استكمال الأجزاء المفقودة من الآنية باستخدام مادة جبس الأسنان حيث أثبتت التجارب فى الفصل الخامس من الرسالة ملائمة هذه المادة فى استكمال الخزف كما سبق شرحه ولكن مع عمل عزل لحواف الكسر باستخدام البارالويد ب – ٧٢ بنسبة تركيز ١٠ % فى الأسيتون وأستعمال شرائح شمع الأسنان لعمل القوالب وكذلك فى التدعيم ، بعد ذلك تم عمل استكمال للزخارف والألوان المختلفة باستخدام ألوان الأكريليك مع استخدام ورنيش البولى يوريثان لمضاهاة المظهر اللامع لطبقة التزجيج .

أما القطعة رقم ٢٨١٠ ذات اللون الأخضر فقد تم تناول الوصف الفنى لها ورفع مقاساتها وكذلك ثم شرح مظاهر التلف بها والمتمثل فى ضعف وتساقط أجزاء كثيرة من طبقة التزجيج السطحية وكذلك ضعف وتحلل الجسم الطينى والشروخ وبعض الأجزاء المنفصلة والمفقودة من الآنية هذا بالإضافة إلى الاتساخات السطحية .

أما فيما يتعلق بخطوات الترميم والعلاج فقد تم أولا إجراء تقوية للقطعة ككل و تثبيت للقشور السطحية المنفصلة حتى يتسنى تناول القطعة وإجراء باقى خطوات الترميم عليها حيث تم استخدام مادة الموفيتال ٥% **Mowital B**

60HH الذائب فى الأسيتون لتثبيت القشور، ثم تم عمل تنظيف للسطح بعد ذلك وإزالة بعض البقع باستخدام المذيبات المختلفة وقد تم استبعاد استخدام الماء نظرا لضعف القطعة، بعد ذلك تم تجميع الأجزاء المنفصله من القطعة باستخدام مادة البارالويد ب- ٧٢ بنسبة تركيز ٥٠% ذائبا فى الأسيتون ثم الاستكمال باستخدام مادة البولى فيلا وذلك لأنه ثبت أن درجة صلادة هذه المادة أقل من درجة صلادة جبس الأسنان ، ثم تم بعد ذلك استكمال للزخارف باستخدام ألوان الأكريليك .

أما بالنسبة للقطعة رقم ٢٨٠٨ بالمتحف القبطى أيضا فقد تم إجراء تنظيف لها وإزالة بقايا مواد الدفن من داخل القطعة وذلك باستخدام المحاليل والمذيبات المختلفة و ذلك من خلال غمرها فى الماء لإزالة التكلسات من داخلها بعد ذلك تم عمل استكمال للفوهة التى كانت تفقد جزء كبير منها وكذلك بعض المناطق فى القاعدة .

أما بالنسبة للقطعة رقم ٦٢٦٦ بالمتحف الإسلامي فقد تم تناول الوصف الأثرى والفنى لها ثم دراسة مظاهر التلف المختلفة وعمل توثيق ورفع لها ثم شرح لمظاهر التلف والمتمثله فى الاتساخات الكثيفة التى تغطى السطح وكذلك البقع والشروخ والشقوق والبثور على السطح بالإضافة إلى ضعف بعض المناطق فى طبقة التزجيج السطحية وفقد بعض الأجزاء الكبيرة من القطعة وقد بدأت مراحل الترميم والعلاج بعمل توثيق للزخارف ومظاهر التلف المختلفة ثم التنظيف وإزالة الترميم السابق من مواد لاصقه و مواد استكمال وذلك باستخدام الطرق الميكانيكية أو استخدام المحاليل والمذيبات المختلفة ، ثم تم إجراء عملية تجميع للقطع المنفصلة بعد ذلك باستخدام لاصق الباالويد ب – ٧٢ الذائب فى الأسيتون بنسبة تركيز ٥٠% .

أما التقوية وتثبيت القشور الضعيفة فقد تم استخدام مادة الموفيتال B60HH بنسبة تركيز ٥% فى الأسيتون أما استكمال الأجزاء الناقصة من القطعة فقد تمت باستخدام جبس الأسنان ولكن بعد عزل حواف الكسر باستخدام البارالويد ب-٧٢ بدرجة تركيز ١٠% فى الأسيتون وبعد ذلك تم استكمال الزخارف باستخدام ألوان الأكريليك مع ورنيش البولى يوريثان و ذلك للحصول علي سطح مشابه لطبقة التزجيج السطحية .