

LA TECNOLOGIA DEL FERRO PRESSO GLI ETRUSCHI

(Con le tavv. XXXII-VIII f. t.).

I risultati degli esami metallografici, da noi condotti per oltre dieci anni, su relitti dell'antica metallurgia etrusca, confrontati con i risultati ottenuti da altri ricercatori e con le fonti storico-letterarie classiche, hanno permesso di ricostruire con sufficiente sicurezza le varie tecnologie metallurgiche seguite dagli Etruschi per la lavorazione dei metalli, in particolar modo del ferro.

Qualora fosse possibile ricostruire analoghi quadri, relativamente alle industrie metallurgiche degli altri popoli, si disporrebbe di ulteriori elementi che, coordinati nel quadro generale dell'archeologia, potrebbero contribuire a risolvere i numerosi problemi, tuttora insoluti, relativi agli spostamenti, alle industrie e agli scambi commerciali dei popoli dell'antichità.

Questo studio riassuntivo è stato possibile grazie alla collaborazione della Soprintendenza alle Antichità dell'Etruria, che ha fornito la maggior parte dei manufatti esaminati, dell'Istituto di Studi Etruschi, che ha contribuito alla revisione critica e alla pubblicazione dei vari risultati raggiunti e dell'Istituto Sperimentale dei Metalli Leggeri presso i cui laboratori sono state condotte le varie indagini metallografiche.

* * *

I numerosi esami da noi condotti su relitti di armi etrusche in ferro, appartenenti a vari periodi (VII-III sec. a. C.) e provenienti da varie necropoli dell'Etruria, hanno permesso di dimostrare che i fabbri etruschi erano in possesso, già nel VII sec. a. C., di una tecnica metallurgica che, rapportata ai tempi, si può definire straordinariamente raffinata.

Questa tecnica presupponeva infatti un'ottima conoscenza, se pure empirica, delle caratteristiche e delle proprietà del ferro car-

burato (acciaio) e del ferro puro. Il ferro puro presenta infatti una limitata durezza ed una elevata tenacità, per cui può sopportare senza rompersi urti violenti ed improvvisi. Tali sollecitazioni possono tuttavia produrre delle deformazioni plastiche permanenti del pezzo.

Il ferro carburato presenta invece una elevata durezza, che aumenta col crescere della percentuale di carbonio presente. Col crescere della durezza aumenta tuttavia una caratteristica sfavorevole e cioè la fragilità; pertanto, un pezzo di acciaio duro può resistere all'urto senza deformarsi, ma se l'urto raggiunge una notevole violenza, il pezzo può bruscamente spezzarsi. La caratteristica di sopportare, senza deformarsi, urti anche violenti, è richiesta in particolar modo dal tagliente delle lame, per non perdere troppo rapidamente il filo durante l'impiego. Alla dureza deve però aggiungersi, come è stato detto, una sufficiente tenacità.

Durezza e tenacità, che sembrano caratteristiche incompatibili, erano state invece riunite dagli Etruschi, in una medesima arma grazie ad una particolare tecnica di composizione, che consisteva nel saldare fra loro per martellatura, più lamine di ferri variamente carburati, riscaldate al color rosso chiaro, fino ad ottenere un massello costituito da più strati paralleli, di ferro dolce tenace, frammisti a strati di acciaio di elevata durezza.

Nella costituzione del massello, da impiegarsi successivamente per la fucinatura dell'arma (spade, cuspidi di lancia, asce) il fabbro aveva cura di disporre gli strati duri di acciaio nella zona dalla quale avrebbe successivamente ricavato il tagliente, mentre gli strati di ferro dolce o di acciaio più povero di carbonio, e perciò più tenaci, erano disposti esteriormente, in maniera da impedire la rottura dell'arma per urto. Questi strati di vari tipi di ferro potevano essere in numero limitato (3 o 5 come nel caso della spada falcata da Vetulonia del VII sec. a. C.) (1) od anche in numero rilevante come è risultato in un'ascia pure da Vetulonia (VII-VI sec. a. C.) (2)

(1) GARINO C., LEONI M., PANSERI C., «Ricerche metallografiche sopra alcune lame etrusche di acciaio», *A.I.M.*, Documenti e contributi per la storia della metallurgia, Quaderno II, Milano, 1957.

(2) PANSERI C., LEONI M. «Sulla tecnica di fabbricazione delle armi in ferro presso gli Etruschi. Esame metallografico di un'ascia di ferro del VII-VI sec. a. C. da Vetulonia». *Metallurgia Ital.*, LII, pp. 229-236 (1960).

e in una punta di lancia da Monte Fiascone (IV sec. a. C.) (3), la cui costituzione stratificata è particolarmente evidente (4).

Il massello composito, ottenuto per saldatura (bollitura) di più lame poteva infatti esser spianato e addoppiato più volte in modo da ottenere un complesso costituito da un numero assai elevato di strati.

Polibio riferisce che quest'arte di saldare il ferro, detta anche bollitura, sarebbe stata insegnata dal leggendario Glauco nativo dall'isola di Lemno.

La tecnica della lavorazione del ferro mediante sovrapposizione e saldatura di più strati di varie qualità di ferro è descritta anche da Virgilio nell'VIII canto dell'Eneide in cui narra la fabbricazione delle armi di Enea ad opera di Vulcano e dei Ciclopi:

..... Si raffina l'acciaio e tempre e leghe
In più guise si fan d'ogni metallo
Di sette falde in sette doppi unite
Ricotte al fuoco ribattute e salde
Si forma un saldo e smisurato scudo
Da poter solo in contro all'armi tutte
Star dei Latini

Questa tecnica di composizione, conosciuta anche col nome di damasco saldato, la cui origine è risultata così remota, è stata seguita quasi senza subire apprezzabili variazioni fino all'inizio della moderna siderurgia e cioè fino al XIX secolo, come fa fede fra l'altro il trattato settecentesco di J. J. Perret « L'art du coutelier » (5).

Nella tav. XXXII riportiamo alcune microstrutture tipiche di vari tipi di ferro più o meno carburato e cioè con diverso grado di durezza e fragilità. « Differentia ferri numerosa... aliae molle tantum plumboque;... alia fragili et aerosum... » (Plinio XXXIV, 41).

(3) PANSERI C., LEONI M. « Di alcuni metodi elettrolitici atti ad eliminare le patine su oggetti metallici di interesse archeologico ». Studi Etruschi Vol. 23, pagg. 321-333 (1954).

(4) I.S.M.L., « Sulla tecnica di fabbricazione delle armi in ferro presso gli Etruschi: Esame di una cuspide di lancia del IV sec. a. C. da Montefiascone ». Rapporti n. 6005.025/9349 (1960), 6009.030/9611 (1960).

(5) PERRET J. J., « L'art du coutelier », Paris (1771-72).

La micrografia n. 1 illustra la microstruttura di un ferro puro (ferrite), contenente alcune inclusioni di scorie, prevalentemente siliciche, derivanti dalla ganga del minerale. La durezza Vickers di questo tipo di ferro è di circa 120-140 kg/mm².

La micrografia n. 2 illustra la microstruttura di un ferro puro (ferrite) contenente numerosi nitruri aciculari derivanti da azoto disciolto a caldo nel ferro durante la lavorazione.

La micrografia n. 3 illustra la microstruttura di un acciaio a medio tenore di carbonio 0,20-0,25% (ferrite-perlite) la cui durezza Vickers è di circa 150-170 kg/mm².

La micrografia n. 4 illustra la microstruttura di un acciaio a elevato tenore di carbonio 0,75-0,80 (perlite) la cui durezza Vickers è di circa 220-250 kg/mm².

La micrografia n. 1 di tav. XXXIII illustra la microstruttura di una punta di lancia in cui è evidente la struttura composita. Si osserva infatti una lamina centrale di acciaio ad elevato tenore di carbonio e lamine più sottili, laterali, di acciaio più molle a minor percentuale di carbonio.

La micrografia n. 2 illustra la decarburazione prodottasi nella zona di saldatura fra le due lamine di acciaio.

Le tavv. XXXIV-VII illustrano alcune armi da noi esaminate, e le relative microstrutture e macrostrutture le quali dimostrano che queste armi, erano state tutte ottenute secondo la tecnica del damasco saldato.

La punta di lancia da Monte Fiascone (IV sec. a.C.), di cui abbiamo precedentemente accennato, presentava una interessante particolarità; essa era stata infatti ricavata da un massello composito in cui erano stati interposti fra i vari strati di acciaio e di ferro, simmetricamente allo strato centrale di acciaio ad elevata durezza, due sottili lamine di ferro meteorico, lega *ferro-nichelio-cobalto*, facilmente riconoscibile per la sua peculiare composizione chimica. L'analisi chimica di queste sottili lamine è stata effettuata mediante sonda elettronica (6).

(6) L'esame analitico delle sottili lamine di acciaio meteorico, presenti nella cuspide di lancia, è stato effettuato presso l'«Institut de Recherches de la Siderurgie» in Francia, mediante sonda elettronica. La sonda elettronica, permette di effettuare l'analisi elementare puntuale dei campioni metallici, utilizzando la spettrometria X di emissione, impiegando quale anticatodo il campione stesso.

È da notare inoltre che il fabbro, avendo avuto cura di assottigliare e disporre le due lamelle di ferro meteorico in maniera simmetrica e tale da interessare completamente l'intera sezione dell'arma, doveva conoscere la preziosità del materiale impiegato e la sua provenienza estra terrestre. La provenienza celeste dei ferri meteorici era infatti già nota anche agli Egiziani. Quest'arma doveva presentare per gli Etruschi particolari doti magico-religiose, che potrebbero anche essere poste in relazione con la località di reperimento del relitto (Monte Fiascone) che, secondo alcuni Autori, corrisponderebbe con la località in cui sorgeva l'antico tempio « Fanum Voltumne » centro politico e religioso della Confederazione Etrusca.

Nella tav. XXXVIII è illustrata la macro e microstruttura di questa arma, in cui sono chiaramente visibili le sottili lamine di ferro meteorico in essa presenti.

Le lame delle spade, dei coltelli e delle punte di lancia da noi esaminate, sebbene prodotte con raffinata abilità, non hanno mai mostrato di essere state sottoposte a tempra.

Gli esami micrografici hanno infatti posto in evidenza che le armi, dopo la martellatura finale a freddo, non avevano subito alcun trattamento termico né di tempra né di ricottura. Ciò faceva anche escludere la possibilità che le armi fossero state deposte unicamente al cadavere sulla pira, nei complicati riti di incenerazione del cadavere e che pertanto il riscaldamento subito avesse alterato le strutture prodotte dalla martellatura a freddo o dalla tempra.

L'effetto indurente della tempra che non poteva essere sfuggito all'attenzione di così esperti artefici è stato da noi riscontrato soltanto su di un'ascia del VII-VI sec. proveniente da Vetulonia. Alcune microstrutture tipiche delle varie zone dell'arma sono illustrate in tav. XXXVI.

Che il trattamento di tempra dell'ascia fosse stato intenzionale è provato dal fatto che solo il tagliente dell'arma è risultato tem-

La precisione dell'analisi è di circa 1,1% mentre la zona analizzata ha un diametro di circa 2 μ .

Gli esami effettuati hanno permesso di rilevare che le lamine di acciaio meteorico erano costituite da sottili bande a concentrazione di nichelio fortemente variabile (11-22%). La concentrazione del cobalto è sempre risultata inferiore allo 0,1%. La composizione chimica delle lamine è pertanto corrispondente a quella media dei ferri meteorici.

prato, per una fascia uniforme di circa 15 mm., in questo caso non si può infatti pensare ad una casuale tempra prodottasi durante la fucinatura per contatto del ferro rovente, con l'incudine o il martello freddo.

L'aver limitato la tempra al solo tagliente indica che era ben conosciuto l'effetto indurente, ma fragilizzante, che il puro trattamento di tempra comporta se non è seguito da un opportuno rinnovimento.

È probabile infatti, che per la elevata fragilità indotta dalla tempra, questo trattamento non venisse effettuato sulle lame sottili, affinché queste non si spezzassero per urto.

L'ascia da guerra, sia perchè più massiccia, sia per le particolari tecniche di combattimento, era meno soggetta al pericolo di spezzarsi o scheggiarsi di un'altra arma da fendente, pertanto il tagliente poteva essere temprato allo scopo di renderlo più atto a sfondare, senza che si deformasse nell'urto, elmi e corazze, costituiti in quell'epoca da sottili lame di bronzo o di ferro.

Non è dato sapere quale sia stata la tecnica seguita dagli Etruschi per effettuare la tempra localizzata. Il tagliente dell'ascia poteva essere stato riscaldato localmente su una forgia a circa 850°C e quindi immerso rapidamente nell'acqua per alcuni millimetri, oppure l'arma poteva essere stata protetta con uno strato di argilla inerte, ad eccezione delle zone che dovevano ricevere la tempra, indi riscaldata e temperata in acqua. Questo metodo era seguito dagli spadai giapponesi per ottenere la tempra localizzata al solo tagliente delle loro affilatissime lame.

Particolare curioso è che Omero nel IX canto dell'Odissea, descrivendo l'accecamento di Polifemo, paragona lo stridere reso dal palo infuocato confiscato nell'occhio del Ciclope, a quello prodotto dalla tempra di un'ascia :

Qual se fabbro talor nell'onda fredda
Attuffò un'ascia o una stridente scure
E temprò il ferro e gli diè forza, tale
L'occhio intorno al troncon cigola e frigge

(Odissea IX 503)

Ciò starebbe a dimostrare ulteriormente che sebbene fosse ben

noto l'effetto indurente della tempra, essa veniva praticata solo in casi particolari (7).

La tecnica del damasco saldato, acquisita in seguito dai Romani, non fu nota a tutti i popoli dell'antichità. Essa era per esempio del tutto ignorata dai Galli (8), il cui armamento fondamentale era costituito da lunghe e rozze spade da fendente. Come è risultato da esami effettuati da noi e da altri Autori su numerose spade galliche, i fabbri galli non conoscevano l'effetto indurente della carburazione del ferro, né, di conseguenza, la tecnica del damasco saldato. Essi costruivano infatti le loro lunghe lame saldando l'uno accanto all'altro, senza alcun ordine, vari masselli di ferro più o meno carburato, ma prevalentemente di ferro dolce. Alcuni di questi risultavano casualmente carburati durante la riduzione, ma i fabbri galli non erano in grado di distinguerne le diverse caratteristiche di tenacità e di durezza.

Ne risulta pertanto che le spade galliche, costituite prevalentemente da ferro dolce e da qualche rara zona di ferro carburato, si deformavano e piegavano facilmente durante il combattimento.

Tale inferiorità di armamento fu osservata dai Romani i quali

(7) Asce costruite secondo la tecnica del damasco saldato, la cui datazione è assai prossima a quella da noi esaminata, sono state ritrovate in altre regioni europee. E. Salin ha descritto un'ascia di ferro, proveniente da Camp d'Afrique in Meurthe-et-Moselle, riferibile fra la fine della fase di Hallstatt e l'inizio della fase di La Tène, costituita da più strati di acciaio variamente carburati e saldati a pacchetto (SALIN E., «La civilisation Mérovingienne. III, Ed. A. et J. Picard et Cie, Paris [1957]». Struttura del tutto analoga ha presentato un'altra piccola ascia hallstattiana ritrovata a Wietzno-Bobrka vicino a Dukielska nei Carpazi (PIASKWSKI J., «An Interesting Example of Early Technology; A Socketed Axe from Wietzno-Bobrka in the Carpathians». J. Iron & Steel Inst., CXCV, pp. 336-340 [marzo 1960]). Queste due armi non presentano però strutture di tempra. Temprate sono risultate invece le due asce egiziane di ferro del IX-X sec. a.C., esaminate da H. Carpenter e J. M. Robertson le quali, oltre a struttura di tempra presenterebbero anche strutture di rinvenimento (CARPENTIER H. C. H., ROBERTSON J. M. «The Metallography of Some Ancient Egyptian Implements» J. Iron & Steel Inst. CXXI (1) pp. 417-454 [1930]). Ciò dimostrerebbe la conoscenza, da parte del fabbro che le forgiò, dell'influenza che i vari trattamenti termici hanno sulle caratteristiche tensili e di tenacità dell'acciaio.

(8) PANSERI C., LEONI M., «Esame metallografico di alcune lame di spade galliche del II sec. a. C. conservate nel Museo Civico di Novara». Bolettino storico per la Provincia di Novara, L, pp. 1-23 (1959) (fuori testo).

in una battaglia presso il Po, durante la guerra contro i Galli Insubri del 223 a. C. riuscirono a sconfiggerli proprio approfittando della facilità con cui le loro spade si piegavano durante la battaglia. Riportiamo la descrizione di questa battaglia, fatta da Polibio di Megalopoli nelle sue « Storie » (II, 33).

« Nei precedenti combattimenti, i Tribuni avevano osservato che i Galli erano temibilissimi per il loro coraggio durante il primo assalto, finché erano freschi e che le spade, per la loro stessa costruzione, avevano soltanto il primo colpo mortale e subito dopo si smussavano e si piegavano in lunghezza e larghezza a tal punto che, se non si dava tempo a chi le adoperava di raddrizzarle col piede puntandole a terra, del tutto inefficace riusciva il secondo colpo.

« Pertanto, i Tribuni distribuirono nelle prime schiere le aste dei triarii che si trovavano nelle ultime file, con l'ordine di servirsi delle spade in un secondo tempo e attaccarono frontalmente i Galli; e non appena le spade, calati i primi fendenti di taglio contro le aste, si rovinarono, i Romani spintisi corpo a corpo, resero i Galli inoffensivi, togliendo loro la possibilità di colpire di fendente, come erano abituati a combattere, poiché le loro spade non avevano punta; i Romani invece, usando le loro daghe diritte, che avevano una punta efficace, non di taglio, ma di punta colpendo al petto e al viso e menando colpi su colpi uccisero la maggior parte degli avversari ».

L'elevato grado di perfezione raggiunto dagli Etruschi nella tecnologia del ferro già nel VII sec. a. C. non può essere considerato frutto di improvvisazione ma deve derivare da una secolare tradizione, che non può altro che risalire alle fonti stesse della metallurgia del ferro e cioè dai territori dell'Asia Minore e del Nord Egeo.

È noto infatti che gli Hittiti, grazie al possesso del Ponto della Cappadocia e del Tauro, furono i primi a conoscere e utilizzare il ferro per il loro armamento e per gli scambi commerciali, e che i Calibi abitanti la zona costiera sul Pontus Euxinus, del territorio degli Hittiti a nord dell'Armenia, sono considerati, secondo la tradizione, come i precursori e i diffusori della coltivazione e lavorazione del ferro (Servio *ad Aen.*, VIII 422) « Chalybes autem proprie populi sunt apud quos nascitur ferrum ».

La documentazione più antica del commercio hittita del ferro è costituita dai preziosi pugnali di ferro regalati da Dushratta re

dei Mitanni, ad Amenophis III (1411-1375) e dalle lettere scambiate fra il faraone Ramses II e il re hittita Khattusil, in cui il Faraone richiedeva con insistenza il ferro del paese di Kiswadana.

Verso la fine del secondo millennio, in seguito alla caduta dell'Impero Hittita, l'industria asiatica del ferro varcato l'Ellesponto, attraverso la Tracia ed i Balcani, ha fatto apparizione dal Nord nel bacino dell'Egeo. In tali zone sono infatti localizzate le leggende delle due grandi imprese trasmarine protoelleniche, la spedizione degli Argonauti e la guerra di Troia, leggende che indicano l'esistenza di contatti e di lotte fra i due antichi continenti per la conquista delle vie commerciali e delle fonti di materie prime, principalmente le miniere di ferro (12).

La tecnica altamente raffinata, seguita per la produzione dell'ascia in ferro di Vetulonia (VII-VI sec.) da noi esaminata e descritta, di tipo corrispondente a quella raffigurata nella stele fiesolana di Larth Aninie e l'osservazione del Minto, che questo tipo di arma era sempre presente nelle tombe a cremazione della necropoli di Efestia nell'isola di Lemno, potrebbe essere portata quale ulteriore indizio della derivazione degli Etruschi dalle popolazioni della Tracia e delle isole del Nord Egeo.

M. LEONI - C. PANSERI

(12) MINTO A., « Il problema delle origini degli Etruschi e le coltivazioni minerarie dell'Etruria », *Soc. Ital. progr. Sc.*, pp. 525-549 (1939).

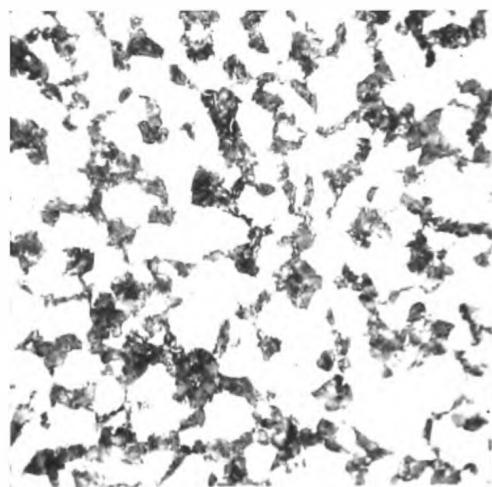
PARTE IV.
NOTIZIARIO



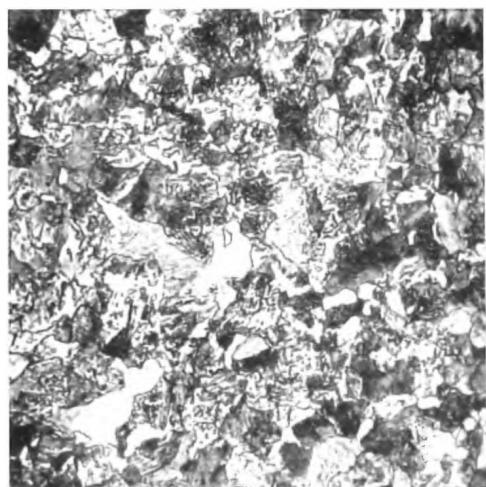
1



2



3



4

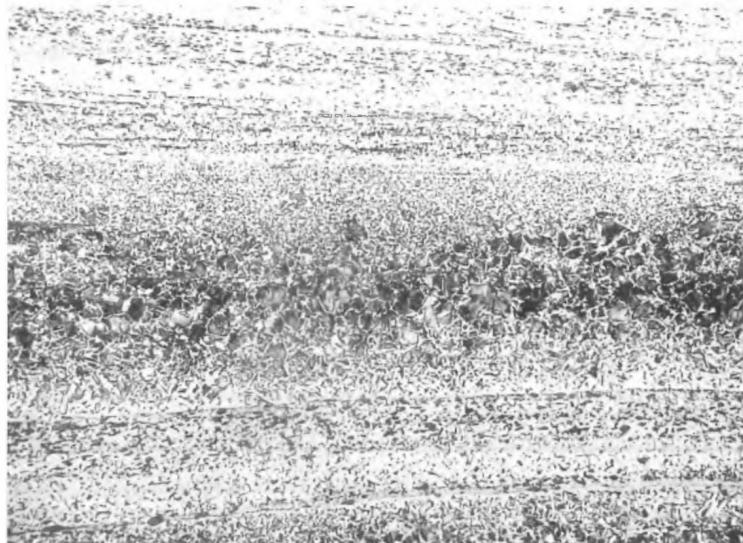
Strutture tipiche di alcuni ferri e acciai di provenienza archeologica

Fig. 1 - Microstruttura di uno strato di ferro dolce (ferrite) costituente una spada falcata del VII sec. a. C. da Vetulonia. Si osservano numerose inclusioni di scorie - Ingr. x 100 - Attacco: Nital 1%.

Fig. 2 - Nitruri aciculari presenti in grani ferritici di una spada gallica del II sec. a.C. - Ingr. X 100 - Attacco: Nital 1%.

Fig. 3 - Microstruttura di uno strato di acciaio a medio tenore di carbonio, 0,20 - 0,25% (ferrite-perlite) costituente un daga del II sec. a. C. da Chiusi - Ingr. x 500 - Attacco: Nital 1%.

Fig. 4 - Microstruttura di uno strato di acciaio ad elevato tenore di carbonio, 0,75 - 0,80% (perlite), costituente un'ascia in ferro del VII-VI sec. a.C. da Vetulonia - Ingr. x 500 - attacco: Nital 1 per cento.



1



2

Fig. 1. - Microstruttura della zona centrale di una sezione di cuspide di lancia, sono evidenti i vari strati di acciaio variamente carburato costituenti l'arma Ingr. x 50 - attacco: Nital 1%.

Fig. 2. - Microstruttura rilevata in corrispondenza della zona di saldatura di due lame di acciaio. Ingr. x 500 - Attacco: Nital 1%.

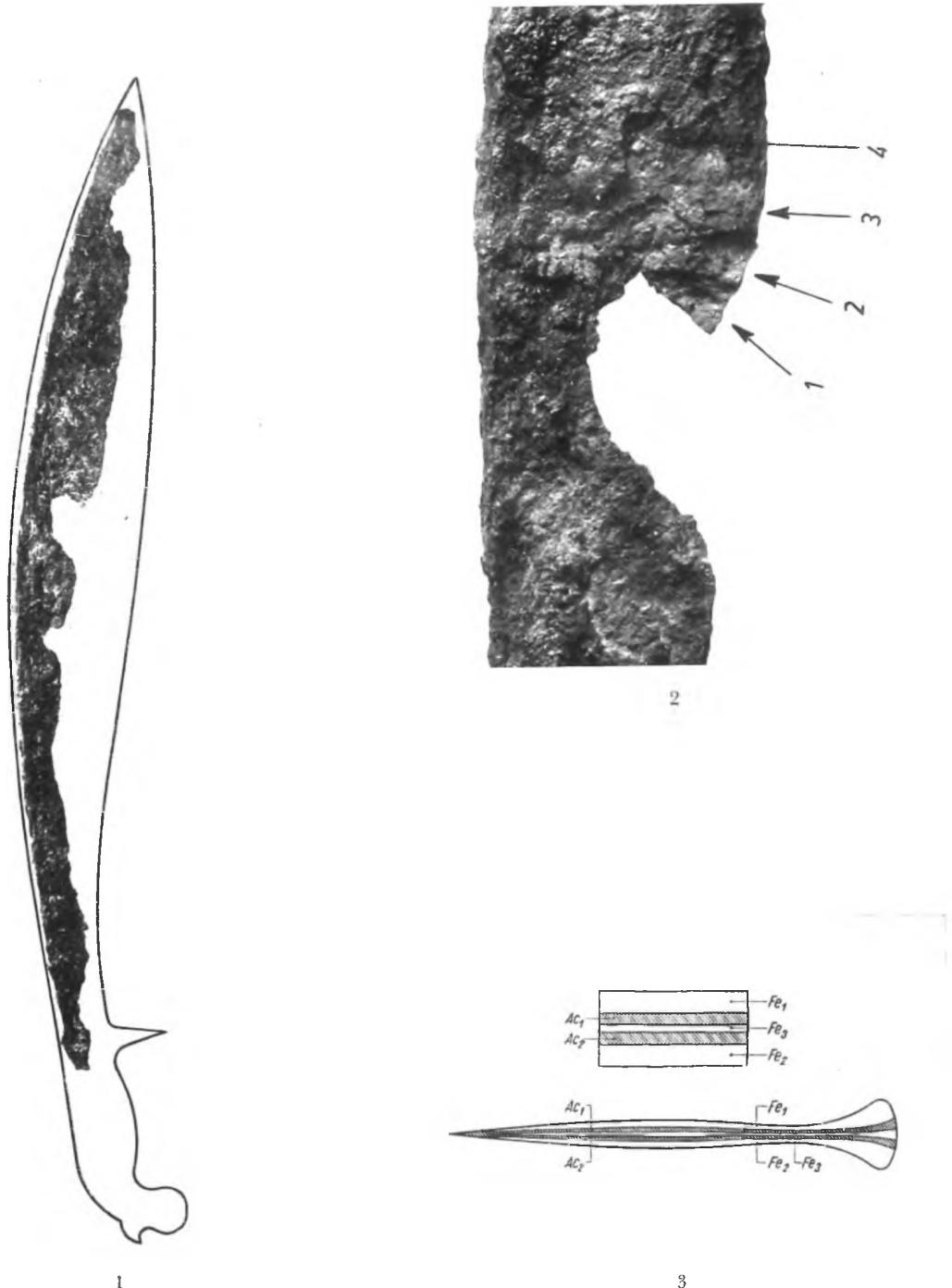


Fig. 1. - Spada falcata in ferro del VII sec a.C. da Vetulonia con ricostruzione del probabile profilo originale.

Fig. 2. - Particolare della spada, in cui sono ben visibili i vari strati di acciaio costituenti l'arma.
Ingr. x 1.

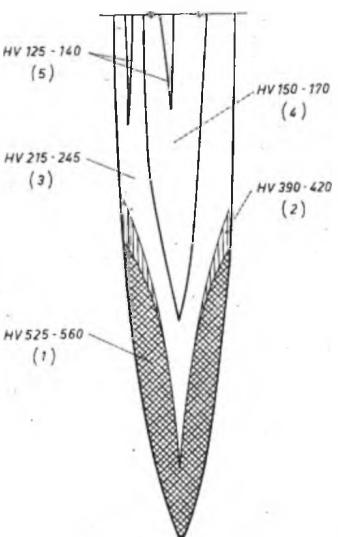
Fig. 3. - Schema illustrante la disposizione dei vari strati di ferro dolce e di acciaio nella lama e nel massello impiegato per la sua produzione.



1



2



3

Fig. 1. - Ascia etrusca in ferro, del VII-VI sec. a.C., da Vetulonia - Ingr. x 1.
Fig. 2. - Macrostruttura di un particolare della sezione del tagliente dell'ascia.
Ingr. x 5 - attacco: Nital 1%.

Fig. 3. - Schema della sezione di fig. 2 con indicate le durezze Vickers
e le strutture tipiche delle varie zone della sezione (v. tav. XXXVI).



1



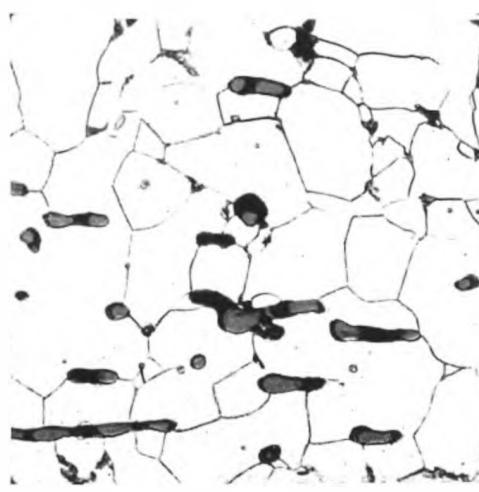
2



3



4



5

Microstrutture tipiche delle zone sullo schema di g. 3 di tav. XXXV.

Fig. 1. - zona a struttura mартенситика

Fig. 2. - zona a struttura мартенсит-тростит

Fig. 3. - zona a struttura перлита-феррита

Fig. 4. - zona a struttura феррита перлита

Fig. 5. - zona a strutturaферритика

Ingr. x 500 - Attacco: Nital 0,1%.

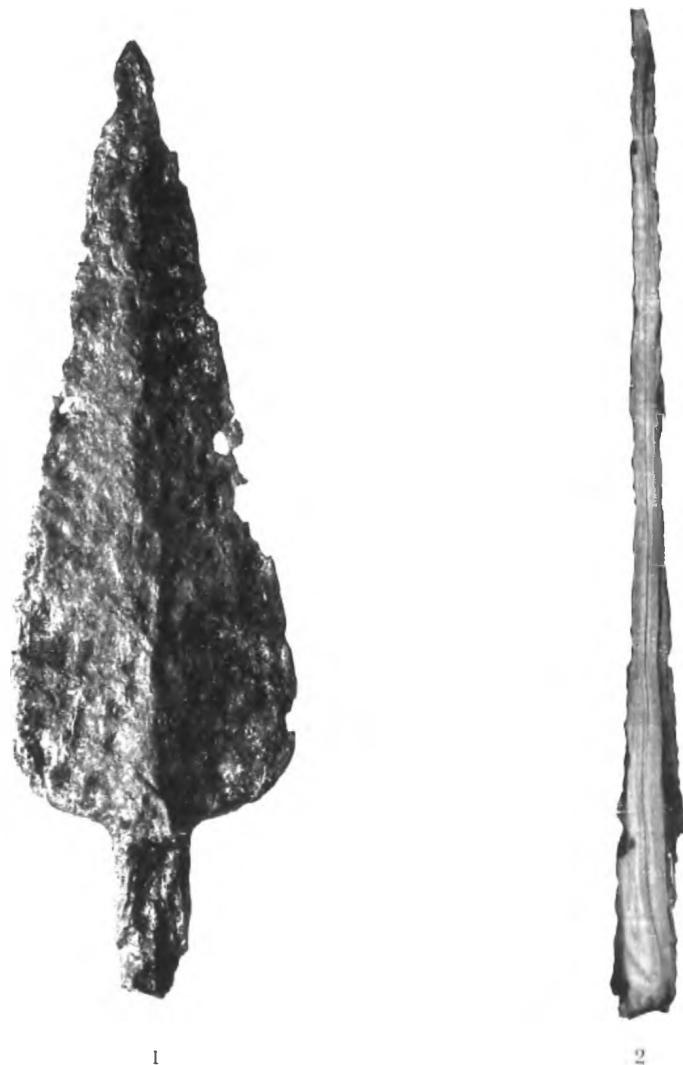
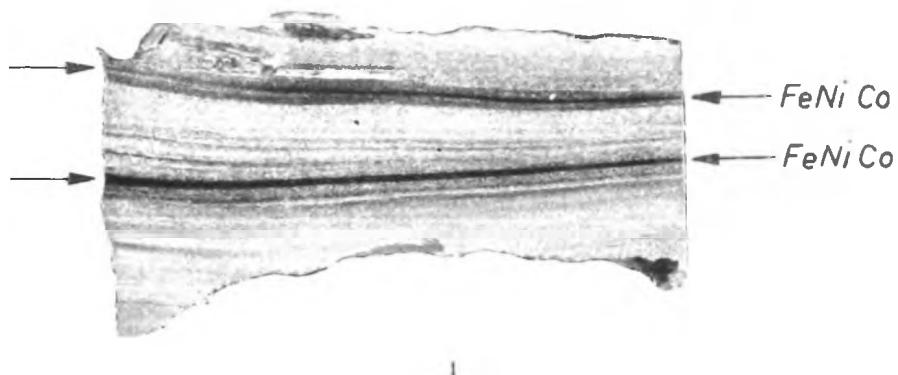
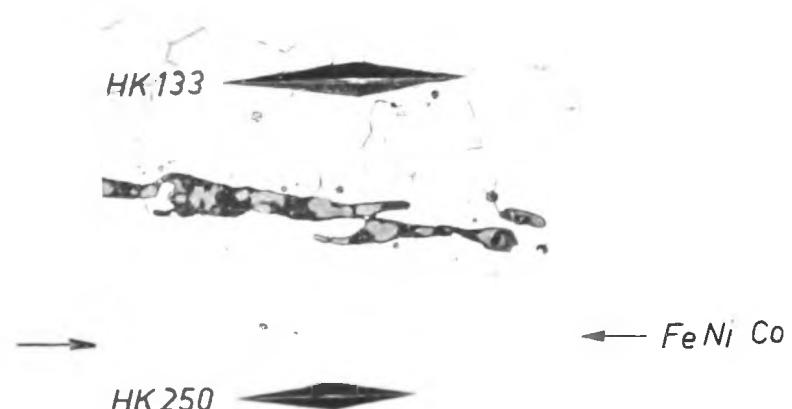


Fig. 1. - Cuspide di lancia in ferro del IV sec. a.C. da Montefiascone.
Ingr. x 1.

Fig. 2. - Macrostruttura di una sezione della cuspide di lancia.
Ingr. x 1 - attacco: Nital 5%.



1



2

Fig. 1. - Macrostruttura di un particolare della sezione delal cuspide di lancia di tav. XXXVII. con indicate le lamine di ferro meteorico (acciaio al Fe-Ni-Co). Ingr. x 5 - attacco: Nital 5%.

Fig. 2. - Microstruttura relevata in corrispondenza di una lamina di ferro meteo-
rico, con impronte di durezza Knoop, per porre in evidenza la diversa
durezza dello stato di acciaio al Fe-Ni-Co degli strati ferritici-perlitici.
Ingr. x 300 - attacco: Nital 1%.