مجلة جامعة الملك سعود، م٢٤، السياحة والآثار (٢)، ص ص ٤٧-٦٦، الرياض (٢٠١٢م/ ١٤٣٣هـ)

ترميم قطعة أثرية معدنية من موقع الأخدود في نجران – المملكة العربية السعودية

عبد الناصر بن عبدالرحمن الزهراني

دكتور قسم الموارد التراثية والإرشاد السياحي، كلية السياحة والآثار، جامعة الملك سعود

naserz@ksu.eud.sa

(قدم للنشر في ١٠/ ٨/ ١٤٣٢هـ، وقبل للنشر في ١٥/ ٩/ ١٤٣٢هـ)

الكلمات المفتاحية: نجران، ترقيم، معادن، الأخدود.

ملخص البحث. كشفت حفرية موقع الأخدود في نجران، عن إحدى القطع الأثرية تغطيها طبقة متكلسة، التي لم يستدل من شكلها الخارجي على حقيقتها. لذلك قام الباحث بأعمال الترميم للكشف عن طبيعة هذه القطعة، وكذلك لصيانتها ووقايتها من عوامل التلف المحيطة بها.

واستعان الباحث ببعض التقنيات الحديثة لتسجيل وتوثيق (Documentation) هذه القطعة، ومن هذه التقنيات: التصوير بالأشعة السينية (X-Ray Radiography)، كما تم الاستعانة بالطرق المختلفة للتحليل والفحص وذلك للوقوف على طبيعة هذه القطعة الأثرية وتركيبها أو التعرف على مكوناتها سواء أكانت في صورة مركبات أم عناصر وذلك باستخدام التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية (X-Ray Diffraction "XRD") لتحديد مركباتها، والفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope "SEM")، والتحليل بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Analysis) للتعرف على عناصرها. وبناءً على ما تم التوصل إليه من نتائج التحليل والفحص السابقة تم وضع خطة العلاج والصيانة واختيار موادها المناسبة، التي كان الهدف منها هو إيقاف التلف، الذي أصاب الأثر وصيانته من العودة مرة ثانية. وشملت هذه الخطة ترميم هذه القطعة الأثرية لإماطة اللثام عنها مستخدماً طرق التنظيف الميكانيكية والكيميائية، تلاها تطبيق التقوية والعزل كأسلوب وقائي لحماية الأثر في المستقبل مما قد يصيبه من تلف.

(١) مقدمة

تقع منطقة نجران في الجزء الجنوبي الغربي من المملكة العربية السعودية، بين دائرتي عرض «١٧ و٣٢» وخطي طول «١٢ و ٤٤». وتقدر مساحة المنطقة بنحو ٣٦٥,٠٠٠كم٢، ويحيط بها جبال شاهقة من ثلاث جهات (الشمال، والجنوب، والغرب)، ويقل ارتفاعها كلما اتجهنا نحو الشرق حتى تختفي في رمال صحراء الربع الخالي، ويبلغ متوسط ارتفاعها عن سطح البحر نحو ٩٠٠-١٧٠٠م (الوليعي، ١٤١٧هـ: ٢٤٩-٢٥٣).

ويتنوع تضاريس نجران، ففي الوسط المنطقة السهلية (حوض وادي نجران) (الشريف، ١٤٠٤هـ: ٣٩٣)، وهي مركز الاستيطان البشري، حيث تتركز على ضفتي هذه المنطقة السهلية القرى القديمة والأحياء السكنية والمزارع والبساتين، حيث تتوفر فيها المياه الجوفية التي ساعدت على قيام نشاط زراعي مميز إضافة إلى استفادتها من مياه وادي نجران، الذي يعدّ من الأودية الرئيسة في المنطقة. ويمتد وادي نجران من الغرب إلى الشرق وتتخلله الانحناءات والتعرجات (بن جريس، ١٤٢٥هـ: ٢٤).

ويمتاز مناخ نجران باعتداله طوال العام وبرودته في فصل الشتاء، وتسقط الأمطار فيه صيفاً بمعدلات متوسطة، حيث يبلغ متوسطها السنوي نحو (٨٣ملم)، ودرجات الحرارة ما بين ١٤-٣٧م°.

وتشتهر نجران بثرائها الاقتصادي ونشاطها السياسي والاجتماعي، وموقعها الإستراتيجي، فقد قامت بدور مهم في جنوب شبه الجزيرة العربية بفضل موقعها الإستراتيجي على مفترق طرق القوافل التجارية، التي تحمل البخور والتوابل ذهاباً وإياباً من جنوب شبه الجزيرة إلى شمالها.

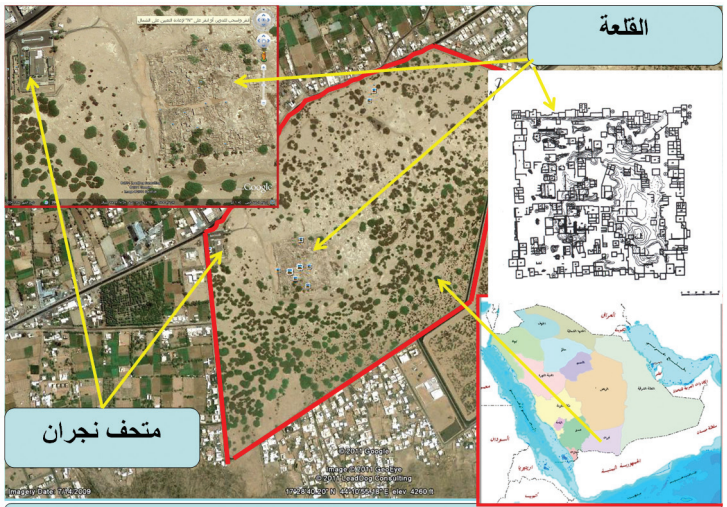
ويعود تاريخ نجران إلى عهود المكربين السبئيين ٦٦٠ قبل الميلاد، حيث ضم السبئيون نجران تحت حكمهم (العتيبي، ١٤٢٧هـ: ١٩-٤٣). وتعرف نجران في التاريخ القديم بـ (رجمت، رجمة) (علي، ١٩٨٠م: ٥٠٧-٥٠٨)، وربما تكون رجمت هذه عاصمة نجران القديمة، التي جاء ذكرها في أحد النقوش الجنوبية، وربما أنها ما يعرف حالياً بموقع الأخدود (الأنصاري؛ المريح، ١٤٢٤هـ: ٣٩). وقد يكون المكان الذي حصلت فيه قصة أصحاب الأخدود المذكورة في القرآن الكريم.

ويقع موقع الأخدود في الجهة الجنوبية من وادي نجران، يعد من أهم الظواهر الحضارية في جنوب شبه الجزيرة العربية، ومن أهم مواقع الحضارة وأكبرها في المملكة العربية السعودية، ويبلغ طول موقع الأخدود نحو (٩٠٠×٨٠٠م)، حيث يضم الكثير من الظواهر المعمارية البارزة المشيدة من أحجار متلاصقة مربعة الشكل، كما يوجد بعض الظواهر المعمارية المبنية بالطين. وموقع الأخدود معروفٌ أنه كان الاستيطان الرئيس في الوادي، ومركز التجمع السكاني الأكبر لوفرة المياه، وبالتالي اعتماد السكان بشكل أساس على الزراعة، لذا انتشرت في هذا الوادي السدود لحجز مياه السيول والأمطار، وأقيم في المنطقة نظام ري مميز (زارينس وآخرون، ١٤٠١هـ، ١٤٠٣هـ؛ (الزهراني وآخرون ١٤٢١هـ، ١٤٢٣ هـ، ١٤٢٦ هـ، ١٤٢٧هـ). وعثر على المشغولة الأثرية موضوع البحث، في موقع قلعة بموقع الأخدود في نجران جنوب المملكة العربية

السعودية، وذلك في المربع (٩٣ ث ت) (اللوحة رقم ١)، كما عثر على تماثيل أخرى من موقع الأخدود (المزروع، ١٤٢١هـ: ٤١-٤٦). ويهدف هذا البحث إلى التعرف على طبيعة هذه المشغولة الأثرية، ومعرفة تركيبها الكيميائي سواء أكان من مركبات أم عناصر، والوقوف على أسباب تلفها وذلك من خلال الاستعانة ببعض طرق الفحص والتحليل كالتصوير بالأشعة السينية X-ray radiography، والفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron microscope، وتحليل المركبات الكيميائية الموجودة بطريقة حيود الأشعة السينية X-ray diffraction والتحليل العنصري بالامتصاص الذري Atomic absorption analysis. والتي ساعدت في وضع خطة العلاج والصيانة واختيار مواد التنظيف والتقوية والعزل التي تم تطبيقها على الأثر لإيقاف ظاهرة التلف به ووقايته من التل المستقبلي.

(٢) حالة التمثال وظروف التآكل

عثر على هذا التمثال موضوع البحث وهو في شكل قطعة أثرية مجهولة الملامح، تغطيها طبقة متكلسة، يصعب من خلال شكلها الخارجي التعرف عليها. ومن خلال اللون الأخضر المنتشر على هذه القطعة المتكلسة والذى يغطيها بشكل كامل يمكن الاستدلال منه على أنها لأثر معدني من المحتمل أن يكون مصنوعاً من النحاس أو من إحدى سبائكه.



اللوحة رقم (١). موقع منطقة نجران في المملكة العربية السعودية. وموقع الأخدود في وسط اللوحة (خارطة القلعة من Al-Ghabban, *et al.*, 2010: 368).

وغالباً ما تغطي الآثار المعدنية المستخرجة من المواقع الأثرية طبقات صلبة متكلسة؛ نتيجة اختلاط نواتج التآكل مع حبيبات التربة المدفون فيها هذا الأثر. هذه القشرة الصلبة التي تغطي الأثر المعدني المستخرج من المواقع الأثرية تجعل من الصعب التعرف على نوعية المعدن أو السبيكة التي صنع منها الأثر أو تحديد

أية تفاصيل أو نقوش يمكن أن تكون موجودة على الأثر.

وعندما تدفن المشغولات المعدنية في التربة فإنها تتفاعل معها أولاً، ثم تميل بعد فترة من الزمن إلى أن تتكيف معها؛ أي تستمر في التفاعل حتى تصل إلى علاقة ثابتة بينها وبين هذا الوسط. ويؤثر في عملية صدأ المشغولات المعدنية وتآكلها في التربة مجموعة من العوامل، تتعلق جميعها بطبيعة التربة وطبيعة هذه المشغولات بصفة خاصة، منها نسيج التربة، وتركيبها الكيميائي، وما تحويه من المواد العضوية، وأملاح وغيرها من العوامل.

والنحاس مثل باقي المعادن الأخرى قابل للتآكل؛ وذلك للوصول إلى الشكل الأكثر ثباتاً كهروكيميائياً. وهذا يعني أن المعدن سيعود إلى خامته التي كان عليها في الطبيعة واستخلص منها، مكملاً بذلك دورة كهروكيميائية كاملة، فيبدأ باكتساب شحنة موجبة ومن بعدها يتحول إلى قطب موجب (غنيم، ٢٠٠٨م: ١٤٣؛ كرونين وروبنسون، ١٤٢٧هـ: ٢٤٥؛ Rodgers, 2004: 108).

القطب الموجب (+)

$$Cu^0 \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$$

$$4Cu^0 + 2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4CuO + 4H^+$$

وهذا يشير إلى أن فلز النحاس سيقوم بتحرير إلكترونات تجعل من النحاس أيوناً موجباً، قبل أن يتحد مع الأيونات السالبة الشحنة، الموجودة في الوسط المحيط، مثل: الأوكسجين أو الكربون أو الكلور أو الكبريت، مما ينتج عنها تكون نواتج التآكل المختلفة، مثل: الأكاسيد، والكربونات والكلوريدات، والكبريتات.

فهو يتحد مع الأوكسجين مكوناً أكاسيد النحاس (الكوبريت «أكسيد النحاسوز» cuprite Cu_2O) و(التينوريت «أكسيد النحاسيك» tenorite CuO)، الذي ينتج عن توافر غاز الأكسجين، (غنيم، ٢٠٠٨م: ١٥٤، ١٦٠-١٦٢؛ Rodgers, 2004: 109). وبزيادة سمك طبقة الأكسيد فإنها تتكسر وتصبح مسامية وتسمح بنفاذ بخار الماء، الذي يعدّ أساسياً لتكوين محلول إلكتروليتي يدعم تفاعل الصدأ الكهروكيميائى. ويعبر عن تركيز بخار الماء في الجو بمصطلح الرطوبة النسبية (Relative humidity "RH")، التي تعرف بمعدل النسبة المئوية لبخار الماء في الهواء مقارنة بالنسبة اللازمة لتشبع الهواء تماماً عند نفس الدرجة من الحرارة. ومن المعلوم أن عملية التآكل (Corrosion) تكون أكثر شدة وسرعة في البيئة الرطبة؛ حيث تتم أغلب التفاعلات الكيميائية الشرسة في وجود الرطوبة، التي تعدّ لازمة لاستمرارها. (غنيم، ٢٠٠٨م: ١٣١). وفي وجود أيون الكلور سالب الشحنة، يتكون كلوريد النحاسوز المعروف باسم النانتوكيت (nantokite CuCl)، ثم تتكون الكلوريدات القاعدية، مثل: كلوريد النحاسيك القاعدي (الباراتاكميت $CuCl.Cu[OH]_2$ paratacamite)، في صورة مسحوق غير متماسك يمكن أن ينفصل عن السطح، وكذلك كلوريد النحاسيك القاعدي (الأتاكاميت $CuCl.Cu[OH]_2$) (غنيم، ٢٠٠٨م: ١٥٤، ١٦٠-١٦٢؛ كرونين وروبنسون، ١٤٢٧: ٣١٩-٣٢٧؛ Rodgers, 2004: 109). ونتيجة لتماسك هذا المركب الأخير وعدم قابليته للذوبان فإنه يؤدي في كثير من الأحيان إلى إيقاف التفاعل. وقد توجد المركبات الثلاثة معاً فوق المشغولات النحاسية والبرونزية يفصلها في الغالب عن السطح المعدني طبقة

من أكسيد النحاسوز (الكوبريت Cuprite Cu_2O). وبإدمصاص ثاني أكسيد الكربون من البيئة المحيطة تتكون أيونات النحاسيك في صورة كربونات نحاسيك قاعدية في شكل ملاكيت أخضر ($CuCO_3.\ Cu[OH]_2$ malachite)، أو في شكل آزوريت أزرق (Azurite $2CuCO_3.Cu[OH]_2$). وكلاهما ذو ثبات محدود؛ لأنهما يتغيران، حسب الأيونات المتوفرة إلى مركبات صدأ أخرى (كرونين وروبنسون، ١٤٢٧ هـ: ٣٢٢).

وفي حالة وجود كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، الناتج من مركبات الكبريت العضوية، أو بواسطة البكتيريا المختزلة للكبريت (Sulfate Reducing Bacteria)، في الظروف اللاهوائية (Anaerobic)، وعند تعرض طبقة الكوبريت في المشغولات النحاسية والبرونزية لكبريتيد الهيدروجين، حتى ولو بنسبة منخفضة في الجو الملوث، يتغير لونها إلى اللون القاتم؛ نتيجة تكون كبريتيد النحاسوز الأسود المعروف باسم الكالكوسيت (Chalcocite Cu_2S) الثابت نسبياً (Shrier et al., 2000:235; Lakhtin, 1971: 383؛ غنيم، ٢٠٠٨م: ١٥٧).

أما الأسطح المغطاة بمركبات النحاسيك فإنها تكتسي بطبقة من كبريتيد النحاسيك الأسود يسمى الكوفيليت (Covellite CuS)، الذي يأخذ تركيب العوالق (Colloidal Structure)، في غياب الأحماض ويتواجد بكميات قليلة. وعلى الرغم من عدم قابليته للذوبان في الماء ألاّ أنه يمتص بخار الماء بسهولة. وبالتعرض المستمر لبيئة يتوفر فيها الأوكسجين يتأكسد مكوناً كبريتات النحاس القاعدية المعروفة بالبروكانتيت (Brochantite $CuSO_4.3Cu[OH]_2$) (Fontana, 1986: 353).

وسبائك النحاس التي تشترك مع النحاس فيها فلزات أخرى أكثر عرضة للتآكل من النحاس النقي؛ لأنه من المستحيل من الناحية الفيزيائية أن تختلط الفلزات المذابة فيها بشكل كامل، خاصة في العصور القديمة؛ فهي سبيكة غير مكتملة التجانس، وهذا يجعل سطح السبيكة أكثر عرضة للتآكل. حيث يتصرف النحاس حسب خواص الفلزات، التي تشترك معه في السبيكة. فعندما يخلط مع النحاس فلزات أخرى، مثل: الرصاص أو القصدير أو الزنك تتآكل هذه الفلزات لتكون أكاسيد واقية على سطح السبيكة. إلاّ أن وجود أيونات آكلة وشديدة الضراوة، مثل: الكلور، أو الكبريت، خاصة في وجود الرطوبة، يُعرضّ هذه الفلزات للتآكل الشديد، ثم بعد ذلك يتعرض النحاس نفسه لهذه الأيونات ومن ثم يبدأ في التآكل وتتكون مركبات الكلوريدات والكبريتات القاعدية المختلفة على السبيكة.

مثل هذه الظروف هي التي من المؤكد أن يكون الأثر موضوع البحث قد مر بها وأدت إلى ما وصل إليه من حالة التلف ومظاهرها المختلفة التي أشير إليها من قبل والتي تستوجب التدخل بالعلاج والصيانة.

(٣) العلاج والصيانة

تهدف عمليات العلاج والصيانة لهذا التمثال إلى إيقاف التلف، والتخلص من أسبابه، وعلاج مظاهره الواضحة على التمثال، واتخاذ الاجراءات التي تكفل عدم مهاجمته فيما بعد علاجه ووقايته مما قد يعترضه من تلف مستقبلي. ولقد مرت عمليات العلاج والصيانة بالخطوات التالية:

(٣, ١) مرحلة التوثيق والتسجيل

تعدّ مرحلة التوثيق والتسجيل من المراحل المهمة في عملية الترميم؛ وذلك للتعرف على الحالة الفعلية

للآثار بشكل عام، والقطع الأثرية بشكل خاص، ومدى ما أصابها من تلف، وطبيعة نواتج الصدأ المتكونة عليها، وألوانها، وهل هي: سميكة، أم رقيقة متماسكة، أم مفككة. ولقد تم توثيق وتسجيل حالة القطعة الأثرية وتدوين الملاحظات المهمة بدقة، شمل هذا التسجيل التصوير الفوتوغرافي (Photography Recording)، الذي يعدّ من أهم وسائل تسجيل الآثار، حيث يمكن من خلاله تسجيل حالة الأثر بكل تفاصيله وأبعاده، وحالته التي عثر عليها.

(٣ ,٢) الفحص والتحليل

(٣ ,٢ ,١) الفحص الظاهري والمعاينة الأولية

لقد تم فحص القطعة الأثرية المعدنية فحصاً مبدئياً بالعين المجردة؛ لتحديد حالتها والتغيرات التي طرأت عليها، والوقوف على طبيعتها، أو الاهتداء من خلال بعض المظاهر السطحية إلى تركيبها، أو أسلوب صناعتها.

ولقد أمكن من خلال الفحص المبدئي، والتسجيل الفوتوغرافي ترجيح أن هذه القطعة الأثرية المعدنية عبارة عن تمثال صغير من المعدن تعرض لتآكل شديد. ويمكن حصر الملاحظات التي تم الوصول إليها في النقاط التالية:

١- تأخذ القطعة الأثرية شكل تميمة أدمية (تمثال آدمي) جالس على الأرجح.

٢- تغطي القطعة الأثرية طبقة سميكة من نواتج الصدأ ذات الألوان المتعددة، منها الأخضر والأزرق الفاتح، ذات طبيعة صلبة يصعب خدشها.

٣- فقدان وتآكل وتلف واضح في الجزء السفلي من القطعة الأثرية.

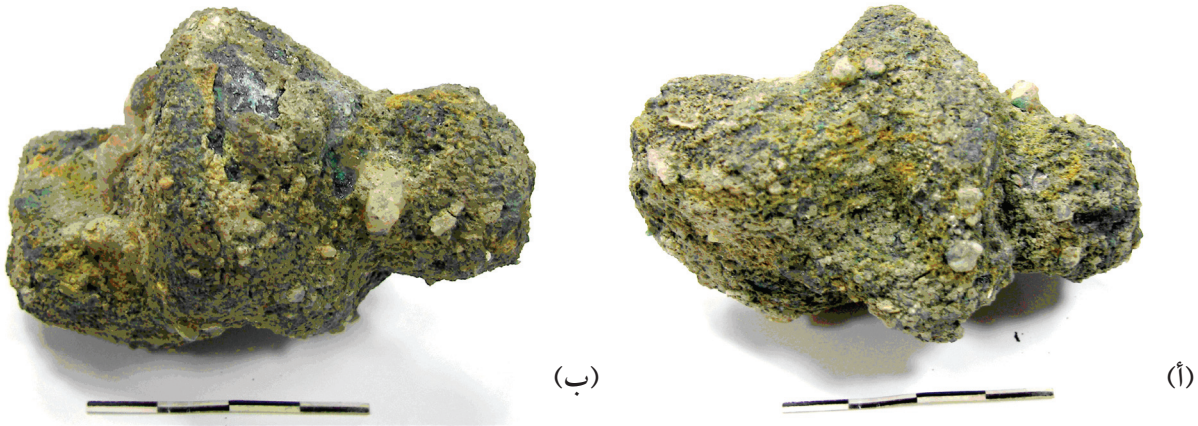
٤- التصاق حصى وفتات صخري، من مكونات تربة الدفن، بنواتج الصدأ؛ مما غلفه بطبقة سميكة مشوهة لشكل التمثال ومخفية معالمه وتفاصيله.

٥- يبلغ أقصى طول للتمثال (٨ ,٦ سم)، وأقصى عرض (٤ ,٥ سم).

٦- وجود تكلسات ملحية تغطي كل أجزاء التمثال.

٧- وجود فجوه ذات لون أزرق فاتح في منطقة الظهر.

وتوضح (اللوحات رقم ٢-٧) حالة القطعة الأثرية (تمثال) عند استلامها للترميم.



اللوحة رقم (٢ أ، ب). القطعة الأثرية تغطيها طبقة صلبة ذات ألوان متعددة من نواتج الصدأ المختلطة بحبيبات وبقايا التربة.

(أ) (ب)

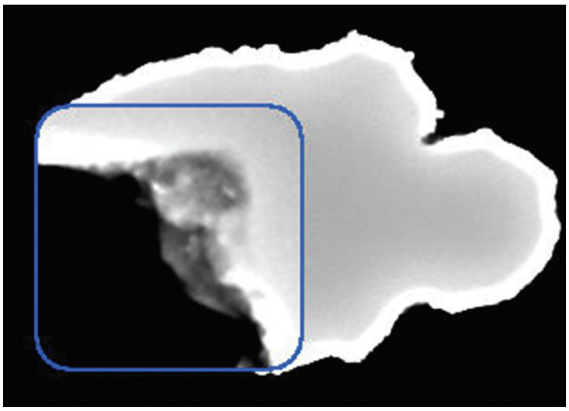
اللوحة رقم (٣ أ، ب). تكلسات ملحية مختلطة بالفتات الصخري المتخلف عن تربة الدفن.

(٢, ٢, ٣) التصوير والفحص بالأشعة السينية X-ray Radiograph

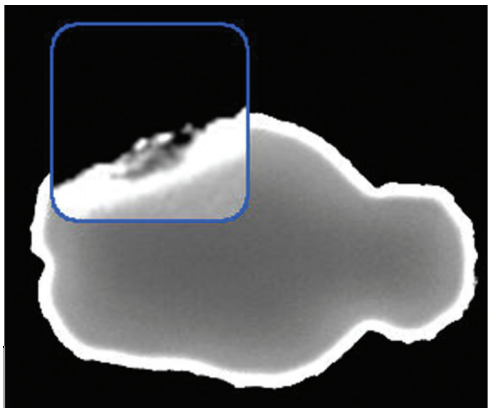
يعدّ الفحص بالأشعة السينية من التقنيات الآمنة، التي لا تسبب أضراراً للقطعة الأثرية، حيث يتم تسليط الأشعة السينية عليها عبر موجة يتراوح طولها ما بين ١٠$^{-٧}$– ١٠$^{-١١}$م (Stuart, 2007: 77)، وبما أن الأشعة السينية تتمتع بموجات أقصر من موجات الضوء المرئي، أو ضوء الأشعة فوق البنفسجية، لذا يسهل عليها اختراق بعض المعادن، مثل: سبيكة النحاس، حيث تقوم المادة بامتصاص الأشعة السينية، أو تسمح لها بالنفاذ عبرها، وعند تفاعل فوتونات الأشعة السينية مع المعدن ينفذ بعضها وتمتص المادة البعض الآخر، في حين يتشتت قسم منها مبتعداً عن مسار زاوية السقوط؛ وينتج عن ذلك ضعف الشعاع الساقط ويظهر خيال خلف القطعة الأثرية موضع الدراسة، وهذا كله يعتمد على كثافة المعدن وسمكه وشدة الأشعة المستخدمة. والصور الناتجة تكشف تفاصيل تكوين الأثر، وسمكه وتجانس أجزائه، ونقاط ضعف وقوة بنية المعدن أو السبيكة، وتفاصيل أكثر عن حالته (Stuart, 2007: 77-80).

ولتفسير هذه الصور فإن المناطق الأكثر إضاءة هي أجزاء غير منفذة للأشعة (radiopaque)، التي تكون أكثر نسبياً في كتلتها الذرية، أو أنها سميكة طبيعياً عن المناطق المجاورة.

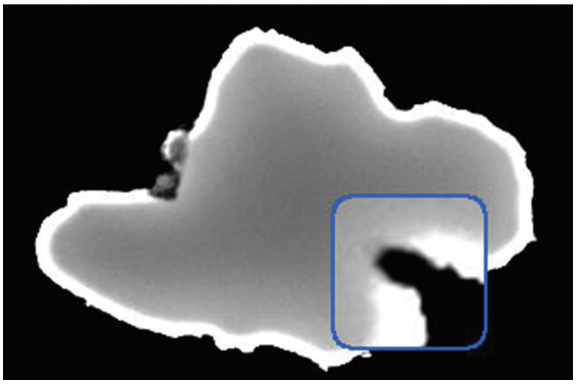
ويعدّ التصوير بالأشعة السينية ذا أهمية كبيرة للاسترشاد به أثناء عمليات العلاج والترميم، مما يكشف ما إذا بقي شيء من قلب المعدن أما لا، كما معرفة ما سيحدث إذا كان التآكل مستمراً، ويمكن الاستدلال أيضاً على ما قد يكون بالأثر من شروخ، أو كسور وفجوات. وتستخدم هذه الطريقة للتعرف على وجود زخارف أو كتابات أيضاً ووجود طبقات متراكمة (كرونين؛ روبنسون، ١٤٢٧ هـ: ٣٣٣؛ Agrawal,1985: 6). وتوضح (اللوحات رقم ٤–٧) نتيجة الفحص بالتصوير بالأشعة السينية للقطعة الأثرية المعدنية موضوع البحث.



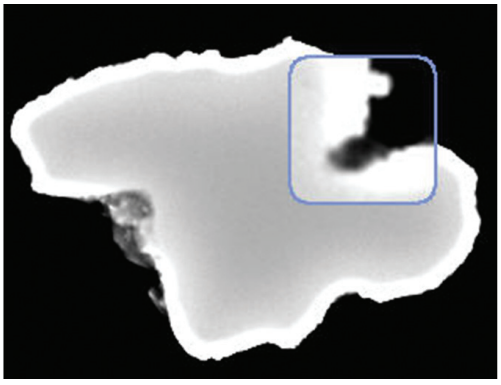
اللوحة رقم (٤). التصاق وتماسك الفتات الصخري والاتساخات بسطح الأثر.



اللوحة رقم (٦). تأكل بعض أجزاء الطبقة الخارجية وضعف في جسم الأثر.



اللوحة رقم (٥). ضعف منطقة الوجه وما يقابلها – وتغليف الأثر بطبقة سميكة من الصدأ.



اللوحة رقم (٧). الأجزاء المضاءة في الصورة هي مناطق الصدأ والتلف، أما الأجزاء الداكنة فهي جسم التمثال.

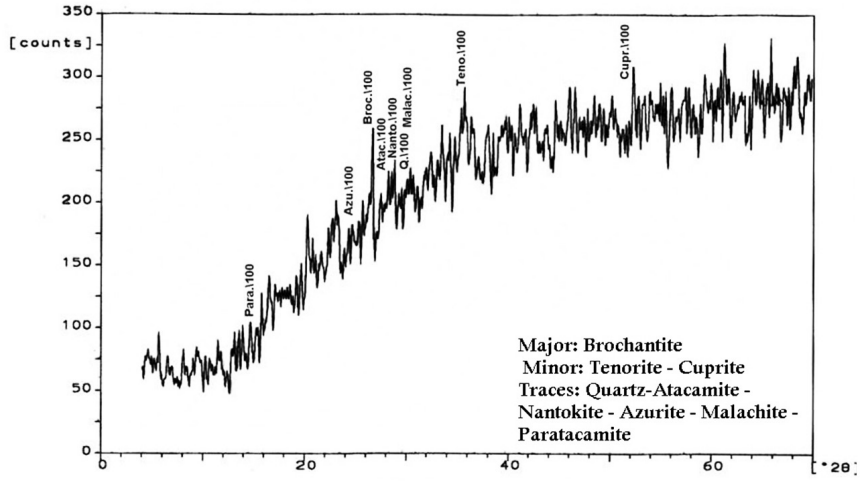
(٣, ٢, ٣) التحليل بتقنية حيود الأشعة السينية (XRD)

تعدّ حيود الأشعة السينية أشعة كهرومغناطيسية ذات أطوال موجيه قصيرة جداً، ولها نفس طبيعة الضوء، ويتراوح طولها الموجي بين ١ – ١٠ أنجستروم، وهي تقع في منطقة الطيف الكهرومغناطيسي، بين أشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية. ويتراوح الطول الموجي المستخدم في الفحص والتحليل ٠,٥ : ٢,٥ أنجستروم. ويشترط في المواد المراد تحليلها بحيود الأشعة السينية أن تكون متبلورة وصلبه، حيث تنعكس الأشعة السينية من على المسطحات الذرية العاكسة لهذه المواد وتعطي انعكاسات تدل على المركبات الموجودة في العينة (Stuart, 2007: 229-232; Duane and Robert, 1989: 10; Agrawal, 1985: 5).

تم استخدام طريقة التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية للتعرف على نوعية مركبات الصدأ المغلفة للتمثال الأثري، فمن خلال التعرف على مركبات الصدأ يمكن استنتاج نوعية الفلز أو السبيكة المستخدمة في صناعة الأثر، ومن ثم اقتراح طريقة

المعالجة والصيانة (Stuart, 2007: 232; Moncrief and Weaver, 1983: 39-42).

وقد تم أخذ عينة من أماكن مختلفة في صورة خليط من نواتج الصدأ ذات الألوان المختلفة المختلطة ببقايا التربة، ثم سحقها في هون من العقيق إلى مسحوق دقيق الحبيبات[1]؛ وكانت نتيجة التحليل هي المركبات الموضحة في اللوحة رقم (٨)، والجدول رقم (١).



اللوحة رقم (٨). نمط حيود الأشعة السينية لعينة الطبقة المتكلسة المتكونة على سطح القطعة الأثرية موضوع البحث.

الجدول رقم (١). نتائج التحليل بطريقة حيود الأشعة السنية.

م	اسم المركب		التركيب الكيميائي	رقم الكارت
١	الرمل	Quartz	SiO_2	5-490
٢	البروكانتيت	Brochantite	$CuSO_4.3Cu\ [OH]_2$	3-282
٣	الأتاكميت	Atacamite	$Cu_2[OH]_3Cl$	2-146
٤	النانتوكيت	Nantokite	$CuCl_2$	6-344
٥	الآزوريت	Azurite	$2CuCO_3.\ Cu[OH]_2$	11-682
٦	الكوبريت	Cuprite	Cu_2O	5-667
٧	التينوريت	Tenorite	CuO	5-661
٨	ملاكيت	Malachite	$Cu\ CO_3.Cu\ [OH]_2$	10-399
٩	الباراتاكميت	Paratacamite	$CuCl.Cu\ [OH]_2$	19-889

[1] وذلك لفحصها بطريقة المسحوق (Powder Method)، حيث تم تحليلها بجهاز الديفراكتوميتر من نوعية (Diffractometer "Philips, PW 1840" with Ni-filtered CuKα radiation) عند ظروف تشغيل تتمثل في: (40 kV/30 mA and a scan speed of 2° "2θ"/min).

ومن خلال النتائج المذكورة تم التوصل إلى النقاط التالية:

١- كل مركبات الصدأ التي تم التعرف عليها من التحليل هي لفلز النحاس، مما يرجح أن يكون التمثال من النحاس، أو إحدى سبائكه.

٢- الكوبريت (Cu_2O) الذي تم تحديده هو المكون الأولي من مكونات نواتج صدأ النحاس وسبائكه، وينتج من تفاعل أو اتصال سطح النحاس مع الأوكسجين، بينما زيادة تركيز الأخير يؤدي إلى تكون التينوريت (CuO)، أو تحول الكوبريت إلى تينوريت، وهو ما تم تحديده ضمن مركبات الصدأ. ووجود كلا المركبين يدل على وجود الأوكسجين بوفرة في بيئة الدفن، وهو أسرع الغازات تفاعلاً مع الآثار المعدنية.

٣- وجود مركبات الكلوريدات القاعدية (الأتاكميت $Cu_2[OH]_3Cl$؛ والباراتاكميت $CuCl.Cu[OH]_2$) ومعهما النانتوكيت (CuCl)، يدل على وجود أيون الكلور في بيئة الدفن متمثلاً في أحد أملاح الكلوريدات، مثل: كلوريد الصوديوم الذي يعدّ من أشره أملاح الكلوريدات للتفاعل مع النحاس وسبائكه (Gettens, 1963: 90). ووجود المركب الأخير (النانتوكيت أو كلوريد النحاسوز) دليل على استمرار التآكل، وهو استمرار تفاعل المعدن مع أيون الكلور النشط.

٤- وجود البروكانتيت (كبريتات النحاسيك القاعدية $CuSO_4.3Cu[OH]_2$)، كمكون أساسي للعينة التي تم تحليلها، يؤكد احتواء بيئة الدفن على أيون الكبريت المتلف، الذي يهاجم النحاس وسبائكه بضراوة. ويوجد أيون الكبريت في تربة الدفن في الغالب من وجود مركبات للكبريت، أو الكبريتات يتم تحليلها واختزالها إلى مركبات كبريتيتد بواسطة البكتيريا المختزلة للكبريت (sulphate reducing bacteria)، تهاجم المعدن، وفي وجود الرطوبة تتكون الكبريتات القاعدية المشار إليها، (Gettens, 1963: 90).

٥- كربونات النحاسيك الخضراء ملاكيت ($Cu\ CO_3.Cu[OH]_2$)، والزرقاء الآزوريت ($2CuCO_3.Cu[OH]_2$) تدل على وجود وانتشار غاز ثاني أكسيد الكربون.

٦- معظم المركبات التي تم تحديدها هي مركبات قاعدية سواء أكانت كربونات، مثل: الملاكيت والآزوريت، أو كلوريدات، مثل: الأتاكميت والبارتاكميت، أم كبريتات، مثل: البروكانتيت يدل على أن تربة الدفن كانت تتميز برطوبة عالية أدت إلى تكون مثل هذه المركبات القاعدية على أسطح القطعة الأثرية.

٧- وجود الكوارتز (SiO_2) مختلطاً بنواتج الصدأ دليل على أن تربة الدفن، حيث تم العثور على القطعة الأثرية، هي تربة رملية، حيث يمثل الكوارتز المكون الأساس للرمل، والمعروف أن التربة الرملية هي تربة مسامية، تسمح بحركة الهواء والماء فيها، مما يجعل المشغولات المعدنية فيها تتعرض باستمرار لمصادر التلف وأسبابه من غازات وأيونات، متوفرة في التربة، مثل: الكلوريد مثلاً، أو الكبريت.

ومن هنا يمكن القول إن سبب تلف هذه القطعة الأثرية المعدنية ووصولها إلى هذه الحالة من التآكل والصدأ هو وجودها في تربة رملية مسامية، وتعرضها بصفة مستمرة، ولفترة زمنية طويلة للرطوبة والغازات من أوكسجين وثاني أكسيد كربون، وكذلك أيونات متلفة، مثل: الكبريت والكلوريد كل هذا ساهم في الوصول بالقطعة الأثرية المعدنية إلى هذه الحالة من التآكل والتلف.

(٣,٢,٤) التحليل بالامتصاص الذري Atomic Absorption Analysis

من طرق التحليل الدقيقة التحليل بالامتصاص الذري (AAS)، التي تعطي تحديداً كمياً للعناصر الموجودة في السبائك المعدنية (Stuart, 2007: 213; Agrawal, 1985: 7). تم أخذ عينتين صغيرتين جداً من الأجزاء الضعيفة في التمثال، وتم تحليلها بواسطة جهاز الامتصاص الذري؛ لمعرفة العناصر المكونة لسبيكة التمثال، بعد التعرف على مركبات الصدأ بواسطة حيود الأشعة السينية. وكانت نتيجة التحليل بواسطة الامتصاص الذري موضحة في الجدول رقم (٢).

الجدول رقم (٢). نتائج التحليل بطريقة الامتصاص الذري.

م	Copper Cu %	Tin % Sn	Iron % Fe	Zinc % Zn	phosphor % P	Sulfur % S	Total %
١	90.00	06.30	00.48	01.02	01.17	00.83	99.80
٢	89.60	06.80	00.50	01.10	01.20	00.70	99.10

من خلال هذه المكونات الموضحة في الجدول السابق يمكن التوصل للنتائج التالية:

١- التمثال مصنوع من سبيكة البرونز (Bronze Alloy) (وهي خليط معدني من فلزي النحاس والقصدير مع نسب طفيفة من فلزات أخرى). ويرجع عدم تحديد أي من مركبات القصدير في التحليل بحيود الأشعة السينية إلى أن مركبات القصدير مركبات غير ثابتة، وخاصة المركب الأكثر انتشاراً على أسطح القطع الأثرية المعدنية وهو الكاسيتريت (SnO_2). وهو من المركبات التي تنزح من على أسطح الآثار البرونزية، وخاصة في التربة المميزة بسهولة حركة الماء والهواء فيها، وهو ما تم التأكد منه من التحليل بحيود الأشعة السينية.

٢- الفلز الرئيس هو النحاس (Copper) وتتراوح نسبته من ٨٩,٦٠٪ - ٩٠,٠٠٪.

٣- معدن الخلط هو القصدير (Tin) وتتراوح نسبته بين ٦,٣٠ - ٦,٨٠ ٪ ، وهي نسبة أكبر من أن تكون في صورة شائبة، بل هو مضاف بقصد إلى فلز النحاس للحصول على سبيكة برونز ثنائية الفلزات.

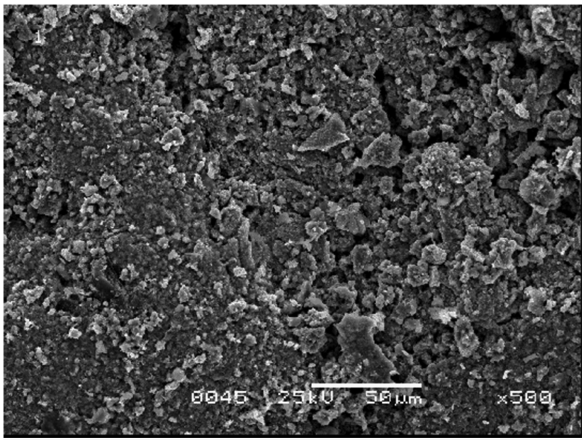
٤- نسب ضئيلة من فلزات أخرى موجودة في الغالب في صورة شوائب معدنية مع النحاس والقصدير وهي: الكبريت (Sulfur)، والحديد (Iron)، والفسفور (Phosphor)، والزنك (Zinc).

٥- هذه النتائج تتفق مع ما تم الحصول عليه من نتائج متعلقة بالتحليل بحيود الأشعة السينية، حيث إن النحاس وهو المكون الأساسي للسبيكة والذى تم تحديده من خلال التحليل بالامتصاص الذري وتشكل مركباته المركبات الغالبة في نواتج الصدأ بينما تغيب مركبات القصدير لأنها من المركبات القابلة للإزاحة.

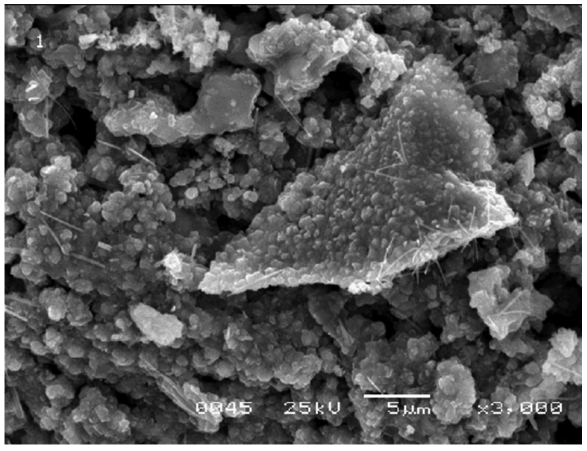
(٣,٢,٥) الفحص والتحليل بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

يعدّ الفحص باستخدام المجهر الإلكتروني من أهم الطرق العلمية الحديثة المستخدمة في مجال ترميم

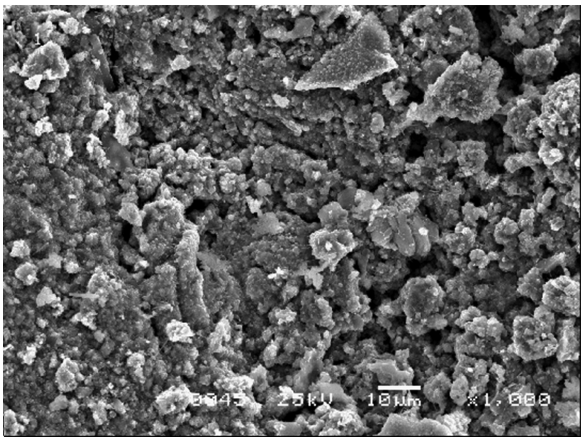
وصيانة الآثار، وذلك لما يتمتع به من قدرة على إعطاء درجات تكبير عالية تصل إلى ٢٠٠,٠٠٠ مرة؛ لتعطي المتخصص في مجال الترميم والصيانة، فرصة لدراسة ومسح سطح العينة الأثرية بشكل دقيق (Stuart, 2007: 96). أما في حالة إقران وحدة التحليل بالأشعة السينية مع المجهر الإلكتروني فإنه يتعاظم دوره، حيث يستخدم كماسح للسطح ومحلل في الوقت نفسه. ويمكن من خلاله التعرف على العناصر الكيميائية المكونة للعينة الأثرية. وتوضح اللوحات (رقم ٩-١٢) نتيجة الفحص بالمجهر الإلكتروني لسطح التمثال موضوع البحث.



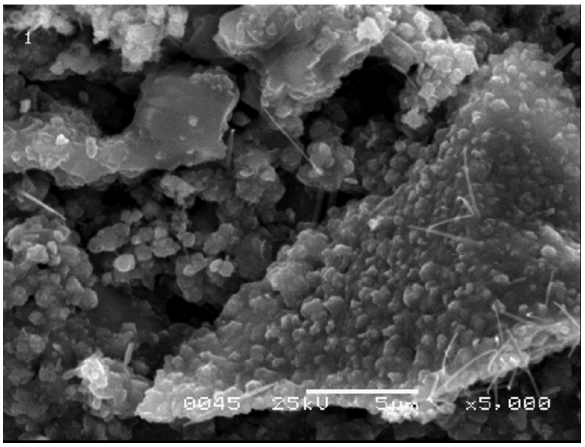
اللوحة رقم (٩). صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لسطح التمثال الخارجي عند قوة تكبير ٥٠٠×.



اللوحة رقم (١١). صورة تفصيلية أكبر للمكونات الدقيقة للطبقة الخارجية توضح طبيعتها المسامية وعدم تجانسها.



اللوحة رقم (١٠). صورة مجهرية تفصيلية توضح تفاوت حجم حبيبات الطبقة المتكلسة على سطح التمثال وعدم تجانسها واحتوائها على فراغات، أو مسامات، عند قوة تكبير ١٠٠٠×.



اللوحة رقم (١٢). تفصيل من الصورة السابقة يوضح تبايناً وتنوعاً في حجم الحبيبات واختلاط نواتج الصدأ ذات الحجم الصغير ببقايا التربة ذات الحبيبات الكبيرة.

والتي يتضح منها مدى كثافة الطبقات المتكلسة على سطح التمثال ويمكن ملاحظة ذلك من كثافة الحبيبات، كما يعكس تنوع في حجم الحبيبات وتنوعها ما بين الكبر والصغر واختلاط نواتج الصدأ بعوالق وحبيبات التربة، هذا بالإضافة إلى أن هذه الطبقة مع تكلسها إلا أنها تحتوي على فجوات وفراغات يمكن ملاحظتها من خلال الصور، ولعل هذه الفراغات ترجع للتنوع في حجم الحبيبات، وتشكل هذه الفراغات مناطق ضعف تؤدي إلى هشاشة وعدم تماسك يساعد في التخلص منها وإزالتها في إطار علاج التمثال سواء بالتنظيف الميكانيكي أو التنظيف الكيميائي.

(٣,٣) إجراءات العلاج Treatment and Procedures

من خلال ما تم التوصل إليه من نتائج الفحص بالتصوير بالأشعة السينية، والمجهر الإلكتروني الماسح، وكذلك من نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية، والامتصاص الذري تبين للباحث سمك طبقة صدأ القطعة الأثرية المعدنية (التمثال) وتماسكها، باستثناء الأجزاء الخارجية منها، التي تبدو غير متماسكة وغير متجانسة، وأن مركبات الصدأ جميعها من المركبات القاعدية التي تتميز بالثبات، كما تتميز هذه المركبات بتعدد واختلاف ألوانها، كما أن وجود بقايا التربة الرملية؛ رمال وحصى مختلطة بنواتج ومركبات صدأ التمثال، أكسب هذه الطبقة، التي تغلف التمثال، التماسك والالتصاق الشديد بسطحه المعدني. وعليه فقد شملت إجراءات العلاج والترميم الخطوات التالية:

(٣,٣,١) عمليات التنظيف

تعدّ عمليات التنظيف من أهم المراحل المتبعة في علاج وصيانة الآثار المعدنية، حيث تُعتبر أمراً حيوياً للتخلص من الأضرار التي تسببها عوامل التلف المختلفة. وأهداف هذه العملية تكمن في إعادة المظهر الأصلي للتمثال المعدني، بقدر الإمكان، وحمايته من أي تلف مستقبلي، واستكشاف ما تغطيه تراكمات نواتج الصدأ أسفل منه من تفاصيل العلامات الأثرية (Jedrejewska, 1977: 102). ويمكن تبسيط مفهوم عملية التنظيف على أنها طريقة لكسر الارتباط بين الاتساخات والصدأ، وبين سطح الأثر؛ لتنفصل عنه وتزال. وتتوقف عمليات التنظيف على عدة عوامل منها (Moncrief and Weaver, 1983: 27):

١- مدى الالتصاق بين سطح الأثر المعدني ونواتج الصدأ المتكونة فوقه، وهو ما تم توضيحه في حالة هذا التمثال.

٢- طبيعة نواتج الصدأ وهل هي في صورة مفككة هشة أم متماسكة وشديد الالتصاق.

وبناءً على ذلك تنوعت طرق التنظيف، التي استخدمت طبقاً لطبيعة وحالة هذا التمثال وما تكون عليه من نواتج الصدأ وما تراكم عليه من طبقات متكلسة، وسمك هذه الطبقات وتماسكها، ما بين التنظيف الميكانيكي واليدوي والتنظيف الكيميائي.

(٣,٣,١,١) التنظيف اليدوي Mechanical Cleaning

يهدف التنظيف اليدوي (الميكانيكي) إلى كسر الارتباط بين سطح التمثال المعدني وتراكمات نواتج الصدأ والعوالق المختلفة وإزالة هذه النواتج، بخلاف التنظيف الكيميائي الذي يركز على إذابة نواتج الصدأ (غنيم، ٢٠٠٨م: ١٢٩). وللتنظيف اليدوي بعض المزايا إذا ما استخدم بدقة، حيث إنه يمكن التحكم في عملية التنظيف، بعكس التنظيف بالمحاليل الكيميائية، التي يمكن أن تؤثر على سطح التمثال، وفيه لا تتم

إضافة أي مادة سائلة قد تسبب التلف، مثل: الأحماض، والقلويات، والمذيبات التي تحمل الإتساخات إلى داخل مسام الأثر، أو الماء الذي يسبب انتفاخ المواد الماصة للرطوبة وزيادة عملية الصدأ. ولقد استخدمت الفرش لإزالة الأتربة والعوالق وحبيبات التربة المفككة التي تغطي سطح التمثال ونواتج الصدأ الهشة القابلة للإزالة. ثم استخدمت الفرر والمشارط للمساعدة في تخلخل طبقات الصدأ المتكلسة وفك الالتصاق بينها وبين سطح التمثال.

(٣,٣,١,٢) التنظيف الكيميائي Chemical Cleaning

يستخدم التنظيف الكيميائي فيما يعجز عنه التنظيف اليدوي، ويتم باستخدام محاليل كيميائية لها القدرة على إذابة وإزالة الطبقة الصلبة لنواتج الصدأ، وما قد يختلط بها من عوالق التربة والتكلسات الجيرية، وما قد يوجد معها من مواد غريبة على سطح هذا التمثال فتكشف عن السطح الأصلي وما عليه من نقوش وزخارف وتتركه نظيفاً (Weisser,1992: 118). غير أن استخدام هذه المواد ينبغي أن يكون بدراية تامة بطبيعتها وتركيبها الكيميائي، وبطبيعة الأثر نفسه حيث إنها قد تتسبب في حدوث بعض الأضرار بالأثر، فقد ثبت أن الآثار المصنوعة من سبيكة البرونز، أو غيرها من سبائك النحاس، لها قابلية للتأثر بعملية الصدأ وغالباً ما تكون طبقة الصدأ الناتجة سميكة وغير منتظمة وتؤثر على الشكل الخارجي للأثر، كما هو في التمثال، موضوع هذا البحث.

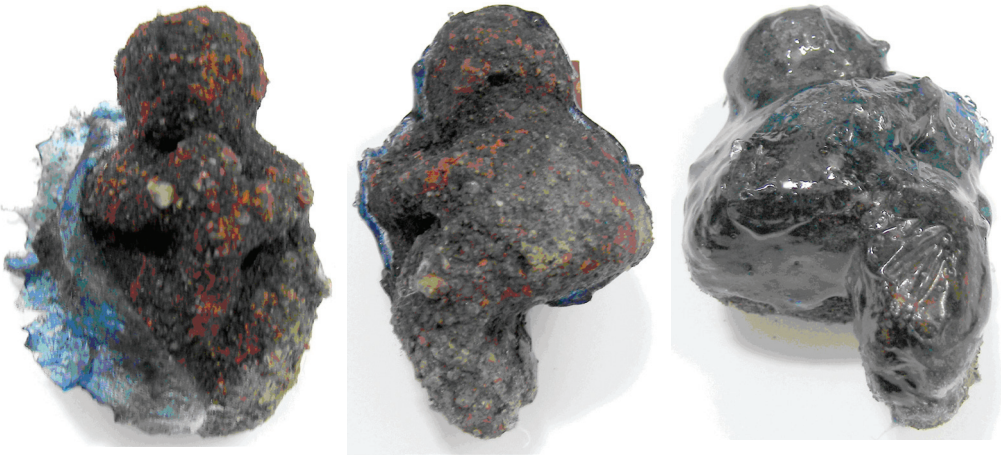
وبصدد الحديث عن صدأ النحاس وسبائكة فمن المفيد أن يُوضح أن دور الرطوبة ليس هو الدور الأساس في عملية الصدأ، فالدور الأساس هنا هو وجود مركبات الكلوريد، مثل: (الأتاكميت، والباراتاكميت (Atacamite, Paratacamite)، وهناك الكثير من المحاليل الكيميائية الحمضية والقلوية التي يمكن أن تُستخدم في تنظيف الآثار المعدنية، ويتوقف اختيارها على طبيعة الأثر المعدني، وعلى طبيعة نواتج الصدأ وحالتهما معاً. وبناءً على ما سبق وبدراسة طبيعة كل من التمثال ونواتج الصدأ المتكونة عليه وحالة كل منهما، فقد شملت عمليات التنظيف الكيميائي له الخطوات التالية:

١- الغسيل بالماء المقطر الجاري لفترة كافية لإزالة عوالق التربة والأملاح القابلة للذوبان في الماء.

٢- الغمر في محلول من ملح روشيل (٢٥٠جم ترترات الصوديوم والبوتاسيوم + ١٥٠ جم هيدروكسيد صوديوم + لتر ماء)، إضافة إلى فوق أكسيد الهيدروجين (Hydrogen Peroxide) (١٠٠ سم^{3} فوق أكسيد الهيدروجين لكل لتر من ملح روشل) (Plenderleith and Werner, 1971: 245). وتقوم هذه الطريقة على تحويل مركبات النحاسوز بالأكسدة بواسطة محلول فوق أكسيد الهيدروجين إلى مركبات النحاسيك، التي تذوب في محلول ملح روشل القاعدي. ولقد تم وضع التمثال في حوض زجاجي به محلول التنظيف وتُرك حتى يتم التفاعل، حتى إذا ما أصبح لون المحلول أزرق غامق تم رفع التمثال وغسله بالماء المقطر مع الاستعانة بالفرش؛ لتفكيك الطبقات المتكلسة والمساعدة في إذابتها وإزالتها، ثم أعيد وضعه في محلول جديد وتكررت العملية حتى تم التخلص من طبقة الصدأ.

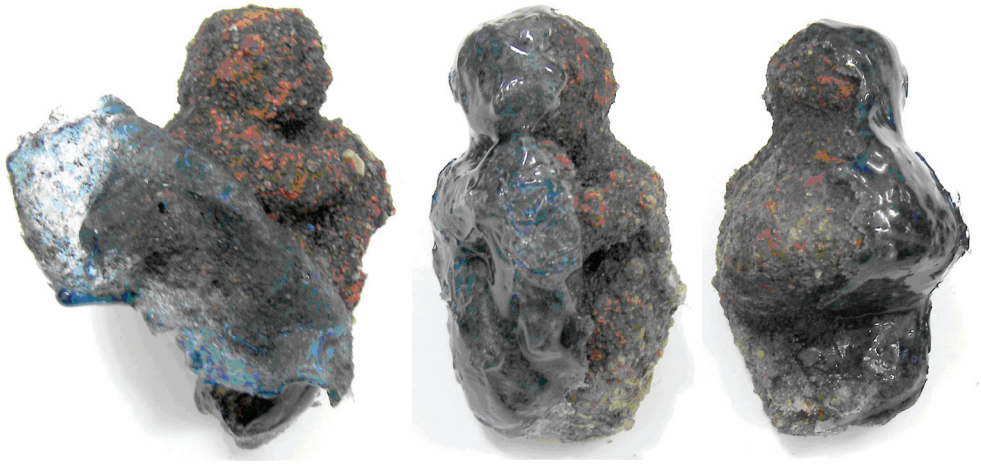
٣- الغسيل في حمامات متتالية من الماء المقطر الدافئ للتخلص من أية ايونات كيميائية متخلفة عن التنظيف الكيميائي، ثم حمامات تجفيف متتالية من الإيثر، للتخلص من ذرات الماء المتخلفة عن حمامات الشطف السابقة.

٤- إزالة كلوريد النحاسوز بواسطة المعالجة بمحلول سيسكيكربونات الصوديوم ٥٪ (Sodium Sesquicarbonate $Na_2CO_3: NaHCO_3 .2H_2O$ 5%) المضاف إليه ملح روشل ومادة الكربوكسي مثيل سليلوز (١٠٠سم^3 سيسكيكربونات الصوديوم ٥٪: ٢٠٠سم^3 ملح روشل: كمية مناسبة من الكربوكسي مثيل سليلوز لتحول المحلول إلى الشكل الهلامي حوالي ٧٥جراماً) ليصبح في قوام هلامي بحيث يغطي جزءاً من التمثال في المحلول السابق لمدة ثلاث ساعات ثم ينزع ومعه مركبات الصدأ المذابة. وتكررت هذه العملية كلما لزم الأمر (القيسي، ١٩٨١: ٤٧). وتوضح الأشكال أرقام (١٣، أ، ب، ج- ١٤، أ، ب، ج) نتيجة عمليات التنظيف الكيميائي للتمثال موضوع البحث.



(أ) (ب) (ج)

اللوحة رقم (١٣ أ، ب، ج). علاج لطبقات الصدأ والاتساخات بسطح الأثر باستخدام خليط من سيسكيكربونات الصوديوم ٥٪ وملح روشل و كربوكسي مثيل سليلوز.



(أ) (ب) (ج)

اللوحة رقم (١٤ أ، ب، ج). بداية ظهور اللون الأحمر المائل للبني دليل الاقتراب من طبقة أكسيد النحاس.

(٣,٣,٢) عمليات التقوية والعزل Consolidating and Coating

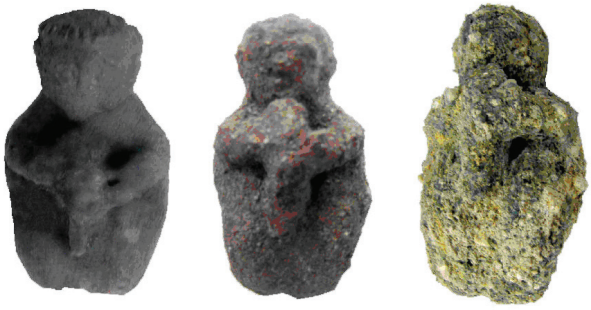
بعد إجراء عملية التجفيف للتمثال، كان من اللازم تطبيق طلاء واق مناسب يمنع حدوث الصدأ مرة أخرى، أو يعطي بعض الوقاية من الظروف البيئية المحيطة أثناء الحمل أو اللمس. كما يمكن منع الصدأ الكهروكيميائي الذي يسببه الماء (كرونين وروبنسون، ١٤٢٧هـ: ١٧٥).

كما أن استبعاد الأوكسجين من الجو المحيط بالتمثال يمنع الأكسدة ويكبح تفاعلات امتصاص الأوكسجين على وجه الخصوص.

وينبغي قبل تطبيق الغطاء الواقي أن يكون قد مرّ التمثال بمرحلة التجفيف السابقة في حمامات من الأسيتون، أو الأثير، أو الكحول، أو في فرن عند درجة حرارة ١٠٥م°، ثم يتم تغطيته بغطاء واق مناسب لمنع نشوء عملية التآكل، وذلك بما يكونه من حاجز، أو غطاء رقيق نسبياً بين مادة الأثر والبيئة المحيطة يحمي الأثر من التفاعل مع المؤثرات المتلفة في البيئة. وهناك الكثير من الطلاءات والأغطية المماثلة تحمي المعادن أكثر من أي طريقة أخرى لإحجام الصدأ أو التلف.

ولقد اتبع الباحث الخطوات التالية في سبيل تقوية التمثال وعزله:

- التأكد من نظافة السطح الخارجي للتمثال.
- تجفيف التمثال تجفيفاً تاماً من الرطوبة.
- تقوية السطح الخارجي والمناطق الضعيفة بمحلول ٥٪ من البارالويد ب ٤٤ المذاب في التولوين، (5% Paraloid B44 solution in toluene).
- ولعزل التمثال عن الأيونات المتلفة في الوسط المحيط والحفاظ عليه من أي تلف مستقبلي، تم تغطيته بغطاء من الورنيش المكون من محلول من شمع الميكروكريستلين المذاب في الكحول بنسبة ٢٠٪ من نوع كوزمالويد هـ٨٠ (Microcrystalline wax Cosmolloid 80H). وهو من أنواع الشموع الجيدة التي تعطي غطاءً واقياً جيداً ذا درجة انكماش منخفضة تتراوح بين ٩-١٠٪ (Horie, 1987: 85).
- وبعد وضع طبقة من هذا الطلاء الواقي تم تسخين التمثال عند درجة ٦٥م° للتأكد من توغل الشمع إلى كافة المناطق الضعيفة والغائرة والتخلص من الزائد منه عن طريق مسح التمثال بقماش "الشاش" ليمتص الزائد من الشمع السائل. وبعد عملية الجفاف تم صقل التمثال بقطع من الصوف الناعم، ليصبح التمثال جاهزاً للعرض (Ghoneim, 2007: 62-71) (اللوحة رقم ١٥).



اللوحة رقم (١٥). توضح مستويات الترميم من البداية حتى آخر مرحلة من مراحل الترميم.

(٤) النتائج

عادة ما تكون الآثار المعدنية المستخرجة من المواقع الأثرية في حالة شديدة من التآكل والتلف؛ نتيجة طول مدة بقائها مدفونة في التربة، ونتيجة تعرضها الطويل للأيونات المتلفة في التربة من أملاح، ومياه، وغازات وغيرها من عوامل ومسببات التلف.

وجميعها تؤدي إلى تغطيها بطبقات من نواتج الصدأ المختلطة ببقايا التربة وعوالقها، والتي تجعل من هذه المركبات طبقات متماسكة ومتكلسة ليس من السهل إزالتها. وجميع ما سبق قد أدى بالتمثال موضوع البحث إلى ما وصل إليه من حالة، وهو الأمر الذي تطلب تنظيفه وعلاجه وصيانته وتخليصه مما يشوه شكله ويغطي تفاصيله ولكي تظهر قيمته الأثرية والتاريخية والتقنية. ولقد حرص الباحث في معالجة هذا التمثال على اتباع الطرق العلمية السليمة في مختلف مراحل المعالجة، بداية من مرحلة التسجيل والتوثيق، ومرحلة الفحص والتحليل، التي من خلالها أمكن الوقوف على طبيعة ونوعية تركيبه الدقيق وأنه من سبيكة البرونز، ومدى ما أصابه من تلف وطبيعة هذا التلف، والعوامل التي أدت إليه، وتحديد مركبات الصدأ المتكونة عليه وتكوينها وطبيعتها، وهو ما ساعد في اختيار أنسب المواد والطرق في علاجه وصيانته، حيث تم تشخيص حالة الأثر بشكل دقيق وتم وضع خطة العلاج المناسبة التي شملت الإجراءات التي تكفل تنظيفه وتقويته وعزله عن الوسط المتلف ووقايته من التلف المستقبلي، وشملت هذه الإجراءات التنظيف الميكانيكي ثم الكيميائي وأخيراً تقويته وعزله. وفي النهاية أصبح التمثال جاهزاً تماماً للعرض أو التخزين المتحفي، والاستفادة العلمية والتاريخية منه، هو الهدف الأساس من هذا البحث.

شكر وتقدير

يتقدم الباحث بالشكر الجزيل للهيئة العامة للسياحة والآثار ممثلة في سعادة الدكتور عوض بن علي السبالي الزهراني الذي أتاح للباحث فرصة معالجة هذا التمثال. كما يتقدم الباحث بالشكر الجزيل لمركز البحوث في كلية العلوم – جامعة الملك سعود الذي قام بفحص وتحليل عينات التمثال.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

الأنصاري، عبد الرحمن الطيب؛ المريح، صالح بن محمد جابر، *نجران (منطلق القوافل)، سلسلة قرى ظاهرة على طريق البخور*. الرياض – دار القوافل للنشر والتوزيع، ١٤٢٤هـ.

بن جريس، غيثان بن علي، *نجران دراسة تاريخية حضارية (ق ١ – ق ٤هـ/ ق ٧ – ق ١٠م)* الجزء الأول، الطبعة الأولى، الرياض. الناشر مكتبات العبيكان، ١٤٢٥هـ.

المزروع، حميد، *دراسة لمشغولات فنية من موقع الأخدود بنجران*. أدوماتو. العدد الثالث. ١٤٢١هـ: ٤١–٤٦.

زارينس، يوريس؛ مراد، عبد الجواد؛ اليعيش، خالد، التقرير المبدئي عن مسح المنطقة الجنوبية الغربية. أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد الخامس. ١٤٠١هـ: ٥–٣٦.

زارينس، يوريس؛ كباوي، عبد الرحمن؛ مراد، عبد الجواد؛ رشاد، سيد، تقرير مبدئي عن مسح وتنقيب نجران/ الأخدود. أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد السابع. ١٤٠٣هـ: ٢١–٤٠.

الزهراني، عوض بن علي السبالي؛ المشاري، سعد بن محمد؛ النفيسة، عبد العزيز؛ اليحيى، عبد العزيز؛ البسيوني، عبد العزيز، تقرير مبدئي عن حفرية

الأخدود بمنطقة نجران الموسم الثاني. أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد السادس عشر. ١٤٢١هـ: ١٣-٣٥.

الزهراني، عوض بن علي السبالي؛ المشاري، سعد؛ الحماد، عبد العزيز؛ العمري، عبد العزيز؛ الزهراني، خالد؛ اليحيى، عبد العزيز، تقرير مبدئي عن حفرية الأخدود بمنطقة نجران الموسم الثالث. أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد السابع عشر. ١٤٢٣هـ: ١٣-٢٨.

الزهراني، عوض بن علي السبالي؛ المشاري، سعد؛ الحماد، عبد العزيز؛ اليحيى، عبد العزيز؛ الحافي، خالد؛ الحمود، محمد؛ الدوسري، عايد، تقرير مبدئي عن حفرية الأخدود بمنطقة نجران الموسم الرابع. أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد الثامن عشر. ١٤٢٦هـ: ١١-٣٣.

الزهراني، عوض بن علي السبالي؛ المشاري، سعد بن محمد؛ الحماد، عبد العزيز بن إبراهيم؛ الحافي، خالد بن عايض؛ الحمود، محمد بن سعود؛ باسمبل، عبد الله بن سالم؛ الفيفي، هادي بن علي، تقرير مبدئي عن حفرية الأخدود بمنطقة نجران الموسم الخامس. أطلال، حولية الآثار العربية السعودية، العدد التاسع عشر. ١٤٢٧هـ: ١١-٣٣.

الشريف، عبد الرحمن صادق، جغرافية المملكة العربية السعودية - إقليم جنوب غرب المملكة، الجزء الثاني، الرياض، ١٤٠٤هـ.

العتيبي، محمد بن سلطان، التنظيمات والمعارك الحربية في سبأ من خلال النصوص منذ القرن السادس قبل الميلاد وحتى القرن السادس الميلادي. الطبعة الأولى، الرياض وزارة التربية والتعليم، وكالة الآثار والمتاحف، ١٤٢٧هـ.

علي، جواد، المفصل في تاريخ العرب قبل الإسلام. الطبعة الثالثة. الجزء الثاني. دار العلم للملايين. بيروت - لبنان، ١٩٨٠م.

غنيم، محمد أبو الفتوح، دراسة علمية وتطبيقية في علاج وصيانة العملات الأثرية المعدنية. وزارة الثقافية - المجلس الأعلى للآثار. جمهورية مصر العربية، (٢٠٠٨م).

القيسي، باهرة عبد الستار أحمد، معالجة وصيانة الآثار، دراسة ميدانية. المؤسسة العامة للآثار والتراث، الجمهورية العراقية، بغداد، ١٩٨١م.

كرونين ج. أم؛ روبنسون و. س.، أساسيات ترميم الآثار، ترجمة عبد الناصر الزهراني، جامعة الملك سعود، ١٤٢٧هـ.

الوليعي، عبد الله بن ناصر، جيولوجية جيومورفولوجية المملكة العربية السعودية (أشكال سطح الأرض)، الطبعة الثانية، الرياض، ١٤١٧هـ.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Agrawal, O. P. science in service of art , archaeology and conservation, ICCROM, ROME, 1985.

Al-Ghabban, et al., Roads of Arabia, Archaeology and History of the Kingdom of Saudi Arabia. Somogy Art Pubishers, 2010.

Duane, M. R., and Robert. R., X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, Oxford, New York University, 1989.

Fatma M., Helmi,. Abeer G., Study, Treatment and Restoration of Two Silver Crowns 300 – 600 AD, Egyptian Museum, Cairo., [IN]3rd International Conference on Science and Technology in Archaeology and Conservation., Jordan, 2004. pp. 311-317.

Lakhtin, Y., Engineering Physical Metallurgy, Mir publishers, Moscow, 1971.

Moncrief, A., and Weaver, G., Cleaning, Science for Conservators, Book 2, Crafts Council Conservation science Teaching Series, 1983.

Plenderleith J. H and Werner E. A., The Conservation of Antiquities and Works of Art Treatment Repair and Restoration., 2nd Edition, London, 1971.

Shrier, L. L. et al., Corrosion 1, 2, Butterworths Heinemann Metal Environment Reactions, Third Edition, Great Britian, 1994.

Stuart, Barbara. 2007, Analytical Techniques in Materials Conservation. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, England.

Weisser, T. D., Metal Objects, The national Committee to some American's Cultural Collection, New York, 1992, p.11.

Fontana, M. G., Corrosion Engineering, McGraw-Hill Book Company, Third Edition, U.S.A., New York, 1986.

Gettens, R. J., Mineral alteration products of ancient metal objects, In *Recent advances in conservation*, London, Butterworths, 1963.

Ghoneim, M., Conservation of a Monument outdoor Bronze Sculpture: Linde's Statue in Torun, Poland. [IN] the 3rd international Conference and workshop on Conservation and Restoration " Restoration Science Fundamentals, Between Rooting and Rejection" Faculty of Fine Arts, Minia University, 2007 pp. 62-71.

Horie, C.V., Materials for Conservation, Butterworth, London, 1987, p.85

Jedrejewska, H., A Corroded Egyptian Bronze, Cleaning and Discoveries, [IN:] Studies in Conservation, Vol.22, 1977, p.102.

Conservation of an Archaeological Metal Artefact from Al-Ukhdud, Najran – KSA

Abdulnaser A. Al Zahrani

Associate Professor of Conservation of Archaeology, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

naserz@ksu.edu.sa

(Received 10/8/1432H/ Accepted for publication 15/9/1432H)

***Keywords*:** Najran, restoration, metals, Alukhdud

Abstract. The excavation of Al-Ukhdud in Najran revealed an archaeological artifact covered with a hard concretion layer that made difficult to be identified from its outer shape. The researcher used many modern techniques for its documentation, such as X-ray Radiography, and different methods of analysis and examination to know its nature, identify its composition as compounds or elements. These was done by using X-Ray Diffraction "XRD" analysis method to identify its compounds, Scanning Electron Microscope "SEM" for examination, and Atomic Absorption Analysis "AAS" to identify its elements. These examination and analysis methods helped to put the restoration and conservation plan and choose the selected materials and methods. The aim of this plan is to stop the corrosion that attacked the object, conservation and protecting it against any further attack. This plan included using mechanical and chemical cleaning, followed by consolidation and insulation it as a preventive way against further deterioration.