

EXAMENUL METALOGRAFIC AL UNOR OBIECTE ANTICE DE FIER DE LA POIANA ȘI POPEȘTI DIN EPOCA LATÈNE

J. PIASKOWSKI (CRACOVIA)

DIFERITE discipline științifice, cum sînt antropologia, zoologia și botanica, au fost folosite pe o scară largă în cercetările arheologice privitoare la trecutul societății omenești. În schimb metalografia n-a jucat pînă acum un rol important în asemenea cercetări, cu toate că metodele metalografice sînt folosite de multă vreme în examinarea obiectelor antice de metal găsite de către arheologi.

Cu titlul de exemplu pot fi citate lucrările¹ întreprinse de către H. Bell², H. Hadfield³, H. C. H. Carpenter și J. M. Robertson⁴, O. Krasa⁵, J. W. Gilles⁶, și alții.

În ultimii ani se poate observa o creștere considerabilă a interesului pentru istoria tehnicii. S-au publicat rezultatele ultimelor cercetări, pe care le-au făcut între alții: E. Salin⁷, A. France-Lenord⁸, C. J. Livadefes⁹, R. Pleiner, F. Plzak și O. Quadrat¹⁰, C. Panseri, G. Garino și M. Leoni¹¹, iar în Polonia A. Krupkowski și T. Reyman¹², A. Zbiwski¹³ și alții.

Cercetările amintite, s-au ocupat doar de un număr de obiecte antice foarte mic, și în genere nu au epuizat posibilitățile unui laborator metalografic modern. În asemenea condițiuni ar trebui să așteptăm încă multă vreme pînă să se cerceteze evoluția tehnologiei obiectelor de fier din antichitate. În afară de aceasta, acele cercetări n-au permis să se stabilească proveniența obiectivelor examinate, lucru foarte important pentru arheologi.

¹ Deoarece articolul se ocupă cu cercetarea unor obiecte antice de fier, am enumerat doar lucrările care privesc acest gen.

² H. Bell, *Notes on a bloom of roman iron found at Corstopitum (Cobridge)*, JISI, 85, 1912, 1, p. 118.

³ H. Hadfield, *Sinhalese iron and steel of ancient origin*, JISI, 85, 1912, 1, p. 134.

⁴ H. C. H. Carpenter și J. M. Robertson, *The metallography of some ancient Egyptian imolements*, JISI, 121, p. 417.

⁵ O. Krasa, *Vorgeschichte Eisenschmelzen in Siegerland*, Stahl und Eisen, 52, 1931, p. 1287.

⁶ J. W. Gilles, *Vorgeschichtliche Eisenhüttenplätze des Siegerlandes*, Stahl und Eisen, 56, 1935, p. 252.

⁷ E. Salin, *Sur les techniques de la métallurgie du fer de la préhistoire au temps des grandes invasions*, RevMét, 3, 1952, p. 165.

⁸ A. France-Lenord, *Les techniques métallurgiques*

appliquées à l'archéologie, RevMét, 6, 1952, 6, p. 411.

⁹ C. Livadefes, *Structural iron of the Parthenon*, JISI, 182, 1956, 1.

¹⁰ R. Pleiner, F. Plzak și O. Quadrat, *Poznamky h vyrobnu technice staroslavanskyh cepeli*, PA, 47, 1956, p. 314.

¹¹ C. Panseri, C. Garino și M. Leoni, *Ricerche metallografiche sopra alcune lame etruache di acciaio. La tecnica di fabbricazione della lame di acciaio presso gli antichi*, Milano, 1957, p. 7.

¹² A. Krupkowski și T. Reyman, *Badanie metaloznawcze nad przekutym półfabrykatem zelaza z Witowa, pow. Pińczów i zuzlem dymarkowyn z Igołomii, pow. Miechów*, în *Sprawozdanie Państw. Muzeum Archeologicznego*, 5, 1953, 1—2, p. 48.

¹³ A. Zbiwski, *Wczesnośredniowieczne górnictwo i hutnictwo w śmietle materiałów z grodziska leczyskiego*, Studia — Polski (Warsowie), 3, 1952, p. 248.

Cercetările metalografice întreprinse pentru arheologie necesită analiza unui mare număr de obiecte antice. B. A. Kolcin a fost primul¹⁴ care a cercetat numeroase obiecte de fier. Pe baza examinării unui număr de 286 obiecte, provenind din 32 de localități, autorul a descris tehnologia fierului pe teritoriul vechii Rusii din secolele X—XIII e.n. Cercetările lui B. A. Kolcin, au cuprins observații metalografice, măsurători ale durtății și microdurtății și analiza chimică semicantitativă cu folosirea *steel-oscop*-ului.

Încă din anul 1955, Institutul de istorie a științei și tehnicii, de pe lângă Academia Polonă de Științe, efectuează cercetări sistematice asupra obiectelor antice de fier¹⁵. De atunci, s-au cercetat peste 800 asemenea obiecte, provenind din cele mai vechi timpuri (secolul VIII î.e.n. până în secolul XIV e.n.).

Cercetarea metalografică a unor obiecte antice de fier nu se poate mărgini numai la teritoriul uneia sau a câtorva țări, ci e necesar ca asemenea lucrări să se înceapă în toate țările. Ar fi indicat ca în aceste lucrări să se întrebuințeze aceleași metode de cercetare, pentru înlesnirea comparației și generalizării rezultatelor.

Datorită inițiativei și amabilității arheologului român Radu Vulpe din București, autorul acestor rânduri, care se ocupă cu cercetarea obiectelor antice de metal din Polonia, a avut posibilitatea să examineze și câteva obiecte găsite nu de mult în România — la Poiana, pe Siret și la Popești, în apropiere de București — provenind din secolele II—I î.e.n. și I. e.n.¹⁶. În articolul de față sint prezentate rezultatele acestor cercetări.

I. METODELE DE CERCETARE

Metodele întrebuințate în cercetarea obiectelor de fier de la Poiana și Popești, comportă o analiză chimică cantitativă și calitativă, observații metalografice și măsurători ale microdurtății și durtății.

Analiza chimică cantitativă a fost efectuată după metodele clasice, în conformitate cu normele obligatorii pentru aliajele de fier. S-a indicat în primul rând, conținutul în fosfor (cel mai important ingredient natural al fierului și al oțelului din lupe) și conținutul în mangan

TABELUL

Rezultatele analizei chimice

	Denumirea obiectului	Proveniența	Greutatea obiectului în g	Conținutul în %		
				Mn	P	Ni
1	Fragment de bară plată nr. 1	Poiana (L — 1,20)	8,1	0,08	0,39	0,00
2	Fragment de bară nr. 2	Poiana (KKF)	3,3		0,142	0,00
3	Fragment de bară nr. 1 îndoită la capăt	Popești (W5 11 — 0,65)	11,1	urme	0,20	0,00
4	Fragment de bară plată nr. 2	Popești (W5 16 — 1,10)	12,1	0,00	0,094	
5	Fragment de bară nr. 3	Popești (W5 9 — 0,45)	2,2		0,050	0,00

* Cu excepția elementelor: Fe, Si, Mn, P, S, C, care apar la toate probele

¹⁴ B. A. Kolcin, *Черная металлургия и металлообработка в Древней Руси*, MIA, 32, 1953.

¹⁵ J. Piaskowski, *Le développement de la technologie de l'acier et du fer en Pologne d'après les examinations*

métallographiques des produits anciens, *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* (Special issue), 1957—1958, p. 55.

¹⁶ Pe baza informațiilor transmise autorului de către Radu Vulpe.

și nichel. În fierul și oțelul obținut din lupe conținutul în sulf și siliciu, este neînsemnat (mai puțin de 0,02%), iar eventualele diferențe nu depășesc limitele de eroare ale analizei chimice.

Pentru determinarea conținutului în carbon al metalului, ne-am ghidat după o evaluare aproximativă făcută pe baza observațiilor metalografice. Metalul prezenta o carburare neuniformă și de aceea *media* obținută pe calea analizei chimice, nu e suficientă pentru a putea reflecta structura și calitățile metalului.

Analiza chimică calitativă a fost efectuată cu ajutorul spectrografului ISP-22, arcu fiind provocat între două probe din același material.

Structura metalului a fost determinată cu ajutorul microscopului metalografic, mărindu-se probele de 100 și de 500 de ori; cu această ocazie, ele au fost tratate cu o soluție de 4% acid azotic în alcool metilic. O dată cu determinarea structurii s-a stabilit și ordinul mărimii granulației metalului, folosindu-se clasificarea americană ASTM E 19-46. Această clasificare împarte granulația pe clase de la 1 (granulația cea mai mică, corespunzătoare cu 2048 granulații pe 1 mm²).

Pe baze metalografice, s-a cercetat microdunitatea fiecărui component al aliajului, folosindu-se pentru aceasta aparatul lui Hanemann. Fiecare rezultat reprezintă media a 5 măsurători.

Duritatea a fost determinată după metoda lui Vickers, la o presiune de 10 kg timp de 15 secunde.

Rezultatele obținute sînt prezentate în două tabele și în reproduceri prin desene și microfotografii. Tabelul 1, cuprinde datele privitoare la proveniența fiecărui obiect și rezultatele analizei chimice cantitative și calitative. La rezultatele analizei calitative, nu s-a ținut seama de prezența carbonului, siliciului, manganului, fosforului și sulfurii (și firește, nici a fierului), care apar întotdeauna în fierul și oțelul din lupe. În coloanele care cuprind rezultatele analizei calitative semnul „+” indică prezența clară a unui adaos, în schimb, semnul „0”, atestă prezența doar în ultimele linii (cele mai durabile) ale spectrului elementului respectiv.

În tabelul 2, sînt date rezultatele observațiilor metalografice și inventarul componentelor structurali, ordinul mărimii granulației, rezultatele măsurătorilor microdunității fiecărui component structural, ca și rezultatele măsurătorilor durității după metoda lui Vickers.

I

cantitative și calitative

Analiza calitativă*																
Al	As	Ba	Bi	Ca	Co	Cr	Cu	Mg	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn
+	0	0	0	+			0	+		+	0		0	+		0
+	+	0	0	+			+	+		+	0		0	0		+
+	+	0	0	+	0		+	+	0	+	0		0	0		+
+	+	+	0	+	0	+	+	+	0	+	0	0	+	0	+	0
+	0	+	0	+			0	+		+	0		0	+		+

Prezentarea rezultatelor cercetărilor cu ajutorul deseneilor, este identică cu cea folosită de B. A. Kolcin¹⁷. Primul desen (fig. 2), redă conturul obiectului cercetat împreună cu in-

¹⁷ B. A. Kolcin, *op. cit.*

TABELUL 2

Rezultatele examenelor metalografice și a măsurătorilor microdurtății și durtății

	Denumirea obiectului	Proveniența	Componenti	Ordinul mărimii	Microdurtă-tatea kg/mm ²	Duritatea după Vickers kg/mm ²
1	Fragmentul de bară plată nr. 1	Poiana	ferită	5	258	202
2	Fragmentul de bară nr. 2	Poiana	ferită perlită	7 6	232 279	1 209
3	Fragmentul de bară îndoită la capăt nr. 1	Popești	ferită ferită	3 7	235 267	} 202
4	Fragmentul de bară plată nr. 2	Popești	ferită*	5	222	203
5	Fragmentul de bară nr. 5	Popești	perlită** perlită ferită	5 7	323 199	1 } 297 213

* În afară de aceasta și depunerile fazei acute ($\gamma' - Fe_3N$)

** Perlită sorbitică

dicarea locului, din care s-a extras proba pentru cercetările metalografice. Al doilea desen (fig. 3), indică natura metalului (gradul de carburare) pentru fiecare obiect, marcată convențional pe baza probei metalografice. Această schiță a probei metalografice, executată ca o secțiune a obiectului cercetat într-un unghi de 90° , față de planul primului desen, îl completează în parte pe acesta, permițând situarea în spațiu a formei obiectului. Materialul ilustrativ este completat prin numeroase microfotografii ale structurii metalului. Înserarea acestor microfotografii este absolut necesară, având în vedere importanța primordială pe care o are, după cum s-a constatat aspectul structural al metalului pentru stabilirea tehnologiei obiectelor și a provenienței lor.

II. REZULTATELE CERCETĂRILOR

Pentru examinare au fost destinate două fragmente de fier de la Poiana (fig. 1/1, 2) și trei obiecte nedeterminate de fier, de la Popești (fig. 1/3–5).

După descoperire, obiectele n-au fost supuse unor măsuri de conservare. Ele sînt prezentate schematic (fig. 2) cu indicarea locului de unde s-au scos probele pentru analizele metalografice. Figura 3 prezintă natura metalului celor cinci obiecte cercetate, reproduse în secțiune schematică.

Rezultatele analizei chimice cantitative și calitative, sînt prezentate în tabelul 1, iar rezultatele observațiilor metalografice împreună cu măsurătorile microdurtății componentilor structurali și ai durtății metalului, sînt cuprinse în tabelul 2.

Fragmentul de bară plată de fier nr. 1, de la Poiana (fig. 1/1; 2/1; 3/1), cu secțiunea transversală de $0,001 \times 0,008$ m, prezenta o structură de fier de lupă, provenită din ferită (fig. 4/1). În metal apar destul de multe incluziuni de zgură cu structură caracteristică: ele sînt repetate în fig. 4/2, considerabil mărite¹⁸.

¹⁸ Fier de ferită care conține în soluție cantități neînsemnate de carbon, siliciu, mangan, fosfor etc.

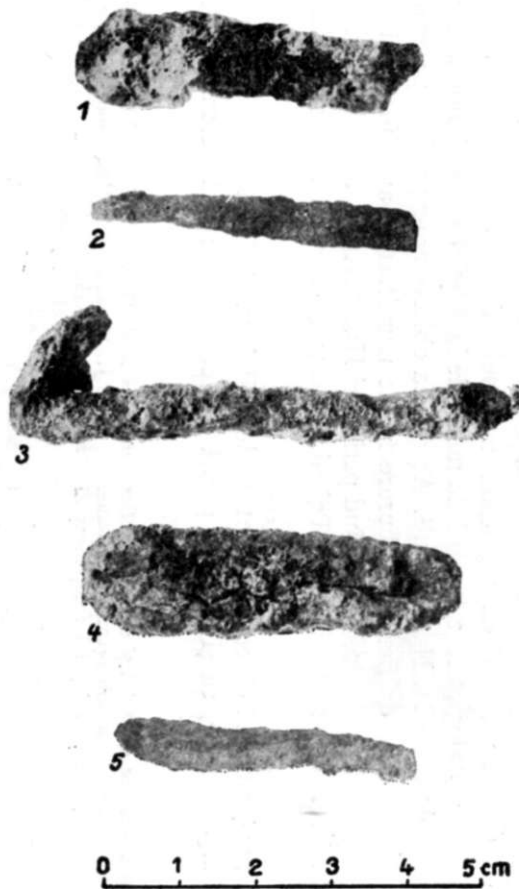


Fig. 1. — Obiectele de fier studiate : 1—2, Poiana ; 3—5, Popești.

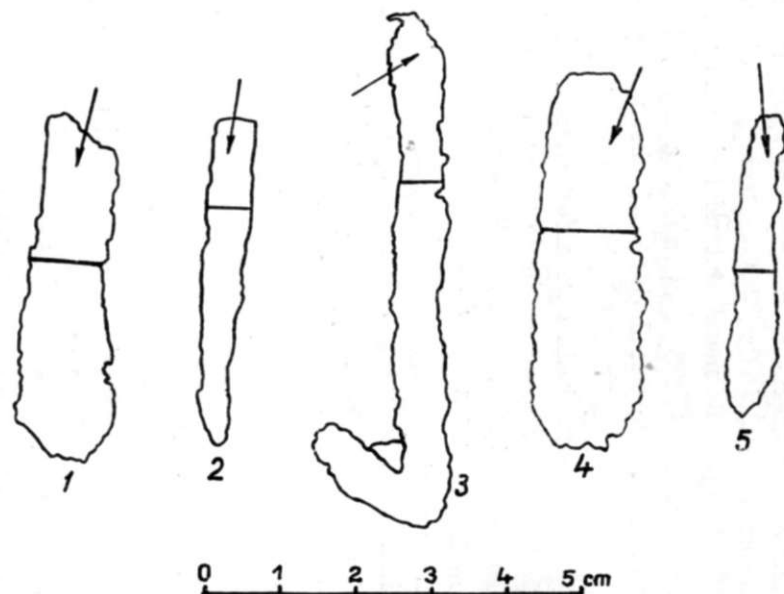


Fig. 2. — Obiectele de fier studiate : 1—2, Poiana ; 3—5 Popești. Cu indicarea locului de unde s-au scos probe.

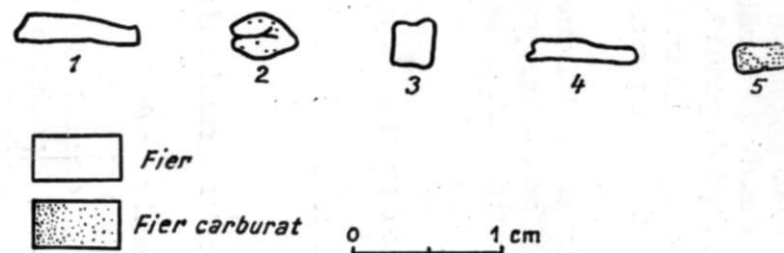


Fig. 3. — Secțiunile schematice ale obiectelor studiate, cu precizarea naturii metalului.

Fragmentul de bară nr. 2 (fig. 1/2; 2/2; 3/2), cu secțiunea pătrată (dimensiunile de aproximativ $0,003 \times 0,003$ m), de la Poiana, este executat dintr-un oțel foarte moale, care conține aproximativ 0,2% carbon. Structura metalului (fig. 4/3) se compune din ferită și din mici cantități de perlită¹⁹. Particulele de zgură de metal sînt mici și puțin numeroase.

Fragmentul de bară nr. 1 de la Popești (fig. 1/3; 2/3; 3/3), îndoit la capăt, prezintă o structură de fier moale provenit din ferită. Alături de granulațiile mari, observăm și granulații mici (fig. 4/4).

O structură asemănătoare de ferită are și metalul din care a fost executat fragmentul de bară plată nr. 2 de la Popești (fig. 1/4; fig. 2/4; 3/4) cu secțiunea transversală de $0,004 \times 0,004$ m. În metal se află cantități însemnate de incluziuni de zgură (fig. 4/5).

Alt tip de metal este reprezentat în fragmentul de bară nr. 3 de la Popești (fig. 1/5; 2/5; 3/5). Este un fier cu o carburare foarte neregulată (fig. 5/1). În părțile mai puternic carburate apare o structură de perlită sorbitică²⁰, iar conținutul în carbon ajunge pînă la 0,8%C (fig. 5/2, 3). În stratul de tranziție, structura este de perli-ferită (fig. 5/4); în partea mai slab carburată apare structura de ferită.

Interpretarea rezultatelor

Examenul celor două fragmente de bare de fier de la Poiana, și a celor trei fragmente de la Popești, a arătat că ele sînt făcute din fier obținut din lupe. Numai două din aceste obiecte au fost executate dintr-un metal mai dur. Fragmentul de bară nr. 2, de la Poiana (fig. 1/2; 2/2; 3/2), prezintă o structură de oțel foarte moale, care din punct de vedere practic nu se deosebește prin calitățile sale de acelea ale fierului. Mult mai puternic carburat este fragmentul de bară nr. 3 de la Popești (fig. 1/3; 2/3; 3/3).

Carburarea acestuia ca și aceea a obiectului amintit mai înainte a avut loc în timpul reducerii minereului în cuptorul de topire sub formă de lupe. Aceasta dovedește că meșterul care produsese acest metal nu folosisa procedeul de carburare.

În perioadele Hallstatt și Latène din Europa Centrală și Occidentală, și chiar în centrele importante ale metalurgiei antice din Orient, Grecia și Italia, metalurgiștii nu erau în stare să dirijeze în mod adecvat procesul de carburare în cursul reducerii minereului. Aceasta o arată între altele, analiza metalografică a bucății de metal de la Rheinhausen (raionul Bruchsal din Germania), făcută de către H. Hanemann²¹. Asemenea obiecte erau produse pe scară mare în regiunea Rinului. Produse de fier cu carburare foarte neuniformă, apar foarte des și printre obiectele de fier găsite în Polonia, aparținînd perioadei Hallstatt (ex. brățări)²². Pînă în epoca influenței culturii romane, se întîlnesc în Polonia obiecte de fier, cu carburarea foarte neuniformă²³.

Se poate presupune că obiectele cercetate de la Poiana și de la Popești, reprezintă produse ale metalurgiei locale, ca și materia primă din care ele au fost executate. Metalele de

¹⁹ Perlita este un amestec de ferită și carbură de fier (Fe_3C), care alternează de obicei sub forma unor lame. Alături de ferită, se formează principalul component al oțelului necălit.

²⁰ Structura perlitului sorbitic din oțel, se formează în condițiile unei răciri brusce, de exemplu: în aerul rece.

²¹ H. Hanemann, *Untersuchung von aus der vorrö-*

mischen Zeit, Stahl und Eisen, 51, 1931, p. 67.

²² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych ze „sharbow” i osad lużyckich Wielkopolski* Arheologia Polski. 1959.

²³ J. Piaskowski, *Technologia i pochodzenie wyrobów żelaznych ze cmentarzysk Wielkopolski z okresu wpływów rzymskich na podstawie badań metaloznawczych*, Studia, Polski 4.

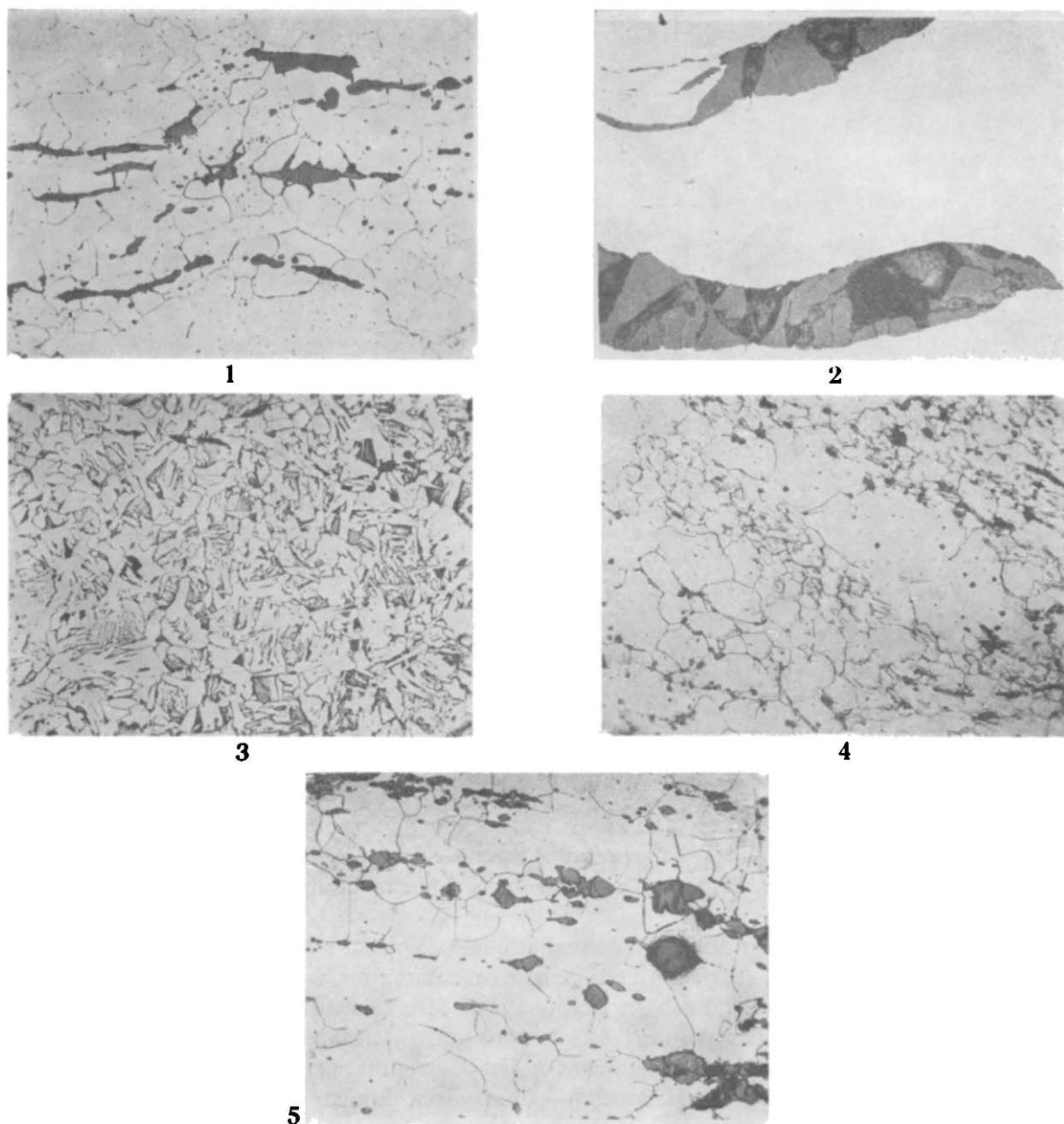


Fig. 4. — Structura metalului din care sint făcute obiectele cercetate.

acest fel se puteau obține din minereuri de fier cu un conținut bogat în fosfor care apar pretutindeni în Europa.

În afara unor aprecieri de ordin general este greu să tragem mai multe concluzii de pe urma rezultatelor examenului metalografic al celor cinci fragmente de fier de la Poiana și Popești. Aceasta, pentru două motive.

În primul rând, fragmentele provin de la obiectele nedeterminate, existând posibilitatea ca ele să reprezinte numai niște resturi nefolosite. E posibil să fie vorba numai de niște

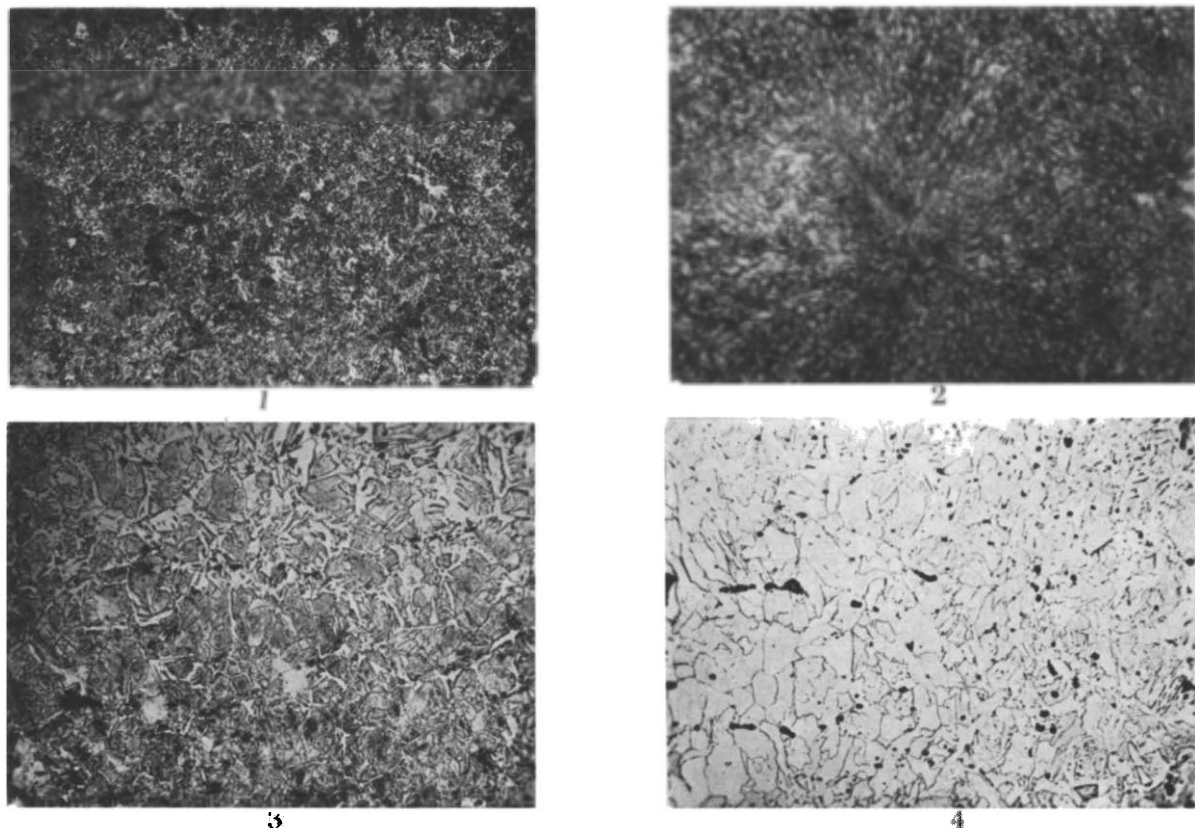


Fig. 5. - Structura metalului din care sînt făcute obiectele studiate.

semifabricate folosite de fierarii locali. În orice caz, chiar dacă ar fi vorba de fragmentele unor obiecte de uz comun, tot n-ar putea reprezenta tipuri de unelte pentru executarea cărora meșterul respectiv, ar fi căutat să obțină anumite însușiri ale metalului, cum ar fi de exemplu, o mai mare duritate.

Cele mai interesante rezultate le dau analizele metalografice ale uneltelor antice de metal, cum ar fi cuțitele, secerile, foarfecele etc. Pentru executarea lor, fierarul — dacă putea — încerca să obțină un metal dur. Pe baza modului prin care fierarul din antichitate încerca să facă o duritate mai mare pentru unelte sale (carburarea, tratarea termică), putem aprecia astăzi abilitatea sa, și totodată să obținem indicații asupra uneltelor cercetate. Examenul obiectelor de metal de la Poiana și Popești — fiind vorba de niște fragmente nedeterminate, în special bare — nu ne-a putut oferi aceste date.

În afară de aceasta, analiza metalografică, poate deveni doar izvorul unor informații interesante pentru arheolog, cînd numărul obiectelor cercetate este suficient de mare, cînd se cunoaște deja metalul topit și procesele tehnologice aplicate în diferitele centre ale metalurgiei antice. Atunci se poate stabili, de exemplu, proveniența obiectelor cercetate. Obiectele de metal găsite pe teritoriul României, au fost încă de multă vreme supuse unor cercetări metalografice, iar în ultimul timp, examenele de laborator sînt solicitate din ce în ce mai frecvent de către arheologii români. Prezentarea unor concluzii certe, cu privire la proveniența obiectelor cercetate de la Poiana și Popești, nu este posibilă.

Rezultatele prezentate reprezintă unele cercetări întreprinse de autorul acestor rînduri, cu privire la obiectele antice de fier găsite pe teritoriul României. Deocamdată, ele permit

doar să se stabilească natura metalului folosit în România, în executarea obiectelor de fier pentru perioada Latène-tîrzie (secolul II—I î.e.n. și secolul I e.n.). Fără îndoială că noile cercetări, mai ales asupra uneltelor de fier, vor oferi prilejul de a obține rezultate interesante și vor avea astfel o influență mai mare asupra dezvoltării arheologiei în România.

L'EXAMEN MÉTALLOGRAPHIQUE DE QUELQUES OBJETS ANCIENS EN FER DE POIANA ET POPEȘTI, DE L'ÉPOQUE LA TÈNE

RÉSUMÉ

On a effectué l'examen métallographique de deux fragments de barre provenant de *Poiana* ainsi que de trois fragments de barre en fer de *Popești*.

Tous ces fragments sont en fer provenant des loupes.

Il s'agit d'une catégorie d'objets indéterminés, datant probablement des II^e—I^{er} siècles av. n. è.

EXPLICATION DES FIGURES

Fig. 1. — Objets en fer étudiés. ; 1—2, *Poiana* ; 3—5, *Popești*.

Fig. 2. — Objets en fer étudiés. 1—2, *Poiana* ; 3—5, *Popești*. On indique le lieu d'où on a récolté les échantillons.

Fig. 3. — Séction schématique des objets étudiés en précisant l'origine du métal.

Fig. 4. — La structure du métal utilisé pour la confection des outils.

Fig. 5. — La structure du métal qui a servi pour la confection des outils étudiés.