تطبيقات التحليل غير المتلف لكشف أصالة التحف المعدنية الإسلامية

د. وفاء أنور محمد سليمان♦

ملخص البحث:

أفادت التقنيات الحديثة المبنية على التحليل العنصرى للمواد بتفلور الآشعة السينية (XRF) وتطبيقاتها من خلال التحليل غير المتلف للمواد الأثرية باستخدام الأجهزة النقالة الى كشف النقاب عن العناصر وتركيزاتها فى المشغولات والتحف المعدنية، وبيان مدى ارتباط التركيب الكيميائى 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 الى استئصال أجزاء منها أو خدش سطحها. هذا بالإضافة إلى الفحص المجهرى الذى يمكن إجراؤه جنبا الى جنب مع التحليل الكيميائى لاكتشاف علامات التشغيل وتعريف تقنيات التشكيل و التوصيف الفنى والتقنى للتحفة. ويتناول البحث طرق الفحص و التحليل غير المتلف و التأصيل لتحفة معدنية إسلامية من مقتنيات أحد المتاحف ، ويوضح مدى إمكانية الاستفادة من نتائج التحليل الكيميائى الدقيق لإثبات أصالة التحف المعدنية وتأريخها.

مقدمة البحث:

تعتبر التحف المعدنية المنقولة من أكثر أنواع التحف تعرضا لعمليات التقليد و الاستنساخ المتقن 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 أوعبر شبكة المعلومات الدولية. وقد أدى ذلك إلى زيادة الاهتمام بتطبيق الوسائل التكنولوجية الحديثة لإثبات أصالة المقتنيات ولتسجيل بصمة لكل تحفة بالإضافة إلى تطبيق طرق التسجيل و التوثيق التقليدية. ويمكن تعريف التحليل غير المتلف بأنه ذلك التحليل الكيميائى 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 شيوعا تلك المعتمدة على استخدام تفلورالآشعة السينية و التى بدأ استخدامها منذ حوالى ستة عقود ([١،٢،٣،٤،٥،٦،٧،٨،٩،١٠،١١]). ثم طورت الأجهزة المستخدمة منذ أوائل الثمانينات لتكون نقالة

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

[1] E.T. Hall, Some Uses of Physics in Archaeology, Year Book of the Physical Society, 1958, pp. 22-34.

[2] C.M. Kraay, The Composition of Electrum Coinage, Archaeometry, ١, 1958, pp. 21-23.

[3] 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 الذى تتميز به التحف و المقتنيات الأثرية و التاريخية فقد ظهرالاتجاه 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 الذى ألم بها وأسبابه ثم توسعت التطبيقات لتشمل تمييز القطع الأصلية عن المقلدة و التأريخ من خلال معرفة العناصرالأساسية فى التركيب و العناصر الشائبة و التى تسمى بصمة الأثر([١٥]) وذلك بغرض التسجيل العلمى 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 وهى عبارة عن مقلمة من النحاس الأصفر المكفت بالفضة والنحاس الأحمر

---

[4] E.T. Hall and G. Roberts, Analysis of the Moulsford Torc, Archaeometry, 5, 1962, pp. 28-32.

[5] M. Banks, N. Elphinstone and E.T. Hall, Bristol Blue Glass, Archaeometry, 6, 1963, p. 26.

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

[7] R.J. Gettens and E. West Fitzhugh, Azurite and Blue Verdite, Studies in Conservation, 11, 1966, pp. 54-61.

[8] J. Plesters, Ultramarine Blue, Natural and Artificial, Studies in Conservation, 11, 1966, p. 62.

[9] R.J. Gettens, H. Kuhn and W.T. Chase, Lead White, Studies in Conservation, 12, 1967, pp.125-139.

[10] H. Kühn, Lead-Tin Yellow, Studies in Conservation, 13, 1968, pp. 7-33.

[11] B. Mühlethaler and J. Thissen, Smalt, Studies in Conservation, 14, 1969, pp. 47-61.

[12] 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.

[13] 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.

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

[15] 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 فى عام ١٩٤٦م وهى لم تنشر من قبل ولم تحتوى سجلات المتحف على وصف فنى أو تاريخى لها. والمقلمة ذات شكل مستطيل ، ويبلغ طولها ٢٣.٤ سم ، ولها جانبين 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 فى 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 ــ يمثل حافة الغطاء ــ ومن أسفل أفرع نباتية متداخلة تنبثق من أوراق نباتية صغيرة ، بينما يشغل الشريط المستطيل أشكال جامات مستطيلة ينتهى طرفيها بأوراق نباتية ثلاثية يفصل بينها جامات ذات تفصيصات ، ويزين الجامات المستطيلة نقوشا كتابية منفذة بالخط الثلث على أرضية نباتية فى حين يزين الجامات المفصصة زخارف نباتية من فروع وأوراق متداخلة . والجامتان المتماثلتان بالجانب الأمامى (صور أرقام ٥ أ و٥ ب) تحملان ذات النص فى السطر الأول و المكتوب بالخط الثلث " عز لمولانا الصلطان الملك الناصر نصرالدنيا والدين". وربما يكون السطرالثانى به بعض الكلمات المكررة من السطر الأول وبعضها مختلف ويمكن أن نميز منها كلمة " قلاون" (صورة رقم ٥ أ). أما الجامتان المتماثلتان بالجانب الخلفى (صورة رقم ٢) فتحملان نصان مختلفان (صور أرقام ٢ و٦). وقد لوحظت كتابة حرف (ص) بدلا من (س) وفوقها علامة (سينω) فى كلمة الصلطان وخاصة فى الجامة الأمامية اليسرى والتى تختلف شكلا عن الجامة الأمامية اليمنى (صور أرقام ٥ أ و٥ ب) ومنفذة بسلك من الفضة بينما العلامة المقابلة لها فى الجامة اليمنى منفذة بسلك من النحاس. فى حين يزخرف غطاء المقلمة شريط مستطيل أيضا ، يؤطره شريط آخر مزخرف بورقتين نباتيتين متدابرتين فى وضع مكرر ، ويزين ساحة الشريط المستطيل الرئيسى أشكال جامات بزخارف هندسية ونباتية بالتبادل (راجع صور أرقام ٢ و٣) . ويرتبط الغطاء ببدن العلبة بمفصلتين من الجانب الخلفى بينما يوجد قفل من الجانب الأمامى. ومما يجدر الأشارة إليه أن الجوانب المستديرة كانت من مميزات المقلمات الفارسية حيث تتفق الخطوط المنحنية مع الملامح الفنية الأيرانية أما الشكل المستطيل للمقلمة فكان مميزا للعصر المملوكى فى كلا من مصر وسوريا ([١٦]).

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

[16] 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 عينى دقيق بهدف إظهار علامات التشغيل التى تدلل على طرق التصنيع و الزخرفة التى استخدمت لإنتاج المقلمة موضوع الدراسة التطبيقية وبالفحص العينى وجد بداخل الغطاء بقايا من مادة سوداء (صورة رقم ٧) تم فحصها تحت المجهرعند تكبير ١٠٠ مرة (صورة رقم ٨) وبتحليل هذه المادة بطيف الأشعة تحت الحمراء (شكل رقم ١) وجد أنها تحتوى على مادة البيتومين (bitumen) والتى تستخدم عادة لتدعيم خلفية المعدن الذى تجرى على سطحه عمليات الزخرفة بالحفر و التكفيت وغيرها. كما أجرى الفحص السطحى باستخدام العدسات المكبرة بقوة تكبير(١٠مرات و٢٠ مرة) لإظهار علامات التشغيل كالطرق والبرد والمعالجات السطحية. وقد ظهرت علامات المبرد بقاعدة المقلمة (صورة رقم ٤) وبقايا اللحام 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 اللحام للتعرف على مادة اللحام 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 التى قد تدل على الخامات المستخدمة وطريقة الإنتاج لسبيكة البدن و معادن التكفيت و اللحام.

وأظهرت التحاليل ان مادة البدن مصنوعة من النحاس الأصفر الذى يحتوى على نسبة من الزنك حوالى ٣٠ %. أما مادة اللحام حول القاعدة فتتكون من اللحام الطرى المكون من القصدير مع الرصاص (جدول رقم ١) ويتميز هذا اللحام بدرجة انصهار منخفضة لا تزيد عن ٤٥٠ م ([١٧]). كما أكدت نتائج التحاليل التى 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.

[17] 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.

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

مناقشة النتائج:

النحاس الأصفر كان أكثر سبائك النحاس إنتاجا وشيوعا فى الاستخدام فى العالم الإسلامى بإستثناء بعض المجموعات الصغيرة التى صنعت من سبائك أخرى مثل أوانى الشراب الفارسية التى صنعت من سبيكة خاصة من البرونز تحتوى على نسبة غير ضئيلة من القصدير (حوالى ٢٠ %) والتى صنعت خصيصا لتكون أكثر مقاومة للصدأ الناجم عن استخدام هذه الأوانى لحفظ وتناول المشروبات حامضية الخواص كالعصائر و الخمور([18]،[19]). وشيوع إنتاج النحاس الأصفر مقارنة بالبرونز فى دول الشرق الأوسط قديما ليست بالأمر المستغرب نظرا لعدم توفر خام القصدير بنفس القدر الذى توفرت به خامات الزنك الرئيسية مثل خام كبريتيد الزنك (سفاليريت) (ZnS) والذى استخدم بكثرة بهذه المناطق مقارنة بخام كربونات الزنك (سميثونيت) ($ZnCO_3$) الذى شاع استخدامه بدول غرب اوروبا والصين. واختلاف نوع الخام كان له مردوده على النحاس الأصفر المنتج خلال العصور الأسلامية ([20]). وبرغم أن عملية استخلاص معدن الزنك من خاماته قد عرفت منذ القرن الثالث عشر الميلادى ([21]) فلم تتوفر دلائل علمية تؤكد استخدام معدن الزنك المستخلص لإنتاج النحاس الأصفربالطريقة المباشرة (بخلط معدن الزنك مع معدن النحاس) قبل أوائل القرن

[18] R. Ward. 'Veneto-Saracenic Metalwork', British Museum Press, London, 1995, pp.235-258.
[19] R. Ward, Islamic Metalwork. British Museum Press, London, 1993.
[20] 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.
[21] 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 الميلادى، بينما توفرت دلائل على انتاجه بطريقة أخرى تعرف باسم (السمنتة) Cementation process والتى يعزى الفضل فى ابتكارها إلى الرومان فى منتصف القرن الأول قبل الميلاد (٢٢). وقد قدم المؤرخون المعاصرون مثل الحمدانى فى منتصف القرن العاشر الميلادى و البيرونى فى القرن الحادى عشر الميلادى و القاشانى والجوبرى فى القرن الثالث عشر الميلادى ثم المستوفى فى القرن الرابع عشر الميلادى وصفات تفصيلية لإنتاج النحاس الأصفر (٢٣) يستخلص منها أن هناك طرقا متعددة طبقت فى ايران واليمن وغيرها. وقد اعتمدت على الاستفادة من خاصية التسامى (sublimation) حيث يتم تحويل خام السفاليريت الى أكسيد الزنك عن طريق تحميصه (بالتسخين فى أوعية محكمة الغلق حيث تتصاعد أبخرة أكسيد الزنك المسماه توتيا Tutiya باللغة الفارسية و التى تعنى دخان عند درجة حرارة أعلى من ٩١٧°م و أقل من ١٠٠٠°م وتتجمع على لوح من الطين المحروق أو شبكة من الحديد مثبته أعلى الفرن وعندما تبرد تتراكم على هيئة قشور (٢٤،٢٥). وتصف إحدى الطرق التى ذكرت بالنصوص المعاصرة أن "التوتيا الناتجة يتم تطريتها بسحقها مع الزبيب الخالى من البذورثم تحميصها ثم تنثرعلى مصهورالنحاس" فيكتسب النحاس قدرا من الزنك ويصبح ذهبى اللون (٢٦). أما طريقة خلط حميص خام كربونات الزنك بالنحاس فى بواتق الصهر محكمة الغلق فيرجح أن الرومان قد أستخدموها لأول مرة فى آسيا الصغرى ثم انتشرت خلال العصور الوسطى فى أوروبا وغيرها حيث استمرت حتى منتصف القرن التاسع عشرالميلادى. وقد قدم ثيوفيليس (٢٧) شرحا مفصلا لهذه الطريقة فى القرن الثانى عشر الميلادى حيث تستخدم شرائح النحاس المقطعة الى قطع صغيرة ويوضع معها حميص الخام (Calcined zinc ore) من أكسيد الزنك بالإضافة إلى الفحم داخل بواتق محكمة الغلق تسمح بارتفاع بطىء لدرجة الحرارة بحيث لا تتعدى ١٠٠٠°م وذلك يؤدى إلى اكتساب النحاس لكمية أكبرمن الزنك (٢٨). وكان يعتقد أن النحاس الأصفر الناتج عن

[22] M. Cowell and S. La Niece, Op. cit., p. 76.
[23] J. W. Allan, Persian Metal Technology 700-1300 AD., Ithaca Press, London, 1979, P. 39.
[24] Op. cit., pp. 40-41.
[25] P.T. Craddock, Medieval Copper Alloy Production and West African Bronze Analysis – Part I, Archaeometry, 27, 1985, pp. 17-41.
[26] 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.
[27] C. S. Smith and J. C. Hawthorne, On Divers Arts, the Treatise of Theophilus, Chicago: University of Chicago Press, 1963, pp. 140-145.
[28] P.T. Craddock, 1979, Op. cit., p. 70.

طريقة السمنتة لا تتعدى نسبة الزنك فيه ٢٨ % ([٢٩]). ولكن هناك دراسات تثبت أن نسبة الزنك يمكن أن تصل عمليا إلى ٣٢ % كحد أقصى ([٣٠]). و قد ثبت أيضا أن تحضير أكسيد الزنك بالتسامى يساعد على تنقية خام كبريتيد الزنك من شوائب المعادن الأخرى الموجودة به وخاصة الحديد والكبريت. لذلك أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية التى تمت على المعادن الإسلامية من منطقة الشرق الأوسط و المحفوظة حاليا بالمتحف البريطانى بالمملكة المتحدة مدى ضآلة نسبة الشوائب من الحديد بالنحاس الأصفر المنتج إذا ما قورنت بنظائرها التى انتجت فى أوروبا من خام كربونات الزنك. وخلال القرنين الخامس عشر و السادس عشر الميلاديين لوحظت زيادة واضحة فى نسبة النيكل كمعدن شائب فى النحاس الأصفر الإسلامى ليماثل النحاس الأصفر الذى أنتج فى أوروبا والذى يرجع الى القرن الحادى عشر الميلادى وهذا يرجح استخدام نفس نوع الخام وهو ما تأكد عن طريق الأدلة المعاصرة فيما يخص التبادل التجارى شرق المتوسط فى تلك الفترة ([٣١،٣٢،٣٣]). وقد لوحظت زيادة نسبة الزنك إلى ٣٣ % فى 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 النوعى للنحاس ويؤدى بدوره إلى زيادة محتوى الزنك فى السبيكة المنتجة. ومع بداية القرن التاسع عشر أضيف معدن الزنك إلى معدن النحاس بالطريقة المباشرة للحصول على نسبة أكبرمن الزنك داخل السبيكة و التى قد تصل الى ٤٠ %. لذلك يعتقد أن منتجات النحاس الأصفر المحتوية على أكثر من ٣٣ % من الزنك قد انتجت فيما بعد عام ١٨٢٠ م ([٣٤]).

وتجدر الإشارة الى أن طريقة استخلاص معدن الزنك من خاماته قد عرفت فى الهند والصين خلال القرن التاسع أوالعاشر الميلادى ([٣٥]) وقد وجدت بعض نماذج النحاس الأصفر من منطقة الشرق الأقصى تحتوى على نسبة تزيد عن ٣٠ % من الزنك

[29] J. Day, Bristol Brass: The History of the Industry, Newton Abbot, England: David and Charles, 1973, pp. 58-63, 127.
[30] K. Haedecke, Erzmetall, 1973, pp. 26, 229-233.
[31] P. Craddock, S. La Niece, D. Hook, Op.cit., pp. 77-78.
[32] 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.
[33] 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.
[34] P.T. Craddock, 1985, Op. cit., p. 25.
[35] 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 شائعا فى سبائك النحاس الأصفر والتى يعتقد أنها قد انتقلت للسبيكة عن طريق خام الزنك المستخدم ([٣٧]).

أما عنصر البيزموت فإنه يعتبر من العناصر التى يندر تواجدها فى 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 عشرالميلادى بينما زادت الى ٠.٥ % منذ القرن الثالث عشر الميلادى 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 الذى تتعدى نسبة الزنك فيه النسبة المعروفة للنحاس الأصفر المنتج بطريقة السمنتة وهى 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 والتى قد تنتج عن تكرارعمليات التخمير والمعالجات الحرارية أثناء التشكيل. ويتوقف ذلك بالطبع على طبيعة مراحل تشكيل المشغولة ([٤٠]). ولكن لوحظ أن قاعدة المقلمة التى تم من خلالها تحديد عناصر السبيكة لا تندرج تحت هذه الظروف حيث لا تحتاج

[36] O. Werner, Spektralanalytische und Metallurgische Untersuchungen an Indischen Bronzen, Leiden: Brill, 1972, pp.138-140.

[37] P.T. Craddock, Scientific Investigation of Copies, Fakes and Forgeries, Butterworth-Heineman, 2009, pp. 142, 147-150.

[38] P.T. Craddock, Scientific Investigation of Copies, Fakes and Forgeries, Butterworth-Heineman, 2009, pp. 149-150.

[39] 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.

[40] B. Newbury, B. Stephenson, J. Almer, M. Notis, G. S. Cargill, B. Stephenson and D. Haeffner, 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.

فى 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 ضآلة نسبة الشوائب المقاسة من النيكل والرصاص والبيزموت فى سبيكة النحاس الأصفر. كل ذلك يرجح أن المقلمة تؤول لفترة تقع ما بين القرن الثالث عشر الميلادى و الخامس عشر الميلادى.

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

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

(Precipitated calcium carbonate in denatured ethyl alcohol)

واستخدام قطع صغيرة من ألياف القطن الطبيعى ١٠٠ % مع المسح و التلميع بشكل دائرى ثم تلا ذلك عملية التخلص من بقايا مواد التنظيف باستخدام الكحول الإيثيلى النقى ٩٦ % و ألياف القطن. وبذلك اتضحت الكتابات والزخارف (صور أرقام 10-١٤) 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 التى تستخدم عادة للمساعدة فى عملية الحفر و التكفيت والتى تزال عادة بعد انتهاء التشكيل، وعدم وجود البطانة الداخلية المعدنية للغطاء أو للبدن هو دليل آخر على عدم أكتمال مراحل تشكيل هذه المقلمة ويدل كذلك على أنها لم تكن قد استخدمت سابقا وهذا يمكن أن يفتح المجال إلى مجموعة من الفرضيات التى قد تبرر عدم اكتمال تصنيعها. وعلى ما تقدم فان نتائج التحليل الدقيق للعناصر الأساسية والشائبة ترجح أن المقلمة أصلية و يمكن أن تؤرخ ما بين القرن الثالث عشر الميلادى و الخامس عشر الميلادى وخاصة خلال العصر المملوكى فى الفترة من القرن الثالث عشر الى الرابع عشر.

الخلاصة:

يتضح مما تقدم أن طرق التحليل الكيميائى الدقيق غير المتلفة تستطيع أن تقدم الأدلة العلمية لكشف أصالة التحف المعدنية الأسلامية 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 والتى اظهرت أن هذه المقلمة تحتوى على نسب أساسية للسبيكة و نسب من الشوائب يرجح أن تنتمى الى السبائك التى انتجت خلال الفترة من القرن الثالث عشر الميلادى الى الخامس عشر الميلادي. وبالنظر الى اسم السلطان الناصر نصر الدين ابن قلاوون (١٢٩٤ – ١٢٩٥م /٦٩٣- ٦٩٤ هجرية) ،(١٢٩٩- ١٣٠٩م /٦٩٨- ٧٠٨ هجرية)،(١٣٠٩- ١٣٤٠م /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.

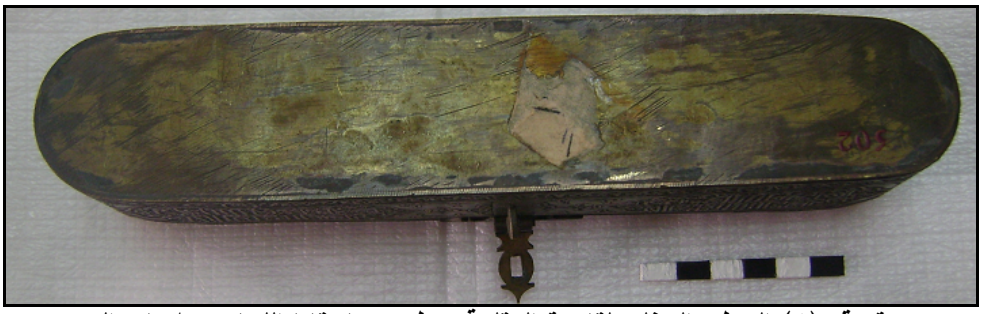
الشكر و التقدير:

تتقدم الباحثة بخالص الشكر والتقدير للسيد الدكتور نبيل المناخلى الباحث المساعد بالمركز القومى للبحوث لمساعدته المخلصة فى استخدام جهاز التحليل بتفلور 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 الأمامى للمقلمة.

صورة رقم (٢) الجانب الخلفى للمقلمة.

صورة رقم (٣) السطح العلوى للمقلمة.

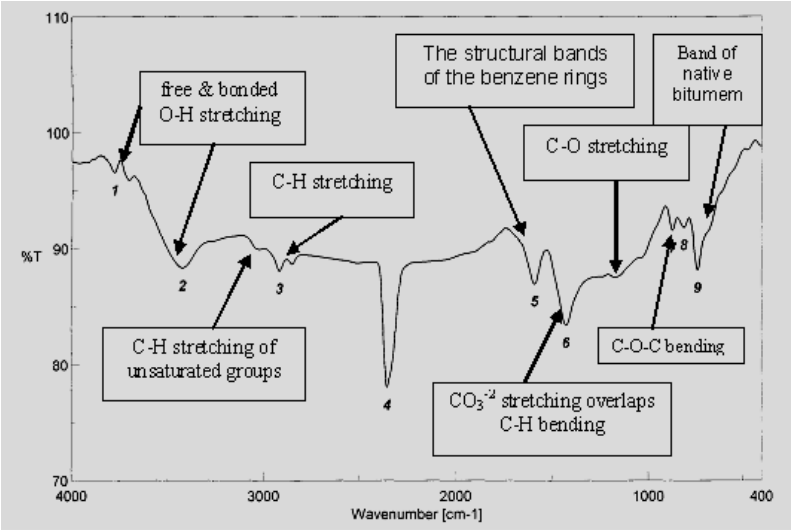


صورة رقم (٤) السطح السفلى لقاعدة المقلمة وتظهر بها بقايا اللحام وعلامات المبرد.

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

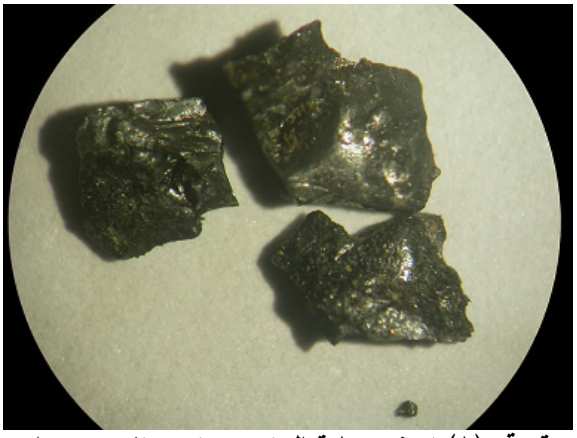
صورة رقم (٥ ب) تفاصيل الجامة اليسرى الأمامية المحتوية على النص.

صورة رقم (٦) تفاصيل الجامة اليسرى المحتوية على النص بالجانب الخلفى للمقلمة.



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

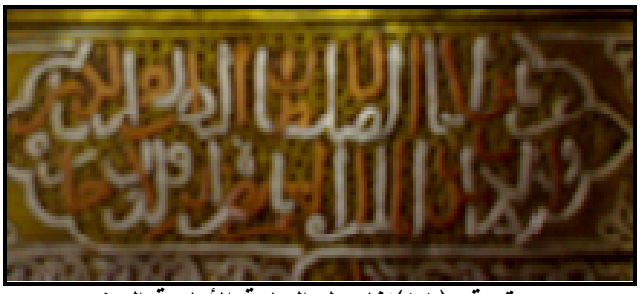
صورة رقم (٧) توضح المقلمة من الداخل وتظهر مادة البيتومين بداخل الغطاء.



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

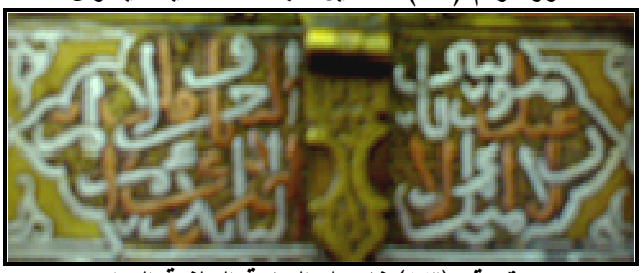
صورة رقم (٩) جهاز التحليل بتفلور الأشعة السينية المحمول.

صورة رقم (١٠) المقلمة بعد التنظيف.

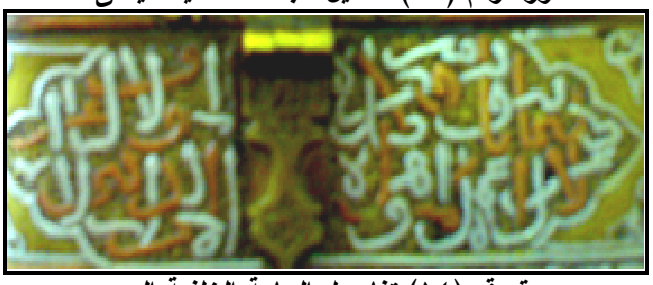


صورة رقم (١١)تفاصيل الجامة الأمامية اليمنى.

صورة رقم (١٢) تفاصيل الجامة الأمامية اليسرى.



صورة رقم (١٣)تفاصيل الجامة الخلفية اليمنى.



صورة رقم (١٤) تفاصيل الجامة الخلفية اليسرى.

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

Dr. Wafaa Anwar Mohamed♦

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.

♦ *Associate professor of Metal Conservation, Faculty of Archaeology, Cairo University, Egypt.*