

كلية الآثار

قسم الترميم

دراسة تحليلية للفخار اليمنيّ الأثريّ وطرق العلاج والصيانة

تطبيقًا على بعض النماذج المختارة من مواقع مختلفة باليمن

رسالة لنيل درجة الماجستير في ترميم وصيانة الآثار

مقدمة من الباحثة

**منى علي عبدربه القاضي**

المعيدة بقسم الآثار – كلية الآداب – جامعة صنعاء

إشــراف

|  |  |
| --- | --- |
| **أ.د/ سلوى جاد الكريم ضوي**أستاذ ترميم وصيانة الآثار بكلية الآثار جامعة القاهرة | **أ.د/ ناصر جمال عبدالغفور**أستاذ جيولوجيا وتكنولوجيا صناعة خامات مواد البناء – المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء |

**2014م**

**ملخص الرسالة**

تتناول هذه الرسالة دراسة تحليلية للفخار اليمني الأثري، وطرق العلاج والصيانة تطبيقًا على بعض النماذج المختارة من مواقع مختلفة باليمن.

وتتكون الرسالة من ستة فصول، يمكن تلخيص محتوياتها فيما يلي :

• **الفصل الأول: دراسة تاريخية للفخار الأثري في اليمن من العصر البرونزي وحتى بداية العصر الإسلامي :**

يهتم هذا الفصل بدراسة الفخار الأثري في اليمن والذي يرجع لفترتي (العصر البرونزي) و(العصر الحديدي) فترة ما قبل الإسلام, والتعرف على الأماكن التي انتشر بها، وتقنية صناعته، وتطوره، ومميزاته في كل فترة يعود لها.

**أولاً: فخار العصر البرونزي**

تم الكشف عن فخار العصر البرونزي في العديد من المواقع الأثرية التي تنتشر في مناطق المرتفعات والذي من أهمه فخار خولان الطيال والحدا, وفي مناطق المنخفضات الشرقية بما يعرف بفخار شبوة, وفي المناطق الساحلية فخار صبر المبكر وفخار امعليبة.

وأهم ما يميز فخار العصر البرونزي عمومًا في هذه المواقع أنه خشن وسميك، وهو هشٌّ ضعيف التماسك، حرقه غير جيد، يحتوي على نسبة عالية من الرمل الجرانيتي الخشن، والمعالجة السطحية كانت بدائية، وهي تبطين أسطح الأواني الفخارية بسوائل طينية مذابة وناعمة لتغطية خشونة الأسطح الخارجية لها. وهذا النوع من الأواني شُكِّلَ يدويًّا.

كما أن هناك النوع الناعم، ومن خصائصه أنه رقيق البدن، مصنوع من طينة ذات خصائص جيدة، ودرجة حرقه جيدة مما أكسبه صلابة، وهو يحتوي على نسبة ضئيلة من المواد الصلبة في حالات كثيرة لا تظهر على سطح الآنية الفخارية، كما أن عددا من عينات هذا النوع طُليت بألوان فاتحة كانت تضاف إلى أسطح الأواني.

**ثانيًا: فخار العصر الحديدي**

منذ الربع الأخير من الألف الثاني قبل الميلاد ظهر فخار العصر الحديدي في اليمن, والذي تم العثور عليه في العديد من المناطق، فمنه ما ظهر في المرتفعات في ذمار فيما يعرف بفخار عرن عمر وفخار أشرف, وآخر ظهر في المنخفضات الشرقية مثل فخار هجر بن حميد وفخار براقش وفخار حضرموت وغيره, كما ينتشر في المناطق الساحلية بما يعرف بفخار صبر المتأخر وفخار موقعي الهامد والمدمن.

ومن أهم مميزات فخار العصر الحديدي في اليمن إضافة القش للغالبية منه وإضافة الاستيتيت والحصوات الحجرية المختلطة بالرمل, أو الحجر الكلسي والصدف في المناطق الساحلية وذلك للتقوية, وغالبًا ما تظهر هذه الأواني الفخارية بأبدان مصقولة ذات طلاء أحمر على بدن أسمر/ بني، والسمة المميزة لبعض القطع الفخارية هذه هي بقاء البطانة سواء من الداخل أو الخارج، وهي بلون أحمر غامق، أو بني مائل للأحمر, أما بالنسبة لطريقة الصناعة فهي يدوية، أو ذات تقنية مزدوجة، أي الصناعة اليدوية إلى جانب استخدام العجلة في التشكيل, وزخارف محزوزة بعناصر متشابهة على الإناء. ووجد بينها أيضًا أوعية بزخرفة ملونة مع أشكال ملونة بالأحمر تمثل مواضيع طبيعية (طيور، غنم/ ماعز، كلاب، وحيوانات أخرى) أو هندسية نفذت على أرضية بيضاء أو صفراء اللون.

**• الفصل الثاني: تكنولوجيا صناعة الفخار الأثري في اليمن**

يتناول هذا الفصل المواد الخام المستخدمة في صناعة الآثار الفخارية في اليمن, وقد اشتملت الدراسة على جزئين هامين:

يشتمل الجزء الأول على أربع دراسات علمية مختلفة، ركزت على الطفلة المكون الأساسي للفخار، وذلك بدءًا من التكوين الجيولوجي لليمن ومظاهر السطح حيث توجد المعادن الطينية في اليمن ضمن صخور عصور جيولوجية مختلفة, تتميز بالتنوع حيث تظهر التكوينات الجيولوجية في عموم مساحة الجمهورية اليمنية ضمن تضاريس متباينة, معظمها مغطاة بالجبال والهضاب بحيث تشكل الهضاب المساحة الواسعة من أراضي الجمهورية اليمنية، تليها المرتفعات، ثم السهول الساحلية.

ثم دراسة أنواع الطفلات في اليمن تبعًا لطريقة تكونها وأماكن تواجدها, ودراسة أهم معادن الطفلة في اليمن وأماكن تواجدها, ثم دراسة الخواص الكيميائية للطفلة وخصائص الطفلة في اليمن.

أما الجزء الثاني فقد تناول تكنولوجيا صناعة الفخار الأثري في اليمن بدءًا من جمع وإعداد الطين للتشكيل وحتى آخر مرحلة من التصنيع وهي عملية الحرق.

**• الفصل الثالث: عوامل ومظاهر تلف الفخار الأثري في اليمن تطبيقًا على الآثار الفخارية موضوع الدراسة**

يلقي هذا الفصل الضوء على المظاهر السطحية والمناخية للمرتفعات الجبلية وللمنخفضات الشرقية موقعي الدراسة حيث إن اختلاف الظروف المناخية بينهما ينعكس بدوره على عوامل ومظاهر التلف للفخار الأثري, وقبل تناول عوامل ومظاهر تلف الفخار الأثري في اليمن قدمنا بالإشارة إلى عوامل ومظاهر تلف الفخار الأثري بصورة عامة والتي تنقسم بدورها إلى ثلاثة عوامل هي: عوامل تلف داخلية مثل عدم التجانس في التركيب والخواص الفيزيائية والكيميائية للفخار الأثري, وعوامل تلف خارجية مثل الحرارة والرطوبة والملوثات الجوية وغير ذلك, وعوامل تلف بشرية مثل الترميم بطرق ومواد غير مناسبة وسوء العرض والتخزين والعبث والتخريب. ثم تلت ذلك دراسة لعوامل ومظاهر تلف الآثار الفخارية موضوع البحث المستخرجة من "مقولة" بصنعاء والتي تنوعت مظاهر التلف فيها ما بين الفقد والتهشم والتحول إلى كسر مختلفة الأحجام والتآكل والترميم الخاطئ، والتي اختلفت نوعًا ما في الآثار الفخارية المستخرجة من (الجوف) فقد ظهرت عليها الشروخ والتكلسات والاتساخات والفقد والتهشم والتبقع.

**• الفصل الرابع: دراسة تحليلية للعينات الفخارية الأثرية موضوع الدراسة**

يتناول هذا الفصل أهم الوسائل العلمية المستخدمة لفحص وتحليل العينات الفخارية الأثرية موضوع البحث من منطقة مقولة – صنعاء ومن محافظة الجوف. وينقسم هذا الفصل إلى جزئين هما :

**الجزء الأول** : أهم طرق الفحص والتحليل للفخار الأثري بشكل عام, والتي من أهمها الفحص بالميكروسكوب المستقطب للتعرف على التركيب المعدني للفخار الأثري والمواد المضافة لتحسين خواصه، والفحص بالميكروسكوب الماسح لدراسة حالة الأثر من حيث الضعف والقوة، ويفيد في تحديد محتويات العينة والأطوار المختلفة، والتحليل باستخدام حيود الأشعة السنية الذي يتميز بالدقة في النتائج، وذلك في التعرف على مكونات العينة وما أصابها من تحولات معدنية، إضافة للتحليل بتفلور الأشعة السينية للتعرف على العناصر المختلفة في المادة, إضافة إلى التعرف على وجود الأكاسيد المعدنية المستخدمة كملونات نقية في الزخارف.كما أن طريقة الأشعة السينية المستحثة بالبروتونات تتميز بكونها غير متلفة وبقدرتها على التحليل السطحي للعينات.كما استخدمت طريقة التحليل بواسطة النيترون النشط، وهي من طرق التحليل الدقيقة والسريعة وهي غير متلفة للآثار.

**الجزء الثاني**:الفحوص والتحاليل المستخدمة للآثار الفخارية موضوع الدراسة.

في هذه الدراسة تم استخدام العديد من الفحوص والتحاليل هي :

الفحص بالميكروسكوب المستقطب في فحص العينات الأثرية من مقولة- صنعاء بحيث يمكن التعرف على شكل الحبيبات المكونة لنسيج العينة الفخارية والذي أثبت وجود الكوارتز والذي تميز بزوايا حادة وبأحجام مختلفة, وأكاسيد الحديد ومعدن الالبيت ومعدن Actinolite الأكتينولايت, ووجود القش كمادة مضافة لتعديل خواص الطفلة المستخدمة، وتحتوي العينة الفخارية من الجوف على بلورات متوسطة إلى دقيقة الحجم من الكوارتز.

كما أثبت التحليل بحيود الأشعة السينية وجود الكوارتز والاوجيت والألبيت والأكتينولايت والهيماتيت والإليت في عينات مقولة-صنعاء. أما بالنسبة لعينة الجوف فهي تحتوي على الكالسيت والكوارتز والألبيت والإليت.

واستخدمت طريقة التحليل الحراري التفاضلي DTA والتي من خلالها يتم تحديد معدلات الحرق والتحول في المركبات المكونة له.

**• الفصل الخامس: دراسة تجريبية لتقييم المواد والخامات المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الفخارية في اليمن**

تناول **الجزء الأول** تجارب إعداد عينات مشابهة للقطع الفخارية الأثرية في اليمن وذلك من خلال استخدام ثلاثة أنواع من الطينات، مع استخدام عشر إضافات مختلفة لها، وإجراء تحليل للعينات الطينية للتعرف على تركيبها، وتم تصنيع العينات وحرقها، وقياس الخواص الفيزيائية لها وذلك لاختيار أفضلها من حيث خصائصها المختلفة، ولإجراء التجارب عليها لتقييم مواد الترميم المختارة ، كما يستفاد منها في إجراء عملية الاستكمال بالطينات ذات التركيبات المناسبة.

وتناول **الجزء الثاني** اختبارات لمواد التقوية ونتائجها المختلفة, فقد تم استخدام العينات المعملية التي تم إعدادها في الجزء الأول لتطبيق مواد التقوية عليها, واختيار بعض مواد التقوية التي سوف تُستخدم في الجانب التجريبي, ثم أعقب ذلك تطبيق مواد التقوية المختارة وتقييم النتائج كتأثير مواد التقوية على المظهر العام للعينات المعالجة, ودراسة الخواص الفيزيائية للعينات قبل وبعد المعالجة, **وأعقب** ذلك تقييم مواد التقوية المختارة بالفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM والذي يفيد في معرفة مدى تغلغل وتغليف المادة المقوية للحبيبات العينة, الذي أثبت نجاح البارالويد B72 بتركيز4% والبارالويد B44 بتركيز4% وتركيز2% في ربط الحبيبات وتغليفها وتحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية, ثم تلي ذلك دراسة تأثير التقادم الصناعي على العينات المعالجة والذي ينقسم إلى تقادم صناعي حراري وتقادم صناعي بالتجوية الملحية وتقادم بالرطوبة، ثم أعقب ذلك دراسة خواص العينات المعالجة بعد التقادم، ثم فحص العينات بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح بعد التقادم الصناعي.

**• الفصل السادس: دراسة تطبيقية لعلاج وصيانة نماذج مختارة على الفخار الأثري في اليمن**

**أولاً** تناول هذا الفصل طرق علاج وصيانة الآثار الفخارية بصورة عامة بدءًا بعملية التسجيل والتوثيق للمادة الأثرية حيث يتم عمل تسجيل كامل قبل وأثناء وبعد مراحل العلاج المختلفة, وتعتبر عملية التنظيف من أهم مراحل عملية العلاج والصيانة والتي يستخدم فيها المرمم العديد من المواد والتقنيات المختلفة على حسب طبيعة الاتساخات, وتختلف هذه العملية من أثر إلى آخر. والتنظيف يكون إما ميكانيكيا أو كيميائيا أو بكليهما معًا. ثم تأتي عملية إعادة بناء القطعة الأثرية من خلال لصق الأجزاء المكسورة معًا لمحاولة إظهار الأثر المهشم بالشكل أو الصورة التي كان عليها قديمًا بما يُعرف بعملية التجميع. ثم تأتي عملية الاستكمال والتي يكون الهدف منها هو زيادة ثبات الأثر ضد عوامل التجوية المختلفة, وتحسين مظهره الأثري، والعودة به إلى سابق عهده من أجل عرضه مُتحفيًّا وسلامة تناوله.

ويعاني الفخار الأثري المستخرج من بيئات الدفن المختلفة من مظاهر تلف مختلفة من هشاشة وضعف وتقشر, والذي يحتاج إلى عمليات تقوية لتدعيم وربط الحبيبات , وتحسين خواص الأثر الفيزيائية والميكانيكية , وزيادة مقاومته للتغيرات البيئية المحيطة.

وأخيرًا عمليات الحفظ والصيانة والتي هي من أهم عمليات العلاج لأنها تحمي الأثر من تأثير عوامل التلف المختلفة في الحاضر والمستقبل.

**ثانيًا** تناول هذا الفصل علاج وصيانة الأواني الفخارية موضوع الدراسة, وقد تم إجراؤه على الأواني الفخارية المستخرجة من موقعي الدراسة, والذي ظهر بها العديد من مظاهر التلف من تهشم واتساخات وفقد وشروخ وتآكل .

 وقبل العلاج والصيانة تم وصف شكل الأواني الفخارية والتعرف على كل الأجزاء المكونة لها وتفاصيلها من حيث أبعادها وشكلها وخصائصها ومظاهر التلف الموجودة بها، مع توثيق جميع مراحل العمل سواء بالرسم أو التصوير الفوتوغرافي، وأبعادها.

وكانت أول مرحلة من مراحل العلاج والصيانة هي عملية التنظيف الميكانيكي بالفُرش المتنوعة أو المشرط, كما تم اللجوء للتنظيف الكيميائي لإزالة البقع الصعبة والسناج, واستخدام في ذلك الماء مع الأسيتون أو الماء مع النشادر بنسبة 1:1، وأعقب ذلك الغسيل بالماء المقطر لإزالة أي أثر من النشادر، وكانت أفضل المركبات المستخدمة لإزالة بقع السناج والبقع الدهنية هي التركيبة الآتية: 1جزء فوق أكسيد الهيدروجين+3 أجزاء ماء مقطر+ نقطتين أمونيا.

وبعد التنظيف تأتي عملية التجميع وذلك باستخدام مادة البارالويد B72 المركز70 % في الأسيتون والذي يتميز بأنه قابل للاسترجاع بالمذيبات المختلفة مرة أخرى.

كما تمت عملية الاستكمال للقطعة الأولى بواسطة مسحوق الفخار الحديث لونه أحمر غامق والمخلوط بالبارالويد B72 بتركيز40%. كما تم استكمال القطعة الثالثة باستخدام الجبس النقي لما يتميز به من صلابة مناسبة وسهولة التشغيل كما يمكن تلوينه بلون مناسب للون الأثر. أما القطعة الرابعة فقد كانت مادة استكمالها هي عبارة عن البارالويد الذائب في الأسيتون ونسبة البارالويد إلى الأسيتون هي 40 % ومضافا إليه مسحوق الحجر الجيري 40 جم+2جم مسحوق الفخار+1/2أكسيد لونه أصفر, وذلك للحصول على عجينة مقاربة في اللون من القطعة الأثرية. أما القطعة الأخيرة فقد تم استكمالها بمسحوق الفخار الحديث الذي تم طحنه طحنًا جيدًا وغربلته للحصول على مسحوق ناعم منه، وتم خلطه بالبارالويد B72 بنسبة1:2 مع إضافة نسبة بسيطة من أكسيد أبيض اللون لتفتيح اللون.

**مناقشة النتائج**

بناءًا على ما ورد في فصول الدراسة المختلفة من دراسات نظرية وتجريبية وأخرى تطبيقية تم التوصل إلى العديد من النتائج وفيما يلي مناقشة هذه النتائج :-

**نتائج الفصل الأول فيما يتعلق بالدراسة التاريخية للفخار الأثري في اليمن من العصر البرونزي وحتى بداية العصر الإسلامي :**

 فخار العصر البرونزي في اليمن :

* يؤرخ العصر البرونزي في اليمن بالنصف الثاني للألف الرابع قبل الميلاد وحتى نهاية الألف الثاني قبل الميلاد، وقد تم الكشف عن فخار العصر البرونزي في العديد من المواقع الأثرية التي تنتشر في مناطق المرتفعات والذي من أهمه فخار خولان الطيال والحدا, وفي مناطق المنخفضات الشرقية بما يُعرف بفخار شبوة, وفي المناطق الساحلية فخار صبر المبكر وفخار امعليبة.
* أما بالنسبة لأشكال الأواني في العصر البرونزي في مناطق المرتفعات والمنخفضات الشرقية فهي عبارة عن أطباق عريضة أو سلطانيات مستديرة بحواف طبيعية ناتئة, أو أقداح أو جرار قصيرة العنق بحواف معطوفة إلى الخارج, أو جرار طويلة العنق بحواف معطوفة، أو جرار عديمة العنق ثقبية الفم، وهذه الأنواع من الجرار ذات شكل كروي ومتوسط الحجم وليس لها قواعد, بعضها لها مقابض قرب الحافة. وفي المناطق الساحلية: أقداح، جفان، أباريق، قدور، جرار ذات العنق (ذات مصب)، أوان متعددة المقابض، أوان كبيرة للتخزين، أغطية، أوان فخارية مثقبة وأخيرًا أسطوانات عمودية، وتظهر المقابض عليها بشكل أفقي أو عمودي.
* وأهم ما يميز فخار العصر البرونزي عمومًا في هذه المواقع أنه خشن وسميك، وصلابته هشة، وتماسكه ضعيف، وحرقه غير جيد، ويحتوي على نسبة عالية من الرمل الجرانيتي الخشن، والمعالجة السطحية كانت بدائية، وهي تبطين أسطح الأواني الفخارية بسوائل طينية مذابة وناعمة لتغطية خشونة الأسطح الخارجية لها. وهذا النوع من الأواني شكل يدويًّا.

كما أن هناك النوع الناعم، ومن خصائصه أنه رقيق البدن، مصنوع من طينة ذات خصائص جيدة، ودرجة حرقه جيدة مما أكسبه صلابة، ويحتوي على نسبة ضئيلة من المواد الصلبة، في حالات كثيرة لا تظهر على سطح الآنية الفخارية، كما أن عددا من عينات هذا النوع طُليت بألوان فاتحة كانت تضاف على أسطح الأواني.

* وأهم الإضافات المستخدمة للتقوية كانت بدرجة كبيرة إضافة الرمل ومسحوق الأحجار وقليلا ما تتم المعالجة بالقش, ومعظمه كان ملونا بأكاسيد الحديد، واللب يظهر باللون الرمادي الغامق إلى المتوسط, والبطانة تظهر باللون البني المائل للاحمرار الباهت, وقد تمت صناعتها يدويًّا وبطريقة استخدام القالب. وأهم ما يميز فخاريات العصر البرونزي في المناطق الساحلية التقوية بالرمل بشكل أساسي، وإتقان الصناعة من حيث الحرق الجيد والزخرفة والأشكال المتنوعة.

فخار العصر الحديدي في اليمن

* منذ الربع الأخير من الألف الثاني قبل الميلاد ظهر فخار العصر الحديدي في اليمن والذي تم العثور عليه في العديد من المناطق فمنه ما ظهر في المرتفعات في ذمار فيما يعرف بفخار عرن عمر وفخار أشرف, وآخر ظهر في المنخفضات الشرقية مثل فخار هجر بن حميد وفخار براقش وفخار حضرموت وغيره, كما ينتشر في المناطق الساحلية بما يُعرف بفخار صبر المتأخر وفخار موقعي الهامد والمدمن.
* وأشكال الأواني في العصر الحديدي هنا عبارة عن كؤوس, وجرار, وأواني الطبخ, لبعضها حوافّ متموجة, والزخارف متموجة خطين على العنق وواحد على البدن عبارة عن الجرار الواسعة الفوهات, المزخرفة أحيانًا بشريط مضاف أو محزز في الأعلى، والبعض الآخر له حافات سميكة خارجية. ومن الخصائص المميزة لهذا النوع من الفخار عمل المقابض السميكة التي وُضعت بصورة أفقية على البدن، ووجود القواعد الحلقية أحيانًا, والطاسات الخشنة بحافات مقوسة إلى الخارج. ومن الأشكال الفخارية الأخرى الجرار الصغيرة ذات الأكتاف الدائرية والرقبة القصيرة المفلطحة. وفي المناطق الساحلية يغلب على الأشكال الفخارية انتشار القدور والجرار الكروية ذات الفتحة الواسعة، والضيقة, والمباخر المتنوعة, وطاسات صغيرة وكبيرة قمعية الشكل وذات قواعد حلقية الشكل، وجرار كبيرة كروية البدن محززة طوليًّا مع أربعة مقابض مفردة، وحولها نطاق محزز, وأوان كبيرة ذات قواعد مستديرة, وصحون ذات حواف مسطحة وعريضة.
* ومن أهم مميزات فخار العصر الحديدي في اليمن إضافة القش للغالبية منه وإضافة الاستيتيت والحصوات الحجرية المختلطة بالرمل, أو الحجر الكلسي والصدف في المناطق الساحلية وذلك للتقوية.
* أما بالنسبة لطريقة الصناعة فهي يدوية أو ذات تقنية مزدوجة أي الصناعة اليدوية إلى جانب استخدام العجلة في التشكيل.

**نتائج الفصل الثاني فيما يتعلق بتكنولوجيا صناعة الفخار الأثري في اليمن**:

* توجد المعادن الطينية في اليمن ضمن صخور عصور جيولوجية مختلفة, تتميز بالتنوع, حيث تغطي الجمهوريةَ اليمنية صخورٌ تتراوح أعمارها من عصر ما قبل الكامبري وحتى العصر الحديث.
* وأهم أنواع الطفلات في اليمن - تبعًا لطريقة تكونها وأماكن تواجدها - تتواجد رواسب الكاولينيت مع الكوارتز على هيئة طبقية متوضعة على صخـور القاعدة في منطقة صعدة، كما توجد ضمن صخور الحجر الرملي التابع لمجموعة الطويلة على هيئة مواد لاحمة. في حين يوجد الهالوسايت ضمن صخور بركانيات اليمن. وتظهر صخور الطفل والطين المارلي على هيئة طبقـات متداخلة ضمن تكوين عكبرة من العصر البرمي، وتكوين كحلان من العصر الجوراسي، ومجموعة عمران من العصر الجوراسي، وكذا ضمن مجموعة الطويلة من العصر الطباشيري. وتوجد معادن المونتموريللونيت،, الاتابولجايت والسيبيوليت ضمن مجموعة الشحر، كما توجد ضمن مجموعة بركانيات اليمن. وتوجد معادن المونتموريللونيت في تربة اللوس (Loess) والتربة الرملية الطينية (Loam) والطين الرملي ضمن صخـور العصر الرباعي والتي تغطي المسطحات في مناطق عديدة مثل صنعاء، وذمار, وصعدة، وإب، والحديدة، ولحج وأبين وحضرموت.
* استخدم صانع الفخار في اليمن قديما العديد من المواد المختلفة كإضافات للطينة المراد تشكيلها وذلك لتحسين خواصها وهي : القش (التبن) والاستيتيت Steatiteومسحوق الأحجار المختلطة mixed lithography والرمل.
* أما بالنسبة لطرق تشكيل الفخار التي استخدمها الصانع في اليمن قديمًا فهي: التشكيل باليد حيث كانت صناعة الفخار في جنوب الجزيرة العربية قبل الإسلام تتم بشكل رئيس يدويًّا. وهناك طريقة البناء اللولبي التي استُخدمت في صناعة فخار هجر بن حميد, خاصة أواني التخزين الكبيرة التي تمت إضافة الرقاب والقواعد إليها بشكل منفصل, ويتم دمج الحبال الطينية مع بعضها من خلال مطّ الأسطح بالأيادي وتخفى وتقوى بإضافة طبقة من الطين إلى إحدى الأسطح أو كليهما معًا. أما استخدام القالب فقد استخدمت هذه الطريقة في جنوب الجزيرة العربية فقط لصناعة الأشكال المفتوحة مثل الأواني حيث كان الطين يُضغط داخل وعاء من الخشب أو الحجر أو المعدن أو الطين، وقد استُخدمت هذه الطريقة مع فخار هجر بن حميد وفخار حريضة في حضرموت، وفي مقابر براقش في الجوف تم العثور على قوالب التشكيل. كما استخدمت طريقة التشكيل بالقالب مع فخار وادي الجوبة. أما طريقة المضرب والسندان فقد استُخدمت في تشكيل الأواني خاصة الأباريق الكبيرة. أما طريقة التشكيل بالعجلة فقد كانت نادرة مقارنة بالطرق الأخرى، وقد ظهرت في فخار المدمن وفخار صبر المتأخر.
* معالجة سطح الفخار الأثري في اليمن تم بطريقتين هما: عملية التغشية باستخدام البطانة slipping ، وتُعتبر هذه الطريقة من أشهر طرق المعالجة السطحية لفخار هجر بن حميد, حيث كان يطبق على جميع أسطحها الداخلية وأحيانًا يمتد ليشمل جزءًا من السطح الخارجي فقط, كما كانت البطانة تطبق أحيانًا على السطحين الداخلي والخارجي معا.

ومن خلال عملية الصقل polishing حيث كانت هناك ثلاثة طرز تمثل الغالبية في معالجة السطح بالصقل لفخار هجر بن حميد وهي غياب الصقل - صقل كلٍّ من الأسطح الداخلية والخارجية – قصر عملية الصقل على الأسطح الداخلية فقط. وجميع الفخار في موقع هجر بن حميد كان مصقولاً يدويًّا باستخدام أحجار صلدة, فيما عدا أقل من 1% مصقول بالعجلة .

* أساليب وعناصر زخرفة الفخار الأثري في اليمن في العصر البرونزي تظهر بأشكال بارزة أو محزوزة أو بالتلوين باللون الأحمر والأسود أو البني الغامق, والعناصر الزخرفية التي وجدت عليها هي عبارة عن خطوط مستقيمة أو عمودية أو متقاطعة أو مموجة زُينت بها الأجزاء العلوية من الأواني، أو طبعات بيضاوية ضيقة، وأحيانًا توصل مع بعضها بخط أو مجموعة خطوط محززة ومتموجة.
* أما أساليب وزخرفة الفخار الأثري في العصر الحديدي فتشمل الزخارف المحزوزة أو المطبوعة، وأغلبها عبارة عن خانات عمودية أو أشرطة أفقية تتكون من خطوط محززة أو نقاط مطبوعة ومثلثات مملوءة بخطوط محززة، أو نقاط مطبوعة وحواف ملصقة مع خطوط قصيرة محززة وملونةبعناصر متشابهة على الإناء. ووجدت بينها أيضًا أوعية بزخرفة ملونة مع أشكال ملونة بالأحمر تمثل مواضيع طبيعية (طيور، غنم/ ماعز، كلاب، وحيوانات أخرى)، أو هندسية نفذت على أرضية بيضاء أو صفراء اللون وبعض الحروف التي تمثل غالبًا أسماء شخصية .

**نتائج الفصل الثالث فيما يتعلق بعوامل ومظاهر تلف الفخار الأثري في اليمن .**

* تختلف العوامل المؤثرة في تلف الفخار الأثري في اليمن وفقًا لاختلاف المناطق الجغرافية التي تم الكشف بها عن مشغولات فخارية، وهذا الاختلاف ناتج عن تنوع واختلاف العوامل المتلفة من منطقة إلى أخرى. فكما سبق الذكر فإن اليمن تمتاز بتنوع واختلاف مناطقها الجغرافية من السهول الساحلية والمرتفعات الجبلية والمنخفضات الشرقية من مرتفعات اليمن والهضاب الشرقية، وكل من هذه المناطق تمتاز بظروف مناخية تختلف عن الأخرى مما يؤدي في النهاية إلى اختلاف مظاهر التلف التي تبدو على سطح الفخار الأثري**.** وفيما يخص منطقة مقولة-صنعاء (محل الدراسة) التي تقع في المرتفعات الجبلية فقد أثر ارتفاع صنعاء في مناخ المنطقة من جميع النواحي, فمن ناحية الحرارة يؤدي هذا الارتفاع إلى التقليل من درجات الحرارة بما يصل إلى حوالي 15مْ عن الأجزاء المنخفضة في نفس خطوط العرض, وحتى في أشد الشهور حرارة لا ترتفع درجة الحرارة كثيرًا, حيث تتراوح درجة الحرارة في فصل الصيف بين ( 20ْ - 32ْ مئوية ) وتنخفض في فصل الشتاء بين ( (-1ْ) ـ 18ْ مئوية ) أثناء الليل والصباح الباكر. كما إن وضع مدينة صنعاء في حوض منخفض نسبيًّا بالنسبة للأجزاء المحيطة بها يؤثر أيضًا في ظروف المناخ التفصيلي لها, إذ تصيب المنطقة أمطار أقل في كميتها مما يصيب المرتفعات المحيطة بها, خاصة القمم العالية الواقعة إلى الجنوب والغرب من حوض صنعاء**.**

أما محافظة الجوف (محل الدراسة) والتي تقع في المنخفضات الشرقية فيتميز مناخها بالجفاف وارتفاع درجات الحرارة خلال النهار في معظم شهور السنة عدا فصل الشتاء فهو معتدل نهارًا، أما درجة الحرارة في محافظة الجوف فهي خلال فصل الصيف ما بين (38-40)، ونسبة الرطوبة تتراوح ما بين (30 : 50)%.

وتتسم هذه المنخفضات بارتفاع درجات الحرارة بحيث لا تقل عن 25 درجة مئوية حتى في أكثر الشهور برودة، وتصل أعلى درجات الحرارة إلى أكثر من 40مْ, كما أن المدى الحراري هو عالٍ أيضًا لأنه يصل إلى أكثر من 20مْ. كما أن الأمطار قليلة جدًّا ومتذبذة جدًّا زمانيًّا ومكانيا, فيمكن أن تنزل أمطار العام كله في يوم واحد وبما يفوق 50ملم, وهذا يؤدي إلى أضرار بيئية وبشرية. وتعتبر هذه المناطق أكثر مناطق اليمن جفافًا مما ينعكس سلبا على أنماط المناخ والتربة التي تكون فقيرة في المواد العضوية بسبب المناخ الذي لا يساعد على تحلل المواد العضوية واختلاطها بالتربة, وهي تربة خشنة النسيج كبيرة المسام.

* إن من أهم عوامل تلف الآثار الفخارية من ( مقولة – صنعاء) أن هذه المجموعة الفخارية وجدت في بيئة دفن مباشرة، أي أن الأثر يكون فيها متصلا اتصالاً مباشرًا بالتربة ومحاطًا بها من جميع الاتجاهات، وهذا النوع من البيئات المباشرة هي الأكثر خطورة على الآثار. كما يؤثر في هذه البيئة - كعاملِ تلفٍ للآثار الفخارية - كلٌّ من وجود الماء والأملاح والهواء وطبيعة التربة، إضافة إلى أنه كان من النادر استخراج آنية فخارية سليمة من حفائر (مقولة) بفعل ضغط الرواسب كعامل تلف. إضافة إلى أن من أهم عوامل تلف الآثار في هذا الموقع الأمطار والتي تسقط بتركيز شديد, وأحيانًا في شكل سيول أو فيضانات مدمرة, مما يتيح للتربة تشرب قدر كبير من هذه الأمطار, ووصولها إلى الآثار المدفونة, خاصة والتربة في هذا الموقع من نوع التربة المختلط بها الحصى والرمل والمواد العضوية، وهي بالتالي منفذة للماء.

وأيضًا الكشف الخاطئ الذي حدث أثناء التنقيب في حفائر مقولة حيث إن الآثار المدفونة تصل إلى حالة استقرار مع الوسط المحيط بها في بيئة الدفن وذلك نتيجة لعملية التبادل بين المادة والوسط وتؤدي إلى تغيير الطبيعة الفيزيوكيميائية للمادة حتى الوصول إلى حالة من الاتزان المستقر، ولذلك فالتغير السريع والشديد الذي يحدث أثناء التنقيب يؤدي أحيانًا إلى تلف غير مسترجع لتلك المواد الأثرية ومنها الفخار, وذلك يرجع إلى عدم وضع الآثار المكتشفة وبأسرع ما يمكن في أماكن ذات بيئة متحكم فيها, ومن عدم لف وتغليف اللقى الأثرية الرطبة وضعيفة البنية فور استخراجها.

* من أهم مظاهر تلف الآثار الفخارية من مقولة: الفقد والتهشم والتحول إلى كسر مختلفة الأحجام واللب الأسود أو الرمادي والتآكل Corrosion والترميم الخاطئ.
* **إن** من أهم عوامل تلف الآثار الفخارية المستخرجة من (الجوف) أن هذه المجموعة من الآثار الفخارية تم الحصول عليها من حفائر عشوائية قام بها المواطنون في محافظة الجوف, وما يترتب على ذلك من تلف غير رجعيّ يصل إلى التدمير أو التهشم أو التفتت.

إن أهم عامل تلف هنا يكون ناتجًا عن الصدمة البيئية أثناء النبش والتخريب, وذلك بكسر حالة الاتزان التي بقي عليها الأثر طوال فترة الدفن في التربة, والتي من أهم مظاهرها تبلور الأملاح على السطح وداخل المسام والتي تؤدي بدورها إلى تشرخ وتشقق البدن أو دفع لطبقة البطانة وتأكلها أو حدوث بهتان للألوان بفعل التأثير المتلف للضوء وتصلب التكلسات الطينية.

وأيضًا عامل الحرارة يلعب دورًا كبيرا في تلف الفخار في محافظة الجوف والذي يتميز بارتفاع درجات الحرارة خاصة في الصيف, حيث إن الكشف عن الآثار بطرق عشوائية يعرض الأثر بفعل الحرارة إلى حدوث ضغوط داخلية والتي تسبب العديد من الشروخ, كما تشجع على تبلور سريع للأملاح.

* ومن أهم مظاهر تلف الآثار الفخارية من (الجوف) التآكل Corrosion والشروخ Cracks والتكلسات والاتساخات والفقد والتهشم والتبقع.

**وفيما يتعلق بنتائج الفصل الرابع الدراسة التحليلية للعينات الفخارية الأثرية موضوع الدراسة:**

الفحص بالميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope:

* تحتوي عينات فخار مقولة-صنعاء التي تم فحصها بالميكروسكوب المستقطب على بلورات كبيرة إلى متوسطة الحجم ذات حواف زاوية أو دائرية من معدن الكوارتز, كما تحتوي على بلورات دقيقة الحجم من معدن الكوارتز يتخللها بلورات طولية متوسطة الحجم من معدن الالبيت وبلورات عديمة الأوجه متوسطة الحجم من معدن Actinolite, كما تحتوي على بعض البلورات متوسطة الحجم من أكاسيد الحديد (الهيماتيت) برتقالية اللون, بالإضافة إلى تواجد القش في كل العينات بأحجام كبيرة والتي قد تكون نتجت عن الاحتراق غير الكامل للطفلة.

أما عينة فخار الجوف فتحتوي على بلورات متوسطة إلى دقيقة الحجم من معدن الكواتز, كما يلاحظ وجود نسبة عالية من الفراغات مما قد يدل على نزع بعض البلورات المكونة للعينة (قد تكون بلورات معدن الكالسيت) مما قد يدل على أن العينة تعرضت لدرجات حرق منخفضة.

التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية X-ray diffraction analysis:

* اشتملت النتائج المتعرف عليها بعض المعادن التي تعبر عن التغيرات المعدنية التي حدثت بعد حرق الطفلة والأشكال البلورية المختلفة بها. ومن خلال التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية لجميع العينات تبين أن المكون الأساسي لهذه العينات هو الكوارتز والذي تراوحت نسبته ما بين (32-71%)، وهذا يدل على إضافته عمدا على الطفلة أثناء الصناعة وليس كشائبة (حيث إن الرمل من الإضافات التي كان يضيفها الصانع اليمني القديم للتقليل من لزوجة الطفلة ولتحسين خواصها).

 كما يظهر معدن الألبيت Albite في جميع العينات وهو من الفلسبارات في صورتها الأصلية والتي لم تتحول إلى معادن أخرى من معادن الحرق, كما أن وجود معدن الإليت Illite في بعض العينات (العينة 6و9) - وهو أحد معادن الطفلة - يدل على أن درجة الحرق كانت منخفضة .

كما أن وجود الكالسيت Calcite في العينة رقم (9) والمستخرجة من الجوف قد يدل على أن القطعة الفخارية تعرضت لدرجة حرارية منخفضة نسبيًّا لا تتجاوز 500-600م.

الدراسة الحرارية للفخار بطريقة Differential Thermal Analysis :

* تم استخدام هذه الطريقة للتعرف على درجة حرارة الحرق الأصلية التقريبية للأواني موضوع الدراسة اعتمادً على التغيرات التي تحدث في المعادن المكونة عند إعادة حرقها. وتم من خلالها استنتاج أن درجة الحرارة لحرق العينات من مقولة-صنعاء كانت حوالي من 700-950مْ تقريبًا, أما العينة التي من الجوف فتم حرقها عند درجة حرارة 900مْ.

**نتائج الفصل الخامس فيما يتعلق بالدراسة التجريبية لتقييم المواد والخامات المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الفخارية في اليمن:**

* أثبتت الدراسة المعملية التي أجريت لتصنيع عينات مختلفة التكوين والتركيب من الفخار إضافة لتجارب أخرى بخلطات مختلفة عن الخلطات المعروفة للفخار الأثري محل التطبيق وبمكونات مختلفة عما ظهر في نتائج التحليل وذلك لمقارنة نتائج الخلطات واختيار أفضلها من حيث خصائصها المختلفة ولإجراء التجارب عليها لتقييم مواد الترميم المختارة كما يستفاد منها في إجراء عملية الاستكمال بالطينات ذات التركيبات المناسبة أنَّ الخواص الفيزيائية للعينات المصنعة اختلفت باختلاف الطين المستخدم في صناعتها وباختلاف نوع الإضافات لهذه العينات.
* لوحظ أثناء تشكيل العينات أن طين المتن (فج عطان-صنعاء) والفاهي (شملان-صنعاء) الذي لا يحتوي على أية إضافات يكون لزجا يصعب تشكيله, حيث يلتصق بالقالب وبراحة اليد, وأن طين المتن - والذي يحتوي على نسبة عالية من معدن المونتموريللونيت - أكثرها لزوجة حتى مع إضافة المواد المالئة، أما بالنسبة للطين المخلوط منهما فيكون جيد التشكيل وغير لزج حتى بدون الإضافات.
* من خلال تعيين الخواص الفيزيائية للعينات المصنعة من طين منطقة شملان (العينات A) والعينات المصنعة منطين منطقة فج عطان (العينات B) والعينات المصنعةمن الطين المخلوط مع الحصى (العينات C) تم التوصل إلى عدم إمكانية اختبار الخواص الفيزيائية والميكانيكية للعينة العاشرة التي تتركب من الطفلة مع الإضافات المتمثلة في مخلوط من مسحوق الفخار مع مسحوق الحجر الجيري وذلك لتفتتها بمجرد تناولها باليد. وربما يرجع ذلك إلى تحول مسحوق الحجر الجيري المكون من كربونات الكالسيوم إلى مادة هشة من أكسيد الكالسيوم نتيجة الحرق عند 700مْ مما أثر على تماسك العينة وأدى إلى تفتتها.
* من خلال تعيين الخواص الفيزيائية للعينات المصنعة من طين منطقة شملان(العينات A) ومن طين منطقة فج عطان(العينات B) ومن الطين المخلوط مع الحصى(العينات C) يتضح أن العينة B)) قد أظهرت أعلى قيم مقاومة للضغط لجميع العينات الفخارية المصنعة كما أظهرت أقل نسبة مئوية لإمتصاص الماء لكل العينات تحت الدراسة بالإضافة إلى أعلى قيم كثافة ممايدل على أن حجم الفراغات في تلك العينات كان أقل من العينات الأخرى وأن الحبيبات المكونة للعينة قد أقتربت نتيجة الحريق مما أدى إلى تحقيق أعلى تماسك إنعكس على قيم المقاومة للضغط ونسبة إمتصاص الماء ممايعني أن حريق تلك العينات عند درجة حرارة 700مْ حقق أفضل قيم فيزيائية وميكانيكية ممكنة بين العينات تحت الدراسة.
* ومن خلال دراسة تأثير مواد التقوية المستخدمة على المظهر العام للعينات المعالجة لتقييم أنسب المواد المقوية وذلك تم بمقارنة العينات المقواة بعينات غير مقواة من نفس التركيب, فقد تم التوصل إلى أن المواد المقوية لم تؤثر على لون العينات الفخارية المصنعة خاصة مادة النانوكاولين التي لم تحدث أي تغير لوني للعينات, أما التغير اللوني فكان في العينات المقواة بمادة الفاكر OH100 إذ حدث تغير لوني (داكن).
* ومن خلال دراسة الخواص الفيزيائية للعينات قبل وبعد التقوية فقد أوضحت النتائج أنه قد حدث اختلاف فيما بين الخواص الفيزيائية للعينات قبل وبعد التقوية, فقد ثبت أن جميع مواد التقوية حسنت من الخواص الفيزيائية للعينات فقد خفضت من المسامية والامتصاص، وزادت من كثافة العينات ولكن بنسب مختلفة. وكان من أفضلها مادة البارالويد B44 بتركيزاته المختلفة والبارالويد B72 عند تركيز 4%, يليها البارالويد B66 بتركيز 4% ثم مادة الفاكرOH100, أما مادة النانوكاولين فقد أظهرت أقل المعدلات في تحسين الخواص .
* وبالنسبة لتقييم مواد التقوية بالفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح فقد أثبت الفحص أن مادة البارالويد B72 بنسبة تركيز 4% هي الأفضل ضمن مواد التقوية المختلفة. فقد أعطت أفضل النتائج في قدرتها على الانتشار والتغلغل بين الحبيبات, كما قامت بربط وتغليف الحبيبات, ثم تلتها مادة البارالويد B44 بتركيز4% و2%, أما مادة البارالويد B66 بتركيز2% و4% وتركيز 2% من مادة البارالويد B72 فقد أعطت نتائج غير مرضية شأنها شأن مادة الفاكرOH100 ومادة النانوكاولين.
* ومن خلال دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للعينات المقواة بعد التقادمالصناعيفقد ثبت أن أن جمبع العينات الفخارية المقواة قد عانت من التقادم الصناعي , ويؤكد ذلك إنخفاض قيم الكثافة وتغير في نسب الامتصاص والمسامية ,وأن أكثر هذه الموادالمقوية ثباتاً ضد عوامل التلف المختلفة هي مادة البارالويد B72بتركيز4% حيث أن العينات المقواة بها حققت أقل نسبة أمتصاص للماء وأقل نسبة في المسامية وذات مقاومة عالية للضغط . يليها مادة البارالويدB66 بتركيز 2% حيث حققت نتائج أفضل من تركيز 4% , كما حقق البارالويد B44 بتركيز 4% نتائج جيدة في الثبات ضد عوامل التلف .
* ومن خلال فحص العينات المقواة بعد التقادم الصناعي بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح فقد حققت مادة البارالويد B66 بتركيز4% ومادة البارالويد B72 بتركيز 2% و4% ومادة الفاكر OH100ومادة النانوكاولين نتائج ممتازة ولها أثر فعال في مواجهة تجربة التقادم الصناعي على العينات قيد الدراسة.

**نتائج الفصل السادس فيما يتعلق بالدراسة التطبيقية لعلاج وصيانة نماذج مختارة على الفخار الأثري في اليمن.**

* إن الأواني الفخارية - محل التطبيق - تعاني من العديد من مظاهر التلف المختلفة أهمها الاتساخات والتكلسات والتهشم والفقد والشروخ وبعضها ضعيفة وهشة.

تم التنظيف أولاً بالطرق الميكانيكية والتي وصلت في بعض القطع إلى درجة تكفي لعدم التنظيف الكيميائي, وفي الحالات التي استُخدم التنظيف الكيميائي فقد استُخدم الماء المقطر، ولإزالة بقع السناج استُخدام الماء مع الأسيتون ولكن لم يكن جيدا لذلك، وكان الأفضل استخدام الماء مع النشادر بنسبة 1:1، وأعقب ذلك الغسيل بالماء المقطر لإزالة أي أثر للنشادر. وكانت أفضل المركبات المستخدمة لإزالة بقع السناج والبقع الدهنية هي التركيبة الآتية: 1جزء فوق أكسيد الهيدروجين + 3 أجزاء ماء مقطر + نقطتين أمونيا والتي استخدمت أولاً بوضعها على قطنة ثم دُعكت بها تلك البقع، وفي حالة أخرى كانت تُستخدم على شكل كمادات توضع لمدة 10دقائق تعقبها الاستعانة بالمشرط لإزالة البقع الصعبة, وقد تبع ذلك الغسل الجيد بالماء المقطر، ثم تُركت لتجف وهكذا حتى تمام التنظيف.

* استخدم في التجميع البارالويد B72 الذائب في الأسيتون بنسبة 70% والذي يتميز بأنه قابل للاسترجاع بالمذيبات المختلفة وبثباته اللوني والصلابة المناسبة.
* على حسب حالة الأثر الفخاري تم اختيار مواد وأساليب الاستكمال؛ فبعض الأواني كان لونها وحالتها جيدة تسمح بالاستكمال بمسحوق الفخار الحديث والمخلوط بالبارالويد B72 بتركيز40% والذي تم تعديل لونه ببودرة التلك.

وفي حالة الإناء الذي به فقد كبير وسمكه صغير جدًّا ويظهر بلون مختلف الداخل عن الخارج تم الاستكمال بالجبس الخالي من الأملاح وذلك للحاجة إلى مادة تتميز بسرعة الجفاف أو الشك وبالقدرة على تلوينه باللون المناسب للأثر. كما تم الاستكمال بالبارالويد الذائب في الأسيتون ونسبة البارالويد إلى الأسيتون هي 40 % ومضاف إليه مسحوق الحجر الجيري 40 جم+2جم مسحوق الفخار+1/2أكسيد لونه أصفر وذلك للحصول على عجينة مقاربة في اللون من القطعة الأثرية.

وقد تم استكمال كل القطع بطريقة الصب في قالب وخاصة للأجزاء كبيرة الحجم.

* تم تقوية وعزل القطع الفخارية باستخدام البارالويد B72 الذائب في الأسيتون بتركيز2% و4 % بطريقة الطلاء بالفرشاة.
* تم استخدام قاعدة صنعت من الفوم والذي تم تغليفه بقماش أبيض, وتم تثبيت الآنية التي ليس لها قاعدة عليها, وذلك للعرض المُتحفي وكنوع من التدعيم لها.

**التوصيات**

1. ضرورة الاهتمام بإجراء المزيد من الدراسات المتخصصة لتصنيف الفخار في اليمن ودراسة تقنيات صناعته من قبل الباحثين في مجال الآثار وبالتعاون مع المتخصصين في مجال علاج وصيانة الآثار, وذلك للكشف عن مزيد من المعلومات عن الفخار الأثري في اليمن.
2. يوصى بعمل دراسات علمية متخصصة في دراسة الطفلات في اليمن وخاصة في المواقع الأثرية.
3. يوصى بأن يكون مع أفراد بعثة الحفائر متخصص في مجال علاج وصيانة الآثار وذلك لإجراء الإسعافات الأولية للقى الأثرية عند الكشف عنها وللإشراف على عملية الكشف التدريجي عن الأثر أثناء الحفائر وذلك لتجنب الصدمة البيئية المفاجئة للآثار الفخارية من بيئة مغايرة لبيئة التعريض, كذلك ليقوم بعملية الترميم والصيانة فيما بعد.
4. الاهتمام بنشر الوعي بأهمية الآثار والممتلكات الثقافية وبأهمية ما تمثله هذه الآثار من إرثٍ تاريخيٍّ وفنيٍّ وجماليٍّ يجدر بنا الحفاظ عليه, كذلك العمل من قبل الجهات المعنية على الحد من أعمال السرقة والنهب والإتلاف المتعمد للآثار.
5. يوصى باستخدام طرق التحليل والفحص غير المتلفة للآثار الفخارية والأخذ بكل ما هو جديد في مجال الفحوص والتحاليل وذلك لأن هذه الفحوص والتحاليل تمكننا من وضع خطة علاج وترميم على أساس علمي لا يضر بحالة الأثر ولا يؤثر عليه بشكل سلبي في المستقبل.
6. يوصى باستخدام البارالويد B72 بتركيز 4% في عملية تقوية الفخار الأثري لما حققه من نتائج جيدة في التغلغل وربط الحبيبات, كما أن له أثرا فعالا في مواجهة تجربة التقادم الصناعي.
7. يوصى بضرورة عمل أبحاث لدراسة سلوك تطبيق مادة النانوكاولين على عينات متنوعة وبنسب إضافية متغيرة، فقد أظهرت مقاومة جيدة ضد عمليات التقادم الصناعي ولكن حققت أقل المعدلات في تحسين الخواص للعينات.
8. يوصى بعدم استخدام البارالويد B66 بتركيز 2% والبارالويد B44 بتركيز2% لأنها تعطي نتائج غير مرضية بعد التقادم.
9. يوصى بعدم اللجوء إلى التنظيف الكيميائي للأواني الفخارية إلا في أضيق الحدود في حالة فشل وسائل التنظيف الميكانيكي في التنظيف.
10. يوصى باستخدام التركيبة التالية لإزالة بقع السناج والبقع الدهنية وهي: 1جزء فوق أكسيد الهيدروجين+3 أجزاء ماء مقطر+ نقطتين أمونيا والتي استخدمت أولاً بوضعها على قطنة ثم دُعكت بها تلك البقع أو في حالة أخرى بأن تستخدم على شكل كمادات توضع لمدة 10 دقائق يعقبها الاستعانة بالمشرط لإزالة البقع الصعبة, ويتبع ذلك الغسل الجيد بالماء المقطر ثم تترك لتجف وهكذا حتى تمام التنظيف.
11. يوصى في حالة وجود شروخ كبيرة ونافذة أن يتم لصقها باستخدام البارالويد B72 بتركيز عال 70% مع إجراء عملية التحزيم حول منطقة لصق الشرخ حتى تمام جفافه.
12. يجب اختيار مادة وطرق الاستكمال وفقًا لحالة وطبيعة الأثر المراد استكماله.
13. يجب أن يتم الحفظ والتخزين للأثر في ظروف مناسبة، كما يجب أن تكون هناك متابعة دورية للأواني الفخارية في قاعات العرض وفي المخازن للتعامل مع التغيرات التي تطرأ عليها.

**فهرس المحتويات**

| **الموضوع** | **الصفحة** |
| --- | --- |
| **الايه القرآنية**  |  |
| **الإهداء**  |  |
| **الشكر والتقدير** |  |
| **الفهارس** |  |
| **فهرس المحتويات**  | **أ** |
| **فهرس الصور**  | **ب** |
| **فهرس الأشكال**  | **ج** |
| **فهرس الجداول**  | **د** |
| **فهرس الخرائط** | **هـ** |
| **الكلمات الدالة**  | **و** |
| **المقدمة**  | **ز** |
| **الهدف من البحث**  | **ح** |
| **ملخص الرسالة باللغة العربية**  | **ط** |
| **الدراسات السابقة** | **ي** |
| **الفصل الأول: دراسة تاريخية للفخار الأثري في اليمن من العصر البرونزي وحتى بداية العصر الإسلامي** | **1-17** |
| **اولاً:فخار العصر البرونزي** | **1** |
| **(ا) فخار العصر البرونزي في المرتفعات** | **2** |
| **1- فخار خولان والحدا**  | **2** |
| **2- فخار وادي ضهر** | **5** |
| **3- فخار بدبده** | **5** |
| **4- فخار موقع سبال**  | **6** |
| **5-فخار موقع حمة القاع** | **6** |
|  **(ب) فخار العصر البرونزي في المنخفضات الشرقية** | **7** |
| **1- فخار شبوه** | **7** |
| **2-فخار أودية الأنهار شمال وادي الجوف** | **7** |
| **3-فخار كولة الجمة في وادي الجوبة** | **8** |
| **(ج) فخار العصر البرونزي في المناطق الساحلية** | **8** |
| 1. **فخارامعليبه**
 | **8** |
| 1. **فخار صبر المبكر**
 | **9** |
| **ثانياً: فخار العصر الحديدي**  | **10** |
| **(أ) فخار العصر الحديدي في المرتفعات** | **10** |
| **1- فخار عرن عمر**  | **10** |
| **2-فخار أشرف** | **11** |
| **(ب)فخار العصر الحديدي في المنخفضات الشرقية** | **11** |
| 1. **فخار براقش**
 | **12** |
| 1. **فخار هجر بن حميد**
 | **12** |
| 1. **هجر الريحاني وهجر التمرة**
 | **14** |
| 1. **فخار حضرموت**
 | **14** |
| **(ج) فخار العصر الحديدي في المناطق الساحلية** | **15** |
| **1- فخار موقع الهامد** | **15** |
| **2-فخار المدمن** | **15** |
| **3- فخار صبر المتأخر** | **16** |
| **الفصل الثاني: تكنولوجيا صناعة الفخار الأثرى فى اليمن** | **18-45** |
| **اولا- المواد الخام المستخدمة في صناعة الآثار الفخارية في اليمن** | **18** |
| **التكوين الجيولوجي لليمن ومظاهر السطح**  | **20** |
| **أنواع الطفلات في اليمن تبعًا لطريقة تكونها وأماكن تواجدها**  | **22** |
| **أهم معادن الطفلة في اليمن وأماكن تواجدها** | **23** |
| **الخواص الكيميائية للطفلة**  | **24** |
| **الخواص الميكانيكية والفيزيائية للطفلة** | **27** |
| **خصائص الطفلة في اليمن** | **30** |
| **1- الطفلة في صنعاء** | **30** |
| **2- الطفلة في الحديدة** | **31** |
| **3- الطفلة في إب** | **32** |
| **ثانيا:دراسة تكنولوجيا صناعة الفخار الاثري في اليمن قديما** | **34** |
| **مراحل تصنيع الفخار الأثري اليمنى** | **34** |
| **1- جمع وإعداد الطفلة الخام اللازمة للتشكيل**  | **34** |
| **2- طرق تشكيل الطين** | **37** |
| **3- المعالجة السطحية للبدن الفخاري** | **41** |
| **4- أساليب وعناصر زخرفة الفخار الأثري في اليمن** | **41** |
| **5- التجفيف والحرق**  | **44** |
| **الفصل الثالث: عوامل ومظاهرتلف الفخار الأثري في اليمن تطبيقاً على الآثار الفخارية موضوع الدراسة** | **46-75** |
| **(1)المظاهر السطحية والمناخية للمرتفعات الجبلية** | **47** |
| **محافظة صنعاء** | **48** |
| **(2) المظاهر السطحية والمناخية للمنخفضات الشرقية** | **49** |
| **محافظة الجوف** | **49** |
| **عوامل ومظاهر تلف الفخار الأثري** | **50** |
| **أولا-عوامل التلف الداخلية Internal Deterioration Factors** | **52** |
| **عدم التجانس في المكونات والخواص الفيزيائية والكيميائية** | **52** |
| **عيوب تقنيات التصنيع** | **52** |
| **ثانيا-عوامل التلف خارجية External Deterioration Factors** | **55** |
| **عوامل التلف الفيزيوكيميائية**  | **55** |
| **1- الحرارة Temperature** | **55** |
| **2- الرطوبة النسبية Relative humidity**  | **56** |
| **3- المياه الأرضية Groundwater** | **56** |
| **4- التلوث الجوي** | **57** |
| **التلف الضوئي** | **59** |
| **التلف الميكروبيولوجي**  | **60** |
| **ثالثا-عوامل التلف البشرية Deterioration Factors Man** | **60** |
| * **الكشف الخاطئ أثناء التنقيب الاثري**
 | **61** |
| * **الترميم بطرق ومواد غير مناسبة**
 | **61** |
| * **سوء التخزين والعرض المتحفي**
 | **64** |
| * **العبث والتخريب**
 | **65** |
| **أولاً: مظاهر تلف الآثار الفخارية المستخرجة من مقولة بصنعاء** | **66** |
| **ثانيًا: مظاهر تلف الآثار الفخارية المستخرجة من (الجوف)** | **71** |
| **الفصل الرابع: دراسة تحليلية للعينات الفخارية الاثرية "موضوع الدراسة"** | **76-107** |
| **أهم طرق الفحص والتحليل للفخار الأثري بشكل عام**  | **76** |
| **أولاً:طرق الفحص**  | **76** |
| 1. **الفحص البصري Visual Examination**
 | **76** |
| **2-الفحص الميكروسكوبي Microscopic Investigation** | **77** |
| 1. **الفحص بالاشعة السينية X-ray**
 | **78** |
| **4-الفحص بالاشعة تحت الحمراء IR** | **78** |
| **5- الفحص بالأشعة فوق البنفسجية UV** | **78** |
| **ثانياً:طرق التحليل** | **79** |
| **1- حيود الاشعة السينية (XRD)X- Ray Diffraction** | **79** |
| **2- تفلور الأشعة السينية (XRF)X-Ray Flourescene** | **79** |
| **3- الأشعة السينية المستحثة بالبروتونات** **Proton Induced X-ray Emission (PIXE)** | **79** |
| **4- التحليل بالامتصاص الذري Atomic Absorption Spectroscopy** | **80** |
| **5- الدراسة الحرارية للفخار باستخدام جهاز التحليل الحراري Differential Thermal Analysis (DTA)** | **80** |
| **6- التحليل بواسطة النيترون النشط Neutron Activation Analysis**  | **81** |
| **الفحوص والتحاليل المستخدمة للآثار الفخارية موضوع الدراسة** | **81** |
| **أولاً: الفحص بالميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscopic Examination** | **81** |
| **ثانيًا: التحليل بطريقة حيود الأشعة السينيةX-ray diffraction analysis**  | **85** |
| **ثالثًا: الدراسة الحرارية للفخار بطريقة Differential Thermal Analysis** | **97** |
| **الفصل الخامس****دراسة تجريبية لتقييم المواد والخامات المستخدمة في ترميم وصيانة الآثار الفخارية في اليمن** | **104-156** |
| **أولاً: إعداد عينات مشابهة للقطع الفخارية الأثرية في اليمن** | **104** |
| **(ا) تحضير الطفلات والمواد المضافة** | **105** |
| **(ب) عملية التشكيل** | **111** |
| **(ج) حرق وتجفيف العينات**  | **112** |
| **د- تعيين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لعينات الفخار المصنعة**  | **115** |
| **ثانيًا: اختبارات مواد التقوية ونتائجها المختلفة** | **122** |
| **أ-المواد المقوية Consolidating Materials** | **122** |
| **1-مادة البارالويد ب 44 : Paraloid B 44** | **122** |
| **2- مادة البارالويد ب - 66 Paraloid B66 :** | **122** |
| **3-مادة البارالويد ب72 Paraloid B72 :** | **127** |
| **4- مادة الفاكرWacker OH 100**  | **123** |
| **5- مركب من مادتي النانو كاولين والبارالويد ب72: Nanokaolin and Paraloid B72** | **124** |
| **طرق تحضير وتطبيق مواد التقوية على العينات المصنعة** | **125** |
| **دراسة الخواص الفيزيائية للعينات المعالجة بمواد التقوية**  | **127** |
| 1. **دراسة تأثير مواد التقوية المستخدمة على المظهر العام للعينات المعالجة**
 | **127** |
| **(ب) دراسة الخواص الفيزيائية للعينات بعد التقوية :** | **129** |
| **- تقييم مواد التقوية بالفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope** | **134** |
| **نتائج الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح للعينات المقواة** | **143** |
| **تأثير التقادم الصناعي المعجل على العينات الفخارية المقواة** | **143** |
| **فحص العينات المقواة بعد التقادم الصناعي بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح** | **147** |
| **نتائج الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح للعينات المقواة بعد التقادم الصناعي** | **156** |
| **الفصل السادس****دراسة تطبيقية لعلاج وصيانة نماذج مختارة** **على الفخار الأثري في اليمن** | **157-204** |
| **أهم مراحل علاج وصيانة الآثار الفخارية**  | **158** |
| **أولاً: التنظيف Cleaning** | **158** |
| 1. **التنظيف الميكانيكي Mechanical Cleaning**
 | **158** |
| 1. **التنظيف الكيميائي Chemical Cleaning**
 | **158** |
| 1. **التنظيف بالموجات فوق الصوتية Cleaning by Ultra sonic waves**
 | **160** |
| 1. **التنظيف بالليزر Cleaning by laser**
 | **160** |
| **استخلاص الأملاح Removal of salts** | **160** |
| **Joining ثانيا: التجميع**  | **162** |
|  **Completion ثالثًا: الاستكمال** | **164** |
| **رابعًا: التقوية Consolidation** | **165** |
| **Conservationوالصيانة الحفظ :خامسًا**  | **168** |
| **علاج وصيانة الأواني الفخارية موضوع الدراسة** | **169** |
| * **علاج وصيانة الآثار الفخارية من الجوف**
 | **169** |
| * **علاج وصيانة الآثار الفخارية من مقولة - صنعاء**
 | **198** |
| **مناقشة النتائج** | **205** |
| **التوصيات** | **216** |
| **قائمة المراجع** | **218** |

**Cairo University**

**Faculity of Archaeology**

**Conservation Department**

**Analytical Study for Monumeatal Yemenian Pottery and Treatments Conservation**

**Methods Apptication on some selected object from Different archaeological**

**Sites in Yemen**

Thesis submitted by

**Mona Ali Abdurabu Al –Qadhi**

Demonstrator in the Faculty of Arts Sanaa University for the Partial fulfillment of the M.S C. Degree In Restoration and C onservation of Monuments

Supervised By

**Prof.Dr.Salwa Gad El-Karim Dawi**

Professor of Conservation of Antiquities at The Dept.

Of Conservation ,Faculty of Archaeology,Cairo University

**Prof.Dr.Nasser Gamal Abd El-Ghafour**

Raw Building materials Department ,

Housing and Building National Research Center

2014

**"Abstract of the Thesis"**

This thesis studied the Yemeni archaeological pottery analytically and the methods of treatment and conservation according to some of chosen examples from various Yemeni sites. The thesis consists of six chapters as follows:

**The 1st Chapter: Historical Study of Archaeological Pottery in Yemen from the Bronze period until the beginning of the Islamic period.**

 This chapter is concerned with studying the archaeological pottery in Yemen which goes back to the Bronze period and the (Iron period), the period before Islam, to realize the areas where it prevailed, its technique of manufacture, development and characteristics in each relevant period.

The pottery of the Bronze and Iron period were discovered in many archaeological sites in the regions of high elevations, eastern depressions and in the coastal areas.

The pottery of the Bronze period in these sites generally is marked with its harsdness, thickness, fragility, weakness and bad firing. This type of pottery is formed manually.

There is also the soft type which characterized by its fine texture - high quality clay and good firing

The most important feature of the Iron period pottery in Yemen is the addition of hay to most of it, in addition to the **Steatite** and small pebbles mixed with sand or limestone and seashells of the coastal areas to increase strength. These pottery artifacts are marked with the red or brown reddish layer on the outer or inner surface They are made manually and some are made according to a double manufacturing method manually and using the [potter's wheel](http://en.wikipedia.org/wiki/Potter%27s_wheel) in their formation.

**Chapter (2): The technology of making archaeological pottery in Yemen:**

This chapter dealt with the raw materials used in the manufacture of archaeological pottery in Yemen. This study included two main parts. The first concentrated on the clay that is the main constituent of pottery starting from the geological formation of Yemen and the landscape. The clay minerals are found in Yemen within the rocks of the various geological ages. It is marked with diversity.. The study dealt with the most important types of these clays in Yemen in relation to their places and their chemical properties.

also the technology of making archaeological pottery in Yemen starting from clay collection, preparation up to the last stage of manufacturing (dehydration and firing).

**Chapter (3): The Factors and aspects of damaging archaeological pottery in Yemen By application to the studied pottery.**

This chapter shed light on the surface and climatic aspects of the mountainous highlands and the eastern depressions. The different climatic conditions between the two are reflected in turn on factors and aspects of damaging the archaeological pottery. Before addressing these factors and aspects in Yemen specifically, they should be studied generally. They are divided into three factors: internal factors of damage, such as heterogeneity in composition and physical and chemical properties of the archaeological pottery; external factors of damage such as temperature, humidity and atmospheric pollutants and so on; and human factors of damage such as the restoration methods using inappropriate materials, poor supply, storage, tampering and vandalism. It also studied the factors and aspects of damaging archaeological pottery (main subject of the research) excavated in Magwala in Sana'a. the manifestations of damage varied between the loss, crush, fragmentations of various sizes, corrosion and faulty restoration. These differed somewhat from archaeological pottery of ( Al Jawf ) which showed cracks, debris, calcification, filthiness, loss, crushing and spotting.

**Chapter (4): Analytical study of the Ancient Pottery Samples Under Study**

This chapter addresses the most important scientific methods used to examine and analyze samples of archaeological pottery under study from the area of Magwala - Sana'a and Al-Jawf province. This chapter is divided into two parts as follows:

Part I : The most important methods of examining and analyzing the archaeological pottery in general. 1- inspection using [Polarized light microscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized_light_microscopy) to identify the mineral composition of pottery and additives to improve its properties; 2- inspection using the scanning microscope to study the state of pottery in terms of strengths and weaknesses. It is useful in determining the contents of the sample and its various states 3-The analysis using X-ray diffraction, which is characterized by accurate results in identifying the components of the sample and the metal transformations that occurred to it.4- the analysis using the [X-ray fluorescence](http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray_fluorescence) to identify the different elements in the item, as well as to identify the presence of metal oxides used as pure pigments in decorations.

Part II: Examining the archaeological pottery under study.

This study deals with many tests and analysis as follows:

1- using the [Polarized light microscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized_light_microscopy) to examine the archaeological sample of Magwala - Sana'a to realize the shape of the constituent particles. It proved the presence of quartz, iron oxides, the metals of albite and Actinolite, as well as the straw as an additive to modify the properties of the used clay. Al Jawf sample pottery contains medium to minute -sized quartz crystals.

2-The analysis using X-ray diffraction proved the presence of quartz, augite, albite, actinolite, hematite and illite in samples of Magwala in Sanaa. As for the sample of AlJawf, it contained calcite, quartz illite and albite.

3- The method of differential thermal analysis DTA is used, through which the burn rates and transformation in its constituent compounds is determined.

**Chapter (5): An experimental study to evaluate the materials used in restoration and conservation archaeological pottery in Yemen.**

Part (1) dealt with the experiments of preparing similar samples to the relic pottery in Yemen using three types of clays in addition to ten different additives and examining the samples of mud to know their composition. Samples were made and burnt and their physical properties were measured to choose the best in terms of their different characteristics to make experiments to evaluate the selected restoration materials to be used in the process of making the appropriate fittings.

Part (2) dealt with the tests of strengthening materials and their various results. Laboratory samples which prepared in the first part , were used in the application of strengthening materials, to choose some to be used in the experimental side. This is followed by the application of those selected materials, and the evaluation of results in relation to effects of those strengthening materials on the general appearance of the treated samples. The physical properties of the samples were studied before and after the treatment. It was followed by the evaluation of strengthening selected materials by the [Scanning electron microscope](http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope) (SEM), which is useful to know the extent of this tonic penetration and packaging to the granules of the sample. This is followed by studying the effect of the artificial treatments on samples, which is divided to thermal artificial treatment - artificial treatment by salt weathering, and artificial treatment by moisture. This study of the properties of treated samples after artificial treatments was followed by examining the samples using scanning electron microscope .

**Chapter (6): An applied Study for the treatment and conservation of selected items of the archaeological pottery in Yemen.**

First: This chapter dealt with the methods of treating and conserving pottery in general. It started with a process of registering and documenting the archaeological material. The process of cleaning is one of the most important stages of the treatment and conservation processes. Cleaning may be mechanical or chemical or both. Then comes the process of defragmentation by restructuring the broken parts together - process of assembly-. Then comes the process of accomplishment which aims at increasing the stability of the item against the various weathering factors, and improve its archaeological appearance to return to its former glory in order to be displayed in a museum or to be handled safely.

Archaeological pottery excavated from different burial environments suffers from different aspects of damage because of its fragility, vulnerability and scratches. These require strengthening operations to improve their physical and mechanical properties. Finally, the operations of treatment and conservation are some of the most important processes .as they protect the monuments of the impact of the various factors of damage now and in the future.

Second: This chapter dealt with the conservation of pottery -the subject of the study-. It was conducted on the pottery excavated from both sites of the study where many aspects of damage, crush, dirtiness, loss, cracks and erosion appeared.

Before the treatment and conservation, the form of pottery was described to learn about all its component parts and details in terms of their dimensions, shape, characteristics and aspects of damage with the registration of all phases of work, whether by drawing or photography.

The first stage of conservation was the, mechanical cleaning using various brushes or the scalpel. Mechanical cleaning was used to remove the hard stains and crocks. Water in addition to acetone ammonia was used in 1: 1 ratio. This was followed by washing using distilled water to remove any trace of ammonia. The best compounds used to remove the stains of crocks and fatty stains are the following: 1 portion of hydrogen peroxide + 3 portions of distilled water + 2 drops of ammonia.

After cleaning comes the process of assembly using the PARALOID B72, 70% concentrated in acetone, it is marked with its re-solubility in other solvents once again.

The process of accomplishing the first piece is made using the modern pottery powder that is red in color. It is mixed with PARALOID B72 in a concentration of 40%. The third piece is accomplished using the pure gypsum due to its suitable cohesion, feasible operation and its color may be adjusted according to the color of the monument.

The process of accomplishing of the fourth piece is made using the PARALOID  dissolved in acetone and the ratio of PARALOID  to acetone is 40% in addition to limestone 40 gm + 2 gm pottery (clay) powder + 1/2 yellow oxide in order to get a color that is close to that of the monument. The last piece is accomplished using the modern clay powder that is minced and sifted well to get a soft powder. Then, it is mixed with PARALOID B72 in 2 :1 ratio in addition to a simple ratio of white oxide to whiten the color.