

## ANALISI CHIMICHE E METALLOGRAFICHE SUL CANOPO DA DOLCIANO \*

Scopo del presente lavoro è stato quello di ottenere dati utili a caratterizzare le varie sezioni metalliche del Canopo da Dolciano.

Tale studio si rendeva necessario anche perché l'opera, che dopo il ritrovamento risultava in pessimo stato di conservazione, fu sottoposta a restauro ottocentesco con criteri del tutto approssimativi e arbitrari. Poiché dunque le difficoltà di assemblaggio e di ricomposizione erano numerose a causa dell'accostamento errato di alcuni elementi, per l'alterazione corrosiva delle superfici di frattura e per la bombatura spesso deformata dei frammenti, si ritenne di potere rendere più agevole il restauro mediante la caratterizzazione delle varie sezioni, allo scopo di classificarle ed accostarle in base alle proprietà strutturali comuni.

Furono quindi condotte indagini chimiche, fisiche e metallografiche. Le prime consistevano nell'analisi del bronzo per via umida, spettrografica, e di fluorescenza X radioisotopica, le seconde in uno studio al microscopio della struttura del metallo. È noto infatti che mediante il rilievo della dimensione, della forma e della colorazione dopo attacco metallografico dei grani cristallini del metallo e delle sue inclusioni è possibile stabilire il tipo di bronzo e la sua qualità, nonché dedurre importanti informazioni sui processi di elaborazione, quali la tecnica fusoria e le lavorazioni tecniche e meccaniche condotte per la valorizzazione del manufatto (1).

Le analisi chimiche sono state estese anche ai prodotti di corrosione che ricoprivano il materiale poiché, nella impossibilità della rimozione completa di essi, la scelta del trattamento finale di protezione ne risultava condizionata; in particolare la presenza di cloruri avrebbe richiesto l'applicazione di inibitori del tipo del benzotriazolo.

### *Composizione delle leghe*

I campioni sottoposti ad analisi venivano previamente spazzolati per

---

\* A cura di CLAUDIO CANEVA dell'Istituto di Chimica Applicata dell'Università e di MAURIZIO MARABELLI dell'Istituto Centrale del Restauro in Roma.

(1) H. HODGES, *Artifacts*, 1964.

eliminare lo strato superficiale dei prodotti di corrosione (« patina »); ciò non è stato possibile per quei frammenti per i quali la corrosione aveva interessato gran parte del loro spessore. Alcuni dei risultati, che sono stati esposti nella Tabella, sono comprensivi quindi di uno strato superficiale di « patina ».

Per l'analisi per via umida è stato adottato il metodo di Caley (2); l'analisi spettrografica è stata eseguita con apparecchio Zeiss Q24 (spettro di emissione nell'UV), quella per fluorescenza X non dispersiva con un analizzatore monocanale modificato, contatore proporzionale e sorgente radioisotopica di  $^{147}\text{Pm}$ , che emette uno spettro di brehmsstrahlung e provoca nelle leghe di rame l'emissione delle righe X caratteristiche degli alliganti (3).

Dal numero dei conteggi relativi agli elementi riportati è possibile risalire, attraverso nomogrammi di calibrazione, alle percentuali degli elementi presenti nella lega.

I frammenti del basamento esaminati appartengono a due gruppi differenti. I campioni di cui alle analisi 3, 6, 7, della Tabella si riferiscono ad un gruppo di frammenti (gruppo I) che in fase di restauro sono stati considerati pertinenti al Canopo; il campione dell'analisi 2 appartiene ad un gruppo di frammenti adespoti (gruppo II), di spessore nettamente maggiore e con patina differente. Il campione del gruppo II presenta un contenuto in stagno pari a circa la metà di quello dei campioni del gruppo I.

Il basamento risulta costituito da un bronzo a bassa percentuale di stagno, a struttura alfa, facilmente lavorabile per deformazione plastica a freddo; la sua malleabilità è infatti paragonabile a quella del rame, benché rispetto a questo sia più esposto alla formazione di cricche.

L'elevato tenore di Pb del piede di un'ansa, che lo distingue nettamente dal materiale costituente il corpo dell'opera, è indice della diversa lavorazione che fu adottata per la costruzione dell'ansa: il materiale è infatti più adatto per una lavorazione a getto che per lavorazione plastica a freddo.

Dai risultati delle analisi per fluorescenza X su due zone patinate del vaso (vedi analisi 4,5) si rileva un tenore di Sn e Pb superiore a quello proprio della lega del basamento. D'altronde le analisi metallografiche hanno rivelato l'esistenza di una lega rame-stagno-piombo a struttura analoga a quella del basamento: è probabile che per l'azione aggressiva del terreno costituente l'ambiente corrosivo con cui si è trovato a contatto il Canopo si sia prodotta nella formazione della patina una solubilizzazione preferenziale dei composti del rame, piuttosto che di quelli degli altri elementi di lega. Non è stato possibile prelevare dal vaso un campione o spatinare un'area sufficiente al fine di ottenere un'analisi quantitativa che prescindesse dai prodotti di corrosione.

---

(2) E. CALEY, *Analysis of Ancient Metals*, 1964.

(3) R. CESAREO-M. MARABELLI-S. SCIUTI, *Non destructive analysis of ancient bronzes, Studies in conservation*, 18, 2, 64 (1973).

TABELLA (\*)  
ANALISI CHIMICA DEI CAMPIONI: RISULTATI

Analisi N.	Campioni	Cu	Sn	Pb	Altri elementi in tracce
1	piede di un'ansa, spatinato - c.s.	63,6	3,1	33,1	Ag, Zn, As, Sb, Ni, Ca, Mg
2	prelievo da una laminetta del II gruppo, dal basamento, spatinato - c.s.	97,0	2,5	0,2	Ag, As, Sb, Bi, Ni, Ca, Mg, Fe, Al, Si
3	prelievo da tre laminette del I gruppo, dal basamento, patina presente - c.s. (4) (5)	95,0	4,7	0,3	» »
4	sommità del vaso, zona patinata - f	89,8	8,6	1,6	
5	parte inf. del vaso, zona a forma di cono, patinata - f	88,5	10,0	1,5	
6	frammento 31 dal basamento, patinato - f	87,8	10,1	2,1	
7	frammento 31 spatinato - f	92,2	7,0	0,8	
		96,0	4,0	~0	

(\*) - c: analisi chimica; s: analisi spettrografica; f: analisi di fluorescenza X radioisotopica.

#### Analisi metallografica (6)

Per questa indagine furono prelevati alcuni frammentini dal vaso e dal basamento del trono. Questi, delle dimensioni di circa 20 mm<sup>2</sup>, furono inglobati in resina plastica transottica; ciascun frammento fu fatto affiorare dalla plastica e polimentato metallograficamente con carte abrasive e paste diamantate in modo da rendere possibile l'osservazione al microscopio di due sezioni di esso fra loro ortogonali e normali alla superficie delle lamine di cui facevano parte.

Come rappresentato in *fig. 1*, l'entità dei prodotti di corrosione rimasti aderenti su entrambe le superfici (interna ed esterna) del materiale

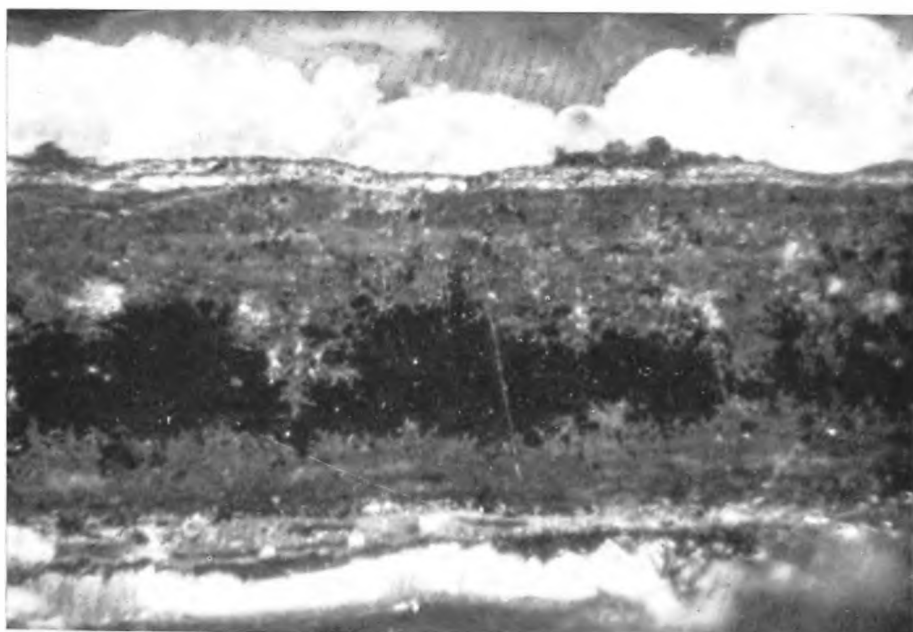
(4) Le analisi 1, 2, 3, sono riportate dalle tre schede di analisi S. Liberti I.C.R. nn. 373 399, 405.

(5) I valori dell'analisi n. 3 sono stati ottenuti applicando la correzioni di cui a p. 155 del testo di E. Caley.

(6) C. CANEVA-M. MARABELLI, scheda di analisi I.C.R. n. 420.



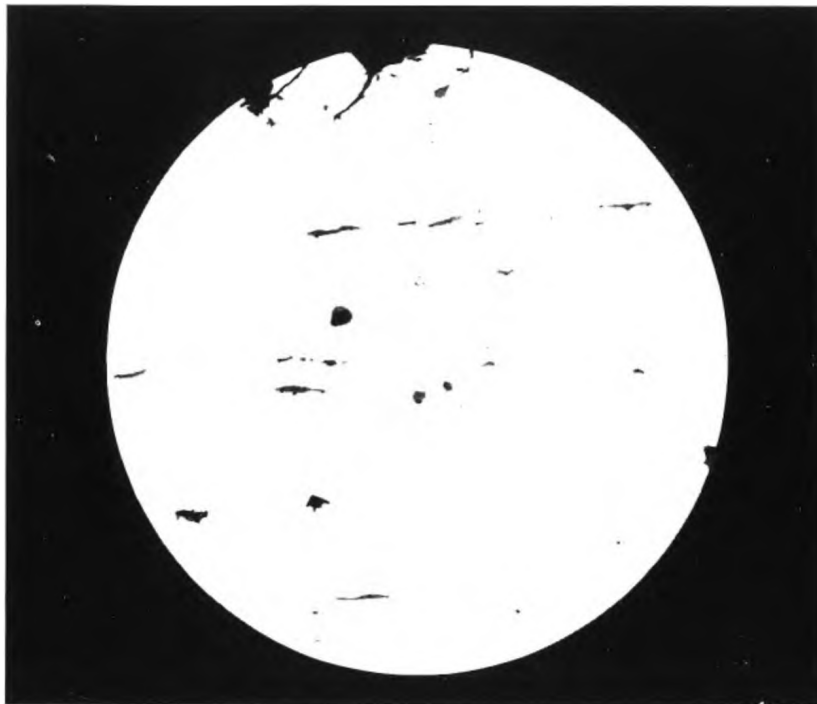
*fig. 1* - Senza attacco. ( $\times 50$ )



*fig. 2* - Senza attacco, luce polarizzata. ( $\times 80$ )

era pari a circa il 50% dell'intero spessore ed era più pronunciata su un lato della sezione corrispondente presumibilmente alla superficie esterna.

Le due patine, interna ed esterna, si differenziavano per la natura dei prodotti di corrosione, che rivestivano le due superfici ove si trovavano accumulati secondo livelli sovrapposti, come rilevabile dalla (*fig. 2*), ripresa in luce polarizzata a nicols incrociati. Nello strato attribuito alla superficie



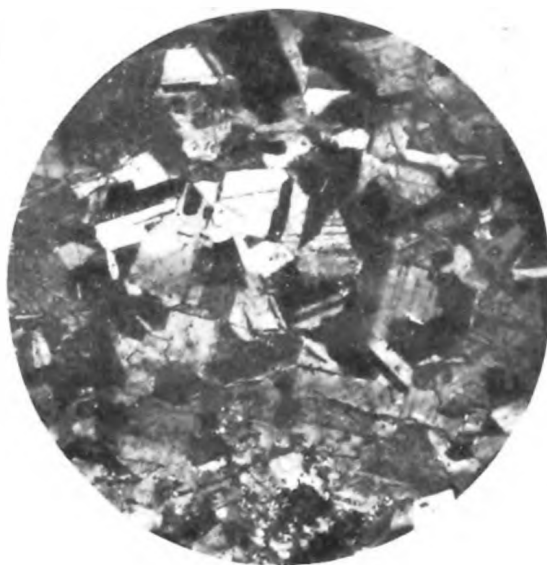
*fig. 3* - Con attacco. ( $\times 500$ )

esterna dell'opera si distingueva, a partire dal metallo, nell'ordine, un livello di aspetto grigioverde contenente  $\text{CuCl}$  che in parte avvolgeva i grani cristallini del bronzo, seguito da uno di colore rosso mattone ed infine da uno verdastro: questi due ultimi sono costituiti prevalentemente da cuprite e da cloruri e carbonati di rame rispettivamente. Il metallo sottostante presentava una marcata corrosione intercristallina.

La patina interna, di minore sviluppo, oltre al livello grigioverde presentava una struttura zonata a bande sovrapposte, costituita da cuprite ed in qualche punto da cloruri e carbonati di rame.

L'entità delle inclusioni non metalliche nella lega, sia per numero che per dimensione, era contenuta e denotava la buona qualità del materiale di partenza (*fig. 3*). La direzione preferenziale delle inclusioni, allungate lungo un piano parallelo alla superficie principale, testimoniava la lavorazione di battitura subita dal bronzo. La microstruttura veniva quindi

messa in evidenza in seguito ad attacco metallografico con  $\text{FeCl}_3$  alcoolico. Si è avuta conferma di un bronzo monofasico (*fig. 4*) con la sola soluzione solida alfa di stagno nel rame. La modesta dimensione dei grani cristallini, la loro forma poliedrica e di casuale orientazione, insieme alla presenza di elementi geminati, fanno ritenere che le lavorazioni meccaniche siano state intervallate da trattamenti termici di ricottura; ulteriore conferma



*fig. 4* - Con attacco. ( $\times 500$ )

a questa conclusione venne dal fatto che la struttura appariva pressoché identica in entrambe le sezioni ortogonali di ogni frammento esaminato.

Per rilevare se la lamiera fu ottenuta per calandratura (7) o per battitura è stata effettuata una ulteriore indagine per osservare la geometria delle inclusioni in una sezione parallela alla superficie. È noto infatti che le inclusioni, per quanto in genere seguano le deformazioni plastiche del metallo, non sono sensibili ai trattamenti termici di ricottura o di distensione della lega. Questo fa sì che dall'esame della loro morfologia si possono trarre informazioni sul ciclo di lavorazione subito dal metallo. In tal modo, per esempio, un processo di laminazione per calandratura orienta le inclusioni lungo una direzione preferenziale, mentre nella battitura l'allungamento delle inclusioni è polidirezionale.

(7) Procedimento ipotizzato da G. UCELLI (*Le Navi di Nemi*, Roma 1950).

Come rilevabile dalla (fig. 5) il materiale in oggetto deve avere subito questo secondo tipo di lavorazione.

La microdurezza Vickers ha dato il valore medio di 135 Kgf/mm<sup>2</sup>, corrispondente, dato il tipo di bronzo, ad uno stato di leggero incrudimento conferito al materiale per migliorarne le caratteristiche di resistenza statica. Su un frammento del corpo del vaso prelevato in prossi-

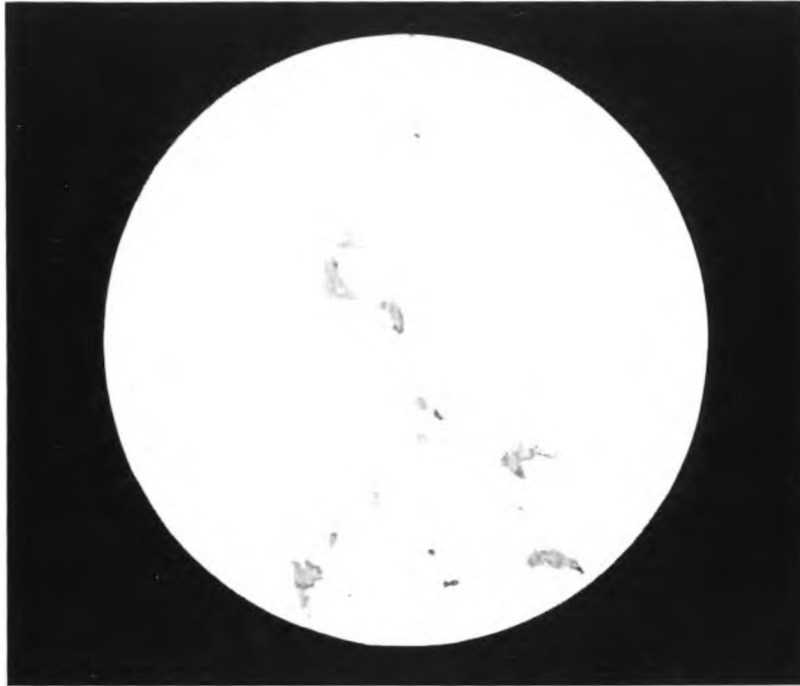


fig. 5 - Con attacco. ( $\times 500$ )

mità della preesistente maniglia il valore della microdurezza (145 Kgf/mm<sup>2</sup>) denota uno stato di maggiore incrudimento e quindi probabilmente una lavorazione per battitura più prolungata.

#### Conclusioni

In base ai risultati conseguiti si conclude che il materiale utilizzato per il vaso e il basamento del trono del Canopo era formato da una lamina di bronzo di buona qualità, dello spessore di circa 1 mm., a bassa percentuale di alliganti, particolarmente malleabile, e che fu lavorata con successive battiture e ricotture fino ad ottenere lo spessore desiderato. I piedi calceati dei manici, ottenuti per fusione, presentano una compo-

sizione molto ricca in piombo, di facile colabilità e completamente differente da quella del corpo del vaso.

Anomalo risulta il contenuto in stagno di un frammento (gruppo II) adespota, che in fase di restauro è stato scartato insieme ad altri frammenti non pertinenti al basamento.

I prodotti di corrosione sono più sviluppati su una faccia, presumibilmente l'esterna; nelle patine esterna e interna sono presenti cloruri di rame, che consigliano un trattamento di stabilizzazione con un inibitore di corrosione tipo benzotriazolo.

La metodologia di indagine adottata dà pertanto utili informazioni ai fini della ricostruzione di opere danneggiate di difficile restauro.

CLAUDIO CANEVA - MAURIZIO MARABELLI