

MASSIMO LEONI

STATO ATTUALE DELLE CONOSCENZE NEL CAMPO DELLA METALLURGIA ETRUSCA - PROSPETTIVE DI RICERCA

1) *Generalità*

Nel corso dei lavori del *Primo Convegno Internazionale Etrusco* del 1928 fu posta chiaramente in evidenza l'importanza che l'attività mineraria e metallurgica aveva avuto nel formarsi e nell'evolversi della civiltà etrusca. Il grande numero di manufatti metallici dei più differenti tipi reperiti anche in zone notevolmente lontane dal territorio etrusco e gli enormi depositi di residui dell'attività mineraria e metallurgica presenti nell'area di Populonia dimostrano l'esistenza di una vera e propria attività industriale che non ha niente di paragonabile con l'attività di tipo artigianale di metallurghi più o meno vaganti, documentata da numerosi ritrovamenti presso alcune popolazioni dell'antichità e sopravvissuta in alcune regioni, fino ai tempi moderni.

Numerosi sono stati i lavori tendenti a studiare questo aspetto della civiltà etrusca, basti pensare alle ricerche e agli studi del Minto e di numerosi altri ricercatori non archeologi ma tecnici, come L. Cambi, G. Piccardi e C. Panseri, solo per citarne alcuni fra i più autorevoli, i quali hanno indagato su manufatti della metallurgia etrusca, allo scopo di conoscere le fonti di approvvigionamento e le tecnologie di lavorazione per trarre informazioni utili a comprendere il livello di conoscenze raggiunto dai metallurghi etruschi nei vari momenti della loro storia e poterlo così paragonare con quello di altri popoli.

Purtroppo si è quasi sempre trattato di studi occasionali, non sistematici, i quali hanno fornito informazioni di notevole interesse scientifico ma insufficienti a tracciare un quadro rigoroso e completo del livello tecnologico posseduto dagli etruschi nei vari settori della metallurgia, nonché il loro sviluppo industriale e commerciale.

Non sono però mancati alcuni lavori che hanno risentito del fascino che lo studio di un manufatto di eccezionale antichità può esercitare su di un ricercatore scientifico, per cui, in alcuni casi, sono state tratte conclusioni ed effettuate generalizzazioni che sono andate oltre a quanto realmente deducibile dai risultati delle indagini eseguite.

Volendo pertanto tracciare un quadro relativo al livello tecnologico industriale della metallurgia etrusca è necessario effettuare un esame critico dei dati fino ad oggi disponibili inserendoli in uno schema che ne permetta una valutazione di insieme in confronto con le conoscenze e classificazioni della moderna metallurgia.

Solo un esame critico di questo schema ci permetterà di individuare le notevoli lacune tuttora esistenti ed il grado di attendibilità dei dati in nostro possesso.

Inizieremo questo lavoro di schematizzazione dai due principali settori: quello della tecnologia del rame e sue leghe e quello della tecnologia del ferro tralasciando, almeno per il momento, il settore dei metalli preziosi, sia per mancanza di sufficienti dati, sia perché tale settore può risentire notevolmente degli apporti dovuti agli scambi commerciali¹⁻².

¹ Non sarà inopportuno ricordare l'estrema difficoltà che il chimico analista incontra nell'esecuzione di analisi su campioni prelevati da manufatti metallici di provenienza archeologica.

Primo fattore è, generalmente, l'estrema limitatezza del campione o dei campioni prelevabili da un singolo oggetto. È da considerare inoltre la sicura presenza di fenomeni di micro e macrosegregazione, nei manufatti ottenuti per getto, i quali portano a sensibili variazioni dei risultati analitici sia per gli elementi presenti quali alliganti che come impurezze. Tali fenomeni sono tanto più sensibili quanto più limitata è la massa del campione.

Altro fattore di fondamentale importanza è costituito dai fenomeni corrosivi di tipo intercristallino, transcristallino, selettivo ecc. presenti non solo sulla superficie ma che in moltissimi casi, interessano più o meno uniformemente l'intera sezione delle pareti del manufatto. Questi fenomeni alterano notevolmente i rapporti reciproci dei vari elementi in quanto i prodotti di corrosione solubili si disperdono nell'ambiente circostante mentre si verificano degli arricchimenti localizzati degli elementi che danno luogo alla formazione di composti scarsamente solubili. Su alcuni manufatti di bronzo alto alligato, ottenuti per getto, è stata osservata la rideposizione di rame metallico praticamente puro nell'interno delle originali porosità del getto. È facilmente intuibile come tale fenomeno possa influenzare i risultati analitici.

Solo un accurato esame metallografico può fornire informazioni circa il grado di alterazione di un manufatto e permette di confrontare con un sufficiente grado di approssimazione, la corrispondenza dei risultati analitici con la reale microstruttura della lega, almeno per quanto riguarda i principali elementi di alligazione. Basti pensare alle norme che regolano il prelievo da getti moderni delle campionature analitiche, per comprendere il grado di approssimazione in cui è costretto ad operare chi indagherà su manufatti archeologici.

Ove non vengano effettuate indagini sulla presenza e sul contenuto di particolari elementi a livello di impurezze o di particolari composti, una buona individuazione del tipo di lega impiegata per una determinata applicazione può essere ottenuta anche da un'analisi che risenta parzialmente degli inconvenienti sopradescritti specie se i risultati analitici possono essere confortati da esami metallografici.

² Secondo la moderna metallurgia, le leghe si suddividono in due gruppi fondamentali: leghe da fonderia e leghe da lavorazione plastica a seconda della tecnologia impiegata per l'ottenimento dei vari manufatti.

Le leghe da fonderia sono quelle leghe, contenenti generalmente sensibili percentuali di elementi di alligazione, le quali presentano una buona fusibilità, notevole fluidità allo stato fuso e una elevata colabilità e cioè: facile riempimento delle forme dove vengono colate, buona riproduzione dei minuti particolari di modellato delle forme stesse e ridotta possibilità di formazione di difetti nelle pareti dei getti, come cavità di ritiro e soffiature.

Le leghe da lavorazione plastica sono invece quelle leghe, generalmente a più ridotta

2) *La metallurgia tecnologica del rame e del bronzo*

Le numerose e rigorose indagini analitiche e metallografiche effettuate su manufatti bronzei reperiti in territorio italiano, appartenenti al periodo del bronzo finale, hanno permesso di stabilire con la massima certezza che i metallurghi di tale periodo avevano messo a punto, per la produzione di asce, pugnali, coltelli, falcetti, scalpelli, spilloni ed oggetti vari, una lega binaria stagno-rame contenente il 10% di stagno. Tale lega era sicuramente prodotta per alligazione diretta dei due metalli. Le variazioni di percentuale intorno al valore teorico del 10% sono infatti molto contenute specie se le paragoniamo con i limiti di composizione previsti per il moderno bronzo da fonderia per applicazioni meccaniche B10 - UNI 7013/1°, che prevede un contenuto di stagno compreso fra il 9 e l'11% ed un contenuto massimo di piombo, quale impurezza, dell'1%.

Nei manufatti del bronzo finale, l'eventuale presenza di piombo in percentuali variabili ma sempre limitate, è da considerarsi infatti più una impurezza occasionale che non una aggiunta intenzionale.

Per quanto riguarda l'aspetto tecnologico di lavorazione i metallurghi di tale periodo erano a conoscenza, seppure empiricamente, dell'effetto omogeneizzante di un prolungato riscaldamento su di un pezzo ottenuto per colata, per cui il pezzo stesso dopo omogeneizzazione diveniva suscettibile di battitura a freddo senza il pericolo di formazioni di cricche; conoscevano inoltre l'effetto indurente della battitura a freddo, tecnicamente noto come processo di incrudimento, e l'effetto ricristallizzante dei trattamenti termici, effettuati su di un pezzo incrudito, per cui il pezzo poteva riacquistare la primitiva plasticità.

Tutte queste conoscenze sono passate ai metallurghi dei periodi successivi e quindi anche agli etruschi che le hanno ampiamente sfruttate per la produzione dei loro manufatti.

Volendo trattare della tecnologia del rame e del bronzo presso gli etruschi prenderemo dapprima come esempio alcune analisi chimiche e metallografiche effettuate su manufatti ottenuti per fusione databili ai secoli VIII-VII: una punta di lancia proveniente da una tomba a fossa di Vetulonia molto aggredita dalla corrosione, il cui corredo era conservato nella sezione topografica del Museo

percentuale di alliganti, le quali presentano la caratteristica di essere suscettibili di lavorazione mediante battitura, fucinatura sia a caldo che a freddo, laminazione, trafilatura, ecc. Come tutte le classificazioni non esiste una netta linea di separazione fra le due classi, in quanto esistono alcune leghe che possono essere lavorate sia plasticamente che mediante fusione.

Una tipica lega da fonderia era lo speculum romano la quale presentava un'ottima fusibilità e colabilità ma per la sua elevata durezza e fragilità si sarebbe spezzata, senza deformarsi, se sottoposta a martellatura o ad altro tipo di deformazione plastica.

Il rame, il ferro ed i bronzi basso legati rientrano invece nella classe delle leghe da lavorazione plastica in quanto suscettibili di formatura mediante battitura sia a freddo che a caldo. La scarsa colabilità di un bronzo basso alligato è stata messa chiaramente in evidenza dal Cellini nella sua vita quando descrive la fusione del Perseo.

Archeologico di Firenze, una fibula a sanguisuga da Vetulonia (VII secolo a. C.) proveniente anch'essa dal Museo Archeologico di Firenze, di una piccola borchia, ottenuta per fusione, proveniente dal corredo della tomba a tumulo di Quinto Fiorentino (VII secolo a. C.).

È stato preso pure in esame un anellino ottenuto per fusione, magnifico esempio di colata e cera persa, sul quale è stato possibile effettuare solo un esame analitico semiquantitativo per via spettrografica e l'esame metallografico. L'esame metallografico aveva infatti posto in evidenza che la quasi totalità del campione era interessata da un fenomeno di corrosione selettiva che aveva aggredito la fase δ ricca di stagno.

Questo anellino faceva parte della decorazione di un'urna cineraria villa noviana a capanna, di lamina di bronzo, databile all'VIII-VII secolo a. C.

La composizione chimica di questi manufatti è risultata una lega tipo 90-10 con un contenuto limitato di piombo:

	Sn %	Pb %	Cu %	Fe %	Ag %
Punta di lancia	9,02	2,90	85,97	0,08	t.
Fibula a sanguisuga	10,68	0,50	88,59	t.	t.
Borchia di Quinto Fiorentino	8,20	1,26	89,93	t.	t.

L'anellino ha presentato una composizione chimica paragonabile a quella della fibula.

In periodi successivi si osserva, per quanto riguarda la composizione chimica dei bronzi, un più frequente impiego in fonderia di leghe contenenti elevate percentuali di piombo a cui corrispondono generalmente più basse percentuali di stagno. Ciò può derivare dal fatto che il piombo non era più una impurezza occasionale, ma un elemento aggiunto intenzionalmente per aumentare la colabilità della lega, mentre la riduzione della percentuale di stagno poteva dipendere dalla scarsità di tale metallo e cioè dal suo elevato costo. Si riportano di seguito alcuni esempi di analisi chimiche di manufatti ottenuti per fusione di epoca più tarda.

	Cu %	Sn %	Pb %	Fe %	Ag %
Ansa di anfora da Vetulonia (III sec. a. C.)	66,70	8,63	22,43	0,18	t.
Piede di cista da Vetulonia?	83,30	12,50	3,16	t.	t.
Testa di Giovanetto da Fiesole	70,80	5,19	21,21	t.	t.m.
Arringatore del Trasimeno	82,78	10,67	4,86	t.	t.m.

Separatamente si riporta l'analisi chimica della Chimera di Arezzo, effettuata su campioni prelevati da tecnici della Soprintendenza nel 1964, in quanto

la composizione del monumento è caratterizzata da una insolita elevata percentuale di bismuto. Questi risultati non sono stati fino ad ora pubblicati integralmente.

Chimera di Arezzo

Cu %	79,69 - 81,45
Sn %	13,89
Pb %	3,01 - 1,02
Fe %	0,33
Zn %	0,16
Bi %	2,54
As %	t.

Per il piombo l'analisi è stata effettuata su due differenti campionature.

La conoscenza del piombo come elemento differenziato dallo stagno, la cui aggiunta forniva particolari caratteristiche ai bronzi, può desumersi anche dall'essenza di tale elemento nelle leghe da lavorazione plastica e cioè nei bronzi destinati alla produzione di manufatti per battitura e sbalzo come scudi, situle, vasi, coltelli, chiodi, ecc.

Le analisi quantitative o anche solo qualitative di quest'ultima classe di manufatti, indicano infatti che il piombo è generalmente presente a livello di impurezza e che la percentuale di stagno è di norma inferiore al 10%.

Da quando detto si potrebbe dedurre che dai periodi più antichi venivano prodotte leghe per questo specifico impiego, la lavorazione plastica, analogamente a quanto effettuato ai giorni nostri.

Ad esempio sono risultati di lega binaria rame-stagno un frammento di lamina sbalzata proveniente dalla tomba di Quinto Fiorentino, i vasi di bronzo da Tuscania, Tomba dei Sarcofagi, una situla bronzea da Orvieto (IV secolo a. C.), un coltello da Vetulonia (III secolo a. C.), alcuni chiodi del Carro Grande di Populonia.

Di due di questi campioni, situla di Orvieto e coltello di Vetulonia, riportiamo a titolo di esempio le analisi quantitative:

	Situla di Orvieto	Coltello di Vetulonia
Cu %	89,99	92,41
Sn %	9,60	6,95
Pb %	ass.	t.
Fe %	t.	0,28
Ni %	t.	t.
Co %	t.m.	—
Ag %	t.	t.

Una percentuale di stagno inferiore al 10% rende infatti questi bronzi facilmente omogeneizzabili e monofasici, costituiti da grani di soluzione solida α (Cu), mediante la completa dissoluzione della fase δ , di elevata durezza e fragilità, originatasi al momento della solidificazione. L'incremento delle caratteristiche meccaniche dei manufatti era ottenuto, come già detto, mediante incrudimento e cioè per deformazione plastica a freddo, martellatura.

Il piombo, se contenuto in sensibile percentuale, fragilizza le leghe e pertanto ne avrebbe ridotta la lavorabilità e abbassate sensibilmente le caratteristiche meccaniche.

Se quanto sopra potrà essere confermato da ulteriori indagini si potrà dedurre che già dal VII secolo era stata introdotta la moderna classificazione che distingue le leghe in due principali classi: leghe da fonderia e leghe da lavorazione plastica.

Non mancavano tuttavia leghe previste per particolari applicazioni come ad esempio i bronzi binari a più elevata percentuale di stagno per la produzione di specchi. Gli etruschi, infatti, a differenza dei romani, usavano prevalentemente per la produzione di questa classe di manufatti, la tecnologia della lavorazione plastica.

Le caratteristiche richieste per questa peculiare applicazione erano: sufficiente durezza della lega per permettere una buona lucidabilità della superficie riflettente e conservazione nel tempo di tale caratteristica; colore il più possibile chiaro della lega; possibilità di lavorazione per martellatura e buona lavorabilità mediante incisione.

Come è noto l'incremento della durezza come pure il color chiaro della lega si ottiene con l'aumento della percentuale di stagno ma ciò comporta un aumento della fragilità e della difficoltà di lavorazione plastica a freddo del manufatto.

Tali inconvenienti erano stati superati aumentando la percentuale di stagno fino a valori che ne fosse sempre possibile l'omogeneizzazione e cioè l'ottenimento di una struttura monofasica, mediante l'esecuzione di trattamenti termici sullo sbizzato realizzato per fusione. Anche il piombo che fragilizza e iscurisce la lega veniva sempre contenuto a livello di impurezza.

Per quanto riguarda i rari manufatti in rame di cui è nota la composizione chimica è da osservare che tale metallo presenta generalmente un elevato grado di purezza, maggiore al 99%. Ciò può derivare dal fatto che venivano impiegati per la sua estrazione minerali ad elevato contenuto di rame; inoltre l'impiego del carbone di lega per la riduzione non comportava pericoli di contaminazioni.

3) Siderurgia

Per quanto riguarda la tecnologia del ferro le scarse indagini effettuate in questi ultimi anni su manufatti in ferro etruschi non hanno apportato niente di nuovo a quanto esposto nel nostro precedente lavoro di sintesi *La tecnologia del*

ferro presso gli Etruschi, pubblicato sulla rivista *Studi Etruschi*. Ci limiteremo pertanto in questa sede ad un breve cenno sul livello di conoscenze tecnologiche dei fabbri etruschi come è risultato dall'esame di manufatti databili dal VII secolo fino al periodo della romanizzazione.

A tale scopo sono state prese in esame prevalentemente armi, in quanto per la costruzione delle armi sono sempre state impiegate le tecniche più sofisticate e progredite.

Dai risultati delle varie indagini si può dedurre che già nel VII secolo i fabbri etruschi conoscevano l'esistenza di differenti qualità di ferro in funzione della durezza, ovvero del diverso grado di carburazione. Queste varietà di ferro o meglio di acciaio, saranno successivamente descritte da Plinio (XXXIV-41) « Differentia ferri Numerosa, aliae molle tantum plumboque alio fragili et aërosum ». È da notare come in questo passo Plinio metta in evidenza nel ferro carburato più la fragilità che la durezza.

Dallo studio metallografico di un coltello sembrerebbe provato che non solo veniva effettuata una cernita dei vari masselli ottenuti dalla fucinatura della spugna dopo riduzione del minerale, in funzione della durezza, ma che veniva anche effettuata una intenzionale carburazione del metallo mediante un prolungato riscaldamento in ambiente ricco di carbone e povero di aria.

Si potrebbe perciò asserire che conoscevano la tecnica della cementazione. Inoltre la presenza in alcuni casi di nitruri aciculari nei grani ferritici potrebbe giustificare l'ipotesi che durante tali trattamenti venissero impiegate anche sostanze organiche, come ad esempio sterco animale. Ci troveremmo così di fronte ad un vero processo di carbonitrurazione.

Per sfruttare le caratteristiche di taglio derivanti dall'impiego di ferro carburato, acciaio, e ridurre la fragilità del manufatto, veniva impiegata la tecnica del damasco saldato, più volte ampiamente descritta. Veniva cioè ottenuto un pacchetto costituito da più strati sovrapposti disponendo alternativamente strati di ferro dolce di elevata plasticità e resilienza e strati di ferro carburato più duro e più fragile, avendo cura di collocare al centro del pacchetto lo strato più carburato e generalmente di maggiore spessore, da cui sarebbe stato ricavato il tagliente. La saldatura fra i vari strati veniva ottenuta per battitura al color rosso chiaro; bollitura.

In una punta di lancia datata al III secolo da Montefiascone questa tecnologia raggiunge una perfezione del tutto paragonabile a quella dei miglior fabbri armatori del medioevo e dell'epoca moderna preindustriale. J. J. Perret nel suo trattato *L'art du coutelier* del 1771-1772 descrive questa tecnologia come la più adatta per ottenere utensili da taglio di elevata qualità.

Raffreddare rapidamente un pezzo di ferro rovente per immersione in acqua fredda è un'operazione istintiva che certamente sarà stata effettuata fin dalla più remota antichità. Sarà stato inoltre osservato che un manufatto così raffreddato aumentava notevolmente la sua durezza ma anche la sua fragilità. Il brusco raf-

freddamento finale dal color rosso, e cioè la tempra intenzionale, di un'arma a lama lunga: coltelli, spade, punte di lancia, non è mai stata riscontrata su manufatti della metallurgia etrusca e romana. Ciò deriva molto probabilmente dall'aver osservato che all'incremento di durezza corrispondeva uno sfavorevole eccessivo incremento della fragilità dell'arma. Attualmente infatti i pezzi di acciaio dopo tempra devono essere sottoposti, per ottenere le caratteristiche meccaniche desiderate, ad un trattamento di rinvenimento a temperature e per tempi ben determinati, cosa praticamente impossibile a realizzarsi nell'antichità.

Che il processo di tempra fosse tuttavia noto, lo dimostra il suo impiego nella tempra localizzata dei taglienti delle asce, come è stato riscontrato su di un'ascia etrusca da Vetulonia e su altre asce hallstattiane ed egiziane del IX e X secolo.

Da questo rapido escursus sulle tecnologie siderurgiche etrusche si può dedurre, con un sensibile grado di sicurezza, che i fabbri etruschi avevano un livello di conoscenze tecnologiche che potrà essere sostanzialmente migliorato solo in periodi molto più tardi.

4) *Conclusioni*

Da quanto precedentemente detto risulta che i metallurghi etruschi possedevano già nel VII secolo a. C. un elevato grado di conoscenze tecnologiche, che si affineranno solo leggermente nei secoli successivi.

Sarebbe pertanto di notevole interesse, specie per quanto riguarda la metallurgia del ferro, poter studiare i manufatti di ferro, appartenenti alle prime fasi della civiltà del ferro, reperiti nei territori successivamente occupati dagli etruschi, allo scopo di poter accertare l'esistenza di una evoluzione in loco della siderurgia, oppure se questa tecnologia sia giunta già ad un livello evoluto da aree ove la metallurgia del ferro aveva avuto un anteriore sviluppo.

La conoscenza di questi dati potrebbe costituire un utile elemento di giudizio per il progredire degli studi sulla formazione della civiltà degli etruschi.

MEMORIE DI METALLURGIA PUBBLICATE SU *STUDI ETRUSCHI*

- G. D'ACHIARDI, *L'industria mineraria e metallurgia in Toscana al tempo degli Etruschi*, 1, 1927, 411-420.
- A. STELLA, *Alcune osservazioni sui minerali di ferro e stagno dell'antica Etruria*, ibidem, 421-425.
- G. VITALI, *L'aratro votivo di bronzo da Talamone*, 2, 1928, 409-417.
- G. D'ACHIARDI, *L'Industria metallurgica a Populonia*, 3, 1929, 397-404.
- W. WRUBEL, *Escavazione e separazione elettromagnetica delle scorie di ferro di fusione etrusca*, ibidem, 405-409.
- M. PASSERINI, *Analisi chimica di alcuni manufatti metallici di età eneolitica provenienti dall'antico territorio etrusco*, ibidem, 411-412.
- G. BADI, *Le antiche miniere del Massetano (Massa metallorum)*, ibidem, 5, 1931, 455-473.
- R. GRASSINI, *L'oricalco e gli Etruschi*, 7, 1933, 331-334.
- G. PICCARDI, *Ricerche spettroscopiche di alcuni oggetti d'argento (I)*, 9, 1935, 259-266.
- IDEM, *Ricerche spettroscopiche su alcuni oggetti d'argento (II)*, 10, 1936, 341-353.
- G. MAZZINI, *Blocchetto ritenuto di rame di origine preistorica*, ibidem 473-476.
- G. SPERONI-D. COZZI, *Ricerche chimiche sopra un vaso di bronzo di Vulci*, 13, 1939, 351-354.
- G. SPERONI, *Ricerche su oggetti di piombo dell'Etruria*, ibidem, 355-362.
- B. BUSATTI, *Di alcune coltivazioni minerarie nel territorio dell'antica Heba (Magliano in Toscana)*, 17, 1943, 423-432.
- A. MINTO, *Per una carta archeologica sulle antiche coltivazioni minerarie del bacino mediterraneo*, 20, 1948, 303-306.
- G. SPERONI-L. MORI, *Ricerche chimiche sulle monete del tesoro di Populonia*, 21, 1950, 241-247.
- G. ALBERTI-PARRONCHI-G. PICCARDI, *Sui bronzi sacri del bagno di Selene*, ibidem, 249-260.
- B. BEARZI, *Considerazioni su la formazione delle patine e delle corrosioni sui bronzi antichi*, ibidem, 261-266.
- G. PICCARDI, *Sulla oreficeria granulata*, 29, 1953, 199-202.
- F. CHLEBECEK, *Beitrag zur Technik der Granulation*, ibidem, 202-205.
- A. MINTO, *L'antica industria mineraria in Etruria e il porto di Populonia*, 23, 1954, 291-319.
- C. PASSERI-M. LEONI, *Di alcuni metodi elettrolitici atti a eliminare le patine su oggetti metallici di interesse archeologico*, ibidem, 321-333.
- G. PICCARDI-S. BORDI, *Sull'oreficeria granulata etrusca*, 24, 1955, 353-363.
- C. PANSERI-M. LEONI, *Esame di due chiodi di rame appartenenti ad un sarcofago ligneo etrusco rinvenuto in una tomba di Tarquinia (IV-III sec. a. C.)*, ibidem, 365-373.
- C. PANSERI-M. LEONI, *Sulla tecnica di fabbricazione degli specchi di bronzo etruschi*, 25, 1957, 305-319.

- C. PANSERI, *A proposito di alcuni metodi elettrolitici atti a eliminare le patine su oggetti metallici di interesse archeologico*, ibidem, 571-572.
- L. CAMBI, *I metalli dei sepolcri di Ponte S. Pietro e di Garavicchio della Cultura di Rinaldone*, 27, 1959, 199-208.
- B. BEARZI-S. BORDI-G. TODERI, *Sul restauro elettrochimico di oggetti e frammenti metallici di valore archeologico*, ibidem, 209-217.
- L. CAMBI, *Problemi della metallurgia etrusca*, ibidem, 415-432.
- M. DEGANI-L. CAMBI-M. ELLI, *Relitto di fonderia terramaricola*, 28, 1960, 421-435.
- M. LEONI-C. PANSERI, *La tecnologia del ferro presso gli Etruschi*, 29, 1961, 235-243.
- G. PICCARDI-S. BORDI, *Sul cosiddetto « cancro » dei bronzi etruschi*, ibidem, 493-502.
- L. CAMBI, *Ricerche chimico-metallurgiche sui bronzi piceni dei cimeli del Museo Archeologico di Ancona*, 30, 1962, 247-252.
- M. LEONI-C. PANSERI, *Esame di un coltello di bronzo ritrovato a Vetulonia in una tomba del III secolo a. C.*, 31, 1963, 125-129.
- F. NICOSIA, *Radiografia di bronzi antichi*, 35, 1967, 239-251.
- L. FOLLO, *Contributo alla conoscenza della tecnologia dei bronzi antichi*, 37, 1969, 351-354.
- Id., *Contributi alla conoscenza dei bronzi antichi*, 38, 1970, 155-164.
- D. CARANDINI, *Appunti sul restauro di alcuni specchi di bronzo provenienti dal Museo Nazionale di Tarquinia*, 40, 1972, 503-506.
- L. FOLLO, *Contributi alla conoscenza della tecnologia dei bronzi antichi: ciste e stivole*, ibidem, 521-526.
- C. CANEVA-M. MARABELLI, *Analisi chimiche e metallografiche sul canopo di Dolciano*, 41, 1973, 237-244.
- L. FOLLO, *Analisi e restauri di bronzetti felsinei*, 43, 1975, 173-183.
- E. FORMIGLI, *L'antica tecnica dei bracciali a filigrana*, 44, 1976, 203-210.
- P. G. WARDEN, *Strip Drawn Wire from Iron Age Narce*, 46, 1978, 265-267.
- V. BORRELLE et Alii, *Analisi comparative su alcuni bronzi orientalizzanti*, 49, 1981, 237-261.
- E inoltre:
- L. CAMBI, *Leghe di rame ricche di piombo costituenti alcuni cimeli di stazioni preistoriche e protostoriche del Piceno*, in *Atti Ancona*, 107-115.