

## تطبيقات التحليل غير المتلف لكشف أصالة التحف المعدنية الإسلامية

د. وفاء أنور محمد سليمان♦

### ملخص البحث:

أفادت التقنيات الحديثة المبنية على التحليل العنصرى للمواد بتقنور الأشعة السينية (XRF) وتطبيقاتها من خلال التحليل غير المتلف للمواد الأثرية باستخدام الأجهزة النقالفة إلى كشف النقاب عن العناصر وتركيزاتها فى المشغولات والتحف المعدنية، وبيان مدى ارتباط التركيب الكيمائى للسبائك المعدنية بالتقنيات الصناعية التى عرفت فى عصر من العصور دون غيره. ومن ثم يمكن الحصول على الأدلة العلمية لتأريخ وتأصيل المشغولات المعدنية دون الحاجة إلى استئصال أجزاء منها أو خدش سطحها. هذا بالإضافة إلى الفحص المجهرى الذى يمكن إجراؤه جنباً إلى جنب مع التحليل الكيمائى لاكتشاف علامات التشغيل وتعريف تقنيات التشكيل و التوصيف الفنى والتقنى للتحفة. ويتناول البحث طرق الفحص و التحليل غير المتلف و التأصيل للتحفة معدنية إسلامية من مقتنيات أحد المتاحف ، ويوضح مدى إمكانية الاستفادة من نتائج التحليل الكيمائى الدقيق لإثبات أصالة التحف المعدنية وتأريخها.

### مقدمة البحث:

تعتبر التحف المعدنية المنقولة من أكثر أنواع التحف تعرضاً لعمليات التقليد و الاستنساخ المنقن و لا يستثنى من ذلك التحف المعدنية الإسلامية ، و التى قد يتم تداولها من خلال التجارة غير المشروعة أو من خلال صالات بيع المقتنيات العالمية الشهيرة أو عبر شبكة المعلومات الدولية. وقد أدى ذلك إلى زيادة الاهتمام بتطبيق الوسائل التكنولوجية الحديثة لإثبات أصالة المقتنيات وتسجيل بصمة لكل تحفة بالإضافة إلى تطبيق طرق التسجيل و التوثيق التقليدية. ويمكن تعريف التحليل غير المتلف بأنه ذلك التحليل الكيمائى الذى لا ينتج عنه أى تغير فى تركيب أو طبيعة أو أبعاد المادة المحللة، وهناك عدة تقنيات ووسائل استحدثت خلال العقود الأخيرة لإجراء التحليل غير المتلف للمواد الأثرية و التاريخية ومن أهمها و أكثرها شيوعاً تلك المعتمدة على استخدام تقنور الأشعة السينية و التى بدأ استخدامها منذ حوالى ستة عقود (١١،١٠،٩،٨،٧،٦،٥،٤،٣،٢،١). ثم طورت الأجهزة المستخدمة منذ أوائل الثمانينات لتكون نقالة

♦ أستاذ مساعد ترميم وصيانة الآثار المعدنية بكلية الآثار - جامعة القاهرة.

<sup>1</sup> E.T. Hall, Some Uses of Physics in Archaeology, Year Book of the Physical Society, 1958, pp. 22-34.

<sup>2</sup> C.M. Kraay, The Composition of Electrum Coinage, Archaeometry, ١, 1958, pp. 21-23.

<sup>3</sup> C.H.V. Sutherland and M.R. Harold, The Silver Content of Diocletian's Early Post-reform Copper Coins, Archaeometry, 4, 1961, pp. 56-61.

نقالة أو نصف نقالة (١٢، ١٣، ١٤) ومن ثم لم تعد هناك حاجة لنقل الآثار من أماكن تواجدها بغرض التحليل أو لاستئصال أجزاء صغيرة منها لفحصها وتحليلها بل أمكن جلب أجهزة التحليل ذاتها لأماكن تواجد الآثار. ونظرا للأهمية التاريخية والفنية والتفرد الذي تتميز به التحف و المقتنيات الأثرية و التاريخية فقد ظهر الاتجاه لتجنب تعرضها لمخاطر النقل من أماكنها الى معامل التحليل و الفحص برغم التكلفة الباهظة لإنتاج أجهزة التحليل النقالة.

وقد استخدمت أجهزة التحليل لأغراض مختلفة ومنها التعرف على تركيب المادة الأثرية وأصلها وطريقة صناعتها، والتعرف على نواتج التحولات والتلف الذي ألم بها وأسبابه ثم توسعت التطبيقات لتشمل تمييز القطع الأصلية عن المقلدة و التأريخ من خلال معرفة العناصر الأساسية في التركيب و العناصر الشائبة و التي تسمى بصمة الأثر (١٥) وذلك بغرض التسجيل العلمي الدقيق وإثبات أصالة التحف والمقتنيات مجهولة المصدر من خلال تقديم الأدلة العلمية للتأريخ والتأصيل.

#### الدراسة العملية والتطبيقية:

ويتناول البحث دراسة عملية تطبيقية للفحص و التحليل غير المتلف و التأصيل لتحفة معدنية إسلامية محفوظة تحت رقم ٦/١٢٤ بمتحف كلية الفنون التطبيقية بجامعة حلوان وهي عبارة عن مقلمة من النحاس الأصفر المكفت بالفضة والنحاس الأحمر

<sup>4</sup>E.T. Hall and G. Roberts, Analysis of the Moulford Torc, Archaeometry, 5, 1962, pp. 28-32.

<sup>5</sup> M. Banks, N. Elphinstone and E.T. Hall, Bristol Blue Glass, Archaeometry, 6, 1963, p. 26.

<sup>6</sup> E.T. Hall, M.S. Banks and J.M. Stern, Uses of X-ray Fluorescence Analysis in Archaeology, Archaeometry, 7, 1964, pp. 84-89.

<sup>7</sup> R.J. Gettens and E. West Fitzhugh, Azurite and Blue Verdite, Studies in Conservation, 11, 1966, pp. 54-61.

<sup>8</sup> J. Plesters, Ultramarine Blue, Natural and Artificial, Studies in Conservation, 11, 1966, p. 62.

<sup>9</sup> R.J. Gettens, H. Kuhn and W.T. Chase, Lead White, Studies in Conservation, 12, 1967, pp.125-139.

<sup>10</sup> H. Kühn, Lead-Tin Yellow, Studies in Conservation, 13, 1968, pp. 7-33.

<sup>11</sup> B. Mühlethaler and J. Thissen, Smalt, Studies in Conservation, 14, 1969, pp. 47-61.

<sup>12</sup> R. Cesareo, F.V. Frazzoli, C. Mancini, S. Sciuti, M. Marabelli, P. Mora, P. Rotondi and G. Urbani, Non-Destructive Analysis of Chemical Elements in Paintings and Enamels, Archaeometry, 14, 1972, pp. 65-78.

<sup>13</sup> E.T. Hall, F. Schweizer and P.A.Toller, X-ray fluorescence Analysis of Museum Objects: a New Instrument, Archaeometry, 15, 1973, pp. 53-78.

<sup>14</sup> Cesareo, R., Sciuti, S. and Marabelli, Non-destructive Analysis of Ancient Bronzes, Studies in Conservation, 18, 1973, 6, pp. 64-69.

<sup>15</sup> K. Janssens, G. Vittiglio, I. Deraedt, A. Aerts, B. Vekemans, L. Vincze, F. Wei, I. Deryck, O. Schalm, F. Adams, A. Rindby, A. Knochel, A. Simionovici and A. Snigirev, Use Of Microscopic XRF for Non-destructive Analysis in Art and Archaeometry, X-Ray spectrometry, 29, 2000, 73-91.

(صور أرقام ١-٤) وقد انضمت إلى مقتنيات المتحف في عام ١٩٤٦م وهي لم تنتشر من قبل ولم تحتوى سجلات المتحف على وصف فني أو تاريخي لها. والمقلمة ذات شكل مستطيل ، ويبلغ طولها ٢٣.٤ سم ، ولها جانبيين مستديرين بعرض ٤.٤٦ سم ، وارتفاعها ٥.٥٥ سم ، ويتراوح سمك شرائح النحاس ما بين ٠.٦٥ مم عند الحافة الداخلية للمقلمة ، و ١.٢٦ مم في عموم البدن. والمقلمة مصنوعة من شرائح النحاس الأصفر (سبيكة من النحاس الأحمر و الزنك) ومزخرفة بالحفر والتكفيت بأسلاك الفضة والنحاس الأحمر. ويزخرف بدن المقلمة شريط مستطيل الشكل يؤطره من أعلى - يمثل حافة الغطاء - ومن أسفل أفرع نباتية متداخلة تنبثق من أوراق نباتية صغيرة ، بينما يشغل الشريط المستطيل أشكال جامات مستطيلة ينتهي طرفيها بأوراق نباتية ثلاثية يفصل بينها جامات ذات تفصيلات ، ويزين الجامات المستطيلة نقوشا كتابية منفذة بالخط الثلث على أرضية نباتية في حين يزين الجامات المفصصة زخارف نباتية من فروع وأوراق متداخلة . والجامتان المتماثلتان بالجانب الأمامي (صور أرقام ٥ أ و ٥ ب) تحملان ذات النص في السطر الأول و المكتوب بالخط الثلث " عز لمولانا السلطان الملك الناصر نصرالدنيا والدين". وربما يكون السطر الثاني به بعض الكلمات المكررة من السطر الأول وبعضها مختلف ويمكن أن نميز منها كلمة " قلاون" (صورة رقم ٥ أ). أما الجامتان المتماثلتان بالجانب الخلفي (صورة رقم ٢) فتحملان نصان مختلفان (صور أرقام ٢ و ٦). وقد لوحظت كتابة حرف (ص) بدلا من (س) وفوقها علامة (سين) في كلمة السلطان وخاصة في الجامعة الأمامية اليسرى والتي تختلف شكلا عن الجامعة الأمامية اليمنى (صور أرقام ٥ أ و ٥ ب) ومنفذة بسلك من الفضة بينما العلامة المقابلة لها في الجامعة اليمنى منفذة بسلك من النحاس. في حين يزخرف غطاء المقلمة شريط مستطيل أيضا ، يؤطره شريط آخر مزخرف بورقتين نباتيتين متدبرتين في وضع مكرر ، ويزين ساحة الشريط المستطيل الرئيسي أشكال جامات بزخارف هندسية ونباتية بالتبادل (راجع صور أرقام ٢ و ٣) . ويرتبط الغطاء ببدن العلبة بمفصلتين من الجانب الخلفي بينما يوجد قفل من الجانب الأمامي. ومما يجدر الإشارة إليه أن الجوانب المستديرة كانت من مميزات المقلمات الفارسية حيث تتفق الخطوط المنحنية مع الملامح الفنية الأيرانية أما الشكل المستطيل للمقلمة فكان مميزا للعصر المملوكي في كلا من مصر وسوريا<sup>(١٦)</sup>.

وتجدر الإشارة إلى أن الدراسة الحالية لا تتناول الدراسة الوصفية و التحليلية للمقلمة ولكن تهدف بالأساس إلى استخدام التحليل الكيميائي الدقيق بالأجهزة الحديثة النقالة لإثبات أصالة المقلمة عن طريق الأدلة العلمية الممكنة.

<sup>16</sup> E. Baer, Metalwork in Medieval Islamic Art, State University of New York, Albany, Sunny Press, USA, 1983, pp. 66-71.

### الفحص والتحليل:

وقد أجرى فحص عيني دقيق بهدف إظهار علامات التشغيل التي تدلل على طرق التصنيع و الزخرفة التي استخدمت لإنتاج المقلمة موضوع الدراسة التطبيقية وبالفحص العيني وجد بداخل الغطاء بقايا من مادة سوداء (صورة رقم ٧) تم فحصها تحت المجهر عند تكبير ١٠٠ مرة (صورة رقم ٨) وتحليل هذه المادة بطيف الأشعة تحت الحمراء (شكل رقم ١) وجد أنها تحتوى على مادة البيتومين (bitumen) والتي تستخدم عادة لتدعيم خلفية المعدن الذي تجرى على سطحه عمليات الزخرفة بالحفر و التكفيت وغيرها. كما أجرى الفحص السطحي باستخدام العدسات المكبرة بقوة تكبير (١٠مرات و ٢٠ مرة) لإظهار علامات التشغيل كالطرق والبرد والمعالجات السطحية. وقد ظهرت علامات المبرد بقاعدة المقلمة (صورة رقم ٤) وبقايا اللحم حول حافتها. وقد تم تحليل مادة المقلمة بجهاز تفلور الأشعة السينية النقال من نوع: (Niton XLT 700, version 4 portable XRF)

المبين (صورة رقم ٩) ذو المرجعية الموثقة تحت رقم:

(The Certified Reference Material of the measurement is no. 35 EN-04292005-IARM-P).

وقد تم التحليل باستخدام هذا الجهاز فى مناطق متعددة عند القاعدة الخالية من الزخارف للتعرف على سبيكة البدن ونسب العناصر المكونة لها وفى مناطق اللحم للتعرف على مادة اللحم وفى مناطق الزخرفة بالتكفيت. والجدول رقم (١) يلخص نتائج هذه التحاليل مع ملاحظة أن معامل الخطأ لقياس نسب العناصر لا يتعدى القيم الموضحة بالجدول.

ويهدف التحليل إلى التعرف على العناصر الرئيسية بالسبيكة والعناصر الشائبة و التي قد تدل على الخامات المستخدمة وطريقة الإنتاج لسبيكة البدن و معادن التكفيت و اللحم.

وأظهرت التحاليل ان مادة البدن مصنوعة من النحاس الأصفر الذى يحتوى على نسبة من الزنك حوالى ٣٠%. أما مادة اللحم حول القاعدة فتتكون من اللحم الطرى المكون من القصدير مع الرصاص (جدول رقم ١) ويتميز هذا اللحم بدرجة انصهار منخفضة لا تزيد عن ٤٥٠ م<sup>(١٧)</sup>. كما أكدت نتائج التحاليل التي أجريت فى هذه الدراسة و الموضحة بالجدول رقم (١) استخدام الفضة و النحاس الأحمر فى التكفيت، فى حين لم يستخدم الذهب فى تكفيت هذه المقلمة.

جدول رقم ١: نتائج التحليل العنصرى لأجزاء المقلمة باستخدام تفلور الأشعة السينية.

<sup>17</sup>M. Cowell and S. La Niece, Metalwork: Artifice and Artistry, In: Science and the Past, (ed.) S. Bowman, British Museum Press, 1991, pp. 76, 86.

النسبة الوزنية للعنصر %											منطقة التحليل
حديد Fe	نيكل Ni	سيلينيوم Se	بزموت Bi	كادميوم Cd	انتيمون Sb	رصاص Pb	قصدير Sn	فضة Ag	زنك Zn	نحاس Cu	
0.06	0.08	3.83	0.67	0.05	0.10	0.00	0.00	0.14	29.97	65.06	قاعدة المقلمة
+0.03	+0.02	+0.05	+0.01	+0.02	+0.07	+0.03	+0.03	+0.02	+0.15	+0.21	
0.04	0.07	3.81	0.69	0.05	0.04	0.00	0.01	0.15	30.10	64.94	وسط القاعدة
+0.03	+0.02	+0.05	+0.01	+0.02	+0.07	+0.03	+0.03	+0.02	+0.15	+0.21	
0.11	0.06	1.90	0.33	0.06	0.13	3.24	1.71	11.46	20.82	60.13	تكفيت
+0.04	+0.02	+0.04	+0.03	+0.03	+0.12	+0.08	+0.11	+0.12	+0.14	+0.22	
0.13	0.03	1.66	0.30	0.00	0.09	1.47	0.77	16.96	19.05	59.49	تكفيت
+0.05	+0.03	+0.04	+0.02	+0.04	+0.16	+0.07	+0.14	+0.18	+0.16	+0.25	
0.07	0.01	1.93	0.33	0.08	0.01	0.00	0.05	19.17	22.77	55.53	تكفيت
+0.04	+0.13	+0.03	+0.01	+0.04	+0.02	+0.03	+0.12	+0.17	+0.14	+0.21	
0.06	0.05	2.41	0.43	0.03	0.06	11.57	5.01	0.18	25.32	54.84	لحام القاعدة
+0.03	+0.02	+0.04	+0.05	+0.02	+0.08	+0.12	+0.09	+0.02	+0.14	+0.20	
0.29	0.09	2.11	0.44	0.04	0.00	7.52	3.82	6.09	22.95	56.57	لحام القاعدة
+0.08	+0.05	+0.08	+0.08	+0.09	+0.31	+0.22	+0.24	+0.17	+0.29	+0.44	

## مناقشة النتائج:

النحاس الأصفر كان أكثر سبائك النحاس إنتاجا وشيوعا في الاستخدام في العالم الإسلامي باستثناء بعض المجموعات الصغيرة التي صنعت من سبائك أخرى مثل أواني الشراب الفارسية التي صنعت من سبيكة خاصة من البرونز تحتوي على نسبة غير ضئيلة من القصدير (حوالي ٢٠ %) والتي صنعت خصيصا لتكون أكثر مقاومة للصدأ الناجم عن استخدام هذه الأواني لحفظ وتناول المشروبات حامضية الخواص كالعصائر و الخمور<sup>(١٨، ١٩)</sup>. وشيوع إنتاج النحاس الأصفر مقارنة بالبرونز في دول الشرق الأوسط قديما ليست بالأمر المستغرب نظرا لعدم توفر خام القصدير بنفس القدر الذي توفرت به خامات الزنك الرئيسية مثل خام كبريتيد الزنك (سفاليريت) (ZnS) والذي استخدم بكثرة بهذه المناطق مقارنة بخام كربونات الزنك (سميثونيت) (ZnCO<sub>3</sub>) الذي شاع استخدامه بدول غرب أوروبا والصين. واختلاف نوع الخام كان له مردوده على النحاس الأصفر المنتج خلال العصور الإسلامية<sup>(٢٠)</sup>. وبرغم أن عملية استخلاص معدن الزنك من خاماته قد عرفت منذ القرن الثالث عشر الميلادي<sup>(٢١)</sup> فلم تتوفر دلائل علمية تؤكد استخدام معدن الزنك المستخلص لإنتاج النحاس الأصفر بالطريقة المباشرة (بخلط معدن الزنك مع معدن النحاس) قبل أوائل القرن

<sup>18</sup> R. Ward. 'Veneto-Saracenic Metalwork', British Museum Press, London, 1995, pp.235-258.

<sup>19</sup> R. Ward, Islamic Metalwork. British Museum Press, London, 1993.

<sup>20</sup> P.T. Craddock, the Copper Alloys of the Medieval Islamic World-Inheritors of the Classical Tradition, World Archaeology, 1979, Vol. 11, 1, pp. 68-79.

<sup>21</sup> P.T. Craddock, I. C. Freestone, L. K. Gurjar, A. P., Middleton and L. Willies, 2000 Years of Zinc and Brass, British Museum Occasional Paper No. 50, Revised Edition, ed. P. T. Craddock, 1990, pp. 27-72.

السادس عشر الميلادي، بينما توفرت دلائل على إنتاجه بطريقة أخرى تعرف باسم (السمنتة) Cementation process والتي يعزى الفضل في ابتكارها إلى الرومان في منتصف القرن الأول قبل الميلاد<sup>(٢٢)</sup>. وقد قدم المؤرخون المعاصرون مثل الحمداني في منتصف القرن العاشر الميلادي و البيروني في القرن الحادي عشر الميلادي و الفاشاني والجويري في القرن الثالث عشر الميلادي ثم المستوفي في القرن الرابع عشر الميلادي وصفات تفصيلية لإنتاج النحاس الأصفر<sup>(٢٣)</sup> يستخلص منها أن هناك طرقاً متعددة طبقت في إيران واليمن وغيرها. وقد اعتمدت على الاستفادة من خاصية التسامي (sublimation) حيث يتم تحويل خام السفاليريت إلى أكسيد الزنك عن طريق تحميصه (بالتسخين في أوعية محكمة الغلق حيث تتصاعد أبخرة أكسيد الزنك المسماه توتيا Tutiya باللغة الفارسية و التي تعنى دخان عند درجة حرارة أعلى من ٩١٧م و أقل من ١٠٠٠م وتتجمع على لوح من الطين المحروق أو شبكة من الحديد مثبتة أعلى الفرن وعندما تبرد تتراكم على هيئة قشور<sup>(٢٤، ٢٥)</sup>. وتصف إحدى الطرق التي ذكرت بالنصوص المعاصرة أن "التوتيا الناتجة يتم تطريتها بسحقها مع الزبيب الخالي من البذور ثم تحميصها ثم تنثر على مصهور النحاس" فيكتسب النحاس قدراً من الزنك ويصبح ذهبي اللون<sup>(٢٦)</sup>. أما طريقة خلط حميص خام كربونات الزنك بالنحاس في بواتق الصهر محكمة الغلق فيرجح أن الرومان قد استخدموها لأول مرة في آسيا الصغرى ثم انتشرت خلال العصور الوسطى في أوروبا وغيرها حيث استمرت حتى منتصف القرن التاسع عشر الميلادي. وقد قدم ثيوفيليس<sup>(٢٧)</sup> شرحاً مفصلاً لهذه الطريقة في القرن الثاني عشر الميلادي حيث تستخدم شرائح النحاس المقطعة إلى قطع صغيرة ويوضع معها حميص الخام (Calcined zinc ore) من أكسيد الزنك بالإضافة إلى الفحم داخل بواتق محكمة الغلق تسمح بارتفاع بطيء لدرجة الحرارة بحيث لا تتعدى ١٠٠٠م وذلك يؤدي إلى اكتساب النحاس لكمية أكبر من الزنك<sup>(٢٨)</sup>. وكان يعتقد أن النحاس الأصفر الناتج عن

<sup>22</sup>M. Cowell and S. La Niece, Op. cit., p. 76.

<sup>23</sup> J. W. Allan, Persian Metal Technology 700-1300 AD., Ithaca Press, London, 1979, P. 39.

<sup>24</sup> Op. cit., pp. 40-41.

<sup>25</sup> P.T. Craddock, Medieval Copper Alloy Production and West African Bronze Analysis – Part I, Archaeometry, 27, 1985, pp. 17-41.

<sup>26</sup>P. Craddock, S. La Niece, D. Hook, Brass in the Medieval Islamic World, in: 2000 Years of Zinc and Brass, (ed.) P. Craddock, British Museum Press, London, 1990, pp. 73-113.

<sup>27</sup>C. S. Smith and J. C. Hawthorne, On Divers Arts, the Treatise of Theophilus, Chicago: University of Chicago Press, 1963, pp. 140-145.

<sup>28</sup>P.T. Craddock, 1979, Op. cit., p. 70.

طريقة السمّنة لا تتعدى نسبة الزنك فيه ٢٨ %<sup>(٢٩)</sup>. ولكن هناك دراسات تثبت أن نسبة الزنك يمكن أن تصل عمليا إلى ٣٢ % كحد أقصى<sup>(٣٠)</sup>. وقد ثبت أيضا أن تحضير أكسيد الزنك بالتسامي يساعد على تنقية خام كبريتيد الزنك من شوائب المعادن الأخرى الموجودة به وخاصة الحديد والكبريت. لذلك أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية التي تمت على المعادن الإسلامية من منطقة الشرق الأوسط و المحفوظة حاليا بالمتحف البريطاني بالمملكة المتحدة مدى ضآلة نسبة الشوائب من الحديد بالنحاس الأصفر المنتج إذا ما قورنت بنظائرها التي انتجت في أوروبا من خام كربونات الزنك. وخلال القرنين الخامس عشر و السادس عشر الميلاديين لوحظت زيادة واضحة في نسبة النيكل كمعدن شائب في النحاس الأصفر الإسلامي ليمائل النحاس الأصفر الذي أنتج في أوروبا والذي يرجع إلى القرن الحادي عشر الميلادي وهذا يرجح استخدام نفس نوع الخام وهو ما تؤكد عن طريق الأدلة المعاصرة فيما يخص التبادل التجاري شرق المتوسط في تلك الفترة<sup>(٣١، ٣٢، ٣٣)</sup>. وقد لوحظت زيادة نسبة الزنك إلى ٣٣ % في بعض منتجات النحاس الأصفر منذ القرن السادس عشر وحتى بداية القرن التاسع عشر حيث كان النحاس يحول إلى حبيبات صغيرة أولا بصب مصهور النحاس فوق الماء وبذلك يزداد السطح النوعي للنحاس ويؤدي بدوره إلى زيادة محتوى الزنك في السبيكة المنتجة. ومع بداية القرن التاسع عشر أضيف معدن الزنك إلى معدن النحاس بالطريقة المباشرة للحصول على نسبة أكبر من الزنك داخل السبيكة و التي قد تصل إلى ٤٠ %. لذلك يعتقد أن منتجات النحاس الأصفر المحتوية على أكثر من ٣٣ % من الزنك قد انتجت فيما بعد عام ١٨٢٠ م<sup>(٣٤)</sup>. وتجدر الإشارة إلى أن طريقة استخلاص معدن الزنك من خاماته قد عرفت في الهند والصين خلال القرن التاسع أو العاشر الميلادي<sup>(٣٥)</sup> وقد وجدت بعض نماذج النحاس الأصفر من منطقة الشرق الأقصى تحتوي على نسبة تزيد عن ٣٠ % من الزنك

<sup>29</sup> J. Day, Bristol Brass: The History of the Industry, Newton Abbot, England: David and Charles, 1973, pp. 58-63, 127.

<sup>30</sup> K. Haedecke, Erzmetall, 1973, pp. 26, 229-233.

<sup>31</sup> P. Craddock, S. La Niece, D. Hook, Op.cit., pp. 77-78.

<sup>32</sup> S. La Niece, Medieval Islamic Metal Technology, in: Scientific Research R. Ward, Islamic Metalwork in the Field of Asian Art: Proceedings of the First Forbes Symposium at the Freer Gallery of Art (eds.) P. Jett et al, Archetype, London, 2003, pp. 90-96.

<sup>33</sup> S. La Niece, 'Maitre Mahmud et le Travail D'incrustation de Metal: une Perspective Scientifique', Exhibition Catalogue, Venise et l'Orient 828 - 1797, Gallimard, Paris, 2006, pp. 226-229.

<sup>34</sup> P.T. Craddock, 1985, Op. cit., p. 25.

<sup>35</sup> J. Needham, Science and Civilization in China, Vol.5, Part 2, Cambridge: C.U. P., 1974, p. 219.

ونسبة ضئيلة من الحديد وهذا قد يعزى لاستخدام الطريقة المباشرة (٣٦). وليس هناك ما ينفى احتمال انتقال هذه الطريقة عبر طرق التجارة الى غيرها من الأقطار. والواقع أن تأريخ سبائك النحاس الأصفر المحتوية على نسبة تزيد عن ٢٨ % من الزنك يحتاج الى كثير من الدقة خاصة إذا ما احتوت هذه السبائك على نسب زائدة من القصدير والرصاص تتعدى النسب الضئيلة للشوائب، وذلك لأن وجود هذين العنصرين يؤدي الى تثبيط اكتساب النحاس للزنك، برغم أن وجود نسبة قليلة من الرصاص كان شائعاً في سبائك النحاس الأصفر والتي يعتقد أنها قد انتقلت للسبيكة عن طريق خام الزنك المستخدم (٣٧).

أما عنصر البيزموت فإنه يعتبر من العناصر التي يندر توажدها في سبائك النحاس المبكرة بكميات أكبر من النسب المعروفة للشوائب الضئيلة وعلى العكس من ذلك تحتوى كثير من سبائك النحاس المنتجة خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على نسب أكبر من البيزموت وذلك يرجع الى حد كبير الى مصدر خام النحاس المستخدم. أما عنصر النيكل فلم تزد نسبته عن ٠.١ % قبل القرن الثالث عشر الميلادي بينما زادت الى ٠.٥ % منذ القرن الثالث عشر الميلادي وحتى القرن السادس عشر (٣٨، ٣٩).

وقد أمكن من خلال نتائج التحليل الدقيق لعناصر سبيكة المقلمة محل الدراسة إثبات أن معدن البدن هو النحاس الأصفر الذي تتعدى نسبة الزنك فيه النسبة المعروفة للنحاس الأصفر المنتج بطريقة السمنتة وهي ٢٨ %، مع ملاحظة أن نسبة الزنك المقاسة بتفلور الأشعة السينية عند السطح قد تقل بقدر ضئيل عن النسب الأصلية لعناصر السبيكة نتيجة فقد كمية صغيرة من الزنك خلال عملية فقد الزنك dezincification والتي قد تنتج عن تكرار عمليات التخمير والمعالجات الحرارية أثناء التشكيل. ويتوقف ذلك بالطبع على طبيعة مراحل تشكيل المشغولة (٤٠). ولكن لوحظ أن قاعدة المقلمة التي تم من خلالها تحديد عناصر السبيكة لا تتدرج تحت هذه الظروف حيث لا تحتاج

<sup>36</sup> O. Werner, Spektralanalytische und Metallurgische Untersuchungen an Indischen Bronzen, Leiden: Brill, 1972, pp.138-140.

<sup>37</sup> P.T. Craddock, Scientific Investigation of Copies, Fakes and Forgeries, Butterworth-Heinemann, 2009, pp. 142, 147-150.

<sup>38</sup> P.T. Craddock, Scientific Investigation of Copies, Fakes and Forgeries, Butterworth-Heinemann, 2009, pp. 149-150.

<sup>39</sup> R. Ward, Metalwork in: Medieval Islamic Civilization, an Encyclopedia, Vol. 3, (ed.) Josef W. Meri, Routledge, Taylor & Francis Group, New York, 2006, pp. 501-502.

<sup>40</sup> B. Newbury, B. Stephenson, J. Almer, M. Notis, G. S. Cargill, B. Stephenson and D. Haefner, Synchrotron Applications in Archaeometallurgy: Analysis of High Zinc Brass Astrolabes, International Center for Diffraction data, Advances in X-ray Analysis, 2004, Vol. 47, pp. 30-35.

في تشكيلها إلى دورات متعددة من التخمير، بل تشكل عن طريق قص شريحة النحاس الأصفر ثم لحامها بالبدن وذلك يفترض أن يتم خلال مرحلة واحدة من التعرض لحرارة اللحام.

كما أن خلو سبيكة البدن من الرصاص و القصدير ساعد على اكتساب السبيكة لكمية أكبر من الزنك. بالإضافة إلى أن ضالة نسبة الشوائب المقاسة من النيكل والرصاص والبيزموت في سبيكة النحاس الأصفر. كل ذلك يرجح أن المقلمة تؤول لفترة تقع ما بين القرن الثالث عشر الميلادي و الخامس عشر الميلادي.

ومما يسترعى الانتباه أنه لم يلاحظ خلال البحث (في حدود علم الباحثة) وجود مقلمة مناظرة تحمل اسم السلطان الناصر نصر الدين قلاوون بأحد المتاحف العالمية أو المجموعات الخاصة التي تنشر صور مقتنياتها على المواقع الإلكترونية أو بصالات العرض الكبرى.

أما من ناحية مظاهر التلف فقد تميزت المقلمة بصدأ سطحي رقيق عبارة عن طبقة من الأكسدة شوهت المظهر الخارجي وقللت من وضوح التفاصيل. وقد تم تنظيف هذه الطبقة السطحية الرقيقة من الداخل والخارج باستخدام كربونات الكالسيوم المرسبة مع الكحول الأيثيلي الاصطناعي

#### (Precipitated calcium carbonate in denatured ethyl alcohol)

و استخدام قطع صغيرة من ألياف القطن الطبيعي ١٠٠ % مع المسح و التلميع بشكل دائري ثم تلا ذلك عملية التخلص من بقايا مواد التنظيف باستخدام الكحول الإيثيلي النقي ٩٦ % و ألياف القطن. وبذلك اتضحت الكتابات والزخارف (صور أرقام 10-1٤) ثم تم عزل السطح باستخدام محلول مخفف من البارالويد (ب ٧٢) المذاب بالأسيتون بتركيز ٣ %.

من جهة أخرى فإن بقايا البيتومين بداخل غطاء المقلمة يرجع إلى المادة التي تستخدم عادة للمساعدة في عملية الحفر و التكفيت والتي تزال عادة بعد انتهاء التشكيل، وعدم وجود البطانة الداخلية المعدنية للغطاء أو للبدن هو دليل آخر على عدم أكمال مراحل تشكيل هذه المقلمة ويدل كذلك على أنها لم تكن قد استخدمت سابقا وهذا يمكن أن يفتح المجال إلى مجموعة من الفرضيات التي قد تبرر عدم اكتمال تصنيعها. وعلى ما تقدم فإن نتائج التحليل الدقيق للعناصر الأساسية والشائبة ترجح أن المقلمة أصلية و يمكن أن تؤرخ ما بين القرن الثالث عشر الميلادي و الخامس عشر الميلادي وخاصة خلال العصر المملوكي في الفترة من القرن الثالث عشر الى الرابع عشر.

### الخلاصة:

يتضح مما تقدم أن طرق التحليل الكيميائي الدقيق غير المتلفة تستطيع أن تقدم الأدلة العلمية لكشف أصالة التحف المعدنية الإسلامية عن طريق التحليل العنصرى لمفرداتها ونسب العناصر الأساسية الموجودة بها والعناصر الشائبة، وفهم طريقة تصنيعها. وتمت الدراسة العملية التطبيقية على أحد مقتنيات متحف كلية الفنون التطبيقية بجامعة حلوان والتي اظهرت أن هذه المقلمة تحتوى على نسب أساسية للسبيكة و نسب من الشوائب يرجح أن تنتمى الى السبائك التي انتجت خلال الفترة من القرن الثالث عشر الميلادى الى الخامس عشر الميلادى. وبالنظر الى اسم السلطان الناصر نصر الدين ابن قلاوون (١٢٩٤ - ١٢٩٥ م / ٦٩٣ - ٦٩٤ هجرية)، (١٢٩٩ - ١٣٠٩ م / ٦٩٨ - ٧٠٨ هجرية)، (١٣٠٩ - ١٣٤٠ م / ٧٠٩ - ٧٤١ هجرية) والمنقوش على الجانب الأمامى للمقلمة فإن ذلك ربما يرجح انتماءها الى العصر المملوكى. ولكن عدم وضوح النصوص المنقوشة على المقلمة وعدم اكتمال تشكيلها يفتح الباب أمام مزيد من الدراسات التى يمكن أن يقدمها علماء الآثار الإسلامية لمثل هذه المقتنيات. كما أن الدراسة تشير الى أهمية تعميم هذه التطبيقات لتشمل تسجيل البصمة للمقتنيات المعدنية وخاصة القطع النادرة منها.

### الشكر و التقدير:

تتقدم الباحثة بخالص الشكر والتقدير للسيد الدكتور نبيل المناخلى الباحث المساعد بالمركز القومى للبحوث لمساعدته المخلصة فى استخدام جهاز التحليل بنقلور الأشعة السينية ، والسيد الدكتور شبل ابراهيم عبيد الأستاذ المساعد بكلية الآثار بجامعة القاهرة والسيد الدكتور نادر عبد الدايم الأستاذ المساعد بكلية الآداب بجامعة عين شمس للمعاونة المخلصة فى توصيف المقلمة محل الدراسة.



صورة رقم (١) الجانب الأمامي للمقلمة.



صورة رقم (٢) الجانب الخلفي للمقلمة.



صورة رقم (٣) السطح العلوي للمقلمة.



صورة رقم (٤) السطح السفلى لقاعدة المقلمة وتظهر بها بقايا اللحام وعلامات المبرد.



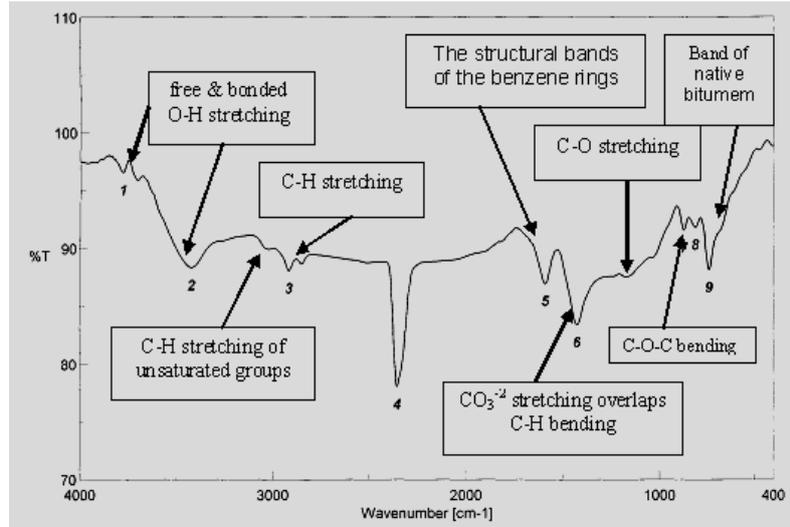
صورة رقم (٥ أ) تفاصيل الجامعة اليمنى الأمامية المحتوية على النص .



صورة رقم (٥ ب) تفاصيل الجامعة اليسرى الأمامية المحتوية على النص.



صورة رقم (٦) تفاصيل الجامعة اليسرى المحتوية على النص بالجانب الخلفي للمقلمة.



شكل رقم (1) طيف الأشعة تحت الحمراء للحمراء للمادة السوداء من داخل الغطاء.



صورة رقم (٧) توضح المقلمة من الداخل وتظهر مادة البيتومين بداخل الغطاء.



صورة رقم (٨) توضح مادة البيتومين تحت تكبير ١٠٠ مرة.



صورة رقم (٩) جهاز التحليل بتقنية الأشعة السينية المحمول.



صورة رقم (١٠) المقلمة بعد التنظيف.



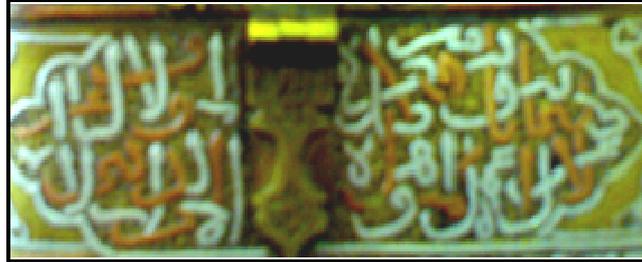
صورة رقم (١١) تفاصيل الجامعة الإمامية اليمنى.



صورة رقم (١٢) تفاصيل الجامعة الإمامية اليسرى.



صورة رقم (١٣) تفاصيل الجامعة الخلفية اليمنى.



صورة رقم (١٤) تفاصيل الجامعة الخلفية اليسرى.

## Non-destructive Analysis Applications for the Authentication of Islamic Metal Artifacts

Dr. Wafaa Anwar Mohamed<sup>♦</sup>

### Abstract:

The impact of advanced technologies on elemental analysis by X-ray fluorescence gave the advantage of using innovated portable equipments for quantitative microanalysis of metal artifacts. It also showed how far is the correlation between the chemical composition of the metal alloy and the production technology which was known in a specific period. Hence, the scientific evidence of dating and authentication became possible without cutting or scratching the metal surface. The non-destructive micro-chemical analysis can be undertaken side by side with microscopic examination. This examination aims to searching for tool marks, artistically and technological features. The current research deals with the application of non-destructive microanalysis and microscopic examination for dating and authentication of one of the Islamic artifacts from a museum. It also explains how the results of microanalysis can be useful for dating and authentication of metal artifacts.

---

<sup>♦</sup> Associate professor of Metal Conservation, Faculty of Archaeology, Cairo University, Egypt.