جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان-
كلّية العلوم الإنسانية والعلوم الاجتماعية

# قسم علم الآثار

قسم علم الآثار السّنة الجامعية: 2022/2021م

المستوى: الماستر 1 تخصص صيانة وترميم

عنوان المقياس:طرق التحليل العلمي للمواد الأثرية2

أستاذ المقياس: د. قادة لبتر

## الرقم 10

## عنوان المحور: التحاليل غير المتلفة للمواد الأثرية

## عنوان الدرس: 1- طرق التحليل العلمي للآثار المعدنية

## البرونزية والنحاسية/ الفضية والذهبية

**المحور الثالث: التحاليل غير المتلفة للمواد الأثرية المنقولة:**

تمهيد

**1**- طرق التحليل العلمي للآثار البرونزية والنحاسية.

**2**- طرق التحليل العلمي للآثار الفضية والذهبية.

**3**- طرق التحليل العلمي للآثار الحجرية.

**4**- طرق التحليل العلمي للآثار الفخارية والزجاجية.

خلاصة المحور

**تمهيد:**

يتم استخدام التقنيات غير المتلفة للتحاليل في العديد من مجالات العلوم، يتضمن التحليل غير المتلف في علم الآثار تحليل وتفسير البصمات الكيميائية التي تم الحصول عليها من المواد الأثرية، دون تغيير أو استبدال التركيب العام لها، حيث أن العينات الأثرية لا يمكن الاستغناء عنها، لما تحمله من أهمية تاريخية وقيم فنية تساعد على فهم الشواهد الماضية وفق منهج تجريبي، ويعرف أيضا أنه السماح بالحصول على معلومات تحليلية دون أي ضرر على الإطلاق للعينة، أو في بعض الحالات هو بداية الصيانة للتحف الأثرية.

في هذا المحور سنتكلم عن أهم المواد الأثرية التي لا تتأثر بمختلف طرق التحليل العلمي، وتعتبر مقاومة لما تحمله من خصائص كيميائية وتركيبية.

**1- طرق التحليل العلمي للآثار البرونزية والنحاسية:**

تركز دراسة المعادن القديمة بشكل عام على الطبيعة الكيميائية للمعادن أو السبائك، وتقنية التنفيذ ، وتحديد عمليات التآكل وتحليل الرواسب السطحية.

يتم إجراء الدراسة والتحليل على العينات المعدنية البرونزية والنحاسية الدقيقة (micro sections)، بأخذ العينات السطحية (طبق الأصل) التي تسمح بتحديد خصائص معينة: طبيعة تطعيم، تعدد الألوان السطحية والمواد المضافة، وأنواع من مميزات التآكل.

المواد في سبائك النحاس القديم (البرونز والنحاس، الخ) لديها تغيرات محددة مثل تغير تراكيب التآكل أو الخلل بين الحبيبيات الداخلية، وتدهور التفاعلية لمرحلة محددة من عمر المعدن، وتغيير درجة التراص، أو تشكيل الباتينا (PATINE) السطحية بسبب الأملاح المعدنية.

**1.1- الهدف من تحليل الآثار البرونزية والنحاسية:**

- تحديد تغيير سطح معدني هو حالة وجود أو عدم وجود تلف، والتدهور الطبيعي على المدى الطويل أو التغيير الاصطناعي.

- تستخدم للتعرف على عملية التصنيع وجودته، وتحليل تكوين السبيكة الأصلية ودراسة الطبقات غير المعدنية (كبريتيد، أكسيد، وما إلى ذلك) للتحقق من عدم وجود عيوب فنية في المقارنة مع البيانات archéo métallurgique.

- دراسة الشوائب وتفاعلها مع سطح النحاس وسبائك البرونز لمعرفة التآكل، وتحديد كيفية المحافظة ، أو المعالجات السطحية في نهاية المطاف، قديما وحديثا.

**2.1- منهجية التحليل:**

تشبه المنهجية المستخدمة في دراسة هذه المواد تلك المستخدمة في مختلف الآثار المعدنية، إلا أن التعديلات المحددة التي يتم البحث عنها تختلف في طبيعتها ومظهرها.

كما يتيح فحص الأجسام المجهرية للمعدن فهم تركيبته وتقنيته التصنيعية وتقييم حالته العامة للتدهور. يمكن استكمال المراقبة السطحية بواسطة الأشعة السينية أو أشعة جاما.

نقوم بعملية التحليل عبر دراسة مقطع مجهري بواسطة المجهر الضوئي لتحديد وجود محتمل لتغيير سطح المعدن، أو لتحديد الشوائب غير المعدنية في المصفوفة الخارجية للمعدن ، وذلك قبل تحليلها بواسطة المجهر الضوئي MEB-EDX.

ثم تتبع العملية بقراءة وتفسير"التطور الكيميائي" للمعدن، والمراقبة بواسطة المجهر الضوئي لتحديد خطوات التصنيع (ذوبان، والصب، القولبة، وما إلى ذلك).

ترتبط هذه الدراسة التحليلية بشكل منتظم مع تحليل الإلكترون المجهري إلى جانب تحليل المواد الكيميائية الابتدائية (EDX)، للحصول على كيفية تكوين السبيكة (شبه كمي)، وتحديد الشوائب غير المعدنية، ومنتجات التآكل والمواد السطحية المحتملة. كما هو مبين في الشكل 18.

كما نستطيع الحصول على التكوين الدقيق للسبيكة، والذي قد يكون ضروريا في بعض الحالات التي يكون فيها الكشف عن العناصر النادرة (أقل من 1٪ من إجمالي التكوين، بعد القيام بالتحليل المعدني)، اذ يمكن أن تكون حاسمة للمصادقة على نتائج التحليل، ثم نقترح تحليلات تركيبية باستخدام أساليب نوعية وكمية: WDX و PIXE.

عندما تحتوي السبائك على الرصاص ، يمكن تحديد ما إذا كان عمرها أكثر من 100 سنة أو أقل (اختبار الرصاص 210) كما سبق ذكره لكن تطبق في حال توفر كميات من الآثار البرونزية والنحاسية.

دراسة مقطع مجهري بواسطة المجهر الضوئي لتحديد وجود محتمل لتغيير سطح المعدن

**2- طرق التحليل العلمي للآثار الفضية والذهبية:**

**1.2- <u>تحليل التحف الأثرية الفضية</u>[1]**

المعادن ليست مواد مؤرخة بالمعنى الدقيق للكلمة، ومع ذلك فإن التحليلات التي نجريها على هذه المواد تسمح بجمع عدد كبير من المعلومات مما يجعل من الممكن تحديد ما إذا كان الأثر المدروس يعرض تركيبة وتعديلات متوافقة مع الأصل والأقدمية المفترضة للمادة.

الفضة مثل الذهب ليست نقية أبدا ، وتستخدم دائما في شكل سبائك طبيعية أو اصطناعية (النحاس والذهب ، وما إلى ذلك).

يتم إجراء تحليل الآثار الفضية من العينات المعدنية الصغيرة (micro sections) وعينات السطح (مكررات) من أجل تحديد التركيب الكيميائي للسبيكة وعمليات التحويل.

تمتلك سبائك الفضة القديمة تغيرات محددة تلخص بشكل رئيسي بظهور التشققات على سطح المعدن (الشقوق) ، مما يضعف بنية المادة، هذه الشقوق غير موجودة أثناء تصنيع الجسم وترتبط بالتغيير الطويل والطبيعي في السبيكة، إن وجودها بالإضافة إلى العديد من مركبات التغير الأخرى (الكبريتيدات والكلوريدات من الفضة ، الكوبريت ، التينوريت ، كلوريد النحاس إذا كانت مخلوطة بالنحاس ، إلخ) كلها مؤشرات على أننا نجمعها من أجل تحديد العصور القديمة المحتملة للمادة.

إن تحديد عملية تصنيع القطعة الأثرية الفضية ، ودراسة تركيبة السبيكة وتحليل الشوائب (الرصاص ، كبريتيد النحاس ، إلخ) تجعل من الممكن التحقق من غياب العيوب الفنية في المقارنة. مع مقارنة البيانات التي تم الحصول عليها للحضارة المعنية.

إن دراسة الترسبات وتفاعلها مع منتجات التآكل لسطح السبيكة الفضية تجعل من الممكن تحديد وسيط الحفظ للجسم ، أو العلاجات اللاحقة التي خضع لها ، بعد اكتشافه.

**1.1.2- المنهجية المتبعة في التحليل:**

إن المنهجية المستخدمة في دراسة وتحليل هذه المواد مشابهة لتلك المستخدمة في سبائك النحاس ، إلا أن التعديلات المحددة التي تم البحث عنها تختلف في طبيعتها ومظهرها. ومع ذلك ، يتم إيلاء اهتمام خاص للآثار السطحية للتصنيع التي يمكن أن تكون مهمة لتقييم عمر الأثر، والمراحل التي مرت عليه.

يجب أن تبدأ دراسة الجسم الفضي بملاحظة عامة ، لفهم هيكله ، وتقنيته التصنيعية وتقييم حالته من التدهور بالاستعانة بالأشعة السينية أو أشعة جاما.

كما يسمح الفحص المجهري البصري وفحص القطع الفضية كما هو مبين من خلال الشكل 19، بملاحظة وجود أو عدم وجود تدرج متغير بين المصفوفة المعدنية وسطح المعدن ، وكذلك مظهر التآكل كما يبين وجود شوائب داخل المصفوفة ، وشكلها وحجمها ولونها ونسبتها في السبائك.

بعد "الكشف الكيميائي" عن المعدن ، تكشف الملاحظة في الفحص المجهري البصري عن خطوات التصنيع الخاصة بالأثر الفضي، وترتبط هذه الدراسة بشكل منهجي مع تحليل المجهر الإلكتروني إلى جانب تحليل العناصر (EDX) لتحديد تكوين السبيكة (تحليل شبه كمي) ومشتملاتها.

هذه التحليلات أيضا تجعل من الممكن تحديد طبيعة منتجات التآكل وكذلك المتغيرات السطحية.

منظر stéréo microscope لعينة فضية بمجهر تشريحي مقياس x24، حيث A الجانب الخارجي ، B الجانب الداخلي).[2]

## 2.2- تحليل التحف الأثرية الذهبية[3]:

الذهب مادة نبيلة، وبالتالي "غير قابل للتغيير" ، فإن دراسة الآثار الذهبية القديمة معقدة ويتم تحقيقها من خلال ملاحظة غير مباشرة، تركز على تغيير العناصر المتحالفة معها.

عادة ما ينتج عن تغير سبيكة الذهب ظهور الثغرات على الحدود الحبيبية لسطح الذهب. ترتبط هذه الظواهر بالمغادرة التدريجية للعناصر الأقل استقرارًا (النحاس والفضة) الموجودة في المعدن.

تركز دراسة المعادن القديمة الذهبية بشكل عام على الطبيعة الكيميائية للمعادن أو السبائك ، وتقنية التنفيذ والتصنيع ، وتحديد عمليات التآكل وتحليل الرواسب السطحية.

تتم دراسة الآثار الذهبية من عينات كبيرة وعينات سطحية (مكررة) وشعاع تحليل كيميائي أولي يستخرج مباشرة على سطح الجسم (PIXE) كما هو مبين في الشكل رقم 20، أو عندما يكون ممكنا بواسطة LA-ICP -MS.

هذه الظواهر يمكن أن تكون طبيعية أو اصطناعية، ويتيح ظهورها ووجود أو عدم وجود مواد كيميائية أكالة التمييز بين مختلف أنواع التدهور.

إن تحديد عملية التصنيع، وتحليل تكوين المعدن أو السبائك ودراسة الشوائب المعدنية وغير المعدنية (الكبريتيد وأكسيد النحاس ، إلخ) تجعل من الممكن التحقق من عدم وجود التشوهات الفنية مقارنة مع البيانات المتوفرة لدينا حول المادة الأثرية.

إن دراسة الترسبات وتفاعلها مع منتجات التآكل لسطح السبيكة الذهبية تكشف عن وسيط حفظ الكائن ، أو عن علاجات سطحية ممكنة ، قديمة أو حديثة.

**1.2.2- منهجية تحليل التحف الأثرية الذهبية:**

تختلف منهجية التحليل قليلاً عن تلك المستخدمة في السبائك النحاسية أو الأجسام الفضية، من المستحسن دائمًا فحص الأثر الذهبي لفهم تركيبه وتقنيته التصنيعية وتقييم حالته العامة للتدهور، يتم اعطاء اهتمام خاص لبقايا آثار الأدوات المستخدمة في التصنيع (املطرقة ، اللون ، وربما تدحرج المعدن) التي يمكن أن تكون مهمة لتقييم آثار التصنيع.

يمكن استكمال المراقبة السطحية بواسطة الأشعة السينية أو أشعة جاما[4].

إجراء تحليل كيميائي مباشر على سطح الجسم، يجعل من الممكن الحصول على التركيبة الدقيقة للمعدن وإبراز وجود العناصر النادرة الموجودة في الذهب ويحتمل أن تكون ذات أهمية. من الممكن أيضًا إجراء تحليل بواسطة مواد كيميائية غير متلفة، وهو طريقة تحليل أكثر دقة ، من أخذ العينات الدقيقة من المعدن.

تكشف دراسة سطح العينة الذهبية عن طريق المسح المجهري الإلكتروني، وجود أو عدم وجود ظواهر تآكل قديمة (ذوبان في حدود الحبيبات) ، مما يجعل من الممكن تحديد الوجود المحتمل للشوائب ، طبيعتها. فضلا عن منتجات التآكل.

تجعل الدراسة الميكروسكوبية في المجهر الضوئي MEB-EDX من الممكن تسليط الضوء على تدرج التغير بين المصفوفة المعدنية والسطح ووجود أو غياب المعالجات السطحية .

هذه الدراسة أيضا تجعل من الممكن التحقق من درجة صقل المعادن من خلال الملاحظة وتوصيف الطبقات اللافلزية الموجودة.

يؤرخ الذهب بتقنية يو / ث-هو ، مع هامش من الخطأ في بعض الأحيان ، لإعطاء تاريخ ذوبان الذهب وبالتالي تحقيق معرفة تصنيع المادة، هذه التقنية الحديثة تبقى تجريبية نسبيا وبعض الأجسام الذهبية لا تسمح بالتأريخ الموثوق ، عادة بسبب وجود فائض من الهيليوم في تركيبها.[5]

تفاصيل من مناطق تم تحليلها بطريقة PIXE. الدرع (أ )، الصولجان (ب) والقدم اليمنى (ج).

## الهوامش:

[1] P. Craddock (2009), Gold and silver, in Scientific investigation of copies, fakes and forgeries, pp. 369-393.

-T. Lopes, G. E. Gigante, G. M. Ingo, C. Riccucci, C. Elera, I. Shimida, V. Curay, M. G. Castillo, F. Lopes, Evolution of Pre-Columbian Metallurgy from the North of Peru Studied with a Portable Non-invasive Equipment Using Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence, in Journal of Materials and Engineering, B1, pp. 48-81. ISSN: 1059-9495 (print version)

-R. Wanhill (2003), Embrittlement in Archaeological Silver Artifacts: Diagnostic and Remedial Techniques, in Journal of the Minerals, Metals and Material Society, Vol. 55,n°10,pp.16-19.ISSN: 1047-4838 (printversion).ISSN: 1543-1851 (electronic version)

[2] B. DUBOSCQ C. DUMORA. ÉTUDE D'UN GOBELET EN ARGENT, KERO Provenance et époque supposées : Pérou, Civilisation Inca, 1200-1500 AP. J.-C. P4

[3] B. DUBOSCQ C. DUMORA ÉTUDE D'UN PENDENTIF ANTHROPOMORPHE EN OR Provenance et époque supposées :Colombie, culture Calima, 100 av. J.-C. – 600 ap. J.-C.pp 1-14.

[4] http://www.labo-msmap.com/laboratoire-analyse-objets-or/

[5] Fraresso, C. (2007), L'usage du métal dans la parure et les rites de la culture Mochica (150-850 AP. J-C.), Pérou, Thèse de doctorat, Université Michel de Montaigne, Bordeaux.

-Rovira, S. (1992), Pre-Hispanic Goldwork from the Museo de América, Madrid: A New Set Of Analyses, in Archaeometry of Pre-columbian Sites and Artifacts, UCLA Institute of Archaeology and the Getty Conservation Institute, pp. 323-350.

-Scott; D. A. (1986), Gold and silver alloy coatings over copper: An examination of some artefacts from Ecuador and Colombia, in Archaeometry, n°28, pp. 33-50.