RECERQUES DEL MUSEU D'ALCOI, V (1996), 137-154

LA FALCATA I LA BEINA DAMASQUINADES TROBADES A LA TOMBA 53 DE LA NECRÒPOLI IBÈRICA DE LA SERRETA D'ALCOI. PROCÉS DE CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ I ESTUDI TECNOLÒGIC

Exposició del procés de conservació-restauració dut a terme en un interessant conjunt d'objectes de ferro format per una falcata, la seva beina i dues abraçadores del sistema de suspensió. La falcata i la beina estan magníficament decorades amb damasquinat de plata. El tractament ha portat a fer un estudi preliminar de l'estat de conservació de les peces i a investigar els aspectes tecnològics de la seva manufactura.

Exposición del proceso de conservación-restauración realizado en un interesante conjunto de objetos de hierro formado por una falcata, su vaina y dos herrajes del sistema de suspensión. La falcata y la vaina están magníficamente decoradas con damasquinado de plata. El tratamiento ha comportado el estudio preliminar del estado de conservación de las piezas y la investigación de los aspectos tecnológicos de su manufactura.

The falcata and the scabbard decorated in silver damasked found at tomb number 53 in the Iberian necropolis at la Serreta (Alcoi). Its conservation process and technological study

An statement about an interesting set comprised of a falcata, its scabbard and two ironworks and its conservation process. The process has combined the preliminary study of its state of conservation and the investigation into details of its technological manufacture.

CARMEN PRATS I DARDER*
M. CARME ROVIRA I HORTALÀ**
JOSEP H. MIRÓ I SEGURA***

1. TRACTAMENT DE CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Durant l'excavació de la sepultura 53 de la necròpoli ibèrica de la Serreta d'Alcoi l'any 1990, es va trobar una falcata de ferro i la carcassa metàl·lica de la seva beina decorades amb la tècnica del damasquinatge de plata. Junt amb aquestes peces es van extreure dues abraçadores de ferro amb les quals la beina penjava del baldric. Es tracta d'unes peces úniques pel seu valor històric i documental i també per la seva indubtable qualitat estètica.

El problemàtic estat de conservació-restauració d'aquestes peces va portar el personal del Museu Arqueològic Municipal d'Alcoi a encomanar-ne el tractament al Laboratori d'Arqueologia de la Universitat de Lleida.

L'inici del procés de neteja es va fer durant una estada de tres setmanes de Carme Prats i de Josep H. Miró al Laboratori de Conservació, Restauració i Recerca de Draguignan (França), un centre especialitzat en el tractament i la investigació dels metalls arqueològics dependent del CNRS. Posteriorment, es va continuar el tractament de conservació-restauració al Laboratori de la Universitat de Lleida: es van acabar d'eliminar les capes de productes de corrosió, es va reconstruir tot el conjunt i, finalment, es van inhibir i consolidar els metalls.

DIAGNOSI DE L'ESTAT DE CONSERVACIÓ DE LES PECES

L'examen visual de la falcata, la carcassa de la seva beina i les abraçadores del sistema de suspensió ja posava en evidència un estat de conservació complicat. Per tenir més dades i poder fer una millor diagnosi, es va creure necessari fer radiografies i una anàlisi semiquantitativa d'algunes mostres del damasquinat, mitjançant una microanàlisi electrònica per dispersió d'energia de raigs X (EDX).

Radiografies

Les peces, com es pot veure en les fotos I i II, estaven totalment recobertes per productes de corrosió del ferro (majoritàriament òxids i hidròxids ferrosos i fèrrics). Aquests compostos impedien conèixer bé la forma i l'estat de con-

* Laboratori d'Arqueologia de la Universitat de Lleida
** Col·laboradora de la Universitat de Lleida
Unitat d'Arqueologia, Prehistòria i Història Antiga
*** Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó. Alcoi.

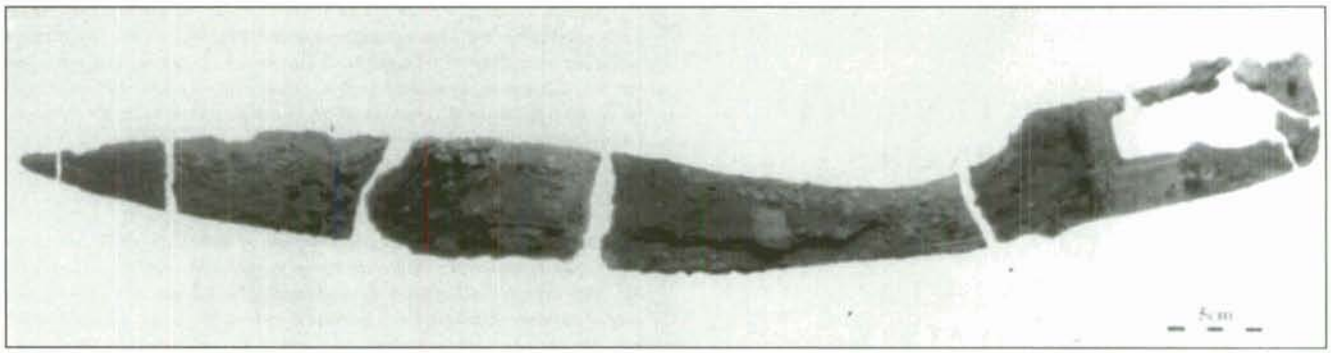


Foto I: La falcata abans del seu tractament (fotos: Museu d'Alcoi; composició: Servei de Reproducció d'Imatge de la Universitat de Lleida).

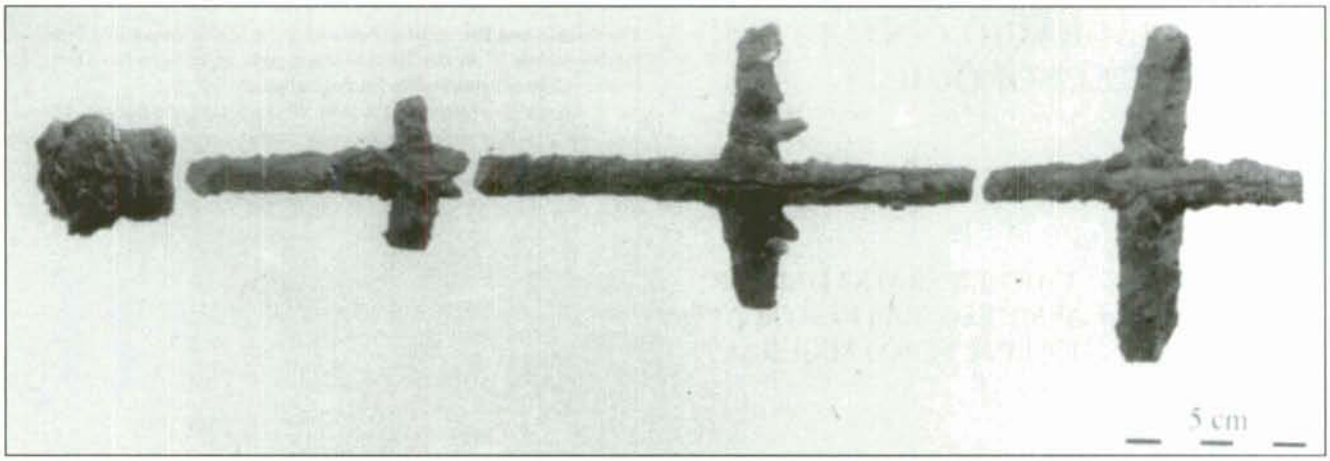


Foto II: La carcassa metàl·lica de la beina abans del seu tractament (fotos: Museu d'Alcoi; composició: Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

servació dels fragments. Ha estat necessari fer radiografies per poder observar si les peces conserven nucli metàl·lic o si, com semblava, estan molt mineralitzades. Alhora, aquestes radiografies també han permès identificar millor les zones fràgils i la situació i la profunditat de les esquerdes.

A més, com que la falcata i la seva beina estan damasquinades amb plata, ha estat del tot imprescindible fer-ne radiografies abans d'eliminar-ne els productes de corrosió. Solament les plaques radiològiques permeten conèixer *a priori* tant la disposició i el dibuix de la decoració com el seu estat de conservació, ja que la diferent densitat dels dos metalls comporta un pas desigual dels raigs X. Les radiografies ajuden, d'aquesta manera, a treballar amb exactitud i seguretat durant el procés de neteja de les peces.

Atesa la dificultat de trobar a Lleida centres de radiologia especialitzats en metall procedent d'excavacions arqueològiques, es van fer les primeres plaques amb un aparell mèdic de l'Hospital Arnau de Vilanova de l'Institut Català de la Salut (ICS).

Les radiografies les va fer el personal del Servei d'Oncologia Radioteràpica de l'Hospital, sota la direcció del Dr. Josep Antoni Carceller i Vidal. Es va utilitzar un simulador Toshiba LX-40A, amb el qual es va aplicar una tensió entre 90 i 112 kV, segons la densitat del fragment radiografiat. A les parts més mineralitzades i toves de l'empunyadura, s'hi van aplicar només 54 kV. La intensitat del corrent va ser de 50 mA i el temps d'exposició de 0,040 segons. Les plaques que es van emprar van ser de tipus mèdic.

Al Laboratori de Conservació, Restauració i Recerca de Draguignan, el Sr. Jacques Rebière va tornar a fer radiografies de la falcata, de la beina i de les abraçadores del sistema de suspensió amb un aparell Philips Compactix G 200/5 (fotos III i IV). En aquestes radiografies els paràmetres utilitzats van ser: tensió de 90 kV, intensitat de 4,5 mA, distància focal d'un metre i temps d'exposició de 10 segons. Les plaques que es van fer servir eren film d'ús mèdic Dupond Cronex i es van impressionar dins d'una caixa amb pantalles de plom de 10 microns. Les pantalles de plom s'usen perquè eliminen tant la radiació més fluixa i dispersa dins de l'objecte, com la reflectida des de sota de la peça, i així s'obté una imatge molt més nítida i detallada.

Les segones radiografies, una mica més contrastades i precises, van corroborar les apreciacions fetes a partir de les primeres. D'una banda, es pot observar que quasi no hi ha nucli metàl·lic de ferro i que la major part de la matèria dels fragments està formada per compostos originats per la degradació d'aquest metall. Es tracta, doncs, de peces molt mineralitzades.

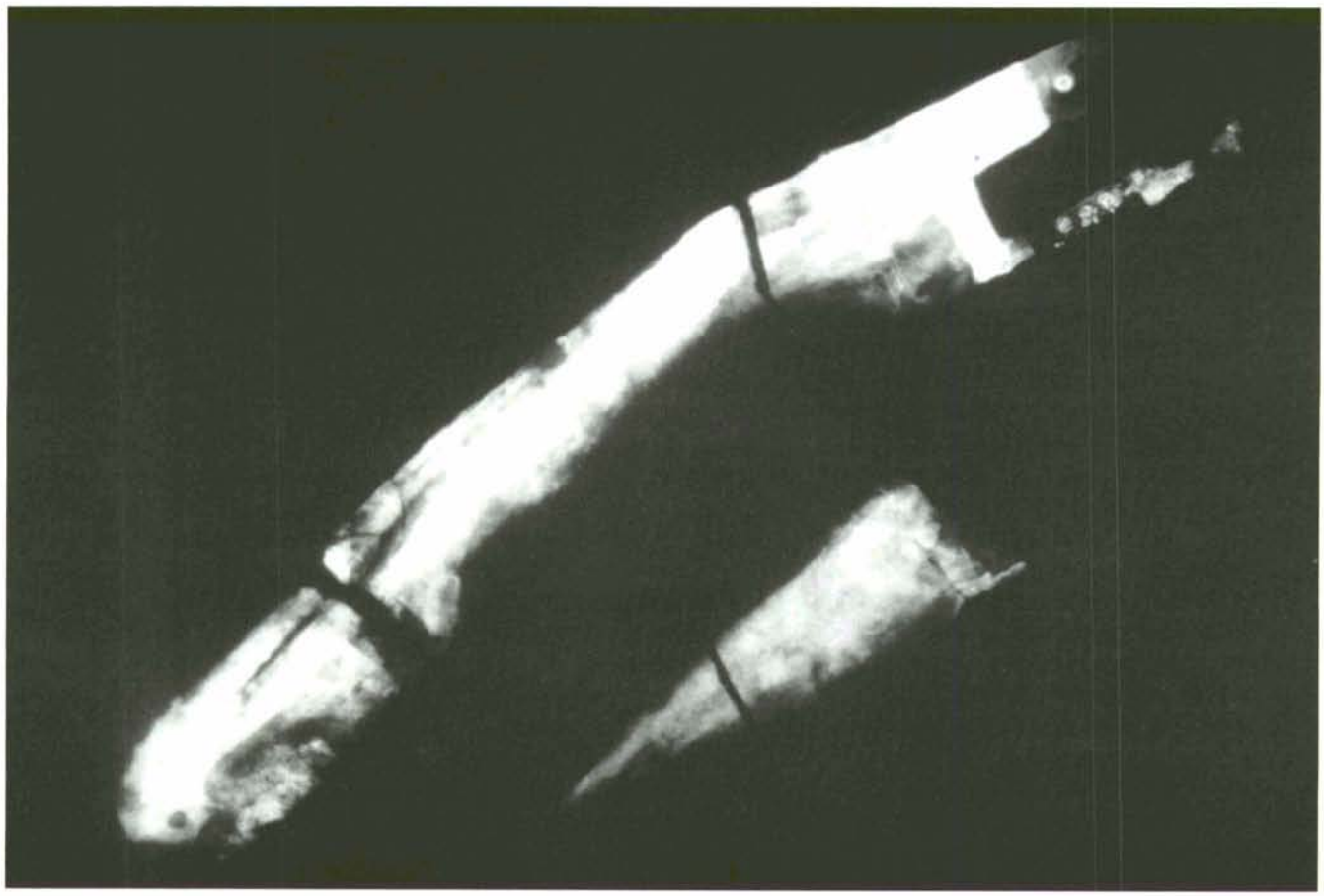


Foto III: Radiografia de la falcata feta al Laboratori de Conservació, Restauració i Recerca de Draguignan (França) (foto: Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

Pel que fa a la decoració, es va veure que les incrustacions de plata més ben conservades havien de ser les que encara eren sota la capa de corrosió del ferro i que apareixen nítidament a les radiografies. A les zones decorades de la fulla de la falcata i de la carcassa de la beina que estaven al descobert, s'hi podia observar que tan sols hi quedava la caixa del motiu decoratiu. Com s'explica a l'estudi tecnològic, l'artesà va rebaixar amb punxó aquest motiu sobre la superfície del ferro i el va omplir amb fil o làmina de plata.

També s'ha comprovat, tal com ja es veia bastant clar amb l'apreciació ocular, que no hi ha decoració ni a la boca ni a les abraçadores de la beina.

Observació amb microscopi electrònic de rastreig (SEM) i microanàlisi per dispersió d'energia de raigs X (EDX)

Durant el procés de neteja mecànica de la falcata i de la beina, va sorprendre el mal estat en què apareixia la decoració sota la capa de corrosió de nombroses zones. També va estranyar el seu comportament desigual, perquè al costat d'anelles del motiu decoratiu reomplertes amb plata en bastant bon estat, hi ha anelles amb el reompliment totalment degradat. En aquestes anelles, la plata s'ha convertit en un compost tou de color gris i aspecte cerós.

Es va pensar que una possible explicació la donaria la utilització d'un aliatge de plata ric en algun metall, com podria ser el plom, que afavorís la degradació de la plata durant l'enterrament. Per comprovar-ho, es va disposar de la col·laboració del Sr. Jacek Wierzchos del Servei de Microscòpia Electrònica de la Universitat de Lleida. S'han observat algunes mostres de pocs micrograms del metall de la decoració amb un microscopi electrònic de rastreig (SEM) Zeiss del tipus DSM 940A i s'han analitzat semiquantitativament, mitjançant una microanàlisi per dispersió d'energia de raigs X (EDX).

Una de les mostres de la decoració analitzades (foto XXII de l'estudi arqueometal·lúrgic), que presentava la plata incrustada en el ferro força ben conservada, es va preparar fent-ne una secció (foto V.1). La zona en bon estat de la secció es va sotmetre a una microanàlisi per dispersió d'energia de raigs X (EDX). Com es pot veure en la figura 1, el gràfic de l'espectre de raigs X que n'ha resultat només detecta la presència de plata i no s'han donat valors representatius de cap altre metall. Així doncs, segons aquestes anàlisis, es va fer servir una plata molt pura.

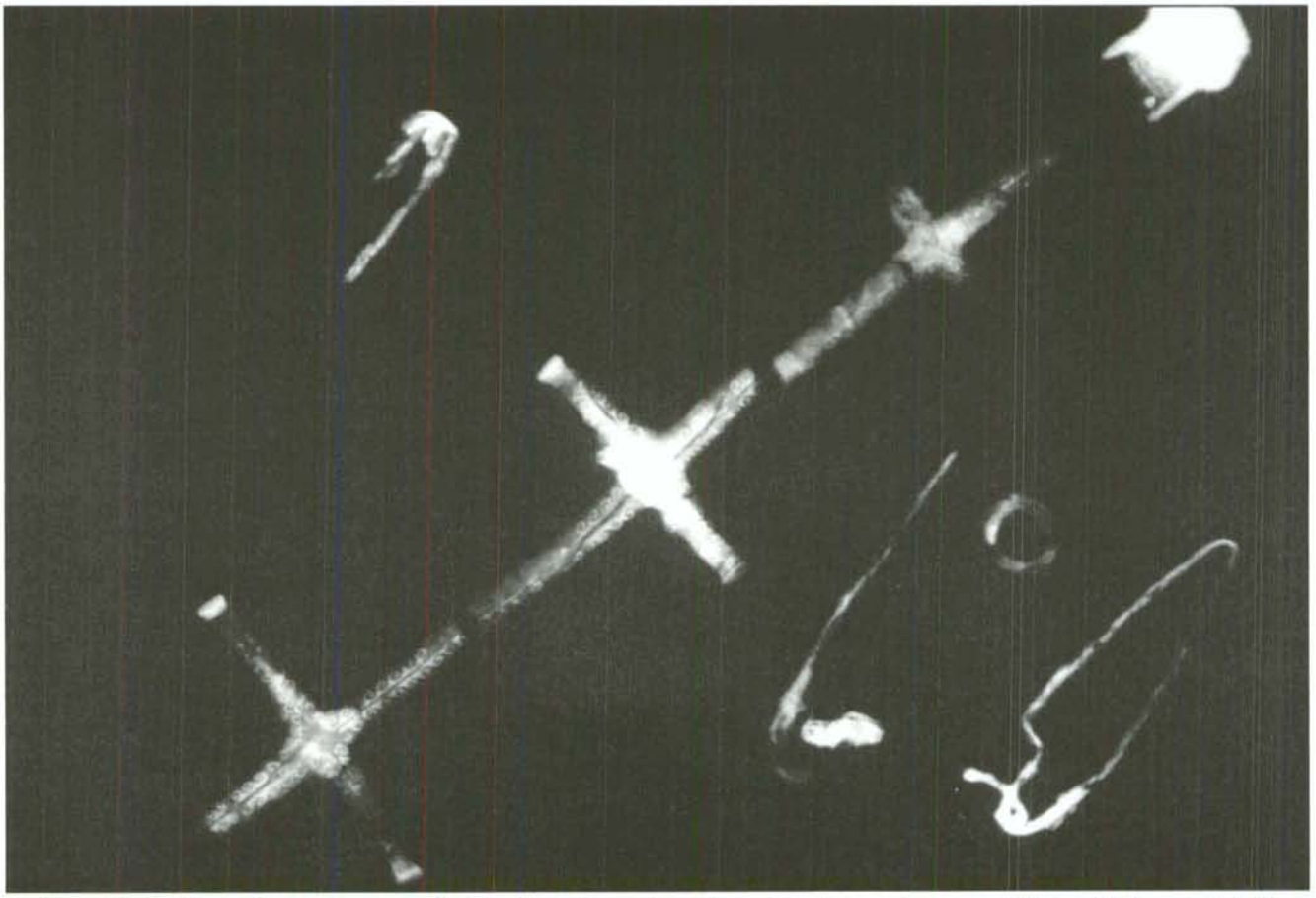


Foto IV: Radiografia de la carcassa de la beina i de les abraçadores del sistema de suspensió feta al Laboratori de Conservació, Restauració i Recerca de Draguignan (França) (foto: Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

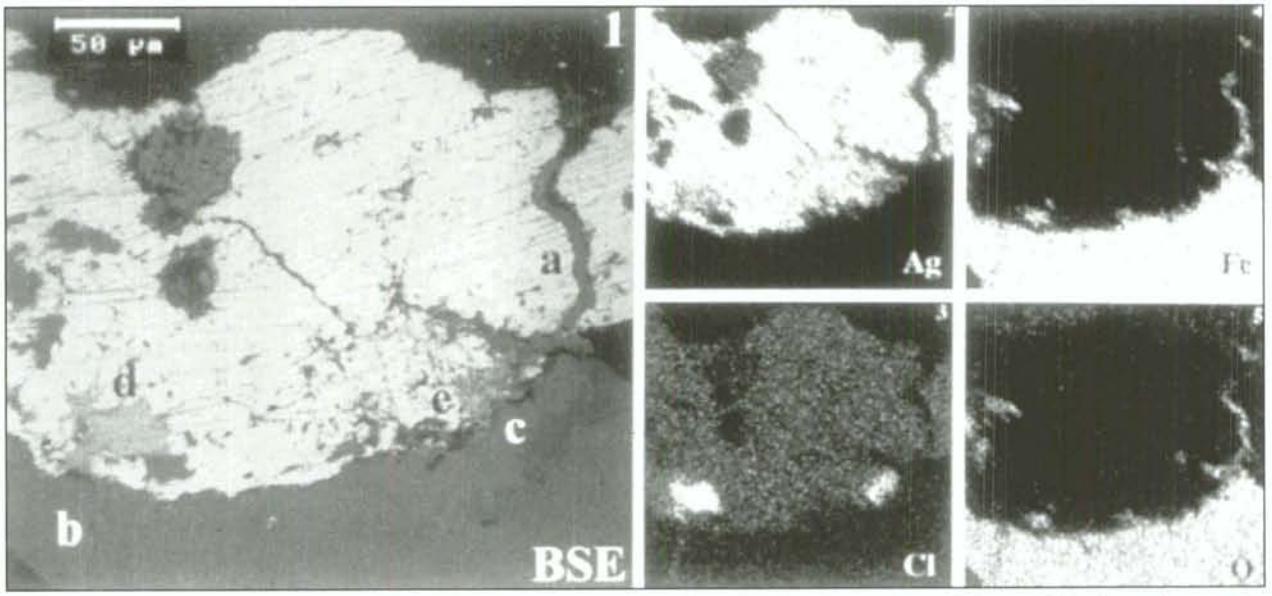


Foto V: Mapatge digital (*mapping*) d'una mostra del damasquinat de plata encastat en el ferro. S'ha fet amb un microscopi electrònic de rastreig (SEM) equipat amb una sonda microanalítica.

1. Foto del tall de la mostra per electrons retrodispersats (BSE). S'hi pot observar que els compostos de ferro han entrat per les zones intergranulars de la plata (a). També s'hi pot veure que les esquerdes del ferro (b i c) han permès el contacte de la plata interior amb els clorurs presents a la terra d'enterrament i que aquest contacte ha provocat la formació de clorur de plata (d i e).

2 i 3.- Distribució espacial dels elements plata i clor presents en la mostra de la foto 1.

4 i 5.- Distribució espacial dels elements ferro i oxigen presents en la mostra de la foto 1.

(Fotos: Servei de Microscòpia Electrònica de la UdL; composició: Servei de Reproducció d'Imatge de la UdL).

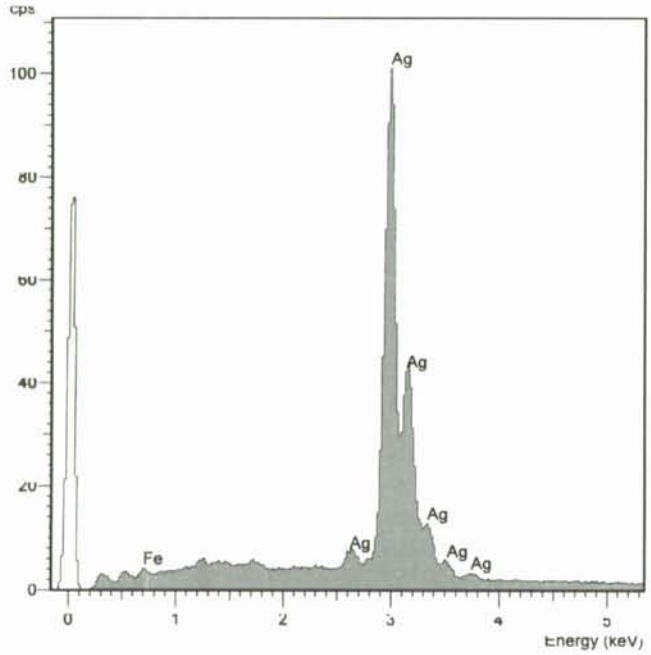


Figura 1: Gràfic de l'espectre de raigs X produït per la mostra de plata en una microanàlisi semiquantitativa per dispersió d'energia de raigs X (EDX). S'han detectat algunes contaminacions de ferro a nivell de traces, procedents de la base en què està incrustada la plata i de les infiltracions intergranulars dels compostos de corrosió del ferro (Servei de Microscòpia Electrònica de la UdL).

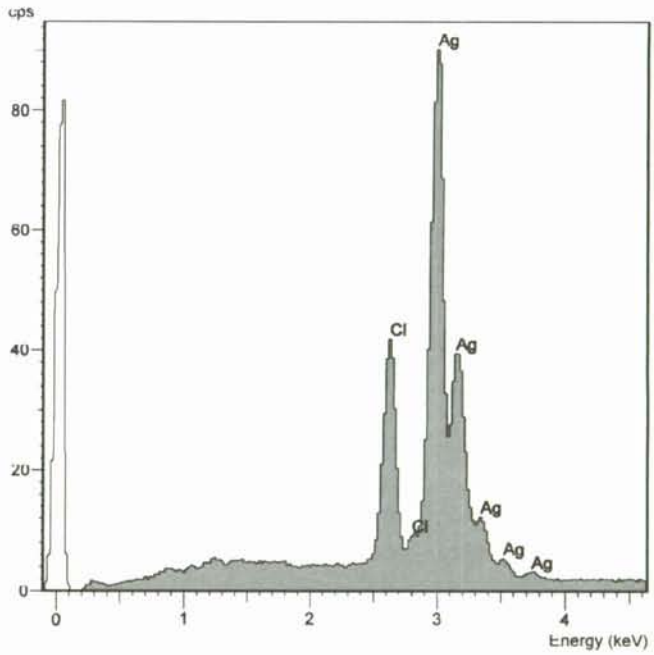


Figura 2: Gràfic de l'espectre de raigs X produït per la mostra de plata transformada en clorur de plata (AgCl) en una microanàlisi semiquantitativa per dispersió d'energia de raigs X (EDX) (Servei de Microscòpia Electrònica de la UdL).

Per conèixer la distribució espacial dels elements presents en la mostra de decoració, es va fer un mapatge digital de la seva secció (foto V). Com es pot observar superposant les imatges V.2 i V.3 aconseguides, la plata presenta força clorurs a tota la seva superfície i dues zones amb una concentració alta de clorur de plata (AgCl). Alhora, si se superposen les imatges V.4 i V.5, veurem que quasi coincideixen, perquè el ferro s'ha convertit en compostos rics en oxigen.

Per corroborar la presència de clorur de plata i la identificació del producte gris i cerós en què s'ha convertit el damasquinat a nombroses zones, es va analitzar una mostra de la decoració de la beina i un dels fragments despresos de la guarda de l'empunyadura de la falcata que tenia restes del compost de plata. En els dos casos s'ha comprovat que es tracta de clorur de plata (AgCl) (figura 2). Sota el microscopi electrònic de rastreig (SEM) la mostra de la beina presenta un aspecte molt descompost i fràgil (foto VI).

És difícil trobar la raó del mal estat del damasquinat de plata a moltes zones de la falcata i de la beina i la seva distribució irregular al llarg de tota la decoració; però l'observació dels grans de plata amb el microscopi electrònic de rastreig (SEM) ha posat en evidència que hi va haver un reescalfament de la peça en ser posada a la pira funerària del guerrer. Com es veu a la foto XXIII i s'explica a l'estudi dedicat a l'arqueometal·lúrgia, aquest nou escalfament va

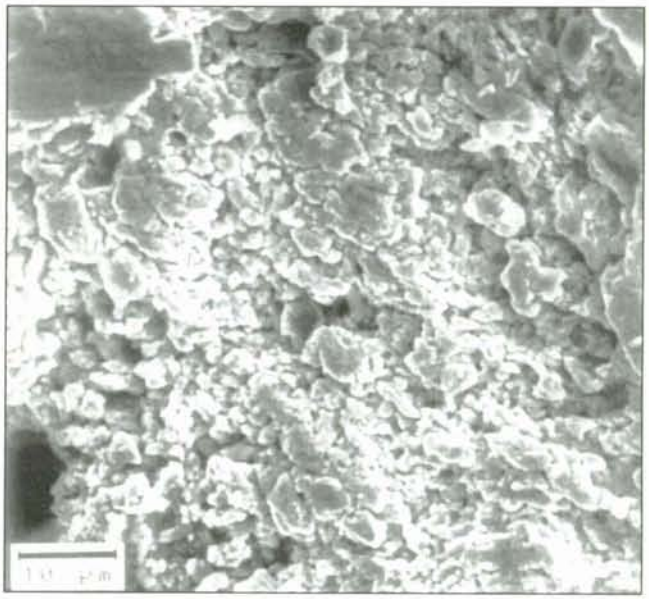


Foto VI: Aspecte del clorur de plata d'una mostra extreta de la beina. La imatge s'ha obtingut amb un microscopi electrònic de rastreig (SEM) mitjançant electrons secundaris (SE) (Servei de Microscòpia Electrònica de la UdL).

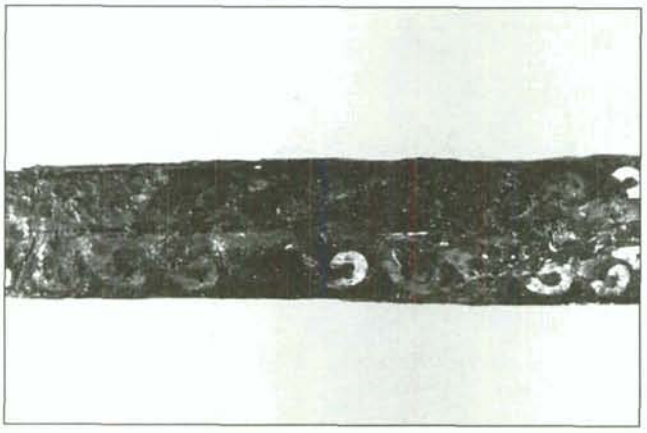


Foto VII: Detall del damasquinat amb plata de la beina on es fa evident el contrast entre les anelles amb plata en bon estat i les que s'han transformat en el clorur de plata (AgCl) de color gris i aspecte cerós (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

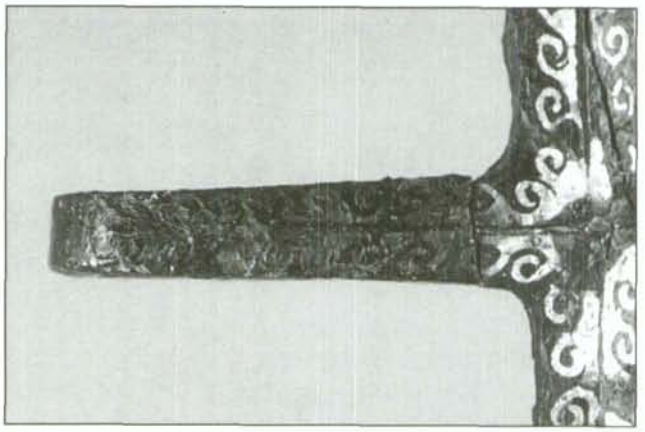


Foto VIII: Detall d'un fragment de la carcassa metàl·lica de la beina on es veu la caixa de ferro degradada i la plata perduda en el damasquinat d'una de les tires transversals (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

produir la fosa desigual de la plata i la recristal·lització dels seus grans en una structura molt més porosa i, per tant, molt més vulnerable a l'atac dels agents de corrosió.

Conclusions sobre l'estat de conservació de la falcata i la seva beina

Les noves dades aportades per les radiografies, l'observació amb el microscopi electrònic de rastreig (SEM), les anàlisis semiquantitatives, i també el procés d'eliminació de les capes de corrosió formades sobre la superfície dels fragments, han servit per determinar i afinar la diagnosi de l'estat de conservació de la falcata i la seva beina.

Les peces presenten diferents tipus de processos de corrosió produïts pel seu enterrament. Aquests processos són deguts a la tendència que té tot metall enterrat a retornar al seu estat mineral, que és més estable, mitjançant una sèrie de reaccions químiques i electroquímiques que estableix el metall amb el medi del seu enterrament.

A la falcata i la beina, hi han aparegut diferents tipus de corrosió. Cada un d'aquests processos corrosius és problemàtic per a la conservació de la peça i, naturalment, la seva actuació conjunta i combinada n'empitjora i en complica l'estat de degradació.

D'una banda, les peces presenten corrosió galvànica, originada per la presència de diferents metalls en la mateixa peça; això provoca una degradació electroquímica més intensa del metall menys noble en benefici del més noble.

En el cas de les zones damasquinades s'hauria d'haver descompost el ferro i conservat la plata, perquè els ions del ferro tenen un potencial més electronegatiu i, per tant, són més atacables. Però el comportament del damasquinat ha estat desigual. Així, en algunes zones, la corrosió galvànica ha fet que es conservi la caixa de la decoració en forma de compostos de ferro i la plata del seu interior en bon estat. Però no sempre la plata s'ha conservat bé, ja que hi ha molts punts on aquesta plata s'ha transformat totalment o parcialment en clorur de plata (foto VII) i, fins i tot, hi ha regions on la plata ha desaparegut i només es conserva la caixa de ferro (com es pot veure a la foto XXI de l'estudi tecnològic). En altres parts, s'ha perdut la caixa de ferro a causa d'una corrosió intensa i, això, naturalment, ha provocat també la desaparició de la plata encastada (foto VIII).

La falcata i la beina també presentaven la formació d'un conglomerat de compostos de ferro, primordialment òxids i hidròxids, sobre la seva superfície. Aquesta formació d'una crosta que tapa l'objecte és típica de les peces de ferro que han estat enterrades, i s'ha format mitjançant reaccions electroquímiques establertes entre el metall i el medi d'enterrament. Les capes dels productes de corrosió que es van formar sobre la superfície tapaven totalment, en moltes zones, les decoracions de plata. En alguns punts entremig d'aquestes capes, es van formar dipòsits de carbonat càlcic o hi van quedar inclosos grans de sorra procedents de la terra que envoltava l'objecte durant el procés de degradació.

Però, no només s'han format compostos de ferro sobre la superfície original, sinó que les mateixes peces s'han anat transformant en aquests compostos de ferro, fins arribar quasi a la total mineralització del metall, és a dir, a una corrosió generalitzada de les peces.

Si s'ha conservat nucli metàl·lic, ha de ser a l'interior de les parts més gruixudes del contratall de la falcata. A les parts més primes, com el tall i la zona superior de l'empunyadura on anaven les galtes d'alguna matèria orgànica (os o fusta), el nucli és inexistent i només queda una capa fina de magnetita (Fe_3O_4) que forma la superfície original i, a sota, compostos de la corrosió del ferro molt porosos i tous. Segons Fernando Quesada (1992: 52), la major degradació d'aquesta part de l'empunyadura respecte a la fulla s'observa a la majoria de falcates conservades. Aquest autor expli-

ca que això es produeix perquè és la zona més prima de la peça. És una part formada només per la làmina central de les tres que integren la fulla de l'arma, les característiques de les quals s'expliquen en l'estudi arqueometal·lúrgic.

En aquestes peces, la superfície original s'ha conservat totalment mineralitzada en forma d'una capa prima de magnetita estable (Fe_3O_4) de color gris fosc, que es pot recuperar eliminant les capes superposades de minerals de corrosió. Però en nombroses zones hi ha productes de corrosió sota aquesta superfície, i això fa que la neteja mecànica sigui molt delicada. Els compostos de la corrosió són una base molt tova per la fina capa de magnetita i fàcilment es pot destruir durant la neteja i perdre, així, la superfície original. En algunes parts decorades, aquesta corrosió de les capes sota el nivell original ha suposat la pèrdua dels damasquinats, com ja s'ha vist en la foto VIII.

Les peces també presenten els efectes de la corrosió, produïda per la presència de clorurs en l'entorn d'enterrament. Aquestes sals en forma d'anions provoquen una sèrie de reaccions electroquímiques complexes que comencen actuant localment, després es van estenent per tot el gruix del metall, i finalment acaben provocant exfoliacions, esquerdes, bofegaments i desplaçaments importants de la superfície original de la falcata.

Com s'ha comprovat en les microanàlisis per dispersió d'energia de raigs X (EDX), l'acció dels clorurs també ha contribuït a la degradació de la plata incrustada en els motius decoratius, la qual cosa ha provocat la formació de clorurs de plata en l'esplèndid damasquinat de la guarda de l'empunyadura i en moltes zones de la fulla i de la beina.

En algunes parts la corrosió ha convertit el metall de plata en un compost gris i cerós que és irrecuperable en molts punts. En les radiografies, aquestes zones amb la decoració degradada no es diferencien de les ben conservades, perquè la densitat de la plata conservada i la de la degradada són massa properes per fer-se evident en les plaques radiològiques.

La fragilitat de la falcata i la beina, originada per la corrosió, també ha afavorit el seu trencament en nombrosos fragments i la pèrdua d'algunes parts. Així, al mànec de la falcata, s'ha perdut la zona posterior i superior del cap d'animal i algun fragment de la barra decorada amb elements antropomorfs, que uneix aquest cap amb la guarda de l'empunyadura. També s'han destruït algunes zones centrals del contratall de la fulla on l'espasa presenta els acanalats. De la beina, en manca la part superior de la carcassa metàl·lica, la meitat de la boca i algun fragment de les dues abraçadores del sistema de suspensió.

La beina devia portar una funda interior que subjectava la falcata i que tampoc no s'ha conservat. Per l'espai que hi havia entre la falcata i la beina, aquesta funda havia de ser prima i sembla que el cuir era el material de què devia estar feta. També han desaparegut les galtes de material orgànic, segurament d'os o fusta, que decoraven la zona arrodonida de l'empunyadura. Només es conserven els tres reblons de ferro que les subjectaven a la làmina central de l'arma.

Els procediments termomecànics utilitzats en la manufactura de la falcata i la carcassa de la beina, detalladament exposats en l'apartat dedicat a l'estudi tecnològic, també són responsables d'algunes característiques de la seva degradació. Així, algunes esquerdes de la fulla de la falcata (foto XVII) i de l'esquelet metàl·lic de la beina s'han originat seguint les línies on anaven superposades les làmines metàl·liques. Per la mateixa causa, les dues guardes del mànec ricament damasquinades s'han separat de la làmina central de l'empunyadura per les zones en què es van autosoldar.

El procés de forja de la falcata i la beina també pot ser la causa de la corrosió generalitzada que han patit les peces, ja que, durant l'estiratge i martelleig, les inclusions d'escòria es van estenent i comprimint al llarg de les direccions de treball. Després, aquestes escòries permeten la penetració dels agents externs cap a dins de la massa de metall. La corrosió apareix llavors no només a la superfície exterior del metall, sinó també al llarg de les parets de les inclusions d'escòria (North i Macleod, 1987: 77).

La manufactura de la fulla de la falcata i de la beina, a còpia d'apilar diverses làmines i soldar-les entre si, escalfant-les i martellejant-les sobre l'enclusa, pot ser també la causa de la degradació que s'observa a la capa superficial de magnetita. El martelleig comporta una degradació més accentuada dels punts on es van produir els cops, perquè són focus de corrosió i perquè provoquen la formació de nombroses escamacions i forats.

El fet que les peces fossin afegides a la pira de cremació junt amb la resta de l'aixovar, devia provocar la desaparició de les parts de la beina fetes amb matèria orgànica; és a dir, de les galtes de l'empunyadura d'os o fusta i de la funda, suposadament de cuir.

L'augment de la temperatura durant la cremació va permetre que la falcata fos doblegada per la meitat de la fulla, en un angle d'uns 90°. Aquesta acció ha provocat la pèrdua de part de la superfície de la fulla en la part exterior de la curvatura, que és la que va patir l'estiratge més fort. A més, s'ha comprovat que els processos de corrosió ataquen més greument les parts que han suportat una tensió forta. La beina també està torçada, però en un angle més obert. El tall principal de la fulla ha patit alguns impactes, un dels quals l'ha arribat a doblegar (foto IX).

Com és ben sabut, en el món ibèric era una pràctica normal la inutilització ritual de les armes del guerrer mort. Això s'aconseguia doblegant-les i colpejant-les amb algun objecte dur. No es tracta, doncs, de deformacions, cops i trencaments originats durant els combats.

TRACTAMENT DE CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Atès l'estat de conservació de la falcata i la beina, s'havien de deixar de banda els tractaments d'eliminació de capes de corrosió més ràpids; és a dir, els processos quí-

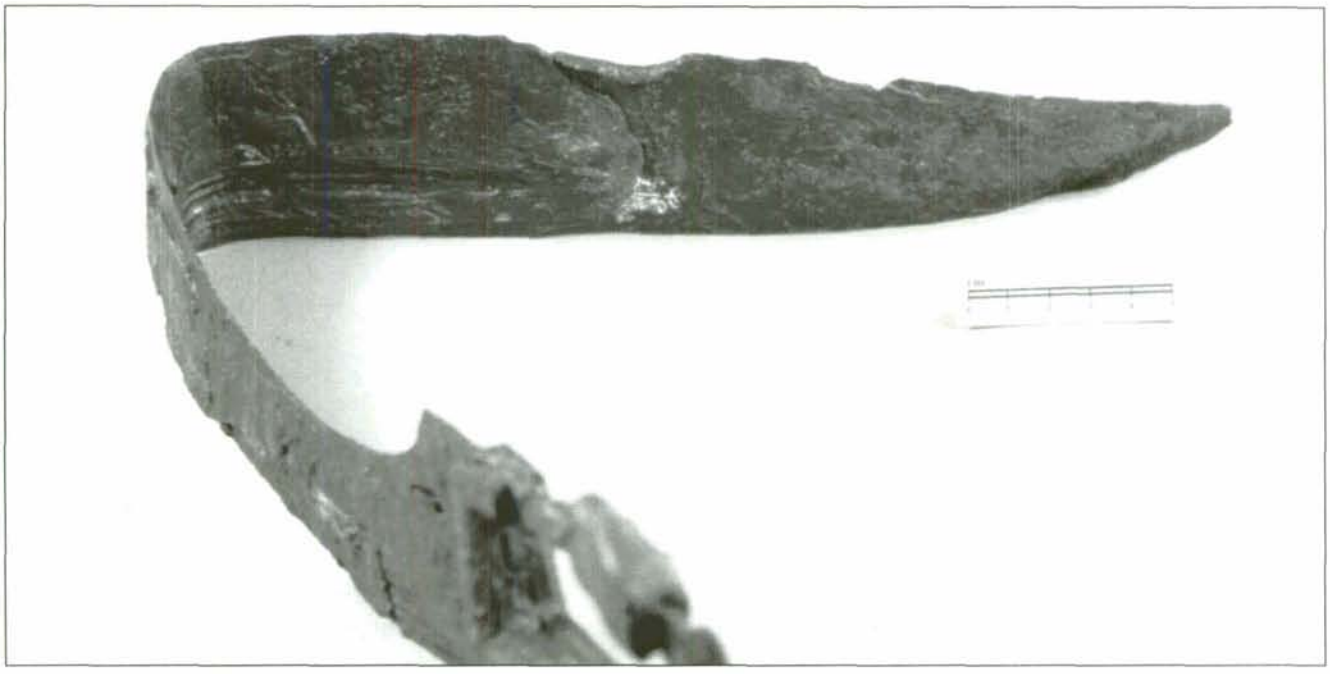


Foto IX: Durant l'acció ritual funerària la fulla de la falcata va ser colpejada per deformar-la (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

mics, electroquímics i electrolítics. La corrosió generalitzada i la presència de dos metalls diferents desaconsellava eliminar la corrosió mitjançant aquests tractaments.

Els tractaments químics, electroquímics o electrolítics no es podien aplicar a aquests objectes, perquè a més d'actuar sobre els compostos de corrosió externs de les peces, haurien afectat també els que estan situats sota la superfície original. S'hauria perdut, d'aquesta manera, el nivell original en moltes zones dels objectes i, amb aquest nivell original, tota o bona part de la informació que pot aportar.

L'estat de les peces només permetia fer una neteja força acurada de tipus mecànic, encaminada a eliminar les capes de corrosió fins arribar a la superfície original. Aquesta neteja solament es podia efectuar amb aparells molt precisos i especialitzats.

La possible existència de corrosió activa, és a dir, de clorurs dins del metall, és el problema més greu perquè es conservi a partir d'ara. Es va pensar en la possibilitat d'eliminar-los mitjançant una dessalinització amb banys de sulfit alcalí, segons el mètode que promouen N. A. North i C. Pearson (1978). Actualment, aquest és un dels mètodes més ben acceptats i un dels més efectius per als objectes de ferro procedents de jaciments arqueològics, tal com demostren els estudis comparatius entre diferents mètodes de dessalinització, portats a terme per Anne Rinuy i François Schweizer (1981 i 1983).

Però en el cas de la falcata i la seva beina es va arribar a la conclusió que submergir les peces en banys de sulfit alcalí podria ser perillós per a la seva conservació. La fragilitat de les peces comportaria l'augment de les esquerdes, la separació de trossos i l'aparició de nous trencaments. Com ha experimentat T. Bryce (1979: 21), el mètode és bo i útil sobretot per a objectes moderadament o fortament corroïts, però amb bon nucli metàl·lic; en canvi, les peces amb poc nucli o totalment mineralitzades són massa fràgils i tendeixen a trencar-se.

La degradació que pateixen els damasquinats també va portar a no fer aquest tractament de dessalinització, ja que no està clar quin podria ser el comportament de la decoració durant el procés químic.

A més, el fet que la falcata i la beina estiguin molt mineralitzades fa suposar que el problema de la corrosió activa serà menor. David Watkinson (1983) ha comprovat que els objectes molt mineralitzats presenten menys ions clorur i, per tant, estan menys subjectes a la degradació física que pot causar la corrosió activa després de l'extracció de les peces del jaciment.

Només s'ha portat a terme un procés de dessalinització mitjançant banys de sulfit alcalí en la boca i abraçadores de la beina perquè no estan damasquinades. També s'ha optat per aquest procés perquè, al contrari de la falcata i la carcassa de la beina, la boca i les abraçadores presentaven alguns signes aïllats de corrosió activa: s'hi aixecaven petites escames i apareixien gotetes marronoses al fons dels cràters d'oxidació.

Consolidació

La fragilitat d'algunes zones de la falcata va aconsellar consolidar-les abans de netejar-les mecànicament. Així doncs, els fragments superiors de l'empunyadura, que són molt prims i fràgils, la boca i les dues abraçadores de la bei-

na es van consolidar amb resina vinílica (Pioloform al 10% en acetona) en una campana de buit. Com que els fragments eren massa fràgils, no es va arribar a fer totalment el buit.

Abans de consolidar-los, aquests fragments es van haver d'enganxar amb un adhesiu cianocrilat (Super Glue-3). Si no es feia així, com que els fragments estarien recoberts amb el consolidant, haurien perdut els detalls de les vores i després, quan es volguéssin enganxar, sorgirien problemes perquè les unions encaixarien malament.

També es van protegir les zones on les capes de corrosió havien saltat i la decoració era visible perquè no patissin cap degradació durant el procés de neteja mecànica. Així, es van posar sobre les zones damasquinades, tant si conservaven la plata incrustada com si no, unes tires de full de poliestirè adherit amb resina acrílica (Paraloid B-72 al 10% en acetona), de la qual es van aplicar tres capes amb pinzell. Les dues primeres capes van servir per protegir la decoració, i l'última, per enganxar el full de poliestirè a la zona decorada.

Moltes zones amb exfoliacions, bofegaments i esquerdes es van reforçar amb la introducció d'un adhesiu nitrocel·lulòsic (Rock o Imedio), i on el bofegament era molt important, es va reomplir el buit amb massilla de polièster blanca (Sintofer). També es van enganxar amb adhesiu cianocrilat (Super Glue-3 o Cyanoceys) alguns fragments que, després del procés de neteja, podrien perdre la fidelitat de les seves vores i casar malament.

Eliminació dels productes de corrosió

Un cop consolidats els fragments massa trencadissos i fràgils, i protegides les zones damasquinades, es va poder iniciar el procés d'eliminació de les capes de productes de corrosió.

Es va treballar amb diferents aparells de neteja per abrasió sota una lupa binocular: torn de dentista, microabrasímetre i turbina recta.

El microabrasímetre i la turbina recta han permès portar a terme una neteja mecànica correcta, perquè no exerceixen pressions i vibracions perilloses. Aquests aparells es poden usar en peces debilitades, com és el cas de la falcata i la beina. També, són molt útils quan s'arriba a les capes de corrosió que estan justament sobre la fràgil superfície original. A més, com ja s'ha dit abans, en molts punts de sota d'aquesta superfície original s'hi troben productes de corrosió interns tous i, si s'hagués fet servir un aparell massa abrasiu, la neteja suposaria una agressió que podria comportar la pèrdua de la superfície original de l'objecte.

Primer, es van rebaixar les zones que tenien una capa de corrosió més gruixuda i dura amb el torn de dentista i amb freses de carborúndum i de pols de diamant de formes diverses. Un cop rebaixades les zones més altes, les capes més properes a la superfície original es podien eliminar amb el microabrasímetre i amb la turbina recta.

La superfície original de la falcata es podia seguir força bé treballant sota la lupa binocular, encara que els

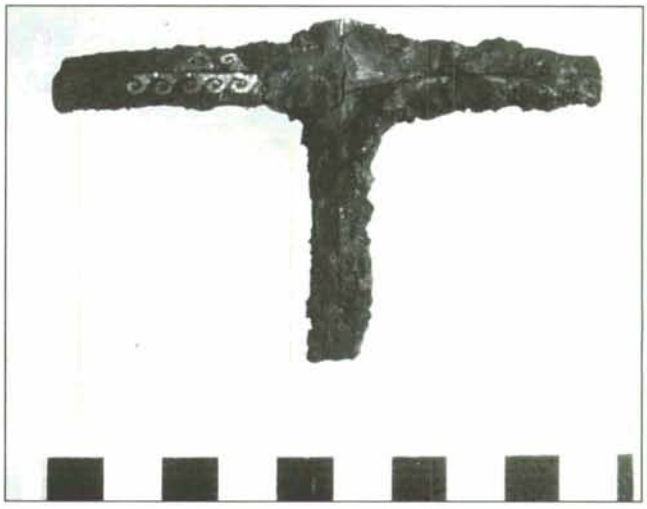


Foto X: Fragment de la carcassa de la beina a l'inici del procés d'eliminació de les capes de corrosió que tapaven el damasquinat de plata (Laboratori d'Arqueologia de la UdL).

productes de corrosió eren tan interns com externs i s'havien produït bofegaments i desplaçaments per efecte de la corrosió activa. Les zones decorades amb incrustacions de plata i l'aspecte de la capa de magnetita servien de guia per anar resseguint el nivell original.

Es va treballar amb un microabrasímetre amb pols molt fina d'òxid d'alumini (50 micromil·límetres). Aquest aparell, que permet una dosificació de la seva acció abrasiva a uns nivells molt baixos, es va usar per eliminar de forma força controlada les capes de corrosió que hi havia immediatament per sobre de la superfície original.

La turbina recta funciona a alta velocitat (300.000 rpm) i permet una acció abrasiva molt puntual i controlada, mitjançant freses de pols de diamant. Era el millor aparell per eliminar les capes de corrosió sobre les zones damasquinades (foto X). Malauradament, encara que en les radiografies semblava que la decoració sota les capes de corrosió estava ben conservada, en treure els productes d'oxidació del ferro, s'ha comprovat que en molts punts ja no queda plata sinó només el clorur de plata de color gris violaci i aspecte cerós.

A mesura que les zones de decoració s'anaven posant al descobert amb la turbina recta, es tapaven amb les tres capes de resina acrílica i el full de poliestirè. Aquesta protecció era indispensable si es volia netejar les zones no damasquinades amb el microabrasímetre. Si no es feia així, els motius decoratius s'haurien pogut erosionar per l'acció abrasiva de la pols a pressió expulsada per aquest aparell.

Un cop nets els fragments, es va pensar en la necessitat de protegir amb un tractament d'inhibició tant la plata en bon estat de la falcata i de l'esquelet metàl·lic de la beina com les peces on el ferro presentava corrosió activa, és a dir, les dues abraçadores i la boca de la beina. Aquest procés consisteix a posar el ferro i la plata en contacte amb un

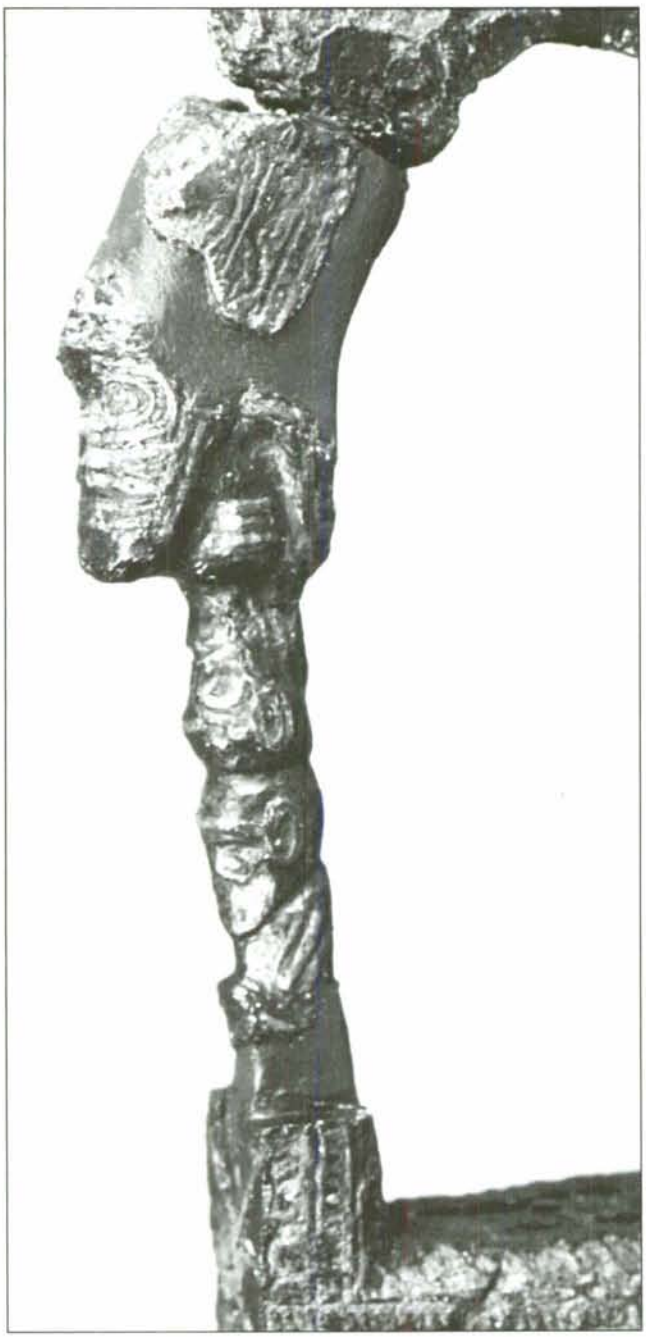


Foto XI: Detall de l'empunyadura de la falcata on es veuen les zones reconstruïdes del cap d'animal i de la barra decorada amb motius antropomorfs (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

producte inhibidor que, en reaccionar amb aquests metalls, farà disminuir la tendència del metall a reaccionar amb el medi ambient i a patir processos de corrosió posttractament. S'ha portat a terme aplicant diciclohexilamina nitrit al 3% en etanol al ferro i clorofil·la al 0,1% en etanol a la plata. No s'ha inhibit el ferro de la falcata i la beina perquè el seu elevat nivell de corrosió difícilment farà possible la reacció d'inhibició.



Foto XII: La falcata després del tractament (Museu d'Alcoi).

Enganxament, reconstrucció i protecció final

Un cop nets els fragments de la fulla de la falcata, es va començar a consolidar i donar cohesió a la peça introduint massilla de polièster blanca als forats i esquerdes, i a reconstruir zones perdudes a causa de bofegaments i desplaçaments de la superfície original. Els fragments no enganxats durant el procés de neteja, s'han ajuntat amb adhesiu cianocrilat (Cyanoceys) i s'han reomplert les esquerdes que queden amb massilla de polièster per garantir-ne la resistència. Els fragments grans de la falcata s'han hagut d'enganxar amb resina epoxídica (Araldit Standard) perquè la unió pugui aguantar el pes dels trossos. Les parts perdudes de l'empunyadura (zona superior i posterior del cap d'animal i zona inferior de la barra decorada amb motius antropomorfs) s'han reconstruït amb massilla de polièster (foto XI).

En la carcassa de la beina i en les abraçadores del sistema de suspensió també s'han enganxat els fragments amb adhesiu cianocrilat i s'han reconstruït les parts perdudes amb massilla de polièster.

Després, la massilla s'ha igualat amb el color del conjunt de la peça i s'ha pintat amb acrílics. La massilla que tapa els petits forats i les esquerdes s'ha pintat d'un to força proper al de la magnetita per evitar distorsionar-ne visualment les superfícies. Les parts refetes s'han pintat d'un to diferenciat perquè es distingeixin de les parts originals, però, alhora, aquest color s'ha intentat que no trenqui la unitat del conjunt (fotos XII, XIII i XIV).

La protecció final del metall mitjançant inhibidors s'ha reforçat amb l'aplicació d'una capa de resina que aïllarà les peces de les condicions ambientals externes. Els estudis que van fer William Mourey i E. Czerwinski (1993) sobre mostres de ferro, coure, plata i plom recobertes amb diverses resines i sotmeses a proves d'envelliment artificial, porten a la conclusió que és millor protegir cada metall amb una resina específica. Així doncs, el ferro s'ha protegit amb una capa de resina vinílica (Pioloform al 5% en acetona) i la plata amb resina acrílica (Paraloid B-72 al 5% en acetona). Sobre les resines s'ha aplicat una capa molt prima de cera verge d'abella al 40% en essència de trementina perquè, segons els mateixos estudis de William Mourey i E. Czerwinski, això augmenta la protecció de les peces, ja que retarda l'envelliment de les resines sintètiques utilitzades.

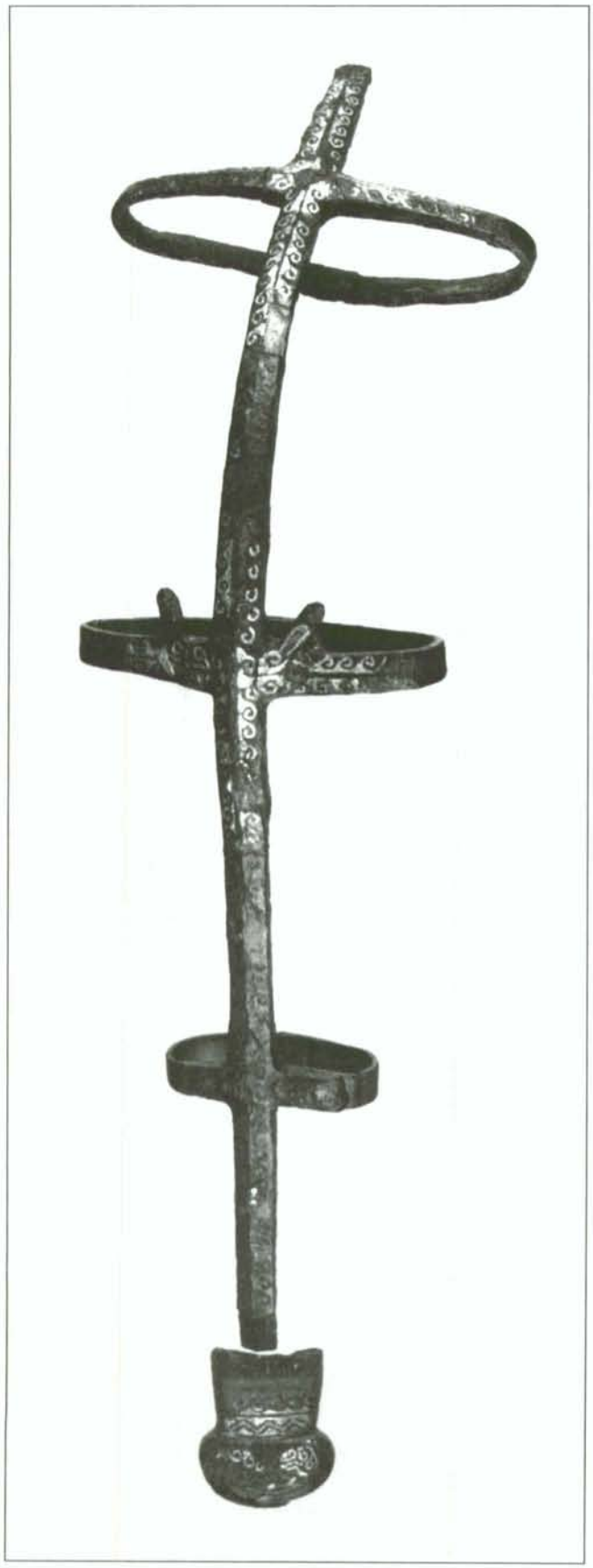


Foto XIII: La carcassa de la beina després del tractament (Museu d'Alcoi).

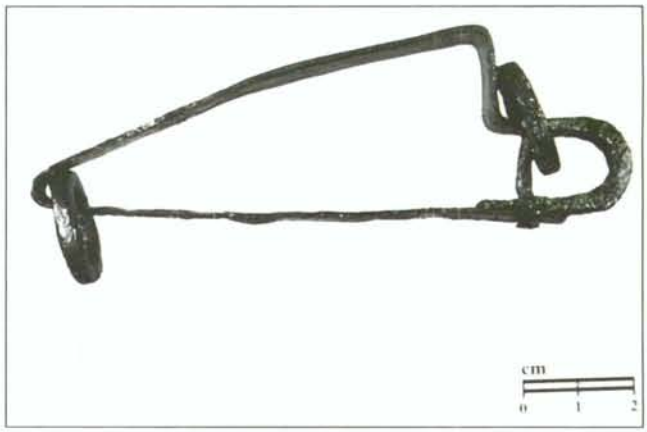


Foto XIV: Una de les dues abraçadores del sistema de suspensió després del tractament (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

CONSERVACIÓ POSTTRACTAMENT

La impossibilitat d'eliminar els clorurs actius de l'interior de la peça (encara que, com s'ha dit, hi siguin en poques quantitats) pot comportar problemes de conservació en el futur. Per això, durant el seu emmagatzematge o exposició al públic, s'haurà de garantir una humitat relativa (HR) baixa que impedeixi que els clorurs puguin reaccionar i començar de nou a degradar l'objecte. Segons ha comprovat S. Turgoose (1982), aquesta HR baixa per ser efectiva ha de ser del 20% o inferior a aquest valor.

Per garantir una HR tan baixa i per exhibir adequadament aquestes peces excepcionals, s'ha pensat en la conveniència de dissenyar expressament una vitrina que permeti mostrar al públic el conjunt format per la falcata i la seva beina d'una forma idònia. Aquesta vitrina es farà el més hermètica possible, de materials innocus pels objectes i tindrà un sistema d'agents assecants del tipus passiu, com ara el gel de sílice o l'Art-Sorb, per mantenir la HR en uns nivells propers al 20%.

2. ASPECTES TECNOLÒGICS

OBJECTIUS I METODOLOGIA

El procés de restauració del conjunt format per una falcata, la seva beina i dues abraçadores del sistema de suspensió procedent de la tomba 53 de la necròpoli de la Serreta d'Alcoi, datada entre principis del s. IV i la primera meitat del s. III a.C. (Cortell *et alii*, 1992: 111), ha plantejat la necessitat de conèixer a fons la identitat de les peces des del vessant arqueometal·lúrgic; és a dir, de caracteritzar la matèria que les integra i d'esbrinar els procediments tècnics emprats per manufacturar-les, ja que són factors determinants per entendre la degradació que han experimentat al llarg del temps.

En fer aquest estudi esperem contribuir a completar la visió tradicional que es té d'aquests objectes centrada en

llur classificació tipològica i el significat iconogràfic de la decoració, tot fent una aportació de caire tecnològic. Els nostres objectius concrets són, doncs, els següents:

- Determinar els materials metàl.lics emprats en la manufactura de les peces.
- Descriure els procediments utilitzats per elaborar-les.
- Relacionar els procediments de fabricació amb el seu estat de conservació.
- Contrastar empíricament les teories exposades anteriorment sobre el procés d'elaboració de les falcates.

La informació que tenim a l'abast sobre la manufactura siderúrgica de l'Edat del Ferro a la península Ibèrica és en bona part documental, extreta dels textos dels autors clàssics (Plini, Estrabó, Marcial, Diodor...) que fan referència a la qualitat d'aquestes produccions i n'assenyalen algunes tècniques de fabricació (Sandars, 1913; Forbes, 1964: 207-208; Pons, 1984 i Barrio, 1992: 159). Els estudis arqueometal·lúrgics de materials fèrrics ibèrics (i més concretament de les armes) encara són molt esporàdics, i si bé la primera anàlisi metal·logràfica d'una falcata ibèrica, efectuada per Gowland (Sandars, 1913: 37-40), data dels inicis d'aquest segle, hem de lamentar que no hi hagi hagut prou continuïtat en aquest tipus de recerques. Dins del panorama destaca, però, excepcionalment, l'estudi de Nieto i Escalera (1970) sobre un exemplar d'Almedinilla (Còrdova).

D'altra banda malgrat l'existència d'un gran nombre de proves de laboratori a les quals podem sotmetre els objectes metàl·lics (Tite, 1972; Brothwell i Higgs, 1980; Rovira Llorens, 1985; Rovira Hortalà, 1993: 101-104), en casos com aquest ens enfrontem a grans condicionaments derivats de la necessitat de respectar al màxim la seva integritat física. Així, pel que fa a l'estudi macroestructural de la nostra peça, ens han estat útils l'observació amb lupa binocular Olympus B061 SZ-4045 del Laboratori d'Arqueologia de la Universitat de Lleida i els exàmens radiogràfics esmentats anteriorment; mentre que pel que fa el coneixement microestructural, ens decantem cap a l'aplicació d'altres mètodes analítics no destructius, per als quals n'hi ha prou amb una quantitat ínfima de mostra. Per aquesta raó, hem triat els exàmens metal·logràfics mitjançant microscòpia electrònica de rasteig (SEM) amb un equipament Zeiss DSM 940A que funciona amb electrons retrodispersats (BSE) i secundaris (SE), completats amb anàlisis de composició semiquantitativa fetes amb microanàlisi per dispersió d'energia de raigs X amb la sonda Link-ISIS (EDX) d'Oxford Instruments. Aquestes proves, com ja s'ha dit a l'apartat de restauració, s'han portat a terme a la seu del Servei de Microscòpia Electrònica de la Universitat de Lleida, amb la participació del Dr. J. Wierzchos com a operador.

ESTUDI ESTRUCTURAL I DE COMPOSICIÓ

La falcata que estudiem és un objecte complex des del punt de vista estructural, ja que està formada per un conjunt d'elements de diversa morfologia i funcionalitat. El diferent paper representat per cadascun dels elements determina que s'hagin configurat amb una matèria i un procés de realització específics, els quals pretenem esbrinar. En el cas de les abraçadores del sistema de suspensió, es tracta de peces senzilles, però en qualsevol cas, hi haurà una tècnica bàsica de fabricació per al conjunt objecte d'estudi: la forja.

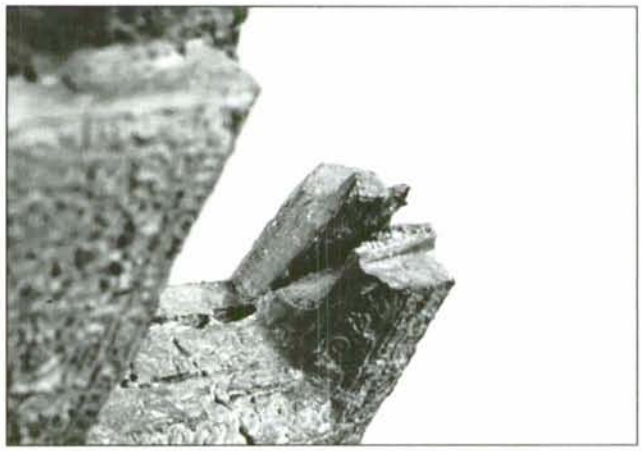


Foto XV: Detall de l'encaix realitzat a la base de l'empunyadura per tal d'inserir-hi i mantenir-hi fixa la barreta decorada amb motius antropomorfs (Servei de Reproducció d'Imatge de la UdL).

La tècnica de la forja es pot definir en síntesi com el procés de martelleig que modifica l'estructura interna dels metalls per tal de fer-los mal·leables i en degrada l'estructura interna per convertir-la en fibrosa i compacta, mentre els dóna forma. Això es pot fer en fred; és a dir, a una temperatura menor que la de recristal·lització (entre 500 i 550 ºC), però en calent és més efectiva.

L'empunyadura de la falcata

La part superior de la falcata correspon a l'empunyadura, formada per una làmina de ferro plana, de gruix i amplada variables. Originàriament se li van superposar altres elements de matèria orgànica (que no s'han conservat) i el conjunt es va fixar mecànicament mitjançant reblons rematats per sengles extrems, que encara es mantenen *in situ*.

Com que un dels punts més febles de l'espasa seria precisament el de contacte entre la base de l'empunyadura i la fulla, aquests dos elements són en realitat un de sol; en altres paraules, estan fets a partir d'una mateixa làmina metàl·lica a la qual es va donar una forma diferent en cada sector mitjançant diversos procediments termomecànics.

L'extrem superior va ser aplanat, estirat i corbat per configurar un element de prensió zoomorf. La base va ser "espatllejada" (segons terminologia de Mohen, 1980), és a dir, martellejada fins a donar-li un perfil angular, i se li va superposar un reforç o guarda per cada cantó. Més tard es van decorar conjuntament les guardes i el dors de la fulla



Foto XVI: La barreta antropomorfa de l'empunyadura estava elaborada a partir d'una làmina decorada en relleu i damasquinada, enrotllada sobre si mateixa per donar-li consistència, tal com evidencia un detall de la seva secció. L'interior queda, així, parcialment buit (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

que hi quedava entremig, per la qual cosa es va llimar i afinar al màxim la superfície de la zona i es va damasquinar fins a aconseguir l'aparença que es tractava d'una sola peça.

Un altre element que cal destacar de l'empunyadura és la barreta vertical decorada amb caps humans esquemàtics que queda ajustada entre l'apèndix zoomorf (gràcies a una llengüeta) i l'encaix fet a la base de les guardes (a pressió) (foto XV).

El seu caràcter, fonamentalment ornamental, determina un mètode d'elaboració diferent de la resta de l'objecte perquè té volum però no es tracta d'una part massissa, com seria el més previsible (i el que inicialment es deduïa de les imatges radiogràfiques), sinó que després de netejar-la hem pogut constatar que està feta a partir d'una làmina molt prima treballada fins a donar-li relleu, enrotllada sobre ella mateixa. L'interior queda, així, només parcialment buit (foto XVI). Els diversos elements decoratius antropomorfs que presenta s'acabarien de definir a punxó pel tal d'incrustar-hi finalment el fil de plata que en realça els trets expressius.

La fulla de la falcata

L'observació microscòpica feta per Gowland (Sandars, 1913: 37-40) d'una secció de la fulla d'una falcata hispànica va permetre saber que es tractava d'un ferro que presentava la superfície carburada; és a dir, que externament s'havia convertit en acer mitjançant un tractament termomecànic de carburació.

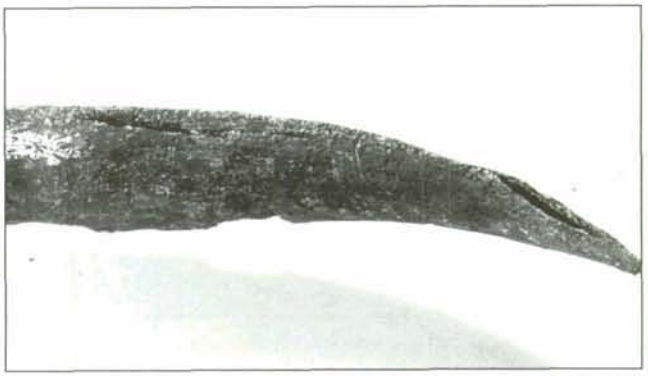
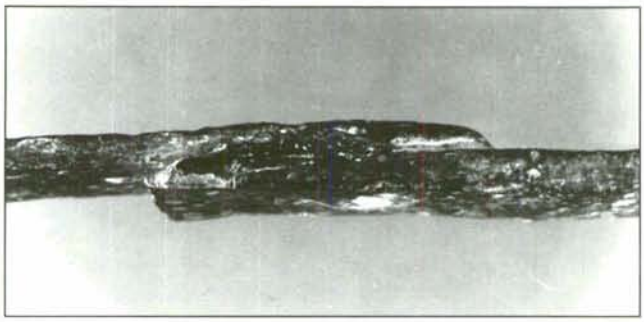


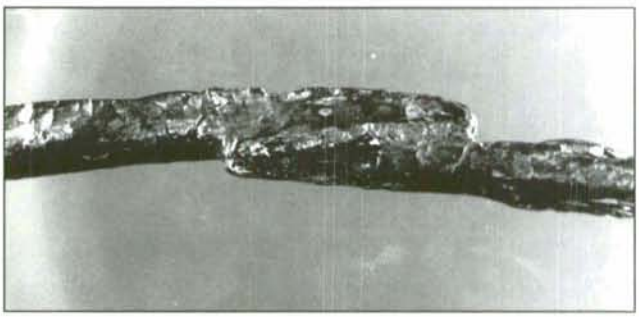
Foto XVII: L'observació de la punta de la falcata permet apreciar la seva manufactura mitjançant la superposició i l'autosoldadura, de làmines fèrries. La separació actual es deu a l'acció ritual funerària i a la pressió de la corrosió (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

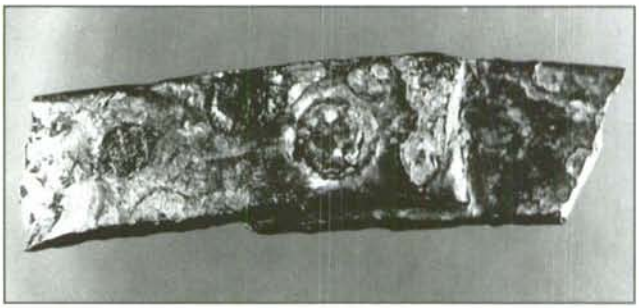
El posterior estudi de Nieto i Escalera (1970) d'una falcata d'Almedinilla (Còrdova) va ampliar el coneixement sobre el mètode de fabricació d'aquestes espases, perquè va determinar que la fulla estava constituïda per tres làmines d'acer soldades entre si. La central era més ampla que les laterals i també estava més carburada. Aquesta configuració que alterna capes més dures però trencadisses, posades sobre materials menys durs però més elàstics i resistents, assegurava la solidesa i l'efectivitat de la peça en el moment del combat.

En el nostre cas, l'observació detallada de l'objecte reafirma l'existència d'un nervi central longitudinal, format per diverses capes metàl·liques, més gruixut que les dues zones laterals. També hem pogut reconèixer que la punta consta de dues làmines superposades, amb la línia d'unió visible en algunes zones. Ara estan separades en alguns punts a conseqüència del ritual funerari destructor que va patir la peça, en ser cremada i posteriorment doblegada i colpejada fins a quedar molt deformada, així com també a conseqüència dels efectes de la corrosió (foto XVII).

Malauradament, les anàlisis de caracterització del metall efectuades en diversos punts de l'interior i de la superfície de la fulla han revelat que la peça està molt afectada per aquest fenomen de degradació i no permeten verificar la possibilitat que hi hagués diferències en la composició del ferro segons les zones. Pel que fa als elements metàl·lics s'han identificat compostos minerals de ferro (òxids i hidròxids de ferro) com a constituents principals, i certes impureses, com les traces de silici, manganès i alumini, que poden procedir de l'escòria residual de la peça o fins i tot del sediment que estava en contacte amb aquesta. Aquestes traces són coincidents amb les dels estudis de Nieto i Escalera (1970: 19-20) i de Barrio (1992) sobre altres armes ibèriques de ferro, i amb els d'Uran en el cas de les espases cèltiques (1986: 307).







Fotos XVIII, XIX i XX: Detalls ampliats dels elements que formen l'estructura metàl·lica de la beina. Documenten diferents mètodes de fixació de les tires fèrriques: superposició i autosoldadura, (XVIII), doblegament i autosoldadura, (XIX) i superposició i rebladura (XX) (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

La beina i les abraçadores

Un element complementari de l'espasa és la beina, de la qual es conserva la majoria de l'esquelet metàl·lic. També va patir les conseqüències del ritual destructor i va acabar doblegada i desmembrada, tot i que l'angle de deformació que presenta permet afirmar que es féu físicament amb independència de la falcata.

Aquesta carcassa està formada per un suport de ferro en forma de retícula, que té una boca a la part superior i una guaspa a la inferior. Originàriament es completava amb una funda de cuir que protegia el seu contingut, però de la qual no n'ha quedat cap resta.

La part frontal de la beina està, doncs, formada per una llarga peça longitudinal cruciforme que també es va damasquinar superficialment amb plata. Està construïda amb diverses tires rectes combinades amb altres tires angulars que quedaven superposades i fixades mitjançant autosoldadura, formant un sol cos. D'aquesta manera s'aconseguia una carcassa metàl·lica resistent a la tracció.

De l'esmentada peça longitudinal en surten tres tires metàl·liques tansversals de mida variable, les quals un cop doblegades adquirien forma oval, amb els dos extrems superposats i units en un punt que quedava just darrere de l'eix vertical. La fixació de les peces es va aconseguir mitjançant un procediment diferent en cada cas: superposició i autosoldadura, (la superior), doblegament i l'autosoldadura, (la central), i superposició i rebladura (la inferior) (fotos XVIII, XIX, XX).

La part inferior de la beina anava rematada per una guaspa metàl·lica buida i damasquinada exteriorment. L'eix longitudinal de ferro s'hi unia mitjançant una llengüeta i se subjectava a la funda de cuir gràcies a dos petits reblons travessers (un dels quals encara es manté *in situ*).

A l'altre extrem de la peça hi havia la boca, feta amb una cinta metàl·lica força prima, doblegada amb forma ovalada, i amb els seus extrems units formant un sol cos gràcies a l'autosoldadura. A diferència d'altres elements, no presenta decoració, un tret que, igual que la seva poca entitat física en comparació amb la resta dels components de la beina, només s'explica si considerem que no era una peça visible i que devia anar reforçada amb un recobriment de cuir.

També coneixem el sistema de suspensió d'aquesta falcata gràcies a la troballa d'un parell d'abraçadores. Cadascuna d'aquestes està formada per una cinta de ferro doblegada fins a aconseguir un perfil aproximadament triangular, amb els extrems superposats i fixats amb un rebló que travessava el metall. Es complementaven amb dues anelles que permetien enllaçar-les amb altres elements. Com en el cas de la boca de la beina, tot i tractar-se d'elements menors, mancats de decoració, s'aprecia la cura dedicada en la seva manufactura.

La decoració

La falcata de la Serreta presenta una decoració rica i excepcional per la seva qualitat artística i tècnica, feta en aplicar plata sobre ferro mitjançant la tècnica del damasquinatge, considerada d'origen oriental (Cabré de Morán i Moran, 1977-1979) i que no s'ha de confondre amb la del niellat, ja que hi ha importants diferències entre ambdues, ben especificades per Nieto i Escalera (1970: 5).

L'ornamentació representa el darrer pas en l'elaboració de l'espasa. En primer lloc s'incidia amb punxons de secció i gruix variable sobre una superfície fèrria ben igualada, llimada i polida mitjançant procediments abrasius per tal de configurar-hi el suport ornamental, denominat matriu o caixa. Els elements iconogràfics efectuats poden agrupar-se en

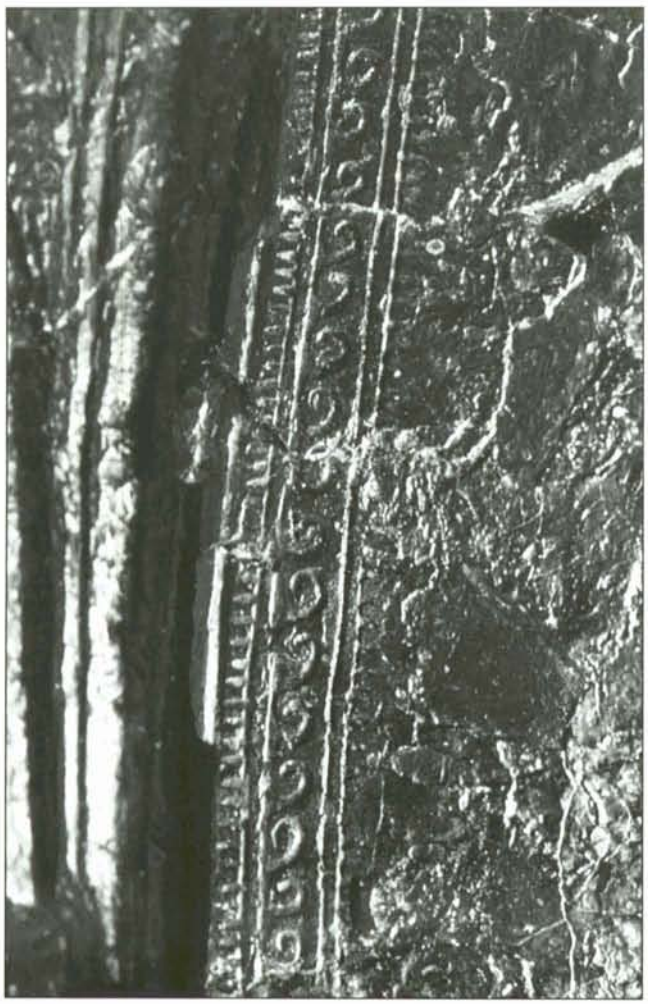


Foto XXI: Imatge ampliada d'un sector de la decoració damasquinada. Es poden apreciar petites irregularitats en l'elaboració dels motius iconogràfics, característiques dels traços efectuats manualment (Servei de Reproducció d' Imatge de la UdL).

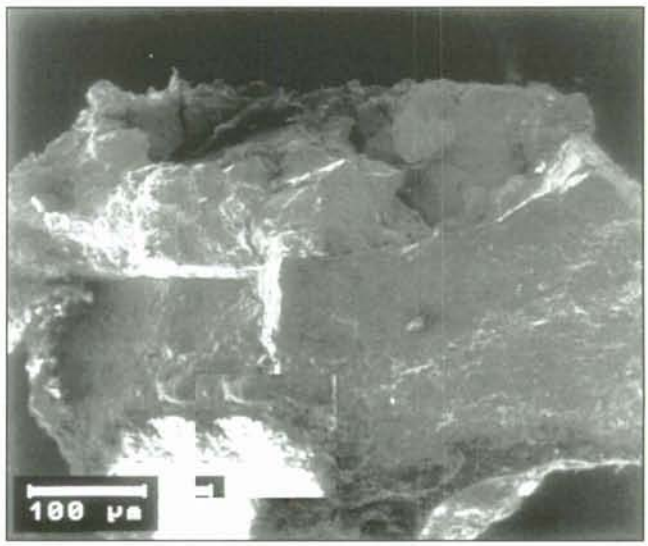


Foto XXII: Vista transversal de la decoració damasquinada de la falcata (fulla) obtinguda mitjançant microscopi electrònic de rastreig (SEM): apareixen la làmina fèrria (a la part inferior) i la matriu incisa (un solc hemiesfèric regular) perfectament reomplerta amb plata (Servei de Microscòpia Electrònica de la UdL).

dos tipus bàsics: les incisions lineals, elaborades individualment però que formen conjunts geomètrics com ara les dents de llop, les ondulacions o els elements vegetals estilitzats i, d'altra banda, les sèries de roleus encadenats.

A diferència del damasquinatge sobre bronze (Barril i Martínez, 1995), en el cas de les peces fèrries com aquesta en cap cas es van utilitzar encunys. L'observació detallada a diferents augments dels motius decoratius ens mostra clarament una certa irregularitat en la seva configuració característica del treball manual (foto XXI). Això ens permet descartar també l'ús de màquines eina, com les que s'han pogut documentar en el cas de manufactures bronzístiques de l'Edat del Bronze i l'Edat del Ferro peninsular (Rovira Llorens, 1991; Sanz i Rovira Llorens, 1988).

Tot i les òbvies petites diferències en el traçat dels diferents motius, el conjunt de l'ornamentació presenta un estil molt homogeni. Si més no, en un petit sector de la fulla es va emprar un punxó una mica més fi que l'habitual, que va deixar trets més estrets i fondos que a la resta de la peça. No podem determinar si es tracta d'una característica original de l'objecte o bé d'una reparació posterior, però antiga.

En una segona fase de realització, la matriu es va reomplir amb fil o làmina de plata, i per tal de fixar-la, es va martellejar repetidament, estirant-la, per damunt del ferro.

Gràcies a la ductilitat del metall noble es va aconseguir reomplir completament el negatiu de la decoració i obtenir una superfície plana, contrastada en color. Mitjançant la microscòpia electrònica hem pogut obtenir una imatge transversal a grans augments d'un punt d'aquesta decoració damasquinada, efectuada sobre la fulla de la falcata (foto XXII). Es tracta d'una vista en secció on s'identifica la làmina fèrria (a la part inferior) travessada per la matriu (un solc de secció hemiesfèrica de factura regular, efectuat amb l'ajut d'una gúbia), perfectament reomplerta pel metall noble.

L'anàlisi de composició de la plata mitjançant la microanàlisi espectrogràfica per dispersió de raigs X (EDX) que es pot veure a la figura 1, revela que es tracta d'un metall pràcticament pur; és a dir, de bona llei, que en degradar-se s'ha convertit en clorur, tal com s'explica més àmpliament a l'apartat dedicat a la conservació-restauració de la peça. Únicament s'han identificat contaminacions de ferro a nivell de traces, procedents del substrat sobre el qual s'assenta i que, en alguns casos, per efectes del desenvolupament de la corrosió d'aquest ferro, provoca la infiltració dels seus compostos entre els cristalls de plata (foto XXIII). Aquest resultat difereix lleugerament del que es va obtenir en el cas de la falcata d'Almedinilla, estudiada per Nieto i Escalera (1970: 21), on també s'apreciaven petites impureses en la plata, però de coure i d'or.

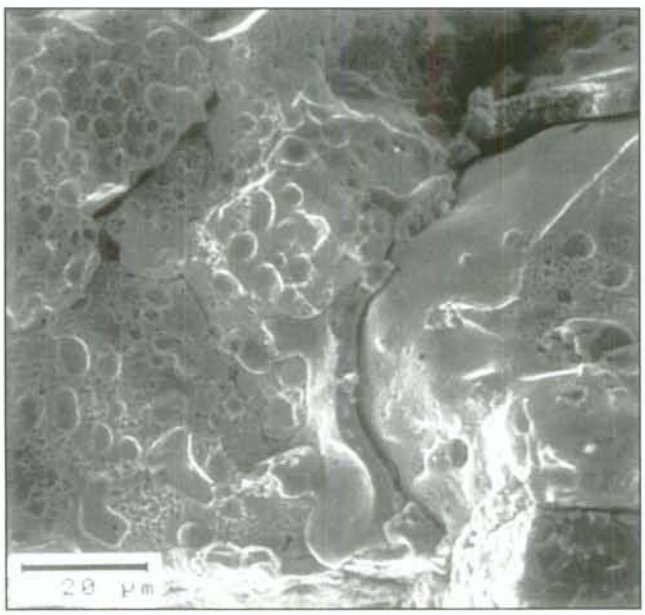


Foto XXIII: Detall en secció d'un punt de la decoració damasquinada a grans augments (SEM). L'estructura cristal·lina de la plata es revela clarament heterogènia i porosa a conseqüència dels efectes tèrmics de la pira funerària. També s'observa la progressió de la corrosió del ferro per les fissures intergranulars (Servei de Microscòpia Electrònica de la UdL).

Podem comentar també que, paral·lelament, l'anàlisi microestructural de la plata mitjançant SEM evidencia una morfologia caracteritzada per grans de mida irregular, a l'interior dels quals hi ha cavitats o porus de fosa. Ambdós elements estan molt relacionats amb el fet que la peça va patir el ritual funerari de la cremació. Les altes temperatures haurien provocat la recristal·lització de la plata i la formació de bombolles de gasos. Aquestes bombolles ara apareixen com a concavitats buides de secció hemiesfèrica, tal com evidencia la foto XXIII. Per aquesta raó no apareixen les traces de deformació que habitualment s'associen al treball mecànic del metall i que en bona lògica s'haurien de reconèixer en un fil o làmina de plata martellejats, com seria el nostre cas.

Un altre dels trets decoratius que també diferencia la falcata d'altres espases, és el conjunt d'acanalats que ressegueixen longitudinalment la fulla, en la zona propera al dors. L'estudi macrogràfic mitjançant la lupa binocular revela una certa irregularitat en la fondària del traç dels acanalats, especialment on és més gruixut i profund, és a dir, a la part superior de la fulla.

El procediment de realització consistí, doncs, en l'obertura de canals, amb l'ajut de cisells d'acer, sobre la superfície de la peça prèviament forjada, probablement en calent. Com a resultat, es van obtenir fines incisions en alguns punts i solcs molt més amples i profunds que d'altres. Descartem, en conseqüència, que s'haguessin obtingut amb procediments alternatius, com ara el de la compressió del metall, observat en altres tipus d'espases (Tylecote, 1987: 265, fig. 7.18), perquè no permetrien obtenir la qualitat del traç que s'hi aprecia i arribem a la conclusió que en el nostre exemplar hi hauria una combinació entre la tècnica de tall, identificada per Coghlan (1956-1957: 169 i 171) en certs casos i la d'extracció mecànica del metall, que proposa Quesada (1988: 280).

CONCLUSIONS

Els materials metàl·lics poden estudiar-se a partir dels caràcters macroestructurals, és a dir, de la seva aparença externa i també dels caràcter microestructurals que no s'aprecien a ull nu. Aquest estudi ratifica la necessitat de fer tot tipus d'anàlisis, ja que la seva complementarietat amb el tradicional estudi tipològic ens proporciona una visió més completa de la tecnologia antiga.

La majoria dels exàmens i de les aportacions que fem han estat possibles perquè s'ha actuat relacionadament amb el procés de restauració de la peça, ja que gràcies a aquest han quedat visibles alguns elements, se n'han reconstruït i s'ha procedit al desmuntatge temporal d'altres que ara romanen ocults, cosa que ens ha donat l'oportunitat única de documentar i interpretar com s'havia elaborat. Malauradament, els efectes de la corrosió ens han impedit, però, incidir en la caracterització del metall ferri per saber si es tractava de ferro dolç o d'acer i determinar fins a quin punt es tractava d'un objecte pràctic o només de parada.

Així, en resum podem dir que per manufacturar aquesta falcata es van utilitzar procediments siderúrgics derivats de la forja, tot combinant el martelleig amb l'estiratge, el doblegament o l'"espatllejat" per donar forma als seus components, juntament amb l'autosoldadura, l'encaix a pressió i la rebladura com a mètodes d'unió i amb l'acanalatge i la incrustació de metall noble (damasquinatge) pel que fa la decoració; rematats amb l'esmolament de les parts tallants i el llimatge superficial com a tècniques d'acabat. La forquilla tèrmica en la qual cal situar aquestes accions és àmplia: per sota dels 500ºC en els casos de forja en fred, però en les unions per autosoldadura, podria haver assolit els 1.200 o 1.300ºC si es tractava d'unir ferro pur, o bé d'entre aproximadament 800 i 900ºC, si era acer.

En tot cas, es procurava dissimular al màxim les estratègies tècniques emprades per tal d'oferir una aparença de conjunt. Per exemple, en referència a l'ús de reblons, és a dir, la manera tradicional d'unir fulles i elements metàl·lics entre si i amb altres no metàl·lics, es va procurar que no fos visible. Per això es martellejaven intensament els seus extrems i alhora s'aplanaven i estiraven les vores del metall per integrar-lo tan com fos possible en el substrat metàl·lic de les peces que travessaven. També es procurava relativitzar els senyals que deixava la pràctica de l'autosoldadura, (un clar avantatge del ferro enfront del bronze) i dels encaixos entre elements (simples o amb l'ajut de llengüetes). La decoració era el toc final que contri-

buïa a igualar la superfície, i que evitava que s'identifiquessin les diferents parts acoblades.

L'estudi acurat des del punt de vista estructural demostra el coneixement de procediments metal·lúrgics desenvolupats entre el poble iber, en un moment avançat de la seva cultura. Es tracta d'un saber aplicat selectivament per artesans molt especialitzats, no només com a ferrers sinó també com a orfebres, la qual cosa permetria suposar que existien tallers amb especialistes de cada camp, més probable que l'existència de fabricants aïllats; una hipòtesi sostenible si considerem el reduït segment social al qual anava adreçada la producció d'aquestes peces d'elit.

La cura i el detallisme en la realització de la falcata contrasta amb l'ús final que va tenir. Deixant de banda si es tractava d'una arma útil o més d'exhibició, el ritual funerari hi va exercir un efecte perniciós, això sí, controlat, ja que amb l'objectiu d'anul·lar la seva funcionalitat pràctica se'n van desmembrar algunes parts i es van deformar tant la fulla com la beina, sense arribar a destruir-les totalment. És a dir, les osques, alteracions i deformacions efectuades per percussió sobre la zona de tall i el fet d'arquejar (per separat) l'espasa i la beina inutilitzaven, però no eliminaven, l'objecte. Pensem que això es va haver de fer amb el metall en calent (després d'un escalfament a la forja o bé en la pira funerària) ja que si no fos així els danys haurien estat més considerables.

La falcata de la tomba 53 de la necròpoli de la Serreta d'Alcoi és, doncs, un element excepcional per al coneixement d'aquesta categoria de les armes ibèriques no només per la seva riquesa decorativa sinó principalment per l'estat de conservació del conjunt de l'espasa, la beina i el sistema de suspensió, cosa que ens permet aprofundir en les tècniques de manufactura siderúrgica a la península Ibèrica durant la Segona Edat del Ferro.

Lleida, juliol de 1996

NOTA:

Aquest procés de restauració ha estat possible gràcies al suport econòmic de l'Ajuntament d'Alcoi. En la darrera fase dels treballs, el 1996, el Museu d'Alcoi va disposar d'una ajuda econòmica de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana.

L'estada al Laboratori de Conservació, Restauració i Recerca de Draguignan va ser possible gràcies a la generositat del seu director, el Sr. William Mourey. A ell i al seu col·laborador, el Sr. Jacques Rebière, hem d'agrair l'assessorament tècnic i les facilitats que en tot moment ens van donar per a la utilització de les instal·lacions del laboratori. També exposem el nostre agraïment al Dr. Andrés Escalera (Museu d'Amèrica) i al Dr. Salvador Rovira (Museu Arqueològic Nacional) per la seva amabilitat en atendre les nostres consultes sorgides durant l'elaboració d'aquest estudi.

BIBLIOGRAFIA

BARRIL, M. i MARTÍNEZ, F. J. (1995). El disco de bronce y damasquinado en plata de Aguilar de Anguita (Guadalajara), *Trabajos de Prehistoria* 52, núm. 1: 175-187.

BARRIO, J. (1992). El proceso de restauración y conservación de un conjunto de armas de hierro. Aproximación a su estudio tecnológico i cultural, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueologia de la Universidad Autónoma de Madrid* 19: 145-177.

BROTHWELL, D. / HIGGS, E. (1980) (Ed.). *Ciencia en Arqueología*, Fondo de Cultura Económico, Madrid.

BRYCE, T. (1979). "Alkaline sulphite treatment of iron at the National Museum of Antiquities of Scotland", a les actes del simposi:*The Conservation & Restoration of Metals*, (Edimburg, març 1979): 20-23.

CABRÉ DE MORAN, E. i MORAN CABRÉ, J.A. (1977-1979). Aportación al estudio tipológico de las espadas "Alcácer-do-Sal". Una nueva serie descubierta en la necrópolis de La Osera (Chamartín de la Sierra, Avila), *XV Congreso Nacional de Arqueología*, Lugo - Zaragoza: 763-774.

CONSUEGRA, S.; MONTERO, I. i ROVIRA LLORENS, S. (1991) Estudi arqueometal·lúrgic del dipòsit de Llavorsí, a GALLART, J. *El dipòsit de bronzes de Llavorsí. Pallars Sobirà*, Excavacions Arqueològiques a Catalunya 10, Barcelona: 189-200.

CORTELL, E.; JUAN, J. ; LLOBREGAT, E. A.; REIG, C.; SALA, F. i SEGURA, J. M. (1992). La necrópolis ibérica de la Serreta: resumen de la campaña de 1987, *Estudios de arqueología ibérica i romana. Homenaje a Enrique Pla Ballester*, S.I.P. - Diputació Provincial de València, Serie de Trabajos Varios 89: 83 - 116.

MOHEN, J. P. (1980). *L'Age du fer en Aquitanie du VIII au III siècle a.C.*, Mémoires de la Société Préhistorique Française XIV, París.

MOUREY,W i CZERWINSKI, E. (1993). "Essais comparatifs de revetêments protecteurs utilisés en conservation et restauration des métaux", *10th. Triennial Meeting ICOM*, Washington: 779-785.

NIETO, G. i ESCALERA, A. (1970). Estudio y tratamiento de una falcata de Almedinilla, *Informes y Trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de obras de Arte, Arqueología y Etnologia* 10: 5-30.

NORTH, N.A. i PEARSON, C. (1978). "Alkaline Sulfite Reduction Treatment of Marine Iron", *4th. Triennial Meeting ICOM*, (Venècia, 1975): 1-14.

NORTH, N.A. i MACLEOD, I.D. (1987). "Corrosion of metals", a: *Conservation of Marine Archaeological Objects*, Londres: 68-98.

PONS, E. (1984). *L'Empordà de l'edat del bronze a l'edat del ferro (1100-600 a.C.)*, Sèrie de Monografies Arqueològiques, C.I.A.G. / Diputació de Girona, Girona.

QUESADA, F. (1988). Las acanaladuras en las hojas de falcatas ibéricas, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueologia de la Universidad Autónoma de Madrid* 15: 275-299.

QUESADA, F. (1992). *Arma i símbolo: la falcata ibérica*, Instituto de Cultura Juan Gil-Albert (Diputación de Alicante).

RINUY, A. i SCHWEIZER, F. (1981). "Méthodes de conservation d'objets de fouilles en fer. Étude quantitative comparée de l'elimination des chlorures", *Studies in Conservation* 26: 29-41.

RINUY, A. i SCHWEIZER, F. (1983). "Méthodes de conservation d'objets archéologiques en fer. Étude quantitative comparée de l'elimination des chlorures", *Journees de Paleometallurgie*, (Compiegne, febrer 1983): 327-336.

ROVIRA HORTALÀ, M.C. (1993). Estudi arqueometal·lúrgic de l'Illa d'en Reixac - Ullastret (Baix Empordà), *Revista d'Arqueologia de Ponent* 3: 65-149.

ROVIRA LLORENS, S. (1985). Métodos analíticos aplicados a materiales arqueológicos, *Revista de Arqueologia* 47:13-19.

SANDARS, H. (1913). *The weapons of the Iberians*, University Press, Archaeologia, LXIV, Oxford.

SANZ, M. i ROVIRA LLORENS, S. (1988). Técnicas decorativas sobre metal en el mundo celta, a: A.A. V.V. *Celtíberos*, Diputación Provincial de Zaragoza,193-195.

TITE, M.S. (1972). *Methods of physical examination in archaeology*, Seminar Press, London.

TURGOOSE, S. (1982). "Post-excavation changes in iron antiquities", *Studies in Conservation* 27: 97-101.

TYLECOTE, R.F. (1987). *The early History o f Metallurgy in Europe*, London.

URAN, L. (1986) Observations métallographiques sur les épées celtiques en fer, *Revue Aquitania*, Supl. 1, 299-308.

WATKINSON, David. (1983). "Degree of mineralization: its significance for the stability and treatment of excavated ironwork", *Studies in Conservation* 28: 85-90.