علاج مجموعة من عملات "كنز نجران" وصيانتها، المتحف الوطني بالرياض(*)

أ. د. عبد الناصر بن عبد الرحمن الزهراني
قسم إدارة موارد التراث - كلية السياحة والآثار - جامعة الملك سعود
د. محمد أبو الفتوح غنيم
قسم الترميم - كلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا

منذ أن اخترع الليديون(١) أول عملة نقدية في القرن السابع قبل الميلاد(٢)، والعملة تقوم بوظيفتها الأساسية كونها وسيطًا مقبولاً للتبادل(٣).

وتشكّل العملة نوعية مميزة من المواد الأثرية، ولا تشمل أهميتها الأثريين، والمؤرخين، ودارسي علم النمِّيات فحسب؛ بل

(قدم للنشر في ١٤٣٣/٦/٢٩هـ، وقبل للنشر في ١٤٣٤/٣/١هـ).

(*) يتقدم الباحثان بالشكر والتقدير إلى الدكتور عوض الزهراني مدير عام المتاحف بهيئة السياحة والآثار بالمملكة العربية السعودية على ما قدمه من تسهيلات في سبيل إجراء الجانب التطبيقي من البحث، كما يتقدمان بالشكر لمركز البحوث بكلية العلوم، جامعة الملك سعود، حيث أجريت الفحوص والتحاليل الخاصة بالبحث.

(١) الليديون: سكان إغريقيون كانوا يقطنون غرب تركيا قديمًا.

(2) Cribb, J., (1986), *Money from Cowrie Shells to Credit Cards,* British Museum Publication, London, 1986, p.21.

(3) Burnett, A., (1991), Coins, British Museum Press, p.18.

لها أهميتها للمهتمين بتاريخ الفن، وباقتصاديات الدول القديمة، وبتقنيات الصناعات المعدنية، وللمرممين أيضًا. فعلى الرغم من صغر حجمها، فهي تمدُّنا بكثير من المعلومات بفضل ما تحمله من نماذج، وصور شخصية للحكام، أو الأباطرة، أو الأرباب، أو المعبودات، مصحوبة بأسمائهم وألقابهم، وما تحمله من نقوش وكتابات، يُستدل من خلالها على معلومات تاريخية مهمة. وقد تحمل صورًا لمبان قد اندثرت، واختفت معالمها، ما كنا لنعرف عناصرها المعمارية دون ظهورها على العملة.

والعملة، باختلاف المواد التي صنعت منها، واختلاف أحجامها، وتباين فئاتها، تعد مقياسًا للمستوى الاقتصادي للدولة التي أصدرتها، من حيث الازدهار أو التدهور. كما كانت مجالاً واسعًا للدعاية السياسية للسلطات الحاكمة، لتداولها الواسع بين طبقات الشعب المختلفة. وكانت بما تحمله من صور ونماذج مرآةً للعقيدة، والفكر الديني في عصرها، كما تلقي الضوء على الأساليب التقنية والفنية في صناعتها وإخراجها(٤).

والعملات، بما يتكون عليها من الباتينا ونواتج الصدأ، أو ما يتراكم عليها من طبقات متكلسة من التربة، قد تكون مدفونة فيها، فتطمس ما عليها من نماذج وكتابات، تشكل تحديًا للمشتغلين بالترميم والصيانة؛ يتمثل في كيفية التوفيق بين اختيار تقنية ومواد العلاج المناسبة لإزالة ما عليها من نواتج صدأ وتكلسات، وكشف ما عليها من تفاصيل النماذج والكتابات دون أن تتعرض للتشوه.

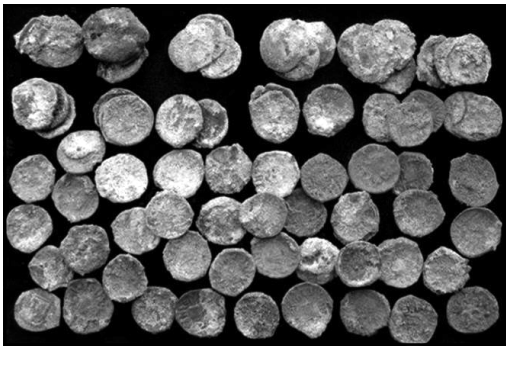
(٤) محمد أبو الفتوح غنيم، **دراسة علمية وتطبيقية في علاج وصيانة العملات الأثرية**، المجلس الأعلى للآثار، القاهرة، ٢٠٠٩م، ص١٣٠.

ومجموعة العملات موضوع الدراسة، وعددها خمسون قطعة (اللوحة رقم١)، كانت ضمن مجموعة من العملات، داخل جرة فخارية متوسطة الحجم عثر عليها في موقع الأخدود بمنطقة نجران جنوب المملكة العربية السعودية (الخريطة رقم١)، خلال موسم الحفائر عام ١٤٣٠هـ/ ٢٠١٠م.

ويهدف هذا البحث إلى علاج مجموعة العملات وتنظيفها، بغرض كشف ما على أسطحها من نماذج ونقوش ذات أهمية تاريخية وفنية، والتعرف إلى مركبات الصدأ المتكونة على سطحها وعلاقتها بظروف التآكل والصدأ، والوقوف على أسبابها؛ حتى يتسنى تجنبها مستقبلاً عند عرضها أو تخزينها، وكذلك التعرف إلى نوعية الفلز أو السبيكة التي صنعت منها، أو الفلزات المكونة للسبيكة، ونسبة هذه المكونات، ومحاولة قراءة ما عليها من نقوش وتفسيرها، مما قد يسهم في تأصيلها تاريخيًا أو تأريخها.

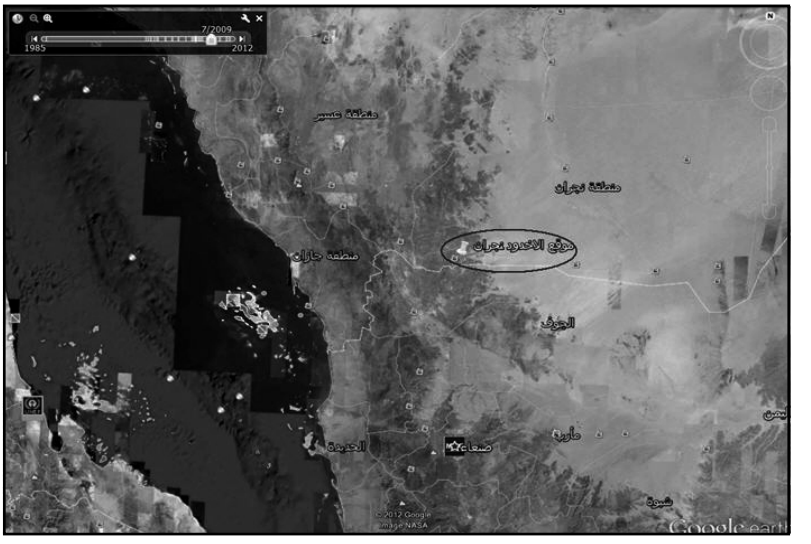
اللوحة رقم (١)

مجموعة العملات موضوع البحث، منها عملات مفردة، وعملات في صورة مجموعات ملتصقة



المصدر: من تصوير الباحثين.

الخريطة رقم (١)
موقع الأخدود بمنطقة نجران جنوب غرب المملكة العربية السعودية
حيث عثر على مجموعة العملات



المصدر: Google earth, 08 October, 2012

مواد الدراسة وطرقها:

اعتمدت الدراسة في البداية على الفحص البصري لمجموعة العملات، وتقييم حالتها، مستعينين في ذلك بالعدسات المكبرة، ثم الفحص المجهري لطبقات الصدأ المتكونة على سطحها باستخدام مجهر ضوئي (Optical Microscope OM)، وكذلك الفحص المجهري باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope SEM) لدراسة طبيعة الباتينا أو نواتج الصدأ، وتحليل نواتج الصدأ باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction XRD)، ثم

تحليل سطح العملات واللب الفلزي لها باستخدام طريقة التحليل الطيفي للطاقة المشتتة (Energy dispersive spec-troscopy EDS) المتصلة بالمجهر الإلكتروني الماسح، لمعرفة التركيب الفلزي للعملات.

ومن خلال نتائج هذه الفحوص والتحاليل أمكن معرفة التركيب الكيميائي لفلزات العملات، وتحديد نواتج الصدأ، والوقوف على أسباب التلف وظروفه، ومن ثم اختيار طريقة العلاج المناسبة، وتطبيق إجراءات الصيانة التي تكفل تحقيق الوقاية المطلوبة، سواء عرضت هذه العملات أم خزنت.

الفحص البصري وتقييم الحالة:

يعتبر الفحص الدقيق وبعناية من الأمور المهمة قبل العلاج، حيث يمكن القائم بالعلاج من التعرف إلى حالة العملات، ومدى ما وصلت إليه من تلف، مما يساعد في اختيار طريقة العلاج المناسبة. ومن خلال الفحص البصري وجدنا أن مجموعة العملات تغطيها طبقة من نواتج الصدأ المختلطة ببقايا وعوالق التربة التي كانت مدفونة فيها. وتتميز نواتج الصدأ باختلاف ألوانها، فمنها اللون الأخضر(الداكن والفاتح)، وهو اللون الغالب على أسطح العملات، ومنها اللون الرمادي المائل للسواد. كما تختلف طبقة الصدأ في الشكل أو الطبيعة، فمنها ما هو في صورة طبقة رقيقة أو سميكة، متماسكة أو هشة. وبعض هذه العملات ملتصقة ببعض في صورة كتلة متماسكة صعب فصلها (سبع حالات)، بينما أغلبها في صورة عملات مفككة أو مفردة، ويتراوح قطر العملة الواحدة بين ٣, ١-٥, ١سم.

ومن خلال فحص حالة العملات وما عليها من نواتج صدأ، أمكن تقسيمها إلى خمس مجموعات، كما يتضح في (اللوحة رقم٢). وهذه المجموعات هي:

المجموعة الأولى (أ): تغطيها طبقة رقيقة من الباتينا، أو ناتج صدأ ذي لون بني معتم، رمادي إلى أسود في بعض المواضع، كما ينتشر عليها ناتج صدأ أخضر اللون في أماكن متفرقة، ويسهل ملاحظة ما عليها من نماذج ونقوش باستخدام عدسة مكبرة.

المجموعة الثانية (ب): تتنوع نواتج الصدأ التي عليها ما بين الأخضر الفاتح، والأخضر الداكن، وما بين السميكة والرقيقة، مختلطة بعوالق تربة الدفن وبقاياها، وتخفي تمامًا ما على العملات من نقوش وكتابات.

المجموعة الثالثة (ج): تغطيها طبقة متماسكة، وصلبة، من ناتج صدأ أخضر داكن في صورة متجانسة، عدا بعض البقع ذات اللون الأخضر الفاتح. هذه الطبقة ليست بالسميكة غير أنها تخفي ما على سطح العملات من نماذج ونقوش، مما يصعب معها ملاحظتها.

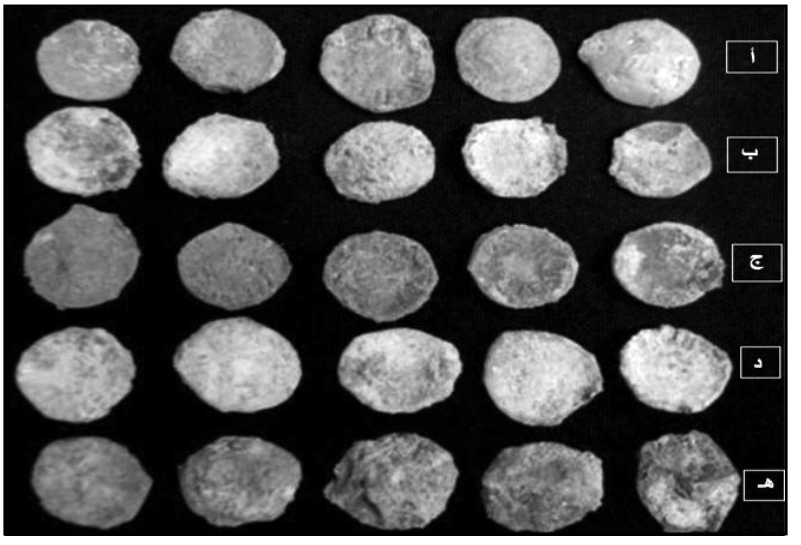
المجموعة الرابعة (د): تغطيها طبقة من ناتج صدأ أخضر فاتح في صورة مسحوق من الخارج، متماسك في العمق، يخفي ما على العملات من تفاصيل.

المجموعة الخامسة (هـ): تغطيها طبقة سميكة وصلبة يغلب عليها اللون الأخضر الداكن، مشوِّهةً للعملات، وتخفي

تمامًا ما عليها من نماذج ونقوش، محولة إياها إلى قطع معدنية سميكة غير متساوية الإطار والأبعاد.

اللوحة رقم (٢)

نماذج من الحالات الخمس للعملات موضوع الدراسة



المصدر: تصوير الباحثين.

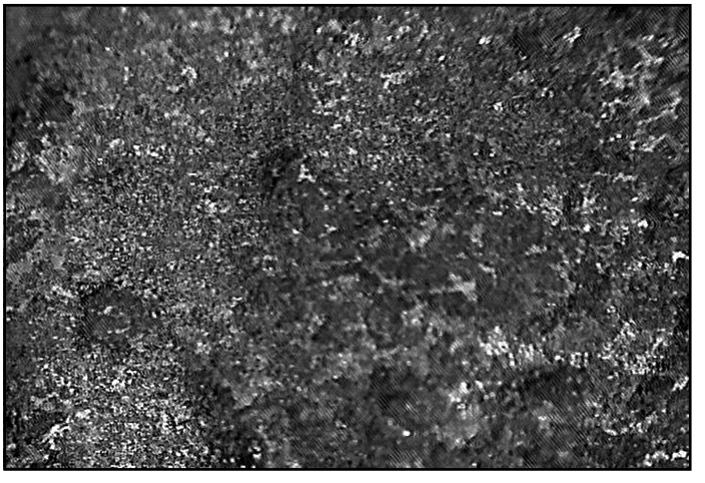
الفحص بالمجهر الضوئي:

استخدم مجهر ضوئي من نوع (Smart -Eye USB Digital Microscope)، عند درجات متفاوتة من التكبير تصل إلى (X150)؛ لفحص طبيعة السطح الظاهري للعملات، وما عليه من نواتج الصدأ، وتحديد طبيعة طبقات الصدأ، وألوانها، ومدى تفاوتها في السمك والشكل على المجموعات الخمس السابقة، وكذلك السطح الخارجي للعملات بعد العلاج،

وذلك من خلال فحص سطح إحدى العملات. وأمكن من خلال هذا الفحص التعرف إلى طبيعة نواتج الصدأ المتكونة على أسطح العملات (اللوحات٣-٨)، وطبيعة سطح العملات بعد العلاج (اللوحة رقم٩).

اللوحة رقم (٣)

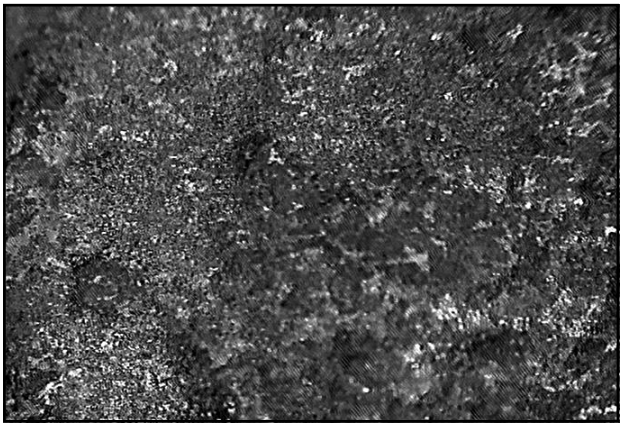
تداخل الباتينا أو ناتج الصدأ ذي اللون الرمادي المائل للسواد مع نواتج الصدأ الخضراء على سطح إحدى عملات المجموعة الأولى (أ)، X55



المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (٤)

اختلاط نواتج الصدأ الخضراء ببقايا التربة التي تخفي تفاصيل السطح لإحدى عملات المجموعة الثانية (ب)، X75



المصدر: تصوير الباحثين.

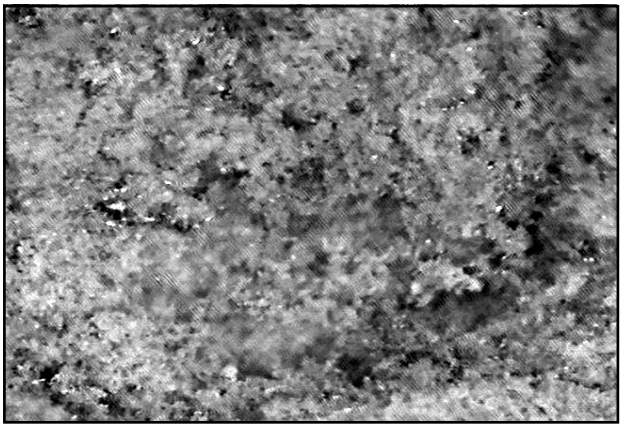
اللوحة رقم (٥)

ناتج صدأ أخضر داكن في صورة متجانسة، يغطي السطح تماماً، يختلط مع ناتج ذي لون أخضر فاتح في بعض المناطق على سطح إحدى عملات المجموعة الثالثة

المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (٦)

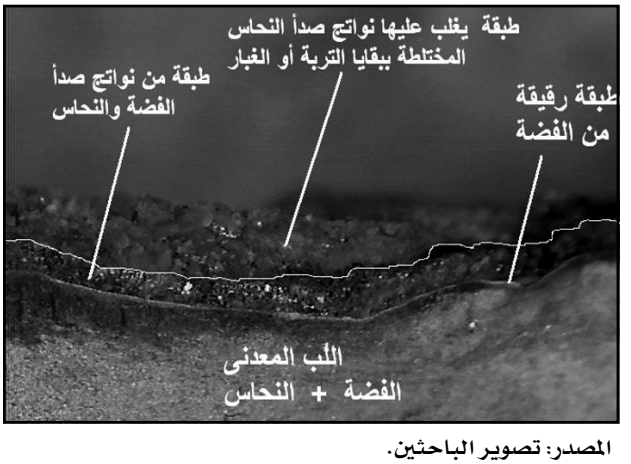
ناتج صدأ أخضر فاتح يميل إلى الشكل الشجري المتشعب ويبدو في صورة هشة، يغطي سطح إحدى عملات المجموعة الرابعة، (د)، X100



المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (٧)

تدرج طبقات الصدأ على سطح إحدى العملات، X150



المصدر: تصوير الباحثين.

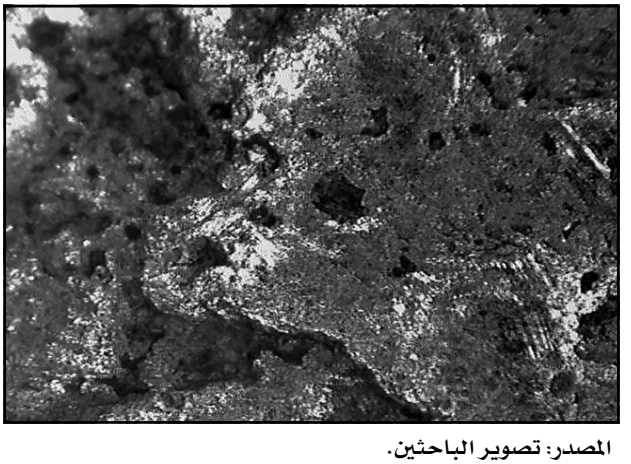
اللوحة رقم (٨)

طبقة سميكة ومتماسكة من ناتج صدأ ذي لون أخضر داكن تغطي سطح إحدى عملات المجموعة الخامسة (هـ)، X75

المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (٩)

سطح إحدى العملات بعد العلاج، يتضح تركز طبقة من الفضة على السطح، تتخللها بؤر التآكل وحفرة، X150



المصدر: تصوير الباحثين.

التحليل بحيود الأشعة السينية:

استخدمت تقنية التحليل بحيود الأشعة السينية (X-ray diffraction analysis) للتعرف إلى نوعية مركبات الصدأ المتكونة على أسطح العملات. وهي من الطرق الشائع استخدامها في هذا المجال[٥][٦][٧]. وتفيد نتائجها في تحديد ظروف الدفن، وأسباب أو عوامل الصدأ والتآكل، بل تجنب هذه الظروف المتلفة بعد العلاج، في حالة العرض أو التخزين. كما يمكن الاهتداء إلى التركيب الفلزي للعملات من خلال نتائج هذا التحليل؛ لأن نواتج الصدأ، يمكن أن تكون هي الدليل المتاح في حالة تعذر تحليل اللُّب المعدني للعملات، أو أخذ عينات منها[٨]، أو قد يكون دليلاً مساعدًا في ذلك، إضافةً إلى أن

(5) Schreiner, M., Frühmann, B., Jembrih-Simbürger, D., Linke, R., (2004), *X-Rays In Art And Archaeology-An Overview*, Jcpds - International Centre for Diffraction Data, Advances in X-ray Analysis, Volume 47.

(6) Ingo, G.M., Angelini, E., de Caro, T., Bultrini, G., Calliari, I., (2004), Combined use of GDOES, SEM-EDS, XRD and OM for the microchemical study of the corrosion products on archaeological bronzes, Applied Physics. *A, Materials Science & Processing*, 79, pp. 199-204.

(7) Velraj, G., Sudha, R., Hemamalini, R., (2010), X-Ray Diffraction and Tg-Dta Studies Of Archaeological Artifacts Recently Excavated In Salamankuppam Tamilnadu, *Recent Research in Science and Technology*, 2(10): pp. 89-93.

(8) Floyd Brown, B., et al., (1977), *Corrosion and Metal Artifacts, A Dialogue Between Conservators and Archaeologists and Corrosion Scientists*, Belgian Center for Corrosion Study, p.20.

معرفة التركيب الكيميائي لهذه المركبات يمكن أن يساعد في اختيار طريقة العلاج المناسبة أو المواد المستخدمة فيها.

ولقد أخذت خمس عينات عن أسطح العملات في صورة مسحوق، روعي أن تمثل كل نواتج الصدأ الموجودة على المجموعات الخمس الممثلة لمجموعة العملات، وحُلِّلَتْ بطريقة حيود الأشعة السينية باستخدام جهاز (Ultima IV multipur-pose X-ray diffraction system)، وكانت ظروف التشغيل (40 kV/40 mA)، والقطب المستخدم في أنبوية تشغيل الجهاز من النحاس Cu، وكانت زاوية البدء ٥ (°٢٠) بينما كانت زاوية الختام٧٠ (°٢٠).

وتتضح مركبات الصدأ التي تم تحديدها ونتائج التحليل لهذه العينات في الجدول رقم (١)، وفي الأشكال من (١-٥).

الجدول رقم (١)

مركبات نواتج الصدأ التي حددت على أسطح العملات من خلال التحليل بحيود الأشعة السينية (XRD)

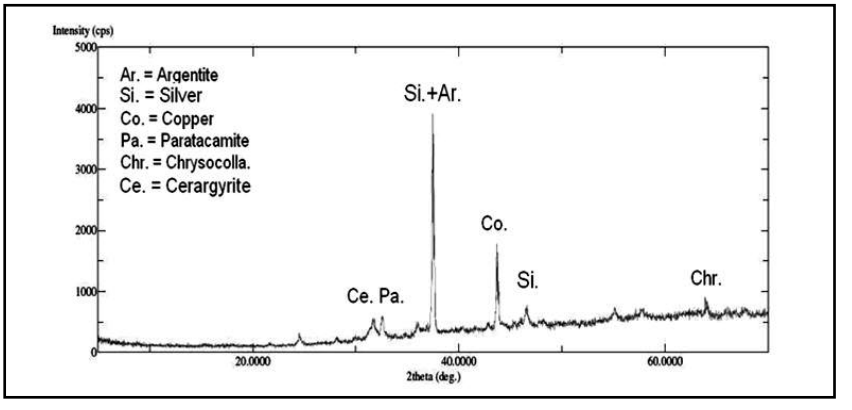
رقم	اسم المركب	التركيب الكيميائي	رقم الجدول
١	أتاكميت Atacamite	$Cu_2(OH)_3Cl$	2-0146
٢	أرجنتيت Argentite	αAg_2S	4-0774
٣	بروكانتيت Brochantite	$Cu_4SO_4(OH)_6$	13-0398
٤	باراتاكميت Parartacamite	$Cu_2(OH)_3Cl$	15-0694
٥	برروميريت Bromyrite	AgBr	6-0438
٦	دايوبتيز Dioptase	$CuSiO_3.H_2O$	7-0172

تابع - الجدول رقم (١)

رقم	اسم المركب	التركيب الكيميائي	رقم الجدول
٧	ديجورلايت Djurleite	$Cu_{31}S_{16}$	15-0157
٨	فضة Silver	Ag	4-0783
٩	كالكوسيت Chalcocite	Cu_2S	12-0227
١٠	كالكوسيت Chalcocite	Cu_2S	9-0328
١١	كريزوكولا Chrysocolla	$CuSiO_3.H_2O$	11-0322
١٢	كوارتز Quartz	SiO_2	46-1045
١٣	كوبروريفيت Cuprorivaite	$CaCuSi_4O_{10}$	12-0512
١٤	سيرارجيريت Ceraragyrite	AgCl	6-0480
١٥	ملاكيت Malachite	$Cu_2CO_3(OH)$	10-0399
١٦	نحاس Copper	Cu	4-0836

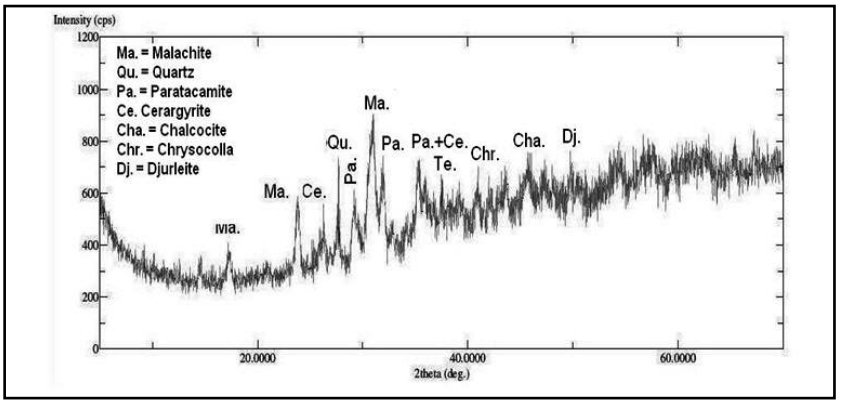
الشكل رقم (١)

نمط حيود الأشعة السينية للعينة الأولى المأخوذة من سطح إحدى عملات المجموعة الأولى (أ)



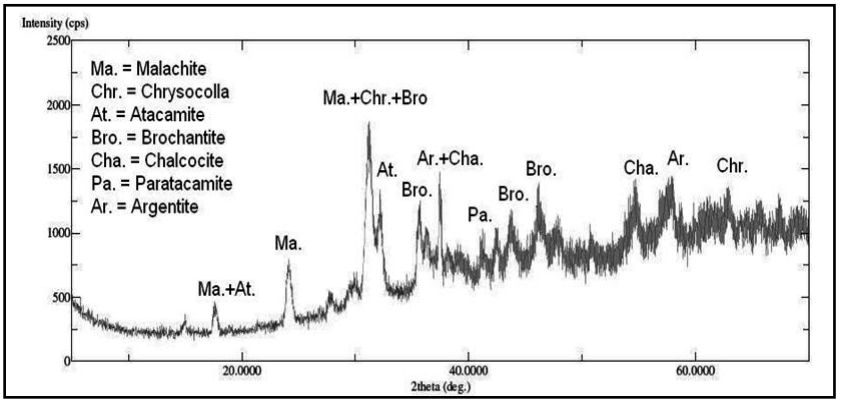
الشكل رقم (٢)

نمط حيود الأشعة السينية للعينة الثانية المأخوذة من سطح إحدى عملات المجموعة الثانية (ب)



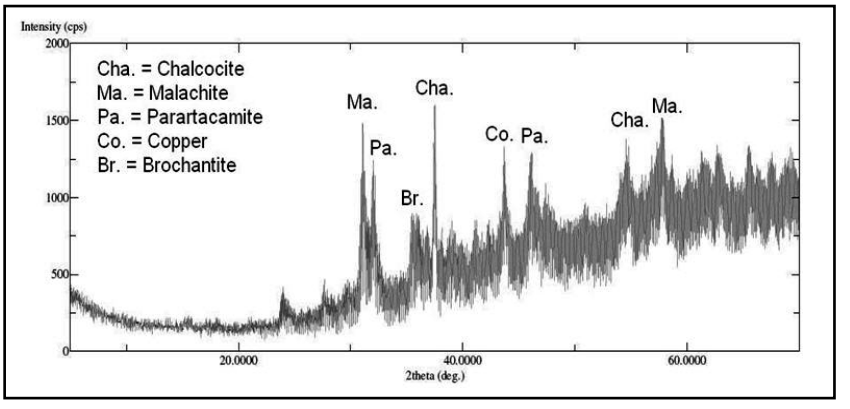
الشكل رقم (٣)

نمط حيود الأشعة السينية للعينة الثالثة المأخوذة من سطح إحدى عملات المجموعة الثالثة (ج)



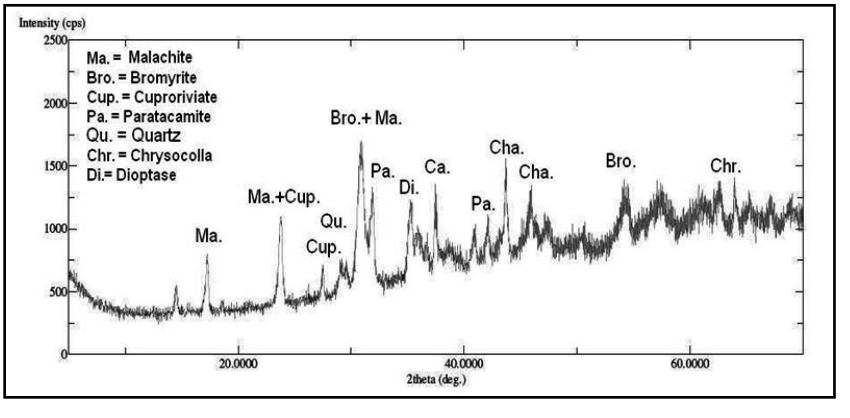
الشكل رقم (٤)

نمط حيود الأشعة السينية للعينة الرابعة المأخوذة من سطح إحدى عملات المجموعة الرابعة (د)



الشكل رقم (٥)

نمط حيود الأشعة السينية للعينة الخامسة المأخوذة من سطح إحدى عملات المجموعة الخامسة (هـ)



العلاج والصيانة:

تشمل الطرق المتبعة في علاج الآثار المعدنية وصيانتها، بشكل عام، التنظيف اليدوي أو الميكانيكي، والتنظيف الكيميائي، وطرق الاختزال الكهربي، والاختزال بالبلازما والتنظيف بالليزر وغيرها من طرق التنظيف. إضافةً إلى التقوية والعزل، والاستكمال. والحالة الأخيرة نادراً ما نحتاج إليها في حالة العملات الأثرية[٩].

وتفضل طرق التنظيف اليدوية، أو الميكانيكية، عن التنظيف الكيميائي، في إزالة نواتج الصدأ والتكلسات التي توجد على أسطح الآثار المعدنية بوجه عام[١٠]. وفي حالة العملات، ولأن الهدف الرئيس هو كشف ما عليها من تفاصيل للنماذج والكتابات، عادة ما يفضل التنظيف الكيميائي، لما له من قدرة على إذابة نواتج الصدأ والتكلسات الموجودة على أسطح العملات دون أن تتعرض تفاصيل العملات لأية أضرار قد تحدث عند استخدام التنظيف الميكانيكي، مثل: خدش السطح، أو تشويه وطمس ما عليه من نماذج وكتابات، أو ما قد تتعرض له من كسر أو تفتت، إذا كانت هشة أو ضعيفة، أو متحولة تمامًا إلى نواتج صدأ. إضافةً إلى ذلك، يمكن قبول العلاج الكيميائي إذا كان حجم

(9)Seeley, N. J., (1978), *Aims and Limitations in the Conservation of coins, Numismatics and Conservation*, Proceedings of a seminar held in November, University of Durham, UK, 1978, pp.5-9.

(١٠) محمد أبو الفتوح محمود غنيم، المصدر السابق، ص١٣٠.

العملة وسمكها، ونسيج طبقات الصدأ، لا يسمح بالتنظيف الميكانيكي لها خشية حدوث تلف أو ضرر للعملة وما عليها من تفاصيل.

والعملات موضوع البحث صغيرة الحجم، قليلة السمك، الأمر الذي لا يسهل معه التحكم فيها في أثناء التنظيف، كما أن نسيج الصدأ عليها يتميز بوجود طبقات غير سميكة، أغلبها متجانسة، ومتماسكة. ولهذا فضّلنا التنظيف الكيميائي في علاج هذه المجموعة من العملات؛ للأسباب السابقة, ولأنه يعدّ وسيلة فاعلةً في تنظيف العملات كثيرة العدد متشابهة الحالة، كما في حالة اللقى أو الخبيئات[١١]، وينطبق هذا على الحالة موضوع الدراسة.

ولقد استبعد العلاج بالاختزال الكهربي؛ بسبب ما قد يتكون على سطح العملات من تراكم، أو ترسب لفيلم فلزي ناتج عن عملية الترسيب المصاحبة للاختزال، قد يؤدي إلى طمس تفاصيل السطح، كذلك ما قد يحدث من تقشر أو انفصال للطبقة السطحية التي تحتفظ ببعض تفاصيل السطح لبعض العملات؛ نتيجة انبعاث غاز الهيدروجين من العملات في أثناء الاختزال[١٢].

ولا تحتفظ نواتج الصدأ المتكونة على أسطح هذه العملات جميعها بأية تفاصيل مما عليها من نقوش أو نماذج، مما يدل

(11) Ganiaris, H., (1998), *Reduction with gain: the treatment of excavated silver coins with alkaline dithionite*, Archetype Publications, pp.24-34.

(12) Seeley, N. J., Op.Cit., p.6.

على أنها في حالة غير متحولة تماماً إلى نواتج صدأ، وأن هذه النماذج أو النقوش تخفيها طبقات الصدأ المتكونة عليها، ويستلزم الأمر نزعها، أو إزالتها، حتى يمكن كشف تفاصيل السطح، وهذا يرجِّح أفضلية استخدام إحدى طرق النزع في علاجها.

وبناءً على ما سبق، فقد استخدم العلاج الكيميائي المصحوب بالتنظيف اليدوي باستخدام فرشاة من النايلون، كأداة مساعدة خلال مراحل العلاج، وشملت خطوات العلاج ما يلي:

- النقع في الماء لإذابة ما يمكن إذابته من نواتج الصدأ وبقايا التربة، وهو من طرق العلاج الفعالة[١٣]، غير أنها تتطلب وقتاً طويلاً مع بعض مركبات الصدأ ذات معدل التحلل البطيء[١٤][١٥]. وقد صاحب هذا النقع الاستخدام المتكرر لفرشاة من النايلون للمساعدة في إزالة النواتج المذابة وترسيبها في حوض الغسيل.

(13) Gilberg, M., (1988), *History of bronze disease and its treatment, Early advances in conservation*, British Museum occasional paper 65. London: British Museum, p.66.

(14) Macleod, I.D., (1981), Bronze disease an electrochemical explanation; *ICCM Bulletin*, 7, pp.16-26.

(15) Macleod, I.D., (1987), Conservation of Corroded Copper Alloys, a comparison of new and Traditional methods for removing Chloride ions, [IN:] *studies in conservation, 32,* pp.25-40.

- الغمر في حمامات متتالية من محلول ملح روشيل[١٦]؛ لإزالة مركبات النحاسيك عن أسطح العملات. وقد حُضِّر بإذابة (٥٠٠جم) من هيدروكسيد الصوديوم [NaOH] في لتر ماء بارد، ثم إضافة (١٥٠جم) من ملح روشيل (ترترات الصوديوم والبوتاسيوم) في هذا المحلول. وشمل العلاج غمر العملات في المحلول حتى أذيبت مركبات النحاسيك، وتحول المحلول إلى اللون الأزرق. وغُيِّر المحلول من فترة لأخرى حتى توقف تلونه باللون الأزرق. وقد أضيف فوق أكسيد الهيدروجين [H_2O_2] إلى المحلول، حيث تتأكسد مركبات النحاسوز إلى مركبات نحاسيك تسهل إذابتها وإزالتها[١٧]. وتم ذلك بمساعدة التنظيف الميكانيكي اللطيف باستخدام فرشاة من ألياف زجاجية، وأعواد خشبية رفيعة مبللة بالماء، لإزالة ما يمكن أن يتبقى من نواتج الصدأ بين النقوش أو الكتابات على أسطح العملات، مع الاستعانة بالعدسات المكبرة لفحص العملات خلال ذلك. وقد نجح هذا المحلول في إزالة مركبات النحاس الخضراء المتكونة على أسطح العملات المفككة غير الملتصقة، أما العملات الملتصقة فقد نقعت لمدة ٣٠ دقيقة في محلول ١٠٪ من

(16) Merk, L. E., (1981), The Effectiveness of Benzotriazole in the Inhibition of the corrosive behavior of Stripping Reagents on Bronze, [IN:] *Studies In Conservation, 26*, pp.73-76.

(17) Plenderleith H. J., and A. E. A., Werner, (1971), *The Conservation of Antiquities and Works of Art, Revised Edition*, Oxford University Press, P.247.

حمض الفورميك [HCOOH]، حيث نجح هذا المحلول في فصل العملات الملتصقة، إضافة الى تأثيره في إزالة مركبات النحاسيك دون أن يؤثر في كلوريد الفضة أو الفضة في العملات(١٨).

- أعقب هذه المرحلة الغسيل الجيد بالماء المقطر، ثم الغمر في محلول ١٥٪ من ثيوسلفات الأمونيوم Ammonium thiosulfate $(NH_4)[S_2O_3]$ لمدة ساعة لإزالة كلوريد الفضة(١٩)(٢٠)، المترسب على السطح في صورة طبقة رمادية اللون. ثم تلاه الغسيل المتكرر في حمامات من الماء المقطر الساخن لإزالة بقايا الأيونات القلوية أو الحمضية المتخلفة عن العلاج الكيميائي. ثم التجفيف في حمامات من الإيثر(Ether)؛ لإزالة أية جزيئات متخلفة من الغسيل بالماء، ثم (دعك أو فرك) العملات بمسحوق الخشب الناعم (نشارة) للتجفيف، وفي النهاية مسح العملات بقطعة نظيفة من القطن الناعم.

- وبعد التجفيف طُليت أسطح العملات بطبقة رقيقة من محلول ٣٪ من البارالويد B44، لما يتميز به من المرونة،

(18) Organ, R. M., (1963), The Examination and Treatment of Bronze Antiquities. In *Recent Advances in Conservation*, edited by G. Thomson, Butterworth, London, pp.104-110.

(١٩) كرونين وروبنسون، ترجمة عبد الناصر الزهراني، (٢٠٠٦م)، **أساسيات ترميم الآثار**، جامعة الملك سعود، ص٣٤٨.

(20) Stambolov, T., (1985), *The Corrosion and Conservation of Metallic Antiquities and Works of Art*, Amsterdam, Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, p.158.

وقوة اللصق، ولأنه لا يعطي لمعةً للسطح، كما أنه يتحمل درجات الحرارة العالية، فالمعروف أن درجة التحول الزجاجي له Tg 60[٢١]، ومن ثم فهو أنسب للظروف الجوية في المملكة العربية السعودية.

كانت أغلب مجموعة العملات بعد العلاج والصيانة في حالة جيدة تسمح بتمييز ما عليها من تفاصيل بدقة، حيث كشف تمامًا عما على أسطحها من نماذج وكتابات، مما سيساعد في الكشف عن هويتها وتأصيلها تاريخيًا (اللوحة رقم١٠). غير أن ٦ عملات منها، كانت تفتقد لأجزاء منها (اللوحة رقم١١)، و(٦ عملات) أخرى قد تعرضت لحالة شديدة من التآكل أدى الى تحولها الى كتلة متآكلة غير مميزة الملامح والتفاصيل (اللوحة رقم١٢).

(21) Chapman, S., & d. Mason, (2003) literature Review: the Use of Paralloid B-72 as a Surface Consolidant for Stained Glass, *JAIC 42*, p.386.

اللوحة رقم (١٠)

عدد من العملات بعد العلاج يتضح ما على أسطحها من تفاصيل

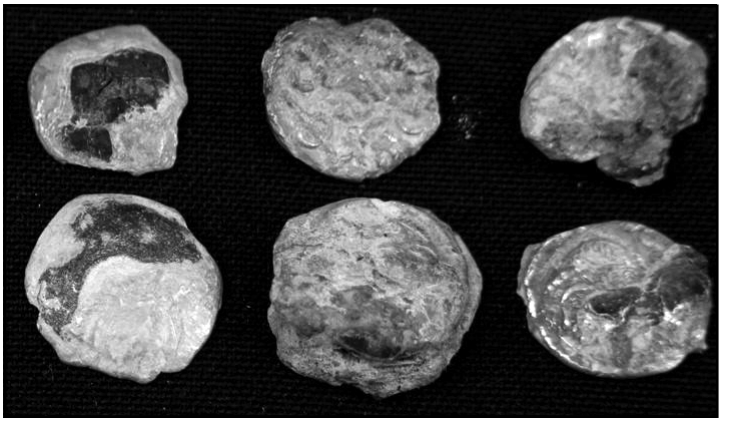
المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (١١)

عملات تفتقد جزءاً منها، نتيجة التعرض للتآكل الشديد طوال فترة الدفن

المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (١٢)
عملات تعرضت للتآكل الشديد ولا يمكن تمييز ملامحها.



المصدر: تصوير الباحثين.

وتحتوي أوجه أغلب العملات على صور شخصية محاطة بكتابات أو نقوش، بينما تحتفظ بصورة شخصية فقط دون نقوش أو كتابات على خلفياتها. بعض صور الخلفيات محاطة بإكليل أو إطار دائري يحتوي أحياناً على نقوش أو كتابات، وبعضها الآخر بدونه (اللوحة رقم١٣). وعلى الرغم من الحالة الجيدة التي تبدو عليها نماذج أوجه العملات ونقوشها بعد علاجها، إلا أن نماذج خلفيات بعضها في حالة جيدة، ويمكن تمييز ملامحها وتفاصيلها (اللوحة رقم١٣)، وبعضها متوسط الحالة (اللوحة رقم١٤)، وبعضها الآخر مطموس ما عليها تمامًا، حيث يصعب تمييز ما عليها من نماذج (اللوحة رقم١٥).

اللوحة رقم (١٣)

خلفيات بعض العملات في حالة جيدة يمكن تمييز ملامحها وما عليها بدقة

المصدر: تصوير الباحثين.

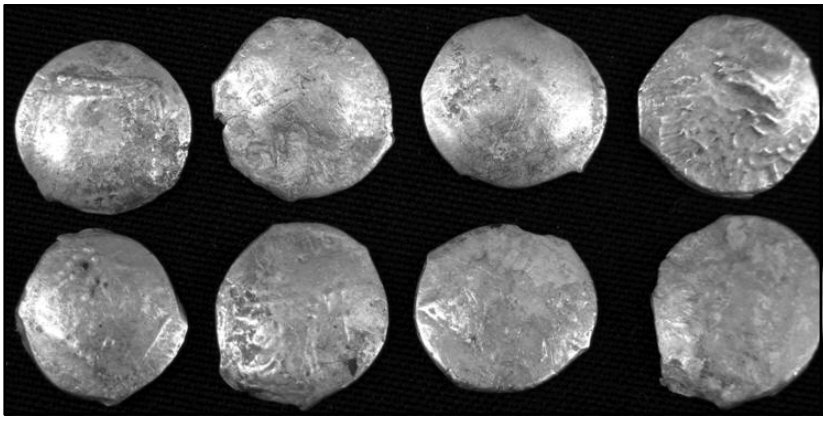
اللوحة رقم (١٤)

خلفيات بعض العملات في حالة متوسطة حيث يلاحظ التآكل في بعض الأماكن

المصدر: تصوير الباحثين.

اللوحة رقم (١٥)

خلفيات بعض العملات في حالة سيئة لا يمكن تمييز ما عليها من تفاصيل



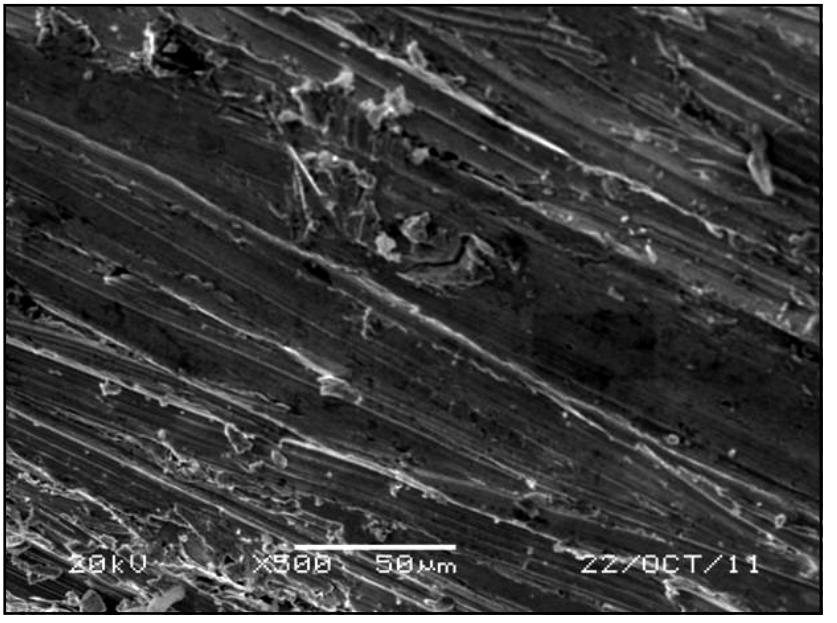
المصدر: تصوير الباحثين.

التعرف إلى التركيب الفلزي:

فحصت وحللت عينة، وهي كسرة من إحدى العملات ذات مقطع عرضي، باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح من نوعية (JSM-6380 LA instrument) المتصل بوحدة للتحليل بمطياف الطاقة المشتتة (EDS Energy dispersive spec-troscopy)، وكانت ظروف التشغيل ٣٠ kV. لفحص اللب الفلزي للعينة المذكورة وتحليله، كما فحص وحلل سطح إحدى العملات بعد العلاج، للوقوف على طبيعة السطح وتركيبه الفلزي. وتتضح نتائج الفحص والتحليل في اللوحات من ١٦-١٨، وفي الأشكال من٦-٨.

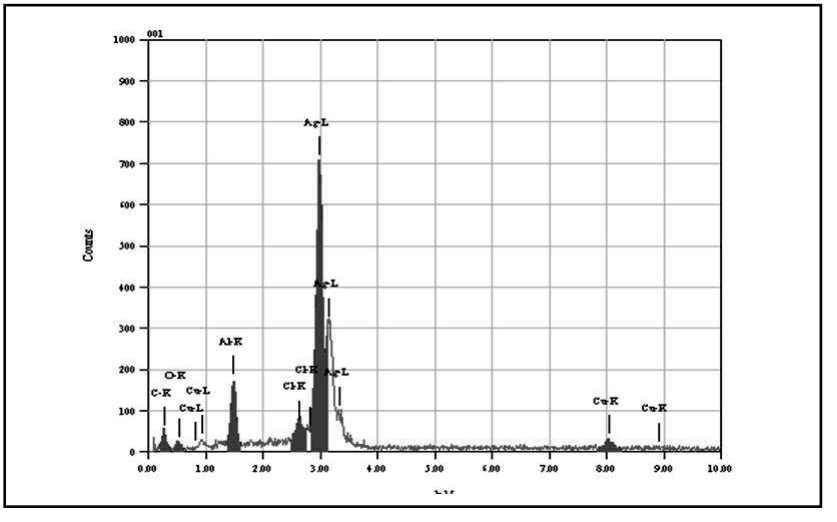
اللوحة رقم (١٦)

صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح للُّب الفلزي لإحدى العملات، توضح وجود تآكل في بعض الأماكن به



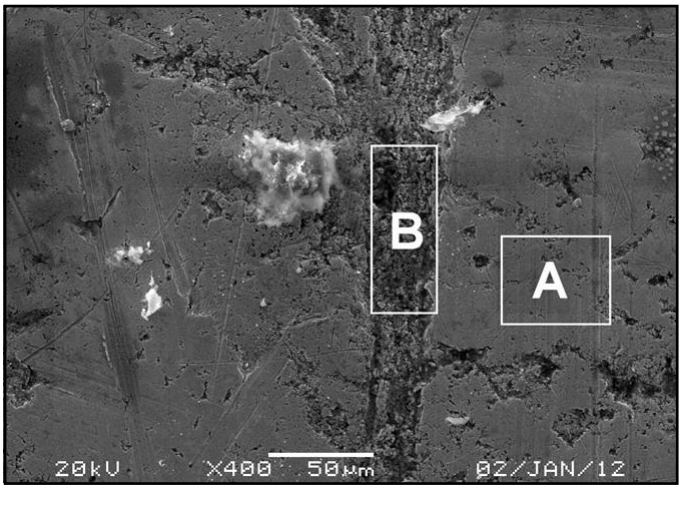
الشكل رقم (٦)

نتائج التحليل بالـEDS للعينة، يتضح وجود الفضة بنسبة غالبة

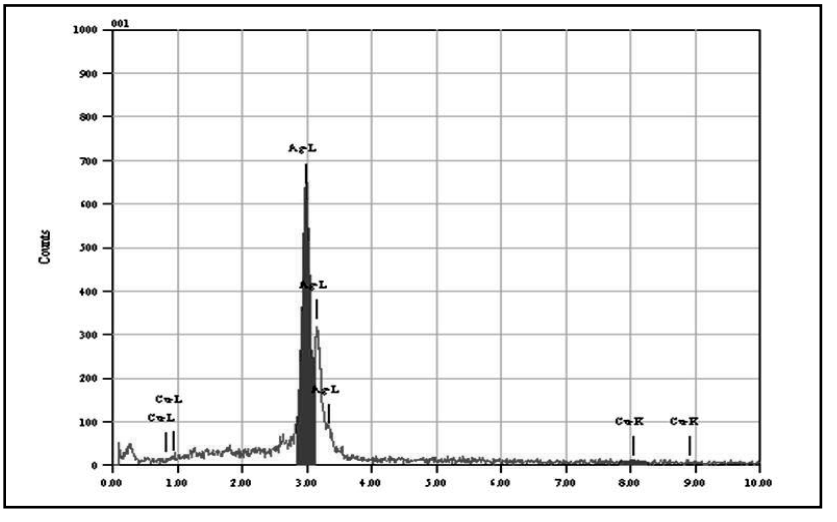


اللوحة رقم (١٧)

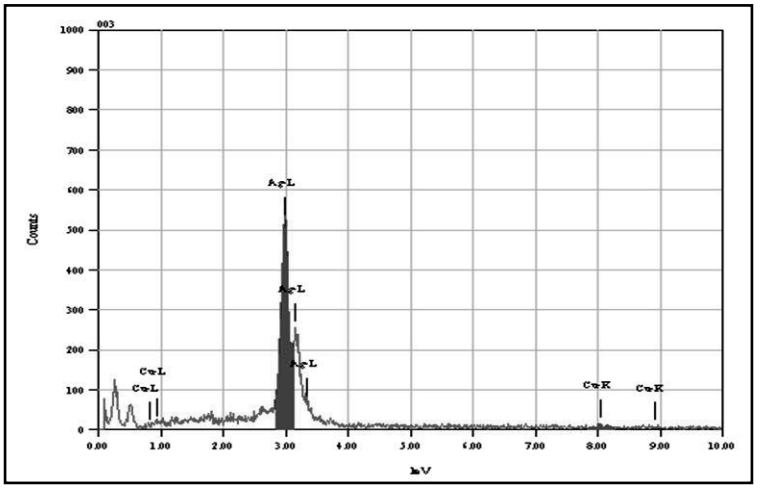
صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لسطح إحدى العملات بعد العلاج، موضع خالٍ من التآكل (A)، موضع التآكل (B)



الشكل رقم (٧)
نتائج التحليل بالـ EDS للموضع الخالي من التآكل (A) الذي يتضح باللوحة رقم (١٧)



الشكل رقم (٨)
نتائج التحليل بالـ EDS لموضع التآكل على سطح العملة بعد العلاج (B)، كما يتضح في اللوحة رقم (١٧)



مناقشة النتائج:

أمكن من خلال الفحص البصري لمجموعة العملات فهم طبيعتها والوقوف على حالتها، حيث أمكن الاستدلال على أن العملات من النحاس أو إحدى سبائكه من خلال ملاحظة وجود مركبات الصدأ الخضراء، غير أن هذا استلزم إجراء تحليل لتأكيده. كما ساعدنا الفحص البصري في التعرف إلى مدى انتشار الصدأ والتآكل أو تمدده، والتغيرات التي طرأت عليه كالترسبات السطحية الناتجة عن بيئة الدفن، وطبيعة نواتج الصدأ الموجودة.

اتضح التنوع اللوني الواضح في طبقات الصدأ المتكونة على سطح العملات من خلال الفحص بالمجهر الضوئي (Optical Microscope OM)، ما بين اللون الرمادي إلى الأسود، والأخضر المائل إلى الزرقة، كما في عملات المجموعة الأولى (اللوحة رقم٣)، واللون الأخضر الداكن والفاتح (اللوحة رقم٥). بعض هذه النواتج تبدو غير متماسكة ومسامية (كما في عملات المجموعتين الثانية والرابعة (اللوحتان رقم ٤، ٦)، وبعضها الآخر يبدو في صورة متماسكة كما في عملات المجموعة الثالثة (اللوحة رقم٥). كما تتداخل ألوان نواتج الصدأ بعضها مع بعض ومع بقايا التربة (اللوحة رقم٧)، وإن غلب وجود أحد هذه الألوان على غيرها في كل مكان من سطح العملة. كما اتضح التدرج في طبقات الصدأ وسمكها، بداية من الطبقة الرقيقة من الفضة التي تعلو اللب المعدني للعملة، إذ تعلوها طبقة من نواتج صدأ

كل من النحاس والفضة، وهي أكثر سمكًا من الفضة أسفلها وأقل سمكًا من طبقة نواتج صدأ النحاس الأخيرة التي تعلوها، والأخيرة أحياناً ما تكون مختلطة بالعوالق أو بقايا بيئة الدفن (الشكل رقم٨).

يستدل من نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية أن مجموعة العملات، موضوع الدراسة، صنعت من سبيكة ثنائية من الفضة والنحاس المعروفة بسبيكة البيللون (Billon alloy)، وهو الاستنتاج الأولي الذي يمكن استنتاجه من نواتج الصدأ التي حددت بهذا التحليل، وأغلبها إن لم يكن معظمها، لنواتج صدأ كل من الفضة والنحاس، كما حدد كل من الفضة، كما في العينة الأولى (الشكل رقم١)، والنحاس كما في العينة الرابعة (الشكل رقم٤)، في صورة فلزية. كما تشير هذه النتائج إلى أن الوسط الذي كانت فيه العملات، وهو بيئة الدفن التي كانت العملات مدفونة فيها، من التربة الرملية، حيث ثبت وجود مركب الكوارتز (SiO_2) وهو المكون الأساسي للرمل، بنسبة مرتفعة في العينة الثانية (الشكل رقم٢)، وبنسبة منخفضة في العينة الخامسة (الشكل رقم٥). إضافةً إلى مركب صدأ سيليكات النحاسيك ($CuSiO_3.H_2O$)، في صورة الكريزوكولا (Chrysocolla) ذي اللون الأخضر المزرق، كما في العينات الأولى، والثانية، وفي الخامسة بنسبة منخفضة، وفي العينة الثالثة بنسبة كبيرة (الشكل رقم٣)، أو في صورة الدايوبتيز (Dioptase) بنسبة طفيفة في العينة الخامسة. وكذلك ثبت وجود مركب

سيليكات النحاسيك والكالسيوم المعروف بالكوبروريفيت [Cuprorivaite $CaCuSi_4O_{10}$] بنسبة متوسطة في العينة الخامسة (الشكل رقم٥). وهذه التربة تتميز بالمسامية، الأمر الذي يسمح بحركة الماء فيها[٢٢]. والماء يؤدي الدور الرئيس في عملية الصدأ والتآكل[٢٣]. ويوفر المحلول الموصل الكهربي اللازم لنشوء خلايا كهروكيميائية تمثل بؤر عملية التآكل الكهروكيميائي للمعدن أو السبيكة، مما تسبب في تكّون مركبات قاعدية كثيرة من نواتج صدأ النحاس[٢٤]. كما أن هذه النوعية من التربة تسمح بحركة الغازات، وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي نتج عن تفاعله مع النحاس تكّون مركب كربونات النحاسيك القاعدية من نوع الملاكيت (Malachite $Cu_2CO_3(OH)$) ذي اللون الأخضر الداكن، الذي يمثل المكون الرئيس في العينات (الثانية، والثالثة، والرابعة)، ويوجد بنسبة كبيرة في العينة الرابعة (الشكل رقم٤).

كما يستدل من هذه النتائج أن العملات موضوع الدراسة قد تعرضت في بيئة الدفن لأيوني الكلور (Cl^{--}) والكبريت

(22) Stambolov, T., Op.Cit., p.31.

(23) Casaletto, M.P., Ingo, G.M., Albini, M., Lapenna, A., (2010), *An Integrated analytical characterization of corrosion products on ornamental objects from the necropolis of Colle*, Badetta-Tortoreto (Teramo, Italy), Appl Phys A, p.801.

(24) Khrumi, R.S., and R.S., Sedha, (1991), *Material Science and Progress*, New Delhi, S. Chand & Company LTD, p. 403.

(S^{--}) النشيطين، واتضح ذلك من وجود مجموعة من مركبات كلوريد النحاسيك، وكلوريد الفضة، وكبريتيد النحاسيك، أو كبريتاته، وكبريتيد الفضة. من هذه المركبات الباراتاكميت (Paratacamite $Cu_2(OH)_3Cl$)، ذو اللون الأخضر الفاتح، في العينات من (الأولى حتى الرابعة)، والأتاكميت (Atacamite $Cu_2(OH)_3Cl$)، ذو اللون الأخضر الداكن في العينة الثالثة. والسيرارجيريت (Cerargyrite AgCl)، ذو اللون الرمادي، في العينتين الأولى والثانية. والكالكوسيت (Chalcocite Cu_2S) في العينتين الثانية والثالثة، وكمكون رئيس في العينة الرابعة (الشكل رقم٤). والبروكانتيت (Brochantite $Cu_4SO_4(OH)_6$)، ذو اللون الأخضر إلى الأخضر المزرقّ، في العينتين الثالثة والرابعة. والديجورلايت (Djurleite Cu_31S_{16}) في العينة الثانية، ثم مركب الأرجنتيت (Argentite αA_2S) في العينة الثالثة، وكمكون رئيس في العينة الأولى (الشكل رقم١). وتكثر مركبات الكلوريدات في التربة جيدة التهوية، كما في حالة التربة الرملية، وفي حالة وجود أملاح للكلوريدات، أما مركبات الكبريتيد فتتكون نتيجة مهاجمة أيون الكبريت، سواء في صورة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 أو كبريتيد الهيدروجين H_2S، الذي ينتج من نشاط البكتيريا المختزلة للكبريت (Sulfate-reducing Bacteria)، حيث تختزل أملاح الكبريتات، والمواد العضوية المتحللة، في ظروف يقل فيها الأكسجين، إلى كبريتيد الهيدروجين الذي يتفاعل مع الفضة

مكوناً الأرجنتيت (Ag$_2$S Argentite)[٢٥][٢٦]. أما مركب البرومريت (Bromyrite AgBr)، ذو المظهر البني المعتم، الذي يوجد بنسبة مرتفعة في العينة الخامسة (الشكل رقم٥)، فيكثر وجوده على المشغولات الفضية التي يعثر عليها في تربة جيدة التهوية، وغنية بالمواد العضوية[٢٧].

نجح العلاج الكيميائي في الكشف عن تفاصيل سطح العملات موضوع الدراسة من نماذج ونقوش، وأعطى نتائج لا يمكن أن يحصل عليها لو استخدمت الطرق الميكانيكية أو اليدوية. وهذه الطريقة في العلاج، بإجراءاتها المختلفة، يمكن الاهتداء بها في علاج بقية عملات الكنز. غير أن العملات، بعد هذا العلاج، في حاجة إلى دراسة أثرية شاملة لما على أوجهها وخلفياتها من أجل توثيقها تاريخيًا بدقة. وإن كانت هناك دراسة محدودة تمت على سبع عملات منها تبين أنها تعود إلى القرن الأول الميلادي، وأغلبها يحمل اسم الملك الحميري (عمدن يهقبض) الذي حكم في حوالي العام ٩٠م، وقد سك عملات كثيرة استخدمت بعد عهده حتى القرن الثالث الميلادي[٢٨].

(25) North, N.A., and I.D., MacLeod, (1986), Corrosion of Metals, In *Conservation of Archaeological Objects*, ed. C. Pearson, Butterworth, London, pp. 69-98.

(26) Michael B. Mcneil, & Brenda J. Little, Corrosion Mechanisms for Copper and Silver Objects in near-surface Environments, *JAIC*, 31, 1992, pp. 355-366.

(٢٧) كرونين وروبنسون، المصدر السابق، ص٣٤٥.

(٢٨) عوض بن علي الزهراني وآخرون، **تقرير حفرية نجران: الموسمان السادس والسابع (١٤٢٩-١٤٣٠هـ)**، الجمعية السعودية للدراسات الأثرية، الرياض، ٢٠١١م، ص ٢٨-٣٠.

كشفت نتائج الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح، والتحليل بمطياف الطاقة المشتتة (EDS)، أن مجموعة العملات مصنوعة من سبيكة ثنائية من الفضة والنحاس يغلب عليها الفضة، بينما يوجد النحاس بنسبة أقل. كما يتضح من خلال هذا الفحص والتحليل، تحقق الظاهرة التي عادة ما تحدث مع مثل هذه السبيكة في العملات القديمة، ونعني بها ظاهرة الاستنفاد (Depletion) للنحاس والإثراء (enrichment) للفضة في الطبقة السطحية للعملة، حيث يتعرض النحاس للتآكل، وتهاجر أيوناته من الطبقة السطحية لتشترك في تفاعل مع الأيونات المتلفة الأخرى في الوسط المحيط، وينتج عن ذلك تكّون مركبات صدأ النحاس المختلفة على سطح العملة، مع تركيز وإثراء لأيونات الفضة التي تظهر في صورة طبقة رقيقة سطحية. هذه الظاهرة أثبتها الفحص المجهري لمقطع عرضي لإحدى العملات قبل العلاج (اللوحة رقم٨)، وبعد العلاج (اللوحة رقم ٩)، كما أثبتها التحليل بمطياف الطاقة المشتتة (EDS)، حيث وصلت نسبة الفضة في الطبقة السطحية إلى (٩٩,٦٦٪) كما في منطقة السطح غير المتآكل (A) (اللوحة رقم١٧)، بينما قلَّت هذه النسبة قليلاً (٩٧,٨٥٪) في المنطقة تحت السطحية، التي كشف عنها تآكل موضعي، كما في منطقة التآكل على السطح (B) (اللوحة رقم١٧)، في حين نجد نسبتها في اللُب الداخلي تصل إلى (٦٧,٢٩٪) (الشكل رقم٦). وعلى عكس ذلك، نجد نسبة النحاس تقل في السطح تزيد كلما تعمقنا إلى الداخل، فنجدها (٠,٣٤٪) في السطح الخارجي في المنطقة (A)،

بينما تزيد قليلاً لتصل إلى (٢,١٥٪) كما في منطقة التآكل التي تمثل تحت السطحية (B) (اللوحة رقم١٧)، لتصل إلى (٦,٥٧٪) في اللُب الفلزي (اللوحة١٦، والشكل رقم٦).

الخاتمة:

على الرغم من أهمية الفحص البصري في التعرف إلى طبيعة العملات، وحالاتها، ومدى تمدد الصدأ وطبيعته وانتشاره، إلا أنه لا يمكن الاعتماد عليه كليةً في تحديد التركيب الفلزي أو طبيعة العملات، ويتطلب الأمر إجراء فحوص وتحاليل أخرى للتعرف إلى التركيب الكيميائي الدقيق للعملات.

طريقة التحليل بحيود الأشعة السينية (X-ray diffraction) من الطرق المفيدة في التعرف إلى نواتج صدأ العملات، ومن خلالها يمكن التعرف إلى ظروف التلف التي تعرضت لها، وتحديد طريقة العلاج المناسبة، كما يمكن الاهتداء من خلالها الى التركيب المعدني للعملات في حالة تعذر أخذ عينات منها.

يعدّ الاستخدام الواعي للعلاج الكيميائي من طرق العلاج المناسبة للعملات الأثرية على وجه الخصوص، فهو يفضل عن العلاج الميكانيكي أو العلاج بالاختزال، خشية أن يتسبب الأول في تشويه بعض تفاصيل السطح، وما يمكن أن يسببه الثاني من طمس للتفاصيل أو انفصال طبقات الصدأ التي قد تحمل هذه التفاصيل وذوبانها في المحلول الإلكتروليتي المستخدم.

يجب أن تطلى العملات، بعد العلاج، بطلاء واق مناسب قد يضاف إليه مانع صدأ مناسب، لحمايتها من التأثيرات المتلفة مستقبلاً. ويفضل استخدام بارالويد (B44) بنسبة لا تتعدى ٥٪ لما يتميز به من قدرة على تحمل درجات الحرارة العالية، إضافة إلى الصفات الأخرى مثل المرونة وعدم اللمعان.

يتطلب تخزين هذه العملات أو عرضها في ظروف لا تتعدى الرطوبة النسبية فيها عن ٦٥٪، كما يجب أن تكون بيئة العرض والتخزين خالية من الملوثات الجوية, وخاصة كبريتيد الكربونيل (COS)، وكبريتيد الهيدروجين (H_2S) والفورمالدهيد (CH_2O) المنبعثة من بعض مواد العرض والتخزين، مثل الأقمشة الصوفية، ولواصق الفورمالدهيد ولواصق الفينول فورمالدهيد، والدهانات، والأصباغ، والأخشاب مثل الخشب الحبيبى والخشب المضغوط أو "الكونتر"، والتي يجب ألا تستخدم في العرض إلا بعد إجراء الاختبارات عليها.

إذا ما أجريت دراسة أثرية شاملة لتأصيل هذه المجموعة من العملات، وعملات الكنز جميعها، فسوف تلقي الضوء على كثير من الحقائق التاريخية عن الفترة التاريخية التي تنتمي إليها، والمنطقة التي اكتشفت فيها، ومدى ما وصلت إليه من تطور اقتصادي، وتقني، وفني.

صفحات
من تاريخ مكة المكرمة

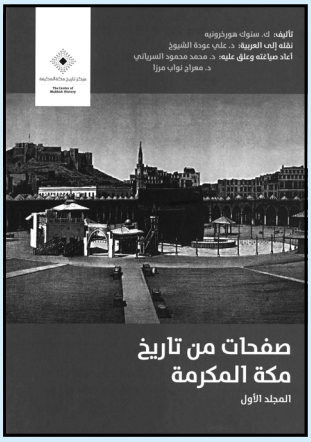
تأليف
ك. سنوك هورخرونيه

نقله إلى العربية
د. علي عودة الشيوخ

أعاد صياغته وعلق عليه
د. محمد محمود السرياني، د. معراج نواب مرزا

٣٢٧ صفحة

(جزءان)



يقدم دراسة لتاريخ مكة المكرمة في مختلف الجوانب التاريخية والاجتماعية والاقتصادية (منذ ظهور الإسلام حتى نهاية القرن الثالث عشر الهجري). ألفه مؤلفه بعد إسلامه ودخوله مكة ومكثه فيها ومغادرتها.

تناول المجلد الأول من الكتاب التاريخ السياسي للبلد الأمين منذ فجر الاسلام حتى نهاية القرن التاسع عشر الميلادي، متضمناً الحديث عن المسجد الحرام وتوسعاته والكعبة المشرفة.

وتناول مجلده الثاني الأوضاع الاجتماعية في الفترة التي عاشها المؤلف في مكة المكرمة، متضمناً مجموعة من الصور التي تبرز جوانب مختلفة من الحياة فيها.

مركز تاريخ مكة المكرمة

The Center of
Makkah History

من إصدارات المركز

ص.ب ٦٥٣٥ - مكة المكرمة (العزيزية) ٢١٩٥٥
المملكة العربية السعودية
هاتف ٠٢٥٥٨٨٨٨٩ - فاكس ٠٢٥٢٨٦٣٤١