

DESPRE ANALIZELE METALOGRAFICE ALE UNOR TOPOARE DE ARAMĂ ȘI CUPRU ARSENIC

Despre metalurgia străveche se cunoaște destul de puțin și aceasta fără a fi avut un obiectiv special această temă. Studiul de față își propune analizarea unor obiecte care au fost selectate având drept criteriu aspectul și culoarea patinii, forma și urmele de tunare sau finisare de pe suprafața piesei. Nu au fost avute în vedere alte criterii.

Aceste obiecte au constituit obiectul unor studii și analize anterioare privind analize de cupru prin activare cu neutroni privind obiectele și sursele de cupru (Lazarovici — Beșliu 1990; Beșliu — Lazarovici — Olariu 1992; Lazarovici — Beșliu — Popa — Olariu 1995). Pieseile au fost analizate spectrografic de către expediția de la Stuttgart unele având codul Junghans, analizate de Schroder în proiectul Württemberg, Landesmuseum Stuttgart.

Date arheologice și analize fizico-chimice.

Pieseile de mai jos au fost analizate în laboratoarele întreprinderii Armătura din Cluj cu concursul unor laboratoare din același oraș.

Topor târnăcop, tip Jászladány, varianta Petrești, (L7 = codul analizelor prin activare de neutroni publicate în 1992) (inv. P843; Junghans 8986), descoperit în satul Lacu (com. Geaca, jud. Cluj) (Roska 1942, 36, nr. 57, fig. 17; Vulpe 1975, p. 42, cat. 171).

Piesa face parte din clusterul (clasă) cel mai strâns al pieselor din cupru nativ având ca sursă Transilvania (cluster 1.1.1.2; Beșliu — Lazarovici — Olariu 1992, fig. 1—4). În clasificarea ierarhică (dendrogramă) este alături cu două topoare de la Turdaș (L18) și unul din topoarele de la Vâlcele (L28; *Ibidem*, p. 103, fig. 6—7). Ca sursă acesta ține de clusterul în care se află mina Bălan (cod UC 47; codul surselor de cupru UC = Universitatea din Cluj-Napoca, sursele de cupru, publicate în 1995; numărul este cel din baza Cupruana), Criscior (UC 49) și Recs în munții Matra din Slovacia (UC 54, 57) (Lazarovici — Beșliu — Popa — Olariu 1995). Mai remarcăm la acesta valorile ridicate de arsen (403 PPM).

Microstructura toporului este constituită din cristale poliedrice maculate (fig. 1/2), formate — după cât se pare — ca urmare a menținerii vreme îndelungată la temperaturi înalte, probabil la tratarea suprafeței după finisare, când credem că a fost uns cu grăsimi pentru a evita oxidarea.

Datorită lungimii mari (170 mm; pl. 1/1) și a subțiririi piesei la tăiș (1—4 mm) se apreciază că piesa a fost ciocănită după turnare, deoarece datorită fluidității reduse a cuprului nu era posibilă turnarea unor piese atât de subțiri. Deci, piesa a fost ciocănită după turnare dăn-

du-i-se forma dorită. Lângă gaură toporul are o apăsare, probabil un semn de meșter.

Suprafața piesei prezintă numeroase defecte de materiale, sub forma unor goluri, cauzate de incluziunile de mangal sau pietriș în materialul din care s-a forjat toporul.

Piesa are, în gaura pentru coadă, două fisuri cauzate fie prin deformare la rece, efectuată peste limita de temperatură admisă la ciocănit, fie ca urmare a suprasolicităților la folosire și a unei cozi foarte rigide (corn?).

Topor sau daltă (L22) lată cu tăișul rotund, lățit, (P 849; I. 2978, pl. I/5—6) a fost realizat prin batere pe o nicovală rotunjită, păstrând o formă concavă, realizată intenționat. Urmele de batere indică lovirea cu obiecte dure de diferite mărimi. În zona care delimitează tăișul, toporul avea imprimate urmele unor cercuri și a unui model specific executantului. Marginile toporului prezintă urmele unor tăieturi ale materialului în exces, îndoiri, suprapuneri, sudări. Asemenea urme se constată la tăiș și la ceafă.

Suprafața toporului are aspect roșcat, rezultat în urma tratării superficiale a cuprului cu grăsimi, în timpul execuției, la cald, dar la temperaturi mai mici (200—300°C) decât cele ce duc la recristalizare și deci la reducerea durității. Valoarea durității este de 121 HB, specifică cuprului foarte puternic ecruisat prin deformare la rece, prin ciocănire. Concluzia este că piesa a fost realizată din cupru nativ, prin batere.

Microstructura indică cristale maclate cu incluziuni în material (pl. I/5).

Dimensiunile piesei sunt de 200 × 65—70 mm × 5 mm, greutatea de 0,480 kg. Tăișul are formă de semicerc.

Topor plat (L15; pl. II/3-3a), varianta Coldău, descoperit în localitatea Dragu (P 852: D 583 = *Junghans*, S. 8972), fost în colecția Dej (colecția liceului reformat din Dej, la Vulpe apare nr. D 593, iar la noi și *Junghans*, este D 583). Face parte din clusterul 1.1.2 (*Beșliu — Lazarovici — Olariu* 1992; *Lazarovici — Beșliu — Popa — Olariu* 1995). Piesa are procentul ridicat de As (1,68% = 16.800 PPM) fiind practic o piesă de bronz sau cupru arsenic.

Microstructura sa arată prezența, în masa de bază, a incluziunilor rotunjite de sulfură de cupru (pl. II/3a). Lipsa oxidului cupros ar indica o prelucrare a piesei prin ciocănire, fără topire. Duritatea piesei este de 68,8 HB. Aceasta presupune o răcire rapidă după turnare sau prin ciocănire și deformare la cald, continuată la rece.

Dimensiunile piesei sunt de 105 × 68 × 3 mm, greutatea 0,305 kg. Prezența unor proeminențe pe părțile laterale ar putea proveni de la un tipar fie de la materialul nativ, ceea ce este mai greu de presupus dată fiind forma plăată a piesei. Prezența unor dungi de șiruire pe o parte plăată și a unor proeminențe izolate, punctiforme sau a proeminențelor în exces ar indica resturi de turnare orizontal sau oblic și o prelucrare prin ciocănire. Pe margini se văd urme adânci de tăiere cu un obiect dur.

Topor-ciocan, (L10; pl. II/1; *Beșliu — Lazarovici — Olariu* 1992, fig. 6, 8—13; *Lazarovici — Beșliu — Popa — Olariu* 1995), loc de desco-

perire necunoscut, sigur Transilvania. Particularitățile sale sunt valorile ridicate ale stibiului (1220 PPM), valorii mici spre mediu de arseniu (2820 PPM), argint, aur. Din aceste motive acesta făcea parte din clusterul 1.1.2 fiind asociat cu două din fibulele ochelar din Cheile Aiudului — *Dealul Velii* (L37—L38: *Vlassa — Takacs — Lazarovici* 1985—1986, tumul IX, mormântul 4), precum și cu toporul plat de la Dragu (L14). În același cluster sunt și sursele de la Băița (UC 42—43; Sântimbru Băișului (UC 48) și cea din Siberia (UC 73).

Duritatea piesei este de 43,7 HB (măsurată 1s 1000kf, bila 10 mm timp de 30 secunde, cu aparat Brinell PH-C-02/02 Sibiu), spre limita mică, ceea ce presupune o recoacere (petrecută între 375—650°C) a materialului, după terminarea operațiilor de ciocănire. Piesa a fost ciocănită cu un obiect rotunjit, nu prea lat (*pl. I/2*) ceea ce a dus la ușoara creștere a durității (media moale este între 35—40 HB). La această creștere credem că au contribuit și valorile ridicate ale stibiului și arseniului.

De la finisarea toporului se observă urme de lovire cu corp ușor, până la 0,5 kg (ciocan special), ceea ce a dus la îmbunătățirea aspectului de suprafață, operație realizată voit. Aceasta a dus și la ecruisarea materialului (întărire de suprafață). Piesa are urme de tăiere, cu un corp dur, a bavurilor și excrescențelor la muchii și în planul median (daltă sau topor de piatră), după care acele margini au fost ușor ciocănite.

Pe piesă sunt urme de suprapuneri de material și sudură la cald, operații ce se petrec la temperaturi în jur de 750—900°C. În unele locuri (pe partea opusă bordurii de la gaură) sudura nu s-a realizat foarte bine, materialul fiind dizlocat (probabil materialul a fost mai rece). Gaura toporului a fost prelucrată, finisată cu un corp dur (gresie).

Piesa, după patina sa roșie, a fost tratată prin încălzire și ungere cu grăsimi. Între bordura tăișului și corp grăsimile nu au ajuns, iar materialul nefiind protejat, s-a format o cocleală (carbonat bazic de cupru). Aceasta înseamnă că piesa în stare caldă a fost unsă sau frecată cu grăsimi.

Dimensiunile piesei sunt de 210 × 25 mm iar greutatea de 1,655 kg.

Toporul plat, (L16, daltă de aramă), (inv. P 853; I 7928), de la Hoghiz, a fost cumpărat de la Adolf Resch, în 1908. Face parte din tipul topoarelor cu tăișul semilunar (*Vulpe* 1975, 55). Piesa avea pe corp urme de la turnare (*pl. 2/4*). Aceasta face parte din clusterul 1.1.2 (*Lazarovici — Beșliu — Popa — Olariu* 1995, fig. 8—13). Dintre caracteristicile sale reținem valorile mari de arsen (6270 PPM) și mediu mic la argint (378 PPM), motive pentru care credem că se asociază cu piesa de la Ariușd (L41, pumnalul) și valori mediu spre mic la aur. Din aceste motive încadrăm piesa în seria celor de bronz arsenic.

Piesa are în microstructură (*pl. II/5*) urme de sulfură de cupru (Cu₂S probă neatacată cu acid), frecvent asociată cuprului. Pe structura curățită prin atacare cu acid fotografiată (*pl. II/4*) și din analiza structurii rezultă lipsa oxidului cupruos, oxid ce poate fi pus în evidență la analiza metalografică. La marginea cristalelor poliedrice se constată prezența eutectit-ului cupru-arsenic.

Duritatea piesei era de 68,8%. Ea poate rezulta din următoarele procese tehnologice: turnare cu răcire rapidă; deformare la cald urmată de ecruisare sau prin deformare la rece.

Studiind urmele păstrate pe suprafața piesei rezultă că ea a fost realizată prin turnare. Pe una dintre suprafețe se pot vedea urmele unor șiruri longitudinale, lăsate de uscarea rapidă a tiparului petrecută în timpul turnării (de lut sau nisip cu lut) și apariția unor șiroiri. Un experiment efectuat pe un tipar lut, luat după piesă, în care a fost turnată o formă nouă a arătat, ceea ce metalurgii presupuneau, că la turnarea orizontală a pieselor, cu grosime relativ constantă, are loc formarea unor retrasuri exterioare, la mijlocul piesei, ceea ce face ca piesa să fie ușor concavă (fenomen similar cu cel petrecut la răcirea grăsimilor sau la înghețul apei, proces ce se petrece la marginea recipientelor). Microstructura nu a fost tratată cu acid de aceea nici imaginea nu este prea clară (pl. II/4a). Urmele de arseniu (punctele negre) sunt clare.

La turnare în poziție verticală sau oblică acest defect este eliminat. Poate că o turnare în tipar cald duce la aceeași situație. Urmele de șiroire de pe o parte, destul de puternice, arată o viteză de turnare. Urmele de erupție din metal, la solidificare, „la fierbere“, ce apar pe cealaltă față a piesei, indică mai degrabă o poziție oblică la turnare (pl. II/4). În acest caz ne aflăm în situația existenței unui tipar de lut uscat și ars, lucrat poate în tehnica cerei pierdute (*a cire perdu*). Dispunerea lineară a proeminențelor de la turnare longitudinal spre coadă și formelor de rețea spre tăiș ne arată că turnarea se făcea dinspre coadă spre tăiș.

Pe nici una din suprafețe nu sunt urmele unor defecte de turnare cum sunt: retrasuri, sulfuri, incluziuni de nisip sau cărbune. Acestea demonstrează deținerea unor bune tehnologii de turnare.

Marginile dălții-topor au fost netezite apoi prin ciocănire. Tăișul toporului a fost ascuțit, excrescențele având urme de tăiere și ciocănire. La ceafă piesa are urme de lovire ceea ce presupune folosirea lui ca daltă pentru cioplitul și scobitul lemnului. Pe marginile sale laterale toporul are urmele unor tăieturi făcute cu un vârf ascuțit, dur (poate topor de piatră?). Toporul a fost obținut prin topire din cupru nativ și a fost ascuțit prin batere.

Târnăcopul-ciocan (pl. II. 2-2a) (L13; P 850), cu loc necunoscut de descoperire, prin particularitățile sale, pe baza analizelor, arată că este un cupru nativ din clusterul (1.1.1.1: *Beșliu — Lazarovici — Olariu* 1992; *Lazarovici — Beșliu — Popa — Olariu* 1995, fig. 6). Piesa este asociată cu cele de la Decea Mureșului (L35—36), acul de la Balomir (L25), alături de alte piese, topoare de aramă de tip Jászladány (L8), Székely — Mádudvar (L9) și topor-ciocan tip Pločnik (L18). Ca orizont aparține etapei sau perioadei cuprului sau bronzului arsenic, având 1.68% As (16.800 PPM).

Structura sa este din cristale poliedrice din cupru, cu multe macles (pl. II/2—3), ceea ce înseamnă că piesa, în procesul ei tehnologic, a fost menținută timp îndelungat la temperaturi înalte (peste 600°C). În masa de cupru se observă prezența incluziunilor de oxid de cupru sau sulfură de cupru. Din punctul de vedere al structurii seamănă cu piesa de la

Lacu (L7). Durețea sa este de 56,8 HB, ceea ce arată o duritate medie, determinată de tratamente.

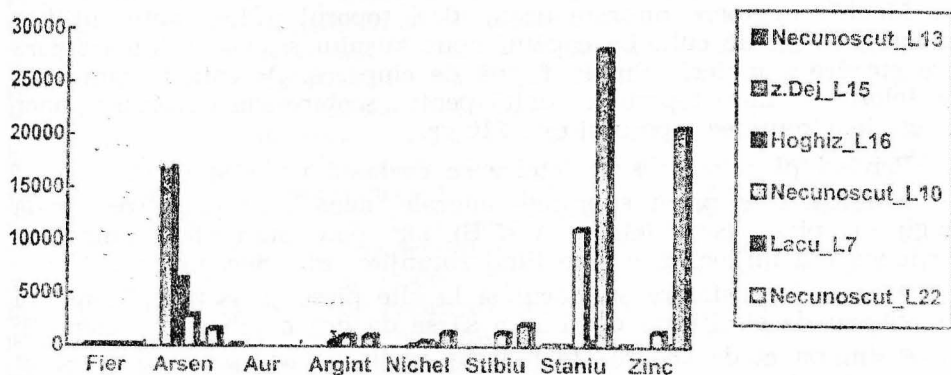
Pe suprafața și în gaura toporului se observă suprapuneri de material și suduri la cald. În unele locuri se mai observă suprafața inițială a cuprului nativ. Finisarea toporului s-a realizat prin frecare cu un corp abraziv (gresie) ceea ce a lăsat urme de frecare cu înălțimea rugozităților de 25 microni, rizurile fiind pe direcție longitudinală.

Piesa a putut fi obținută prin încălzirea unei pepite mari de cupru nativ și ciocănită la cald, în ideea că aceasta a păstrat urmele pepitei native pe alocuri. Nu este exclusă nici topirea totală sau parțială a piesei. Prezența procentului ridicat de staniu ar presupune o topire a unor minerale cu conținut de staniu. Dimensiunile piesei sunt de 134×28 mm la coadă și 28 mm la tăis, greutatea fiind de 0,534 kg.

Tabel 1

Tabel cu datele în PPM al principalelor elemente

	Fier	Arsen	Aur	Argint	Nichel	Stibiu	Staniu	Zinc
Necunoscut L13	379.9	47.7	0	3.5	49.99	1.76	0	23
z.Dej L15	0	16800	3.4	54.9	68.9	20.5	0	19.3
Hoghiz L16	0	6270	9.19	378	23	10.4	0	27.99
Necunoscut L10	0	2820	12.7	913	370	1220	11100	1310
Lacu L7	0	0	8.13	38.2	100	11.9	403	14
Necunoscut L22	0	1540	10.9	925	1210	2040	28200	20700



Grafic 1 cu datele în PPM al principalele elemente

În graficul de mai sus se poate vedea cu ușurință care este raportul dintre unele elemente și valorile lor.

În dendrograma de mai jos sunt clasificate cu mărimi nuanțate elemente și asocierea dintre ele, în grupul de obiecte studiat metalografic.

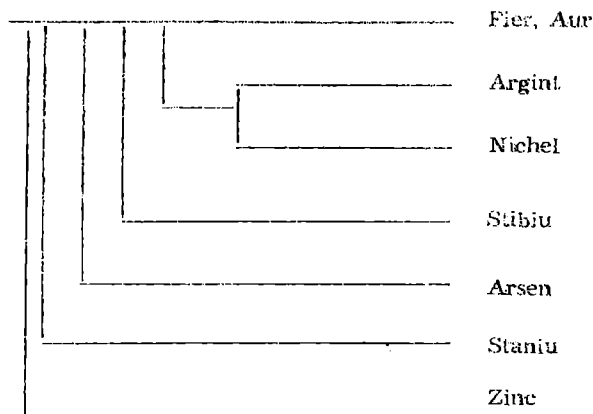


Fig. 1 Dendrograma elementelor în funcție de topoare.

O altă piesă analizată este un **topor-daltă** din cupru, provenit din săpăturile de la Cuptoare, aparținând culturii Sălcuța (pl. III) (Opriescu 1995, vezi acolo și analogiile). Piesa a fost analizată încă din anul precedent dar analizele și studiile asupra sa nu sunt complet încheiate.

Toporul are o formă derivată din forma paralelipipedică și este constituit din două părți principale: partea de prindere și tăișul; partea de prindere are secțiunea dreptunghiulară, lățimea fiind de 25 mm iar grosimea 12 mm. Lățimea este deci de două ori mai mare decât grosimea în zona tăișului. Se observă o creștere a tăișului a lățimii cu 20% față de lățimea predominantă. Tăișul are formă de arc de cerc, rezultată la refularea materialului prin ciocănire.

Muchia tăietoare nu este uzată, deci toporul a fost puțin utilizat poate ca obiect de cult. La capătul opus tăișului se constată o refulare și o strivire a materialului în formă de ciupercă. Aceasta înseamnă că s-a folosit un timp toporul ca daltă pentru scobire sau despicarea unor materiale. Greutatea toporului este 210 gr.

Privind planeitatea suprafețelor se constată următoarele:

- dintre cele patru suprafețe laterale, două sunt plane pe toată lungimea piesei (suprafețele A și B), iar două sunt plane numai pe porțiunea din mijloc, la capete fiind rotunjite prin ciocănire;

- această constatare s-a făcut și la alte piese și ar putea constitui un criteriu de clasificare după care să se deducă o tehnologie comună;

- din punct de vedere tehnologic explicația ar putea fi aceea că suprafețele plane au stat pe nicovală, iar suprafețele curbe au rezultat prin ciocănire.

Aspectul. Starea suprafeței. Toporul este într-o stare bună de conservare și nu a suferit o degradare pronunțată din cauza coroziunii. Fenomenul de coroziune a fost totuși prezent și s-a manifestat sub forma coroziunii punctiforme, care a condus la formarea unor adâncituri, mai ales pe suprafața lată (pl. III), care probabil a reprezentat suprafața interioară de sprijin. Această coroziune poate fi pusă pe

seama umezelii din sol și a fost favorizată de, PH-ul din sol și calitatea acizilor din respectivele straturi în care a stat obiectul, de lipsa de compactitate și de neomogenitate a materialului din care a fost confecționat toporul.

Mediul în care a stat toporul a conținut probabil argilă, caolină, mangal și cenușă, au presupus metalurgii, date confirmate de noi deoarece stratul de cultură conținea argilă amestecată cu nisip, mai puțin caolin, cenușă și cărbune (mangal).

La descoperire toporul nu a avut aspectul actual (fusesse curățit în laboratorul de restaurare, date despre procedeu nu avem acum). Pe suprafața lui au existat oxizi și aderențe de material din sol care au fost înlăturate prin periere cu o perie de sârmă și cu pâslă. În unele găuri se pot vedea la microscop zgârieturi paralele cu adâncime și lățime de 0,1–0,2 mm, formate probabil la curățirea toporului cu peria de sârmă. La genul de curățire mai presupunem și o tratare cu acizi, uzitată adesea la ceramică.

Suprafața toporului nu este netedă, ea prezintă denivelări specifice pieselor turnate din cupru. O parte a denivelărilor a rezultat la ciocănire, lovire accidentală și din cauza coroziunii.

Culoarea toporului este mai roșie decât cea specifică cuprului în ruptură sau tăietură proaspătă. Aceasta se datorește prezenței la suprafața toporului a oxidului cupros (Cu_2O). Culoarea roșie pe care o are toporul poate rezulta:

— după turnare sau forjare;

— prin tratarea suprafeței toporului cu substanța sau amestecuri de substanță oxidante.

Anumite zone ale suprafeței prezintă mici pete de culoare galben-auriu. Această culoare este specifică alamei și poate rezulta din alierea cuprului cu zinc. De altfel analiza spectrală calitativă a confirmat existența în cupru a zincului în cantitate deloc neglijabilă.

a) *Urme de curgere* sunt foarte fine. Ele pot rezulta la curgerea cuprului topit peste cuprul solid încins. Existența zgurii la fundul șanțurilor confirmă această ipoteză (pl. III/3).

b) Aceste urme de curgere nu pot rezulta de la ciocănirea cuprului. La ciocănire se produc doar mici adâncituri și are loc o ușoară dizlocare a metalului. La deformarea la cald asemenea urme de curgere se pot forma numai la presiuni mari, dacă cuprul este în stare caldă.

c) Urme de curgere a materialului se pot constata și pe cuprul nativ care nu a fost topit. Partea de cupru nativ care nu a fost topit este foarte pur, lipsit de oxizi de cupru și sulfură de cupru. Aceste caracteristici însă nu le are toporul analizat, ceea ce ne duce la concluzia că toporul a fost realizat prin retopirea cuprului nativ. Cuprul topit s-a scurs din focar în mai multe straturi (pl. III/3), într-o formă așezată la marginea focarului. Taișul toporului a fost mai depărtat de focar decât coada, iar aici s-a scurs material mai curat și mai sănătos din punct de vedere metalurgic. În coada toporului a ajuns material impur, vâscos și fragil. Din acest motiv la lovire s-a desprins o parte din coada toporului (pl. III/6–8).

Crăpăturile sunt localizate în partea opusă taișului (pl. III/2, 4, 6–8). Aici predominantă este o crăpătură în diagonală, cu lungimea de

28—30 mm și lățime de 20 mm. La capătul toporului se poate vedea o strivire în formă de ciupercă și o crăpătură în „V” (pl. III/6) care a condus la dislocarea din corpul piesei a unei bucăți de cupru. Distrugerea s-a produs la încercarea de a folosi toporul ca daltă.

Suprafața crăpăturii este netedă iar ruperea s-a făcut fără o deformare vizibilă. Aceasta poate avea următoarele explicații:

a) golul existent la capătul toporului (pl. III/6—8) nu reprezintă o retasură deoarece nu are formă și suprafață specifică retasurii. Retasura este un gol care se formează la turnarea pieselor datorită contracției volumice a metalului sau aliajului. Retasura are întotdeauna suprafață rugoasă neregulată, cu proeminente ascuțite.

b) golul existent în piesă s-a produs datorită crăpăturii și ruperii fragile a materialului sub acțiunea unui șoc mecanic.

c) ruperea a fost fragilă, fără o deformare vizibilă datorită faptului că materialul din care s-a confecționat toporul nu prezintă sănătate metalurgică.

De regulă cuprul se deformează mult înainte de rupere. În acest caz însă ruperea a fost fragilă deoarece cuprul era puternic oxidat în acea zonă, neomogen din punct de vedere structural (este stratificat) cu un conținut însemnat de impurități metalice și nemetalice.

Suprapuneri de material se constată la capătul opus tăişului, mai ales la colțuri. Aceste suprapuneri au rezultat la deformarea și sudarea cuprului prin ciocănire, la cald. Procesul de sudare nu a fost complet, iar desprinderea bavurilor a fost posibilă prin lovire.

Macrostructura și microstructura materialului. În ruptură și în tăietură se constată că materialul din care a fost confecționat toporul nu este omogen. Materialul are forma unui conglomerat în care liantul este cuprul iar adausul de material tot cuprul dar sub formă granulară sau în straturi. În masa de cupru se constată existența unor incluziuni nemetalice. În centrul piesei incluziunile sunt mai puține, iar la margine mai multe.

Microstructura este constituită din cristale lungite de cupru, ceea ce confirmă execuția piesei prin forjare. Pe fondul cristalelor de cupru se constată existența oxidului cupros sub formă punctiformă, în șiruri și ramificații. Straturile de cupru pur și cu conținut ridicat de oxid alternează. Materialul nu este compact și nu reprezintă sănătate metalurgică. Analiza spectrală efectuată cu aparatul de emisie de raze X tip VRA30 indică existența în cupru a unor cantități însemnate de impurități metalice (zinc, nichel, fier, siliciu, mangan, arsen, stibiu, staniu și plumb) care fac aliajul fragil.

Din toate analizele de mai sus rezultă clar că totul a fost executat din cupru nativ retopit și forjat la care se adaugă procedee de completare, sudare la cald a unor plăci turnate pe el sau separat.

Din studiul analizelor metalografice de mai sus se desprind câteva idei ce trebuiesc prezentate:

- Toate obiectele sunt confecționate din cupru de mare puritate, sub 0.005%. Astăzi asemenea puritate se obține numai prin rafinare electrolită. Este exclusă posibilitatea realizării obiectelor din cupru ob-

ținut prin prelucrarea minereurilor prin tehnologiile obișnuite, cunoscute până la această dată. Cuprul obținut din prelucrarea minereurilor conține peste 1% impurități.

- Impuritățile prezente în cupru (determinate în jur de 14 elemente) sunt: Au, As, Sb, Se, Hg, Ni, Sc, Fe, Zn, Co, Tn, Sn; conduc la o ușoară creștere a rezistenței și durtății.

- Structura este constituită din cristale de cupru (macle) cu dimensiuni medii și mari.

- În secțiune transversală cristalele sunt echidistante cu dimensiuni aproximativ egale în toate direcțiile.

- În secțiune longitudinală cristalele sunt alungite. Aceste structuri sunt specifice cuprului forjat.

- Dimensiunile medii și mari ale cristalelor de cupru sunt specifice cuprului nativ dar pot rezulta și în urma menținerii vreme îndelungată a cuprului la temperaturi înalte (turnare în tipare calde, aflate probabil la baza cuptoarelor).

- Structura cuprului turnat este constituită din cristale orientate perpendicular pe suprafața piesei. O asemenea structură a fost sesizată, dar analizele nu au acoperit toate situațiile posibile.

- Prezența oxidului cupros nu se constată la piesele (P852, P853; P850, P843), în vreme ce la celelalte este uniform distribuit. Acesta este similar unui martor de cupru electrolitic analizat de noi ceea ce presupune folosirea cuprului nativ la piesele în care este distribuit uniform.

- Oxidul cupros se formează la temperaturi de peste 450°C și se menține în masa metalului sub forma unor puncte roșii. Acesta se mărește odată cu creșterea și durata temperaturii și a excesului de aer folosit la întreținerea focului.

- Creșterea acestuia se petrece odată cu apariția unor piese complexe ce necesită repetate încălziri.

- Prezența sulfurii de cupru (la P852 = L15, *pl. II/3* și P 853 = L16, *pl. II/4*), în cantitate mică, sub formă de intruziuni rotunjite dovedește că piesele au fost încălzite la foc cu lemne iar nu cu cărbune de pământ care conține mult sulf.

- Materialul din care s-au confecționat piesele este compact, fără defecte (crăpare, suprapuneri de material, incluziuni nemetalice, ardori, retasuri, sulfuri) excepție făcând următoarele piese:

- * daltă (I 2978; *pl. I/6*), deformată la rece peste limita admisă;

- * toporul-târâcop (*pl. I/1*; P843) cu fisuri în gaura pentru coadă, determinată din cauza suprasolicitării de la folosire;

- * toporul (P 850, L13, *pl. 2/2-2a*) prezintă suprapuneri de sudare defectuoasă a materialului la cald prin batere.

- * Duritatea obiectelor analizate este între 40—60 unități Brinell, specifică cuprului forjat și recopt.

* Daltă I-2978 are 120 unități Brinell, fiind cel mai dur obiect de cupru. Metalurgii consideră că ar fi rezultatul ecruisării (întărire) prin batere la rece. Arheologii consideră că amestecurile din compoziție sunt o tehnologie intenționată, piesa ieșind din clusterelor normale, fiind socotită piesă de bronz arsenis.

* Greutatea pieselor fiind cuprinsă între 0,18—2,79 Kg.

* Suprafața pieselor a fost prelucrată prin ciocănire sau frecare după tăierea bavurilor și baterea marginilor.

* Piese au o patină verde (carbonat bazic de cupru), determinată de mediul acid în care au stat.

* Unele piese au urmele unor tratamente de suprafață, realizate prin tratare cu grăsimi la cald.

GHEORGHE TOPAN — GHEORGHE LAZAROVICI — ADRIAN BALINT

ABOUT METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF SOME COPPER AXES

(Summary)

Studies concerning the metallographic and thermal analysis, the antique metallurgy of the copper and the copper exploitations in Romania were initiated by Cristea Nicolescu-Otin in the 1911—1913-s, by the study on the copper silicates. He presented the first results concerning the use of local sources and the existence of metallurgy centres in Baia de Aramă and other parts in Transylvania.

Analysis by neutrino activation. The studies were realized within some project of cooperation, initiated by the professor Călin Beșliu, continued by his cooperators Agatha Olariu, for objects and for the sources the cooperation with Dana Popa, from the Museum of Mineralogy from Cluj-Napoca.

Source analysis. Ten years ago 32 samples of native copper from Romania (from points), Yugoslavia, Slovakia Hungary, Germany, Italy and mountains Urals.

Copper sources. In Transylvania and România there are numerous copper deposits containing carbonates, sulfates, silicates, oxides.

Arsenic copper and copper with antimony. From the analysis performed on several pieces of copper is particularly relevant the analysis of a piece, the sample L22, with the place of provenience **unknown**, in Transylvania. The piece is a wide chisel, with the edge round, widened. Its particularities are: the highest levels of the tin (2,82%) and of the antimony (0,2%), high values of the gold, silver (925 PPM), nickel (1210 PPM).

The axe L22 was realized by hammering it on an anvil rounded, still having a concave form, kept like this on purpose. The traces of hitting indicate its hitting with tough objects of different dimensions. In the zone that constitutes the margin of the edge, the axe had impresses on it the traces of some circles and of a specific to the manufacturer. The surface of the axe had a reddish aspect, resulted as a consequence of the treatment of the surface of the copper with fats, during its execution, at warmth, but at lower temperatures (200 to 300 °C than those who generate the recrystallization so the decrease of the hardness. The value of the hardness is of 121 HB, specific to copper very powerfully hardened at cold by deformation at low temperatures, by hammering. The conclusion is that the piece is made of native copper, by hitting.

The arsenic bronze. As a result to some metallographic analysis performed on the piece (analysis L15), a flat axe, type Coldău, discovered in a place called

Dragu. The piece has an increased percentage of As (16.800 PPM) being, practically an arsenic copper piece.

Its microstructure shows the presence, in the basic mass, of the rounded inclusions of copper sulfur. The lack of the cuprous oxide would point to a processing of the piece by hammering, without melting. The hardness of the piece is 68,8 HB. This implies a quick cooling after the casting of hammering and warm deformation, continued at cold.

The presence of some prominences on the lateral parts could come either from a mould or from the native material, which is harder to suppose because of the flat shape of the piece. The presence of some stripes on a flat part and of some isolated prominences, of or the exceeding prominences would indicate rests of casting horizontally or obliquely and a processing by hammering. On the margins can be seen deep traces of cut with a tough object.

From the analyzed pieces, no. L10 is an axe (P 846), with the locality of discovery unknown. By its particulars — high levels of the antimony (1220 PPM), medium to low levels of arsenic (2820 PPM), Ag, (24 PPM), medium for gold (12,7 PPM); its part of the cluster 1.1.2, together with two of the eyeglasses spirals (Brillenspiralen) from Cheile Aiudului — *Dealul Velii* (L37—L38), with the flat axe from Dragu (L15) and sources from Băița (UC42—43; UC = University of Cluj) and Sintimbru Băiuțului (UC48). The piece was hammered with a rounded object, not too wide, which lead to the slight increase of the hardness (the soft average is between 35—40 HB). At this increase we think that also the high levels of antimony and arsenic contributed. The piece has traces of cutting the burrs and excrescences on the rims with a rough body and in the median plan (chisel or stone axe), after which those margins were slightly hammered. The hole of the axe has been processed, finished with a rough body (sandstone).

The piece, according to its red patina, seems to have been treated by warming and greasing.

The flat axe, (L16, copper chisel), from Hoghiz, is of the half-moon — shaped edge — type axes. From its characteristics are to remind the high levels of arsenic (6270 PPM) and average to small level for silver (378 PPM), motives for which we think that it could be associated with the piece from Ariușd (L41, the dagger) and an average to small level for gold.

The piece includes in its macrostructure traces of copper sulfur (Cu₂S sample not treated with acid), frequently associated with the copper. At the margin of the polyedric crystals we can notice the presence of the eutectic arsenic copper.

By studying the traces conserved on the surface of the piece it results that it was made by casting. At the casting in vertical or oblique position, this inconvenient is eliminated. Traces of streaming on one part, quite powerful, show a speed of casting. Traces of eruption from the metal, at the solidification, „at the boiling“, which appear on the other side of the piece indicate rather an oblique position during the casting. In this case we are in the situation of the existence of a dried or burnt clay mould, processed perhaps in the technique of the lost wax (*a cire perdu*). The margins of the chisel-axe were then smoothed by hammering.

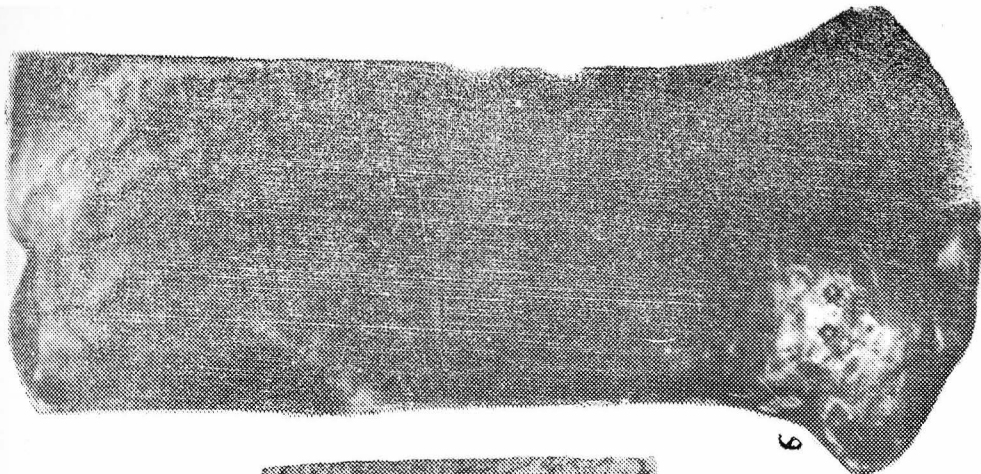
The pickaxe-hammer with the provenience unknown shows, by its particularities, on the basis of the analysis, that it is from a native copper in the cluster with those from Decea Mureșului (L35—36), the needle from Bălimir (L25), together with other pieces, copper axes type Jaszladány (L8), Szekely — Nadudvar (L9) and axe-hammer type Pločnik (L18). As horizon it belongs to the stage or the period of the arsenic copper having a percentage As (16.800 PPM).

Its structure is of copper polyedric crystals, with many inclusions, which means that the piece during its technological process was maintained at high temperatures (over 600 °C) for a long time. In the copper mass can be noticed the presence of copper oxide sulfur inclusions. From the point of view of the structure it is like the piece from Lacu (L7). Its hardness is 56,8 HB, which proves an average hardness resulted subsequently to the treatments.

On the surface and in the hole of the axe there are superposings of material and hammer weldings. In some places, one can still see the initial surface of the native copper. The finishing of the axe was realized by friction with an abrasive body (sandstone), the grooves being oriented longitudinally.

ABREVIERI ȘI BIBLIOGRAFIE

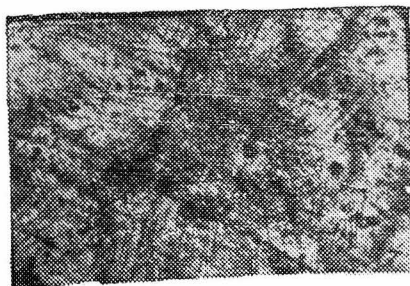
- Lazarovici — Beșliu 1990/1995 Gh. Lazarovici, C. Beșliu — *Analize de cupru preistoric aflat în Muzeul din Cluj*, Rezumat în *Symposia Tyrracologia*, 6, Satu Mare — Carei, p. 109; *Über die Vorgheschichtliche Kupfer-Analysen aus Transilvanien, International Symposium*, 20–25 Mai 1990, in *Ancient Mining and Metallurgy in Southeast Europe*, Bor — Belgrad.
- Beșliu — Lazarovici — Olariu 1992 C. Beșliu, A. Olariu, Gh. Lazarovici, Agatha Olariu, *O piesă de cupru din Sălaj și câteva probleme teoretice privind analizele de cupru preistoric aflate în Muzeul din Cluj*, in *ActaMP*, XVI, p. 97–128.
- Lazarovici — Beșliu — Pop — Olariu 1995 Gh. Lazarovici, C. Beșliu, Dana Pop, Agatha Olariu, *Concluzions to the Geochemical Analyses of Some Copper Sources and Objects*, in *ActaMN*, 32.1, p. 209–230.
- Oprinescu 1995 Adriana Oprinescu, *Un topor de cupru*, în *Banatica*, 13, I, p. 140–141.



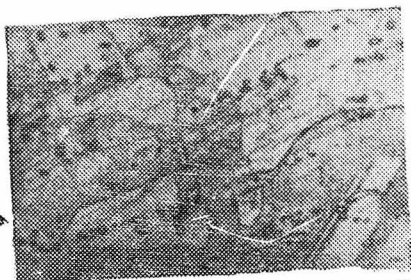
6



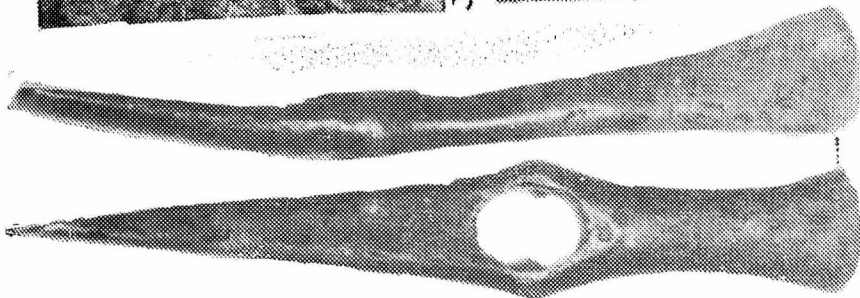
5



3



4



1

2

