



SULL'OREFICERIA GRANULATA ETRUSCA

In « Studi Etruschi » era apparsa una nota del Signor FRANZ CHLEBECEK di Vienna, orafo, (1), riguardante l'oreficeria granulata: « Beitrag zur Technik der Granulation ». Questa nota era preceduta da una mia breve notizia introduttiva.

Nel suo scritto, il CHLEBECEK riferiva su di un procedimento trovato da lui, che gli consentiva di fabbricare correntemente della oreficeria granulata, *identica* (dal punto di vista tecnico) a quella fabbricata dagli Etruschi. Difatti, egli riusciva a fissare delle sferette d'oro su di una lamina d'oro, secondo disegno, per saldatura autogena, cioè senza l'ausilio di nessun altro materiale metallico a più basso punto di fusione, che, una volta raffreddato, tenesse insieme solidamente il tutto. Egli conduceva le cose in modo da fare unire direttamente, spontaneamente e nella giusta misura, sferette e lamina. E poteva anche granulare la lamina sulle due facce, al pari degli antichi Etruschi.

La lega adoperata dal CHLEBECEK aveva la composizione seguente:

oro 75% argento 22% rame 3%
punto di fusione 1015 °C, punto di solidificazione 990°C.

Il CHLEBECEK si era dunque servito di una lega oro-argento che poteva esser considerata come molto simile all'antico *electron*, cioè a quella lega che veniva preparata, in tempi lontani, fondendo insieme oro e argento nativi, ed in tempi più recenti, fondendo insieme oro e argento provenienti da processi metallurgici. (2).

Visto che il CHLEBECEK si era servito di una lega oro-argento e visti i risultati da lui conseguiti, era necessario riprendere in esame qualche oggetto di oreficeria granulata antica, per studiare un poco più a fondo le caratteristiche chimiche e strutturali del metallo.

La Soprintendenza alle Antichità ed ai Monumenti dell'Etruria mise molto gentilmente a mia disposizione un frammento assai noto, sul quale già altri avevano effettuato qualche saggio (3), col permesso (come già gli altri avevano avuto) di distaccarne un minu-

scolo pezzetto per effettuarvi su le prove del caso, il Dottor SILVANO BORDI si assunse l'incarico di studiare il frammento. I risultati conseguiti mi sembrano degni di nota e pertanto ho pregato il Dottor BORDI di volerne riferire lui stesso in appresso.

GIORGIO PICCARDI

Direttore dell'Istituto di Chimica Fisica
dell'Università di Firenze

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

L'oggetto da esaminare era un frammento di fibula aurea, rinvenuto nella Tomba del Littore a Vetulonia (7° Sec. av. C.). Si tratta di una piccola lamina d'oro, delle dimensioni di circa 43x18 mm. e dello spessore di circa $\frac{2}{10}$ di mm. a bordi irregolari, che porta saldate sulle due facce una miriade di minute sferette, anch'esse d'oro, del diametro di 0,1 — 0,2 mm., disposte in modo da raffigurare profili di animali e figurazioni decorative.

Tale oggetto è riprodotto ingrandito due volte nelle fotografie 1 e 2.

PARTE SPERIMENTALE

Si cominciò con l'esaminare al microscopio la zona tra le sferette e la lamina. All'esame diretto non furono rilevate tracce di lega saldante. Attaccammo allora tale zona con soluzione cupro ammoniacale: se ci fosse stata lega saldante, si sarebbe dovuto rilevare l'eventuale presenza di rame legato durante la saldatura ad un metallo meno nobile come stagno o zinco; ma anche così facendo non si ebbe risultato veruno.

Eguale riuscita ebbe l'attacco effettuato con soluzione di acqua ossigenata e ammoniacale. La saldatura delle sferette sembrava quindi autogena.

Distaccammo allora un piccolo campione costituito da un pezzetto di lamina portante alcune sferette, e con questo approntammo un provino per l'esame microscopico in sezione. Il provino fu incluso in una speciale resina poliestere autoindurente (Markon n° 9), onde non doverlo sottoporre a pressione ed a riscaldamento. Fu quindi spianato e infine levigato a poco a poco, sempre controllandolo, in modo da ottenere una successione di sezioni adatte per l'esame microscopico (fotografia 3).

Attaccammo alcune di tali sezioni con i reattivi di cui sopra, ma sempre senza alcun esito; cambiammo allora reattivo e usammo una soluzione idroalcolica di jodio e joduro di potassio: sulla superficie del campione si formò un film evidentemente di joduro di

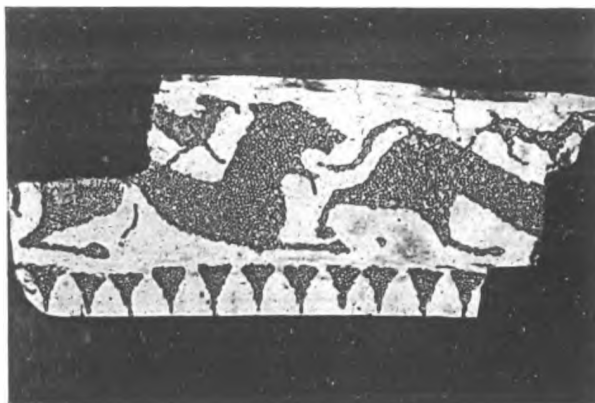


Fig. 1: Macrografia del frammento di fibula aurea (recto).

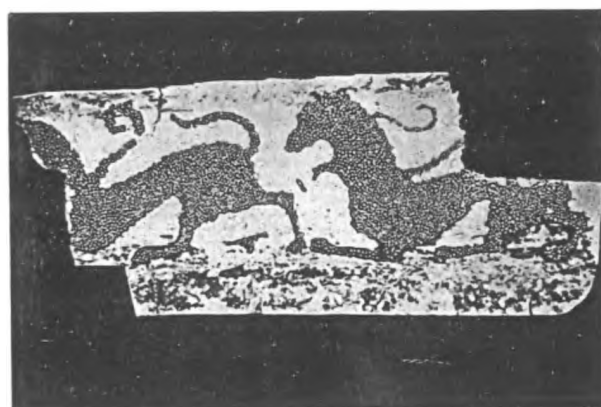


Fig. 2: Macrografia del frammento di fibula aurea (verso).

argento. Rimosso questo mediante una soluzione di cianuro di sodio, si rivelavano sulla lamina alcune figure di corrosione, e sulle sfere qualche piccolo cratere superficiale. Preparammo allora un reattivo di attacco più energetico: una soluzione di cianuro sodico al 10% unita ad una soluzione di persolfato di potassio satura. Per

azione di questo reattivo si formava sulla sezione del campione un film grigio di ossido di argento. Allontanato per semplice lavaggio il film, apparirono sulla lamina delle belle figure di corrosione denun-

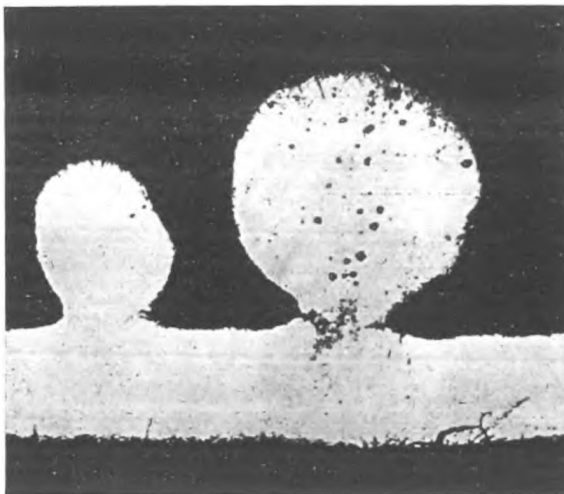


Fig. 3: Micrografia del provino sezionato e lucidato (x 110).

zianti un processo di laminazione (per battitura) seguito da ricottura (fotografie 4a e 4 b).

Le sferette resistevano assai meglio della lamina all'azione del reattivo, e solo dopo reiterati attacchi si riusciva a porre in evidenza la loro struttura a grossi grani denotanti una prolungata ricottura (fotografia 5). È probabile infatti che gli Etruschi, per ottenere minute sfere, fondessero minuscoli pezzetti di lega entro della polvere di carbone.

La diversità strutturale e la ineguale resistenza agli attacchi non potevano imputarsi soltanto al fatto che la lamina fosse stata trattata meccanicamente (battuta) e le sferette no.

Bisognava allora supporre che la lamina e le sferette fossero costituite da due leghe diverse. In particolare, occorre ammettere che la lega costituente la lamina potesse contenere quantità anche molto piccole di altri metalli. Questa supposizione era avvalorata da un fatto: si era notato che le sferette sono attaccate alla lamina mediante dei colli di diametro nettamente inferiore a quello delle piccole sfere medesime. In molti casi, su questi colli si nota come una linea di frattura in senso pressochè parallelo alla lamina. Sotto

l'azione dei reattivi di attacco, la linea diviene sede di corrosione preferenziale ed assume l'aspetto di un solco ben netto (fotografia 6).

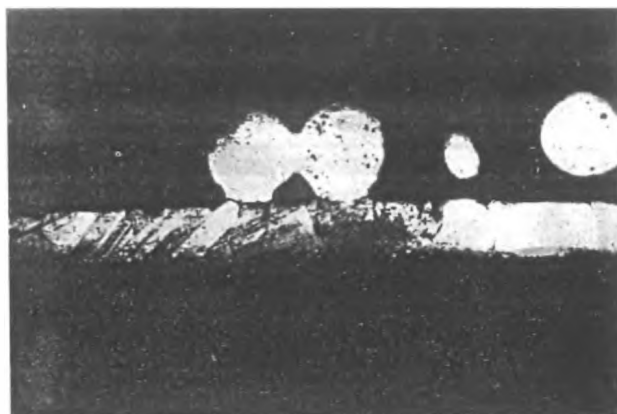


Fig. 4a: Micrografia del provino sezionato e attaccato chimicamente (zona centrale) - (x 60).

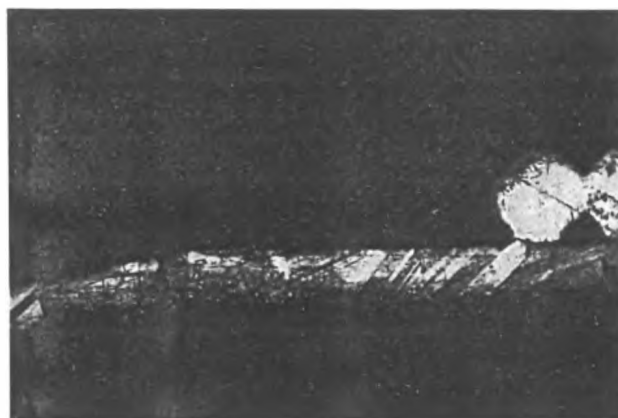


Fig. 4b: Micrografia del provino sezionato e attaccato chimicamente (zona laterale) - (x 60).

Dato quindi che si doveva escludere la presenza di una lega saldante, anche questa linea di frattura e il suo rapido corrodersi ci sembravano indicare che la saldatura fosse avvenuta fra due leghe di composizione non identica e quindi a diverso punto di fusione.

Si è provveduto allora ad eseguire un'analisi spettrografica, onde sincerarsi circa un'eventuale differenza di composizione fra

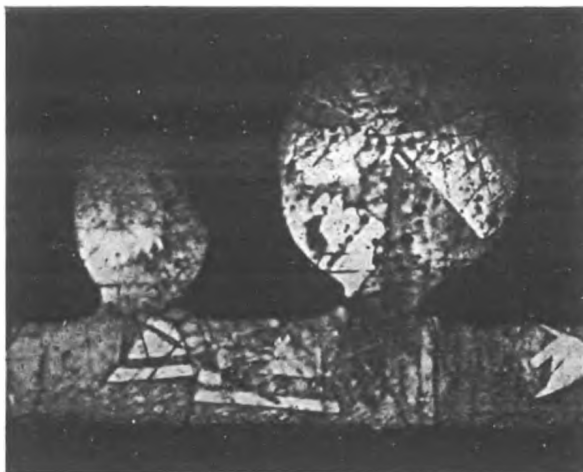


Fig. 5: Micrografia del provino sezionato e attaccato chimicamente: si noti la struttura a grossi grani, della sferetta (x 110).



Fig. 6: Particolare del provino sezionato relativo al punto di saldatura della sferetta alla lamina: si noti la frattura pressochè parallela alla lamina. (x 400).

la lega della lamina e quella delle sferette. A tale scopo distaccammo dall'oggetto in esame:

a) un piccolo pezzo di lamina prelevato lontano dalle figure granulari;

b) alcune sferette asportate dalle suddette figure, tagliandole al collo;

c) un piccolo pezzo di lamina portante le sferette saldate.

I risultati dell'analisi sono stati i seguenti: oro, argento e rame sono i costituenti principali della lega metallica. Le proporzioni sono approssimativamente:

60-65% oro 30% argento 5-8% rame

sia per la lamina, sia per sferette.

Le impurezze sono pertanto minime.

		LAMINA	SFERETTE	LAMINA CON SFERETTE
Stagno	(2840)	tracce evidenti	—	tracce
	(3175)	tracce evidenti	—	tracce
Bismuto	(3067)	tracce forti	tracce	tracce
	(2898)	tracce	—	—
Ferro	(3719)	—	tracce evidenti	tracce
	(3737)	—	tracce evidenti	tracce
Alluminio	(3961)	—	tracce	tracce minime

Si può quindi affermare che, sia la lamina sia le sferette, sono costituite da leghe, le quali, per il loro elevato contenuto in argento e in rame, presentano una composizione assai simile a quella dell'*electron*.

Interessante è la diversità delle tracce di altri metalli nelle due leghe. Tanto il bismuto, in tracce nella lamina e nelle sferette, quanto il ferro e l'alluminio, riscontrati solo in queste ultime, si possono ragionevolmente attribuire ad impurezze che non sembrano avere, nelle quantità trovate, influenza apprezzabile. Significativa appare invece la presenza di stagno solamente nella lamina, in quantità tale da potersi classificare come impurezza non lieve e di conseguenza capace di modificare le caratteristiche della lega. Infatti, com'è noto, l'aggiunta di piccole quantità di stagno a leghe oro-argento-rame di composizione vicina a quella esaminata ne abbassa il punto di fusione e ne modifica le caratteristiche meccaniche favorendone l'allungamento (4).

Stabilita così in base all'analisi spettrografica la differenza tra lamina e sferette, il provino fu nuovamente attaccato con soluzione di persolfato potassico e cianuro sodico, e si notò — oltre alle già descritte figure di corrosione — il comparire sulla lamina di efflorescenze biancastre (fotografie 4a, 4b e 7). Si può supporre che queste efflorescenze siano dovute a microporosità della lamina nelle quali

sia penetrato il reattivo di attacco e dalle quali siano poi affiorati i prodotti di reazione fra questo ed uno o più dei costituenti della lega.

Questo ci ha suggerito un'ipotesi; è noto infatti che in leghe contenenti circa il 4% di stagno è difficile ancor oggi impedire la formazione di pellicole di ossido di stagno nella massa fusa, pellicole che poi, nella successiva laminazione, vengono a giorno come schisti; inoltre tali leghe richiedono, per divenire omogenee, una lunga ricottura a temperatura controllata, altrimenti lo stagno, legato labilmente subito dopo il getto ai tre componenti, tende a

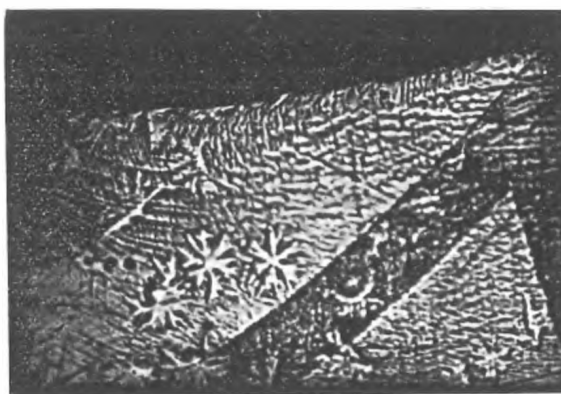


Fig. 7: Particolare del provino sezionato e attaccato chimicamente, relativo alla comparsa di efflorescenze sulla lamina. (x-400).

separarsi in goccioline (4). Quindi in via ipotetica questa microporosità potrebbe essere spiegata con una cattiva omogeneizzazione dello stagno nella lega ternaria e una sua successiva separazione prima o durante i trattamenti meccanici subiti dalla lamina. Se ciò fosse vero, si potrebbe anche ammettere che lo stagno fosse stato in un primo tempo più abbondante di quanto non si riscontri oggi, ed allora ancor più evidente apparirebbe la funzione saldante esplicata dalla lamina.

A questo punto, visti i risultati delle indagini spettrografiche e micrografiche, abbiamo tentato di imitare il lavoro degli Etruschi, e si è provveduto a sperimentare un metodo che si può supporre simile a quello usato per la decorazione granulare del frammento etrusco in esame.

A tale scopo venne preparata una lega oro-argento-rame all'incirca nelle proporzioni trovate spettrograficamente, addizionata di tracce

di bismuto e stagno, che venne laminata. Furono quindi approntate delle sferette fondendo piccole laminette di una lega uguale alla precedente, ma priva di bismuto e stagno, e tali sferette furono saldate secondo disegno su entrambe le facce della lamina. Per fare ciò venne anzitutto umettata la lamina con soluzione di borace, vi furono disposte — su di una faccia — le sferette a disegno; il tutto venne scaldato mediante un becco Bunsen, dapprima lievemente, tanto da far evaporare l'acqua ed incollare così più fortemente le sferette alla lamina, poi più decisamente fino all'inizio della fusione della lamina; a questo punto venne interrotto il riscaldamento: la saldatura delle sferette era già avvenuta.

Tali operazioni furono ripetute sull'altra faccia della lamina, senza alcun danno al primo disegno.

Gli esami micrografici di profilo (fotografia 8) ed in sezione



Fig. 8: Documentazione del tentativo di riproduzione della tecnica granulata: si noti il punto di saldatura delle sferette alla lamina.

(fotografia 9) del campione così saldato mostrano che le sferette sono attaccate alla lamina mediante un collo assai simile a quello presentato dal frammento etrusco; pure simile è la struttura che l'attacco pone in evidenza sulla lamina. Anche queste sferette presentano piccoli crateri di corrosione nonchè una struttura a grani nettamente più grossi rispetto a quelli della lamina (fotografia 10).

CONCLUSIONI

Dai risultati degli esami si può dedurre che la lamina sia costituita da una lega a punto di fusione leggermente inferiore a quello della lega delle sferette, e dalle prove sperimentali eseguite si è visto che la saldatura delle sferette può essere effettuata con una

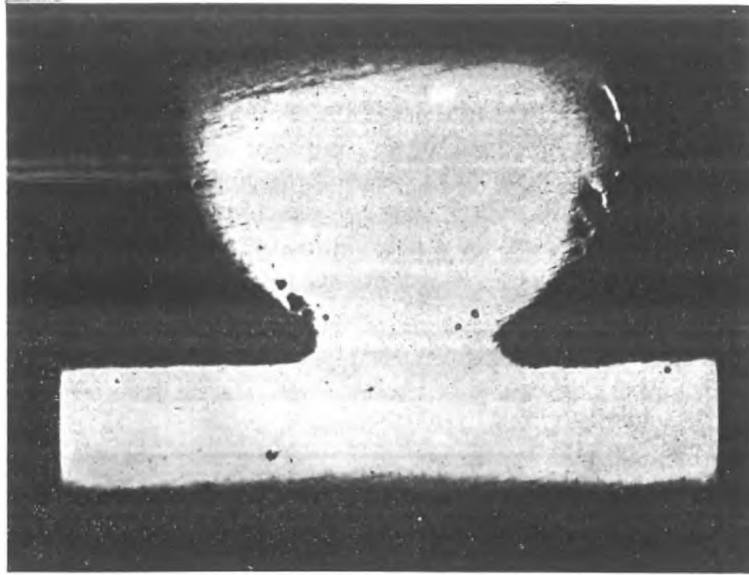


Fig. 9: Documentazione del tentativo di riproduzione della tecnica granulare: il provino sezionato mostra il caratteristico collo nel punto di saldatura della sferetta alla lamina. (x 150).

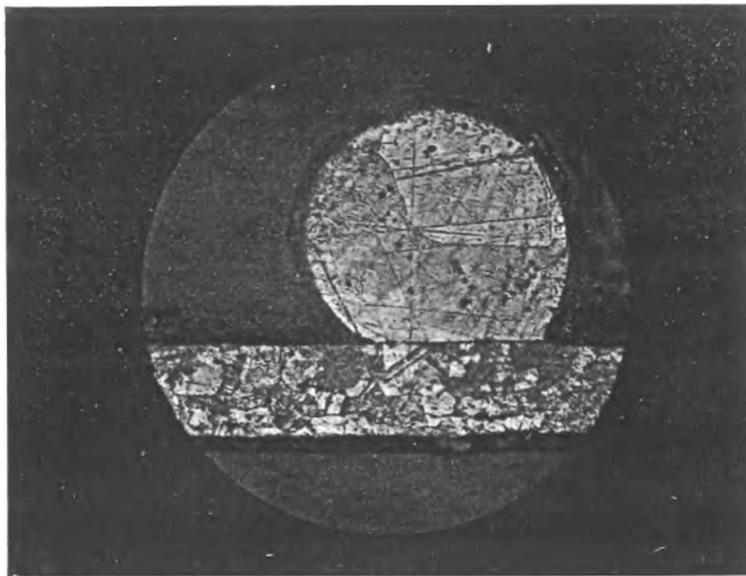


Fig. 10: Documentazione del tentativo di riproduzione della tecnica granulare: nel provino sezionato e attaccato chimicamente si nota la diversa struttura cristallina della lamina e della sferetta, relativa al diverso trattamento termico subito. (x 110).

certa facilità e senza bisogno di materiale saldante, quando si usi una lamina che fonda lievemente prima delle sferette, ed una semplice soluzione di borace che ha funzione sia di collante per le piccole sfere, sia di disossidante per la successiva saldatura.

Forse tutto ciò non è ancora sufficiente a rivelare il segreto della oreficeria granulata etrusca. Un ulteriore chiarimento in questo senso potrebbe essere dato da altre indagini, quale ad esempio, una fine analisi termica. Ma queste indagini, pur essenziali per la risoluzione del problema, non possono venir effettuate senza sciupare frammenti rari e preziosi.

SILVANO BORDI

Istituto di Chimica fisica
dell'Università di Firenze

BIBLIOGRAFIA

- (1) Franz CHLEBECEK, *Beitrag zur Technik der Granulation, St. Etr.*, Vol. XXII, pag. 199; (1952-53).
- (2) Mme A. R. WEILL, *Un problème de métallurgie archéologique: examen aux rayons X d'un objet égyptien en electrum*. *Revue de Métallurgie*, 1951, 1, 97; A. LUCAS, *Ancient Egyptian Materials and Industries*. Seconda edizione. Londra, 1934.
- (3) B. BEARZI, «La Metallurgia Italiana», n. 6, giugno 1951.
- (4) L. STERNER RAINER, *Die Edelmetall-Legierungen in Industrie und Gewerbe*. Lipsia, 1930; E. RAUB, *Die Edelmetalle und ihre Legierungen*. Berlino, 1940.