

Analisi archeometriche di gioielli fenicio-punici provenienti dal Museo Archeologico di Ibiza (Spagna)

B. Costa, J. H. Fernandez, F. Gauzzi, R. Montanari, G. Pisano, F. Scudieri, R. Volterri

La produzione di gioielli rappresenta uno dei più caratteristici ed importanti aspetti del mondo Fenicio-Punico. Lo sviluppo di questa attività, con le possibilità offerte dall'importazione dei metalli nel mare Mediterraneo, è il risultato di un'antica e ricca tradizione. I gioielli erano, di solito, realizzati in oro e argento e i Fenici navigavano fino alla Penisola Iberica, fino all'area del Rio Tinto, proprio per cercare l'argento. I numerosi gioielli rinvenuti dimostrano inoltre quanto fosse diffusa l'usanza della doratura su manufatti d'argento. Per studiare gli aspetti metallurgici dell'antica tecnica di fabbricazione dei gioielli, alcuni monili Fenicio-Punici (cinque orecchini e un anello) sono stati analizzati con tecniche d'analisi non distruttive. I gioielli (databili tra la fine del V e il IV/III secolo a.C.) sono stati rinvenuti nella necropoli Punica di Puig des Molins che, insieme all'antica città di Ibiza e ad altre bellezze naturali e culturali dell'isola, ha presentato la sua candidatura per essere inclusa nel patrimonio dell'UNESCO appartenente a tutta l'umanità. I gioielli sono ora esposti nel Museo Archeologico di Eivissa e Formentera (MAEF) in Ibiza (Spagna). La maggior parte dei reperti esaminati è prodotta in argento dorato. I reperti sono stati studiati con Microscopio Elettronico a Scansione (SEM) equipaggiato con un sistema di Microanalisi a Dispersione di Energia (EDS). È stata determinata la composizione chimica della doratura e, ove possibile, del substrato di argento. In due casi, è stato rilevato uno spessore della foglia di oro pari a 15-30 µm. La doratura mostra una struttura tipica della lavorazione a freddo, come ci si aspetta dopo una ripetuta battitura del metallo; l'applicazione della foglia d'oro - tecnica della quale si tratterà più avanti - è avvenuta senza ricorrere ad alcun procedimento termico. Sono state eseguite anche analisi sulla massa dei singoli gioielli mediante Analisi Fototermica; ciò ha permesso di confermare quel che già era apparso dalla pesatura dei monili, cioè che i gioielli sono cavi.

INTRODUZIONE

La produzione di gioielli e ornamenti accompagna l'espansione e la colonizzazione fenicia nel Mediterraneo occidentale sia nella fase iniziale (inizio del I millennio a.C.) sia dopo il consolidamento dell'egemonia di Cartagine (VI sec. a.C.) [1]. I prodotti dell'arte orafa si diffusero non solo tra l'aristocrazia ma anche tra altre classi sociali in condizioni di benessere materiale. La larga diffusione ha necessariamente comportato l'uso di materiali meno preziosi dell'oro massiccio per cui abbastanza frequenti sono i ritrovamenti di gioielli in argento o in bronzo ricoperti con foglia d'oro.

La tecnica della ricopertura di oggetti ornamentali con foglia d'oro è molto antica (metà del II millennio a.C.). Gli orafi antichi erano infatti in grado di ridurre mediante martellatura, l'oro a foglie sottilissime e con queste ricoprire le superfici di vari oggetti. L'oro, fuso e colato in lingottini era laminato o battuto in strisce spesse ~ 0,03 mm, a loro volta tagliate in quadrati di circa 5 cm di lato. Tali quadrati venivano alternati, in più strati, a sottili fogli di pergamena quadrati di 12 cm di lato e martellati ripetutamente. La sottile lamina d'oro, dopo tale trattamento, raggiungeva le dimen-

sioni dei fogli di pergamena; tagliando in quattro i fogli ottenuti e ripetendo più volte tale processo si raggiungeva lo spessore finale.

Gli Egizi dell'Antico Regno ottenevano (per battitura di pepite) foglie d'oro dello spessore di 10 µm e nei periodi successivi arrivarono a spessori di 1 µm. I Romani migliorarono la tecnica della preparazione della foglia d'oro ma non andarono oltre 0,2 µm. Tale limite ha resistito fino al XVIII secolo, quando scese a 0,08 µm in seguito all'introduzione di opportuni perfezionamenti nelle tecniche di battitura [2].

I gioielli oggetto di questa ricerca sono stati rinvenuti nell'isola di Ibiza (Isole Baleari), nella necropoli urbana di Puig des Molins, facenti parte di un corredo funerario (databile tra il V e il IV-III secolo a.C.) e ora conservati presso il locale Museo Archeologico. Ibiza fu un punto altamente strategico nelle rotte di navigazione del Mediterraneo occidentale e costituì una testa di ponte per le relazioni commerciali con i territori del Mediterraneo nord-orientale. Quando l'isola (nella seconda metà del VI secolo a.C.) cadde sotto l'influenza politica di Cartagine [3,4], ebbe un considerevole sviluppo economico.

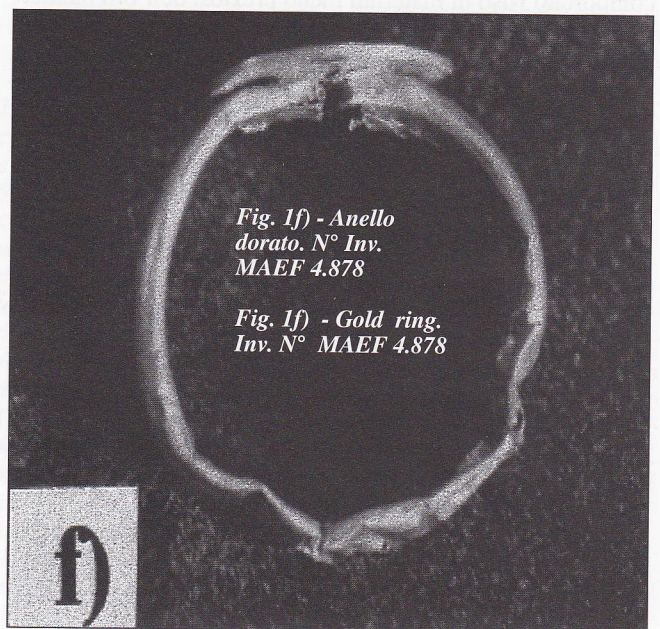
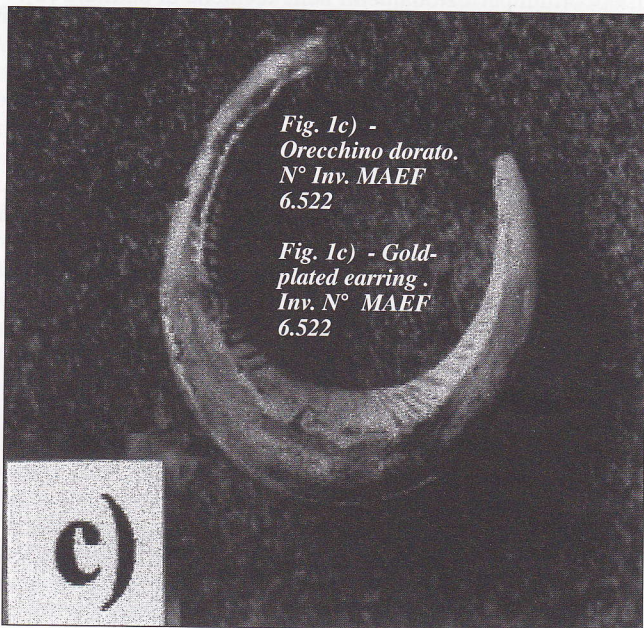
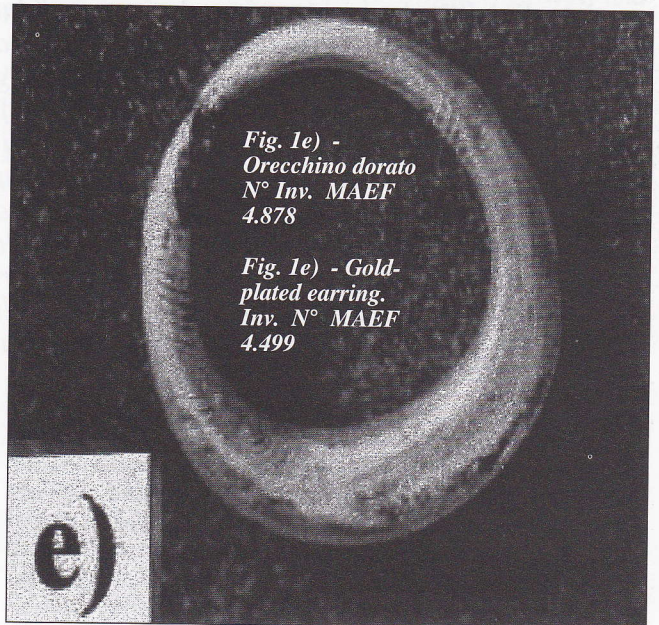
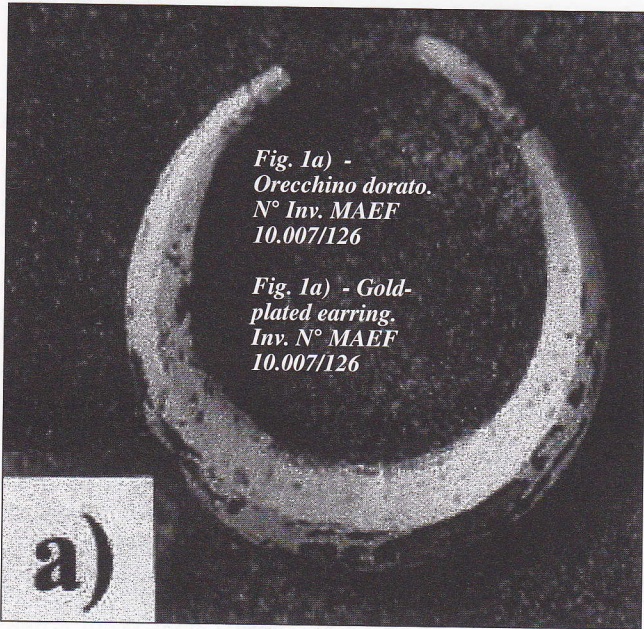
La necropoli di Puig des Molins [5], una delle più vaste dell'area occidentale, copre più di 50.000 m². Per la sua importanza nella documentazione della civiltà Punica il complesso costituito dalla necropoli, dall'antica città di Ibiza e da altre località dell'isola, ha presentato la sua candidatura per essere inclusa nel patrimonio UNESCO dell'umanità. Dalla necropoli provengono oltre seicento gioielli, ora conservati presso il Museo Archeologico di Ibiza. Si riscontrano tipologie piuttosto limitate: tra gli orecchini senza pendenti predomina la forma di una piccola mezzaluna, di sezione circolare o a forma di 'D' piatto internamente, arrotondato all'ester-

B. Costa, J. H. Fernandez,
Museo Archeologico d'Ibiza e Formentera (Isole Baleari-Spagna)

F. Gauzzi, R. Montanari, F. Scudieri, R. Volterri,
Università di Roma - Tor Vergata - Dipartimento di Ingegneria Meccanica

G. Pisano,
Università di Roma - Tor Vergata - Dipartimento di Antichità e Tradizione Classica

Memoria presentata alla Giornata di Studio "La Via del Ferro Europeo",
Piombino e Isola d'Elba, 8-12 ottobre 1999



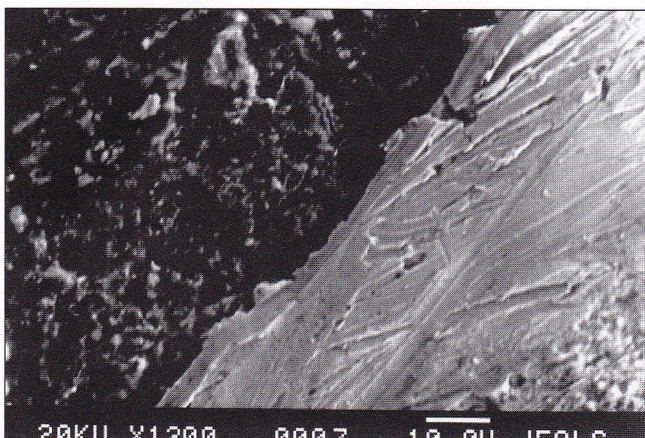


Fig. 2 - Foglia d'oro (a destra) sul substrato d'argento.
Fig. 2 - Gold leaf (on the right side) on silver substrate.

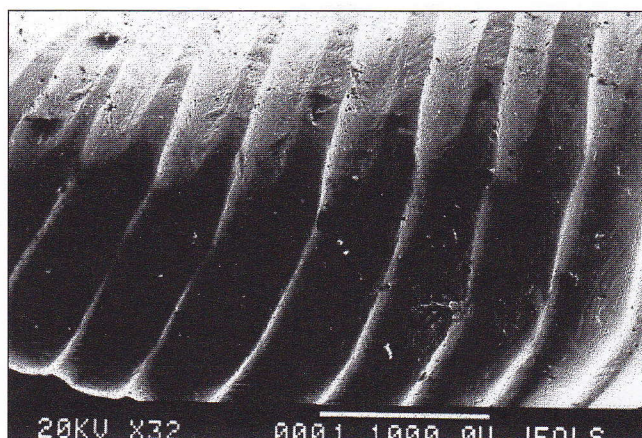


Fig. 4 - Particolare delle scanalature sull'orecchino di Fig. 1b.
Fig. 4 - Particular of the engraving on earring of Fig. 1b.

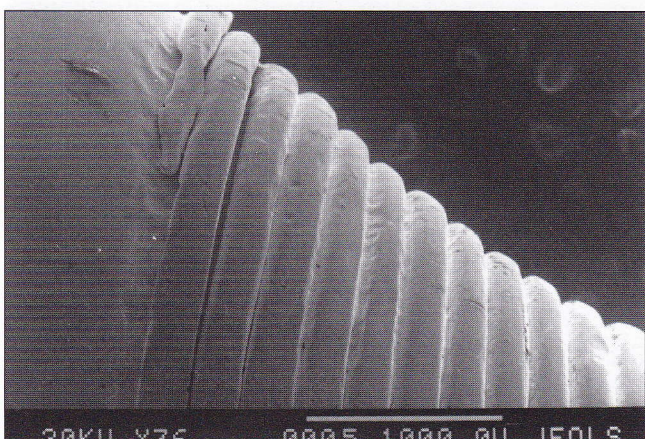


Fig. 3 - Filo d'oro avvolto sull'orecchino di Fig. 1d.
Fig. 3 - Gold wire on earring of Fig. 1d.

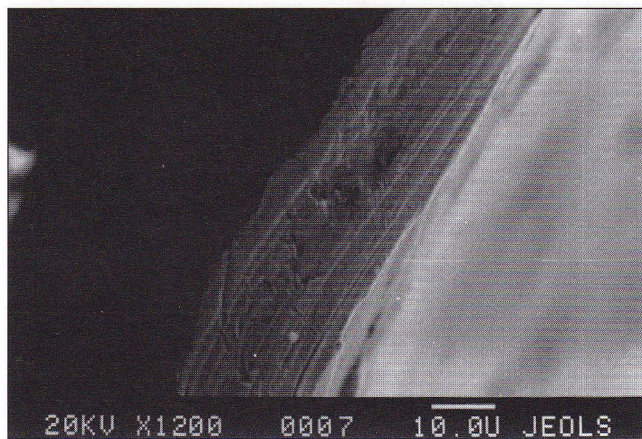


Fig. 5 - Spessore della foglia d'oro sull'orecchino di Fig. 1f.
Fig. 5 - Thickness of the golden leaf (see Fig. 1f).

no, e assottigliato all'estremità [6]. In variazioni di questa tipologia di base rientrano alcuni gioielli qui analizzati. Ad esempio, il reperto indicato con il numero di catalogo (MAEF), 10.007/126, appartenente ad una coppia di orecchini, presenta una mezzaluna sfaccettata e aperta alle estremità. Il reperto MAEF 6522 e i reperti MAEF 4.505, MAEF 4.499 presentano una decorazione sul corpo del monile e le estremità affusolate con una decorazione spiraliforme. Infine l'orecchino MAEF 10.003/5 presenta estremità sovrapposte ed è decorato su entrambi i lati da una spirale che copre buona parte del monile stesso. I gioielli sono realizzati in argento e bronzo dorati a foglia, ma vi sono esempi di ornamenti in bronzo, argento, ferro e piombo.

PARTE SPERIMENTALE

Sono stati analizzati sei gioielli fenicio-punici (cinque orecchini e un anello) mediante metodi analitici non distruttivi. Sono stati numerati da 1 a 6 e sono stati pesati mediante bilancia elettronica, con l'accuratezza di ± 0.1 g. I reperti sono qui elencati, insieme al loro numero di Catalogo MAEF e al loro peso:

1. Paio di orecchini dorati	N° Cat.	10.007/126	(2.2 e 2.1 g)
2. Orecchino dorato	N° Cat.	4.505	(3.0 g)
3. Orecchino dorato	N° Cat.	6.522	(2.0g)
4. Orecchino in oro	N° Cat.	10.003/5	(2.1g)
5. Orecchino dorato	N° Cat.	4.4999	(3.3g)
6. Anello in oro	N° Cat.	4.878	(1.3g)

Le fotografie dei reperti sono mostrate in Fig.1. Su alcune

parti dei gioielli sono state eseguite anche micrografie SEM e mappe microanalitiche EDS.

RISULTATI

Osservazioni metallografiche

In tutti i reperti, eccetto che in quelli mostrati in Fig.1d e in Fig. 1f, la doratura è stata ottenuta mediante foglia d'oro applicata su un substrato di argento. Nei vari reperti dorati, la foglia d'oro appare in alcuni punti usurata e appare evidente il substrato di argento, come, ad esempio, in Fig.2, che si riferisce al reperto di Fig.1a. Inoltre, la foglia d'oro appare parzialmente delaminata in zone ove è stato, quindi, possibile procedere ad una valutazione dello spessore della foglia stessa. Dell'anello in Fig.1f è rimasta la sola foglia d'oro esterna e sono presenti tracce di prodotti di ossidazione in corrispondenza del punto di saldatura tra anello e castone. I reperti di Fig.1b e Fig.1c mostrano una decorazione a spirale incisa lungo i tratti terminali degli orecchini; il reperto di Fig.1d mostra lo stesso motivo ornamentale ottenuto avvolgendo sul corpo dell'orecchino un filo d'oro di circa 200 μ m di diametro (Fig.3 e 4). Tale reperto è particolarmente importante perché è il solo nel quale il substrato non è visibile; esso mostra inoltre un cratere di circa 800 μ m di diametro (probabilmente un difetto di fabbricazione, visibile in Fig.1d) nel quale gli esami microanalitici non hanno rivelato composizione diversa dal resto dell'intero reperto.

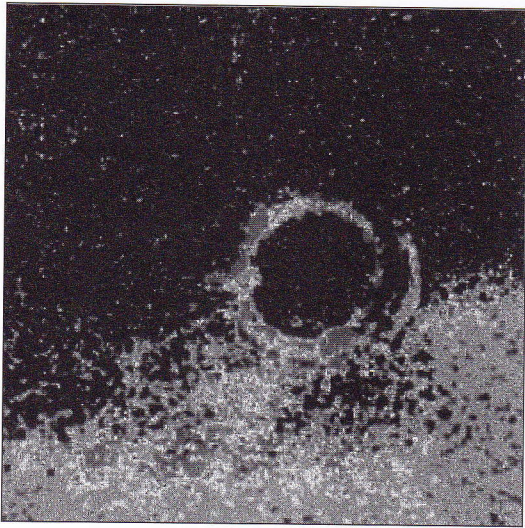


Fig. 6 - Immagine ottenuta con l'Analisi Fototermica sull'orecchino di Fig. 1e.

Fig. 6 - Photo-thermal Analysis of earring shown in Fig. 1e.

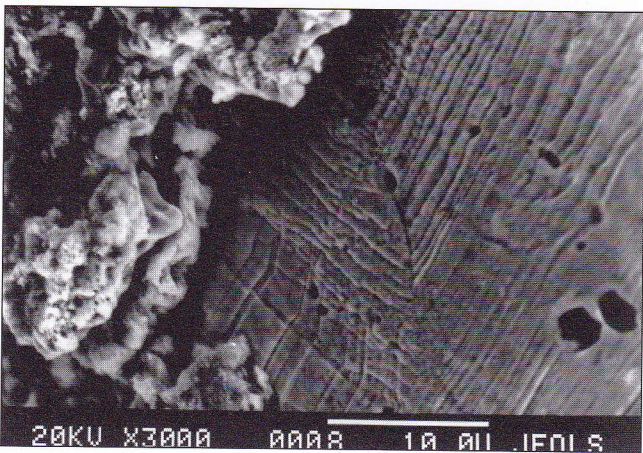


Fig. 7 - Linee di scorrimento evidenzianti la lavorazione a freddo sulla foglia d'oro.

Fig. 7 - Slips band showing cold working of golden leaf.

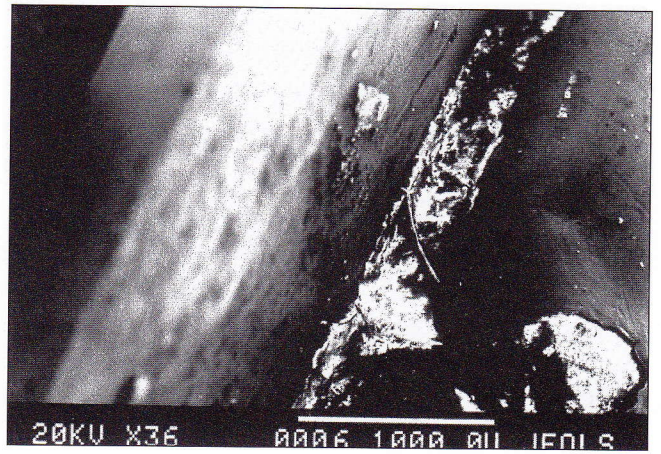


Fig. 8 - Zona di saldatura tra anello e castone (Fig. 1f).

Fig. 8 - Joining zone between bezel and ring of Fig. 1f.

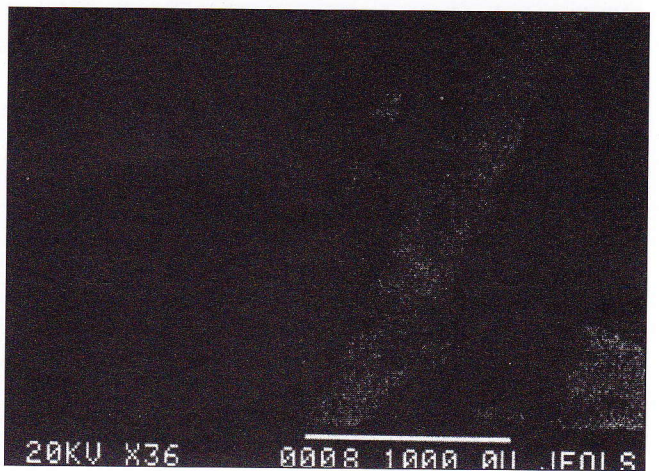


Fig. 9 - Mappa microanalitica (Cu) della zona di Fig. 8.

Fig. 9 - Analytical Cu-map of the same zone shown in Fig. 8.

Risultati degli esami microanalitici

Vengono riportati, inizialmente, alcuni risultati degli esami microanalitici eseguiti sui reperti di Fig.1c, Fig.1e e Fig.1f. E' stata determinata la composizione della foglia d'oro e del substrato d'argento dell'orecchino di Fig.1c. Nella sezione della foglia d'oro abbiamo rilevato: 75% Au, 18% Ag, 7% Cu. Sul substrato di argento abbiamo rilevato: 9% Au, 84% Ag, 7% Cu.

Inoltre, sulla superficie della foglia d'oro del reperto di Fig.1e è stato osservato un rapporto, Ag: Au pari a 1:10, mentre nel substrato di argento la concentrazione del Cu è pari all'8%.

Del reperto di Fig.1f rimane solo la foglia d'oro e il castone; sullo stesso reperto è visibile una zona di colore scuro nel punto di unione con l'anello, composta da Cu, Sn e Ag. E' importante notare che l'Ag è presente in misura maggiore nel castone.

Misure di spessore

Osservazioni al SEM hanno permesso di valutare lo spessore della foglia d'oro nell'anello di Fig.1f e negli orecchini di Fig.1c e di Fig.1e. Gli spessori determinati sono di circa 20 µm per l'anello (Fig.5), tra i 15 e i 30 µm per l'orecchino in Fig.1c e di 20-25 µm per l'orecchino di Fig.1e.

Analisi Fototermica

Questa tecnica sperimentale è stata impiegata per ottenere informazioni sulla struttura interna dei gioielli. Il loro peso

ridotto ($\leq 3,3$ g) ci ha indotti a verificare se questi oggetti fossero pieni o vuoti. La risposta definitiva è stata ottenuta mediante l'Analisi Fototermica impulsata. Se il reperto viene riscaldato da un breve impulso di energia assorbito dalla superficie, il successivo evolversi nel tempo della temperatura superficiale ci fornisce la risposta desiderata. Nel caso di oggetti di piccolo spessore, l'iniziale decremento della temperatura superficiale, ΔT , segue la legge $\Delta T \propto t^{-1/2}$, dove t è il tempo di ritardo dopo l'iniziale impulso di riscaldamento. Se la diffusività termica del materiale è nota, misurando lo scostamento dalla legge teorica del decremento di temperatura in funzione del tempo, è possibile ottenere informazioni sullo spessore del materiale esaminato.

La figura 6 mostra l'immagine ottenuta applicando l'Analisi Fototermica all'orecchino di Fig.1e.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati sperimentali ci consentono di mettere in luce i seguenti punti.

La composizione della foglia d'oro, come risulta dalle nostre analisi, è molto comune nei manufatti d'oro realizzati in antico; il rapporto Ag:Au è simile a quello dell'elettro, mentre l'aggiunta di rame viene giustificata dall'esigenza di fornire al manufatto un'opportuna colorazione [7]. Il contenuto di oro nel substrato d'argento, relativamente alto, è dovuto alla diffusione superficiale dell'oro all'interfaccia Au/Ag. La



Fig. 10 - Mappa micronalitica (Sn) della zona di Fig. 8.

Fig. 10 - Analytical Sn-map of the same zone shown in Fig. 8.

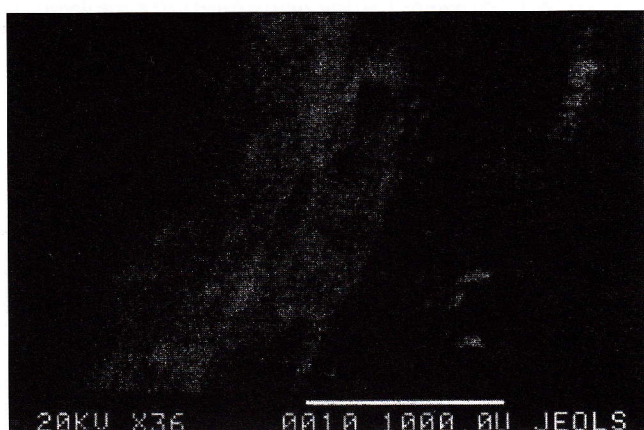


Fig. 11 - Mappa microanalitica (Ag) della zona di Fig. 8.

Fig. 11 - Analytical Ag-map of the same zone shown in Fig. 8.

diffusione superficiale può avvenire anche a temperatura ambiente data la elevata densità di difetti di punto e di linea (vacanze, interstiziali, dislocazioni) indotta dalla tecnica di fabbricazione della lamina d'oro che produce un drastico incrudimento della lamina stessa.

Lo spessore della foglia d'oro appare abbastanza uniforme (tra 15 e 30 μm). Nei reperti esaminati, lo spessore della foglia rappresenta, probabilmente, un compromesso tra la necessità di avere foglia d'oro di piccolo spessore e le relative difficoltà incontrate nel conseguire tale risultato [8-9]. Comunque, l'uniformità degli spessori ottenuti può considerarsi indicativa del raggiungimento di ben collaudate tecniche di lavorazione.

Riguardo queste ultime, è importante notare che la foglia d'oro mostra un gran numero di linee di scorrimento (Fig.7 e Fig.2) caratteristiche di una lavorazione a freddo ottenuta per battitura ripetuta di una lamina d'oro [10-11]. Si può inoltre concludere che la foglia d'oro è stata applicata meccanicamente senza ricorrere a trattamenti termici, poiché non sono stati osservati fenomeni di ricristallizzazione.

Riguardo l'anello di Fig.1f, si può notare che Cu e Sn sono rilevabili nel punto di giunzione tra castone ed anello. Ciò avalla l'ipotesi che l'anello abbia avuto un nucleo in bronzo (Fig.8,9,10 e 11). E' anche importante notare che il castone possiede un alto contenuto d'argento rispetto all'anello. Ciò consentiva una più facile saldabilità; l'impiego di brasature con Sn-Cu-Ag è ampiamente documentato nella produzione di gioielli fenicio-punici [12].

Inoltre, possiamo osservare che i reperti analizzati sono vuoti come indicato dal loro peso e successivamente confermato dai risultati dell'Analisi Fototermica (vedere Fig.6). Questo tipo di lavorazione fu indubbiamente suggerito da ragioni di economicità.

Da un punto di vista puramente statistico gli orecchini costituiscono la classe più numerosa dei reperti di Ibiza; di essi la grande maggioranza è realizzata con foglia d'oro su substrato d'argento.

Gli anelli - quantitativamente secondi rispetto agli orecchini - sono presenti con un'ottantina di reperti dei quali circa settanta in argento, tre in oro e tre dorati con foglia d'oro, tra cui l'anello da noi esaminato che certamente era realizzato in bronzo.

Infine, si può notare che ad Ibiza e a Tharros in Sardegna, il metallo più usato per la produzione di gioielli in accordo con la tradizione fenicio-punica, era l'argento [13]. L'utilizzo e la lavorazione di questo metallo sono da porre in relazione con la presenza dei Fenici stessi [14]. I mercanti fenici e gli artigiani orafi esercitarono un ruolo determinante nella ricerca di miniere argentifere e nella conseguente produzione di manufatti d'argento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. PISANO, Oreficeria: Vicino Oriente, Mesopotamia, Cipro Fenicia e colonie occidentali: Enciclopedia dell'Arte antica classica e orientale, II suppl. 1971-1994, vol. IV Nepal-Roma, Roma 1996, pp. 92-99
- [2] R.J.FORBES, Studies in Ancient Technology, vol. VIII Leiden p.186.
- [3] P. BARCELÓ, La Relevancia comercial de la presencia cartaginesa en Ibiza: *Pact*, 20 (1988), pp. 125-51
- [4] G. DE FRUTOS REYES, Cartago y la política colonial. Los casos norteafricano e hispano, *Ecija*.
- [5] B. COSTA - J.H. FERNÁNDEZ, La secuencia cronológica de la necrópolis del Puig des Molins (Eivissa): las fases fenicio-púnicas: Actes du IIIe Congrès International des études phéniciennes et puniques, Tunis, 11-16 novembre 1991, Tunis 1995, pp. 295-310.
- [6] G. PISANO, Jewellery in R.D. BARNETT - C. MENDLESON, A Catalogue of Material in the British Museum from Phoenician and other Tombs at Tharros, Sardinia, London 1987, pp. 81-82.
- [7] R.F. TYLECOTE, A History of Metallurgy 2nd ed. London, 1992 p. 45.
- [8] A. LÜBKE, Herstellung von Blattgold und seine Verwendung. *Z. Metallkde* 46, (11), 818-22 (1955).
- [9] W. S. RAPSON, Gold Usage p. 294 (1987) Academic Press.
- [10] E. BRÜCHE, K. J. SCHULZE: Elektronenmikroskopische Studie zur Blattgoldherstellung, *Metallwiss. u. Technik* 12 (1), 21-27 (1958).
- [11] E. BRÜCHE, K. J. SCHULZE: Bildung, Gefügeaufbau und Zerfall von Blattgold. *Z. Physik* 153, 571-91 (1959).
- [12] A. PEREA Metodología y Técnicas actuales para el estudio de la orfebrería antigua. *Atti II Congr. Intern. di Studi Fenici e Punici Roma 9-14 nov. 1987. Roma 1991. p. 1123-42.*
- [13] J. CASTELLÓ GUASCH, Las minas de plomo argentífero en Ibiza: *Boletín de la Camera oficial de Comercio, Industria y Navegación de Palma de Mallorca*, LXIV, enero-marzo 1962, n. 634.
- [14] G. PISANO, Remarks on Trade in Luxury Goods in the Western Mediterranean: G. Pisano (Ed.), *Phoenicians and Carthaginians in the Western Mediterranean (=Studia Punica, 12)*, Roma 1999, pp. 15-30.

ARCHAOMETRIC ANALYSES OF PHOENICIAN-PUNIC JEWELS FROM ARCHAEOLOGICAL MUSEUM OF IBIZA - SPAIN

Jewelry represents one of the most characteristic and important aspects of the Phoenician-Punic world. The development of this craft, with the possibilities offered by the metal trade around the Mediterranean Sea, is the result of an ancient and rich artistic tradition. Jewels are usually made of gold and silver and the Phoenicians sailed as far as the Iberian Peninsula, to the Rio Tinto area, just to look for silver. A number of jewelry finds demonstrate how widespread was the Phoenician practice of gold-plating on silver.

In order to investigate the metallurgical aspects of this ancient technique of jewel fabrication, six Phoenician-Punic jewels (five earrings and one ring) were examined with non-destructive analytical physical methods. The ornaments (datable between the end of V and IV/III century B.C.) were found in the Punic necropolis of Puig des Molins which, together with the old town of Ibiza and other natural and cultural places on the island, has presented its candidature for inclusion in UNESCO's patrimony of humanity. They are now exhibited in the Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera (MAEF) in Ibiza (Spain). Most of the finds examined are made of gold-plated silver. The objects have been analysed by a Scanning Electron Microscope (SEM) equipped with an Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) system of microanalysis. The local chemical composition on the gold plate and, where possible, on the silver substrate has been determined. In two cases, a gold plate thickness of 15-30 µm has also been measured. The gold plate displays a heavily cold-worked structure, as expected after repeated beating; its application then followed at room temperature. Observation of the mass of the jewels and their behaviour under photothermal analysis led to the conclusion that they are not solid but hollow. Some implications of this observation are briefly discussed.

Pictures of the examined findings are reported in fig. 1. SEM observations and EDS microanalyses were carried out.

Experimental results

- A silver substrate, plated with gold leaf, is used in all the findings except those in Fig. 1d and 1f. In the gold-plated objects, the gold leaf is locally worn down so that the silver substrate becomes visible (Fig. 2). The leaf thickness has been evaluated on partially detached zones.
- The ring (Fig. 1f) is made only of the gold leaf coating with traces of oxidation products in the welding area between bezel and ring.
- Findings of Fig. 1b and 1c show a surface decoration of spiral engravings round the ends of the earring; the earring in Fig. 1d shows the same motif which is however executed by winding a gold wire of about 200 µm diameter (Fig. 3 and Fig. 4).
- The composition of the gold leaf and the silver substrate in the earring Fig. 1c were determined: we obtain on the gold leaf cross section 75% Au, 18% Ag, 7% Cu; and on the silver substrate 9% Au, 84% Ag, 7% Cu.
- On the earring in Fig. 1e, a ratio Ag:Cu = 1:10 was observed for the surface composition of the gold leaf, whereas in the silver substrate the Cu concentration is 8%.
- Only the gold leaf coating and the bezel remain of the ring (Fig. 1f); between bezel and ring a dark coloured joining zone is visible consisting of Cu, Sn and Ag (see

Figs. 8, 9, 10 and 11). It is worth noting that Ag is predominantly concentrated in the bezel.

- SEM observations allowed the gold leaf thickness to be evaluated in the ring (20 µm) (see Fig. 5), in the earring of Fig. 1c (15-30 µm) and in the earring of Fig. 1e (20-25 µm).

Photothermal analysis

This experimental technique was used to obtain information about the inner state of the jewels. Their small masses (≤ 3.3 g) led us to ask whether the jewels were solid or hollow. The answer can be obtained by using photothermal analysis in the pulse-echo configuration. If the body is heated by a short energy pulse absorbed only at the surface, the subsequent time behaviour of the surface temperature gives the desired answer. In the case of a thick body, the initial decrease in the surface temperature change, ΔT must exhibit a power decay law $\Delta T \propto t^{-1/2}$, where t is the delay time after the heating pulse. If the thermal diffusivity of the material is known, by measuring the time when the temperature vs. time curve deviates from the previous theoretical law, it is possible to achieve information about the thickness and distribution of voids in the jewel.

Typical image obtained with Photothermal Analysis on earring of Fig. 1e is shown in Fig. 6.

Conclusions

1. The observed composition of the gold leaf is very common in ancient gold; the ratio Ag /Au is close to that of electrum, copper being added to obtain a suitable colour. The relatively high Au content of the silver substrate is due to the surface diffusion of gold at the Au/Ag interface.
2. The thickness of gold leaf is also nearly uniform (between 15 and 30 µm). Gold leaf up to 1 µm thick could be obtained by beating, at the time when the examined jewels were manufactured. The selected thickness probably represents a compromise between gold saving and technical difficulties arising from production and manipulation of very thin gold leaf. This uniformity could also be considered as a sign of a well-established and rather widespread handicraft.
3. With regard to the manufacturing technique, it is important to note that the gold leaf shows a large number of slip bands (Fig. 7, but see also Fig. 2) characteristic of the heavily cold worked structure obtained by repeated beating: we can therefore conclude that the leaf was mechanically applied without heat treatments since no recrystallization is observed.
4. As far as the ring (Fig. 1f) is concerned, it should be noted that Cu and Sn are detectable in the join zone between bezel and ring. This circumstance supports the hypothesis that the ring had a bronze core. It is also important to notice that the bezel has a silver content greater than the ring. Silver addition improves the brazing weldability of Au alloys and the use of a Au-Cu-Ag brazing alloy in a Phoenician-Punic jewel has been already reported.
5. Finally we observe that all the examined objects are hollow as suggested by their mass and confirmed by the results of the photothermal analysis. This type of rather widespread jewelry was doubtless preferred for economical reasons.

MEMOIRE

10/2000