

METALOGRAFIA UNOR PIESE DIN FIER DESCOPERITE LA SIRET ÎN 1994

DE

MARIA GEBĂ, ADRIAN VUSATIUC

Prezentul studiu are în vedere analiza metalografică a unui grup de piese din fier descoperite în săpăturile arheologice din orașul medieval Siret în 1994. Metalografia este o analiză esențială în stabilirea autenticității, fiind capabilă să evedențieze anacronisme în tehnica de fabricație, în natura aliajului, precum și în uzură. Este indispensabilă studiului oricărui obiect metalic vechi.

O secțiune transversală, studiată sub un microscop puternic, oferă informații fără echivoc ale structurii metalice.

Analiza metalografică dă informații cu privire la structura micrografică a aliajului din care este confecționat obiectul, adică a constituenților din care este alcătuit (natura, numărul, forma, dimensiunile și modul de repartiție).

Structura aliajelor fiind influențată de modul lor de obținere și de tratamentele ulterioare la care au fost supuse, pe baza datelor structurale se pot stabili tratamentele la care a fost supus aliajul și calitatea acestora, sau se determină defectele ori incluziunile interioare (fisuri intercristaline, neomogenități structurale, incluziuni de silicați, oxizi etc.).

Rezultatele analizei metalografice ale grupului de piese de la Siret - 1994 sunt prezentate în tabelul 1 și fig. 1-4 (foto 1-28).

Tabel 1

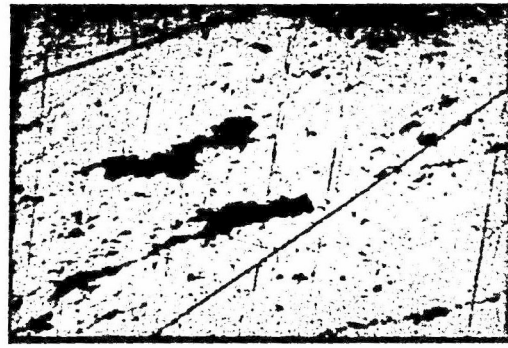
(L=locuință; S=secțiune)

Nr. obiectului (piesei) (Nr. foto)	Denumirea și proveniența obiectului (piesei)	Conținutul în carbon %	Observații privind structura metalografică evidențiată
1. (foto 6)	Cuțit (lamă) (L 21, Siret B 94)	0,5-0,7	oțel perlito-feritic, ușor normalizat, granulație 3-4 pe scara AMSLER, corespunzătoare unei supraîncălziri la forjare; apar separări de ferită caracteristice unui început de structură WIDMANSTÄTTEN (supraîncălzire)
17. (foto 7)	Potcoavă (L 17, Siret A 94)	0,3-0,5	oțel perlito-feritic, cu 0,45-0,5% C, granulație 5-6 și chiar 7 în unele zone cu o ușoară segregatie în partea centrală (0,3% C); structura normalizată, cu incluziuni globulare de oxizi
18. (foto 8)	Cuțit (mâner) (L 15; S7, cas 1, Siret B 94)	0,2-0,25	oțel ferito-perlitic cu 0,2-0,25% C normalizat, granulație 5-6 pe scara AMSLER; structură relativ omogenă
19. (foto 9)	Cui (caia) (L 22, Siret B 94)	0,3	oțel ferito-perlitic cu 0,3% C; perlita așezată în șiruri, globulizată de la normalizare, mărimea grăunților 4-5 în scara AMSLER; structură relativ omogenă pe șiruri
21. (foto 10) (foto 11)	Cuțit (lamă) (S 10, Siret B 94)	0,25-0,3	structură ferito-perlitică cu 0,25-0,3% C, parțial decarburată; mărimea grăunților este de 6-7 în scara AMSLER, relativ omogenă, iar structura corespunde normalizării
22. (foto 12)	Cuțit (mâner) (L 16, Siret B 94)	0,06	structura feritică datorită decarburării aproape totale, cu urme de oxizi, datorată coroziunii; structura uniformă cu granulație 6-7, în scara AMSLER; procentul de carbon este de 0,06

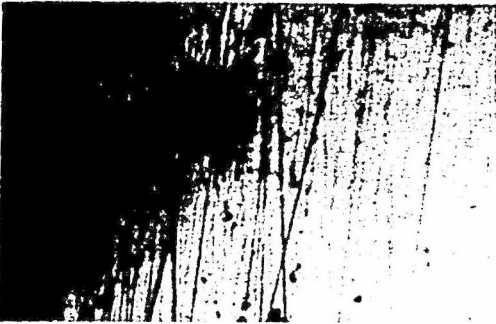
25. (foto 13)	Potcoavă (L 16, S9, cas 2, Siret B 94)	0,06	granulație omogenă 3-4 în scara AMSLER, structura feritică impurificată cu oxizi la granița grăunților în special; procentul de carbon este de 0,06
26. (foto 14) (foto 15)	Cuțit (lamă) (L 21, Siret B 94)	0,6-0,65	oxizi alungiți pe direcția de curgere, mărirea grăunților este mare, de 3-4 în scara AMSLER; structură perlito-feritică cu 0,6-0,65% C
27. (foto 16) (foto 17) (foto 18)	Cui (scoabă) (L 15, Siret B 94)	0,7 0,3-0,35 0,4-0,45	foto 16 - structură omogenă perlito-feritică cu 0,7% C, granulație 6-7 în scara AMSLER, cu 3-4 oxizi (corespunzători unei coroziuni incipiente) în câmp parțial globulizat foto 17 - structură omogenă, ferito-perlitică, cu 0,3-0,35% C, cu perlita parțial globulizată tinzând spre sorbită, corespunzătoare unei zone care s-a răcit mai rapid decât precedenta, specifică normalizării (călire în aer liber); carburile, parțial globulizate, au dimensiuni de 0,008-0,01 mm; pe ansamblu apare o ușoară decarburare cu aproximativ 0,15% C. foto 18 - structură intermediară între foto 16 și foto 17 cu 0,4-0,45% C, mai apropiată de echilibru; structură tot transversală ca și foto 16 și foto 17 pe direcția de curgere la forjare
28. (foto 19)	Pinten (L 17, Siret A 94)	0,45-0,5	oțel ferito-perlitic, parțial decarburat, cu procentul inițial de carbon de 0,45-0,5 normalizat; granulația este de 6-7 și spre 8 în unele locuri pe scară AMSLER
29. (foto 20)	Cuțit (lamă) (L 19, Siret B 94)	0,5-0,6	structură corespunzătoare unui oțel ferito-perlitic cu 0,5-0,6% C, cu structură trostitică, corespunzătoare răcirii în ulei din zilele noastre; granulația este de 5-6 pe scară AMSLER
31. (foto 21) (foto 22)	Cerc prindere butoi (L 17, Siret A 94)	0,4-0,6	foto 21 - apar șiruri feritice și perlitice; apare o separare de cementită, tot în șiruri, terțiară, ca urmare a descompunerii Fe ₃ C cu separare de carbură terțiară (perluțe în șiruri); în loc de perlită, avem sorbită de călire (foto 21 și foto 22) cu carburile fine datorită faptului că după forjare s-a făcut răcirea în aer liber - proces numit normalizare (călire în aer liber); foto 22: procentul de carbon: 0,4-0,6; grăunți fini (7 pe scara AMSLER); prezența oxizilor se datorează unei coroziuni intercrystaline; apare o textură de la forjare, grăunții se alungesc pe direcția de curgere (foto 21); segregatie cristalină pe direcția de curgere a materialului; pe foto 22 se observă în partea de sus a fotografiei o structură predominant perlitică, iar în partea de jos predominant feritică
34. (foto 23) (foto 24)	Hârleț (partea de sus rotundă) (S 13, Siret A 94)	0,2	structură perlito-feritică, parțial normalizată cu 0,2% C, granulație fină 7-8, în scara AMSLER, parțial decarburată spre exterior (foto 23)
35. (foto 25) (foto 26)	Cuțit (mâner) (L 16, Siret B 94)	0,2	oțel ferito-perlitic cu 0,2% C, cu structură trostitică, datorată unei răcirii mai rapide decât celei de la normalizare, mărirea granulației este de 7-8 în scara AMSLER, relativ omogenă
36. (foto 27) (foto 28)	Pinten (passim, Siret B 94)	0,2-0,3 0,5-0,6 0,3-0,35	foto 27 - structură de tranziție, margine-centru, parțial decarburată spre margine, normalizată după forjare; spre interior grăunții de perlită sunt mari, corespunzători unei supraîncălziri; în partea de jos a fotografiei, procentul de carbon este de 0,2-0,3%, iar în miez 0,5-0,6; în exterior, grăunții sunt fini (6-7 pe scara AMSLER), iar în interior de 3-4 pe scara AMSLER; în partea de sus (miez) granulația - relativ omogenă; foto 28 - structură ferito-perlitică cu 0,3-0,35% C ușor normalizată, corespunzătoare unei granulații de 5-6 în scara AMSLER; structura este perpendiculară pe direcția de curgere la forjare, explicabilă prin omogenitatea structurii



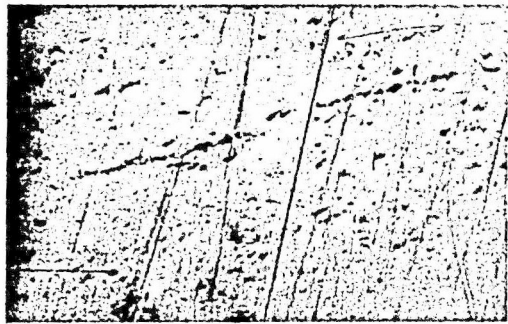
1



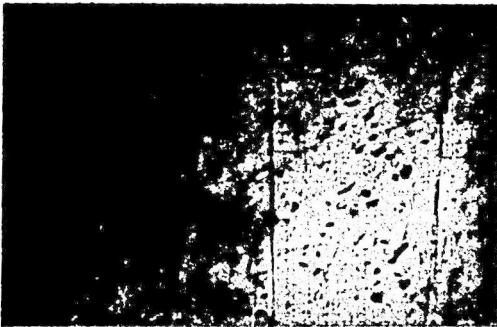
2



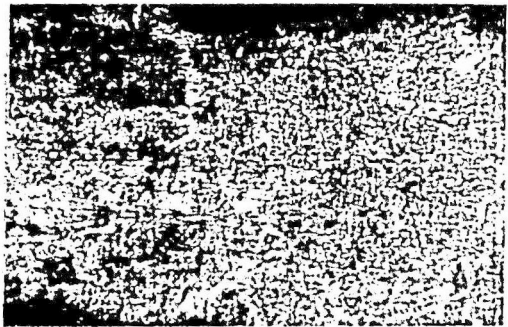
3



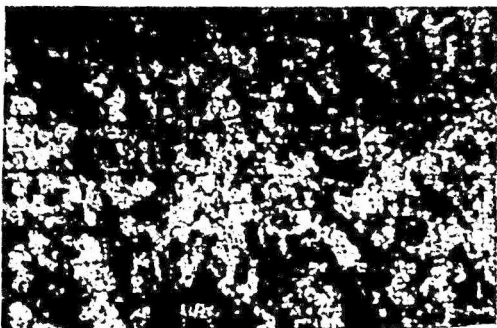
4



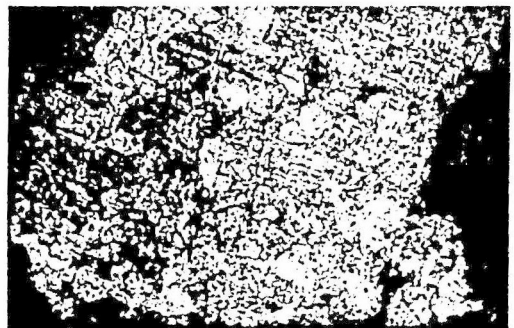
5



6

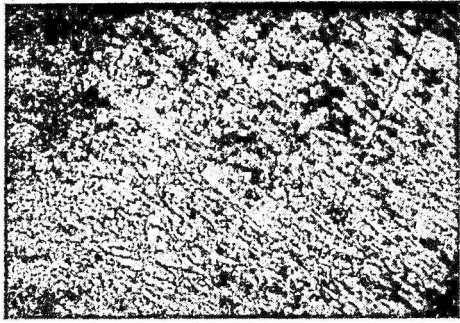


7

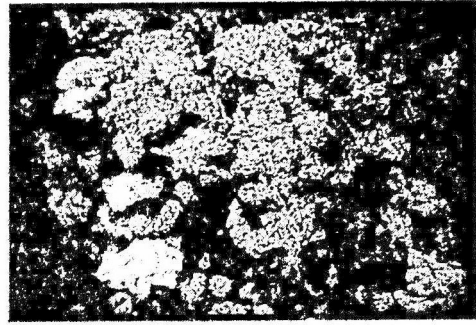


8

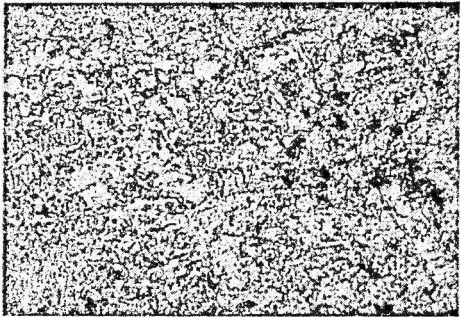
Fig. 1 – Structuri metalografice ale pieselor din fier de la Siret.



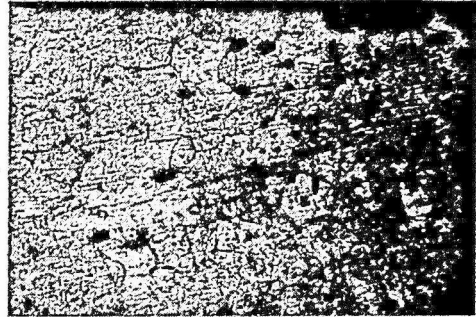
9



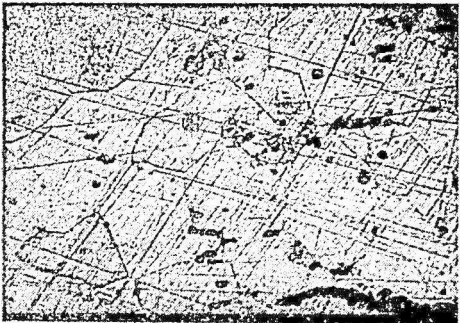
10



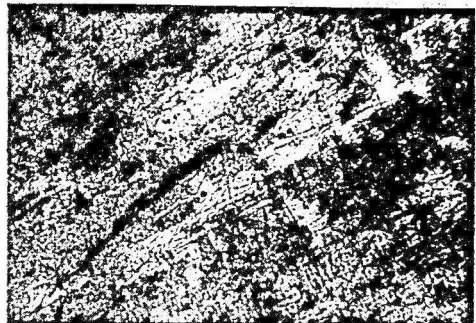
11



12



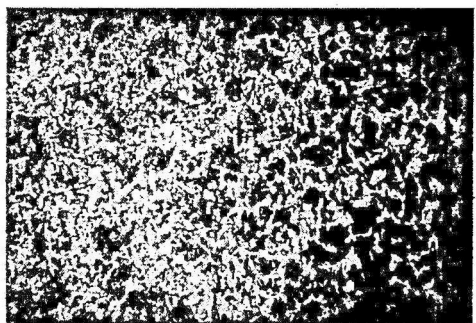
13



14

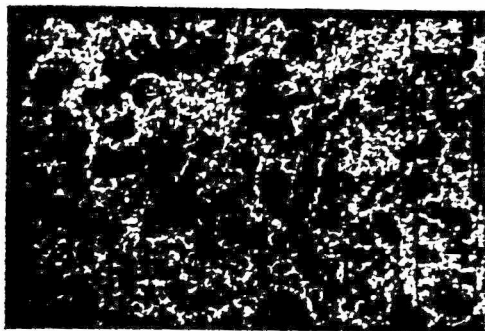


15

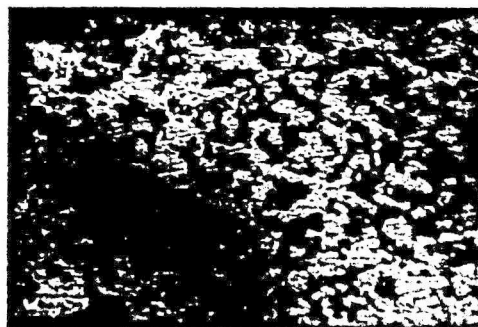


16

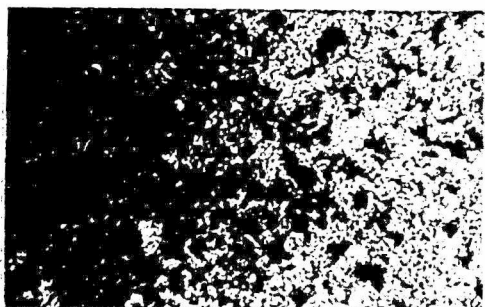
Fig. 2 – Structuri metalografice ale pieselor din fier de la Siret.



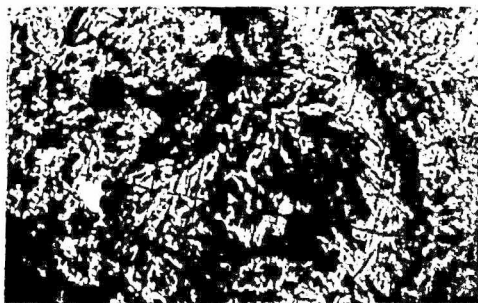
17



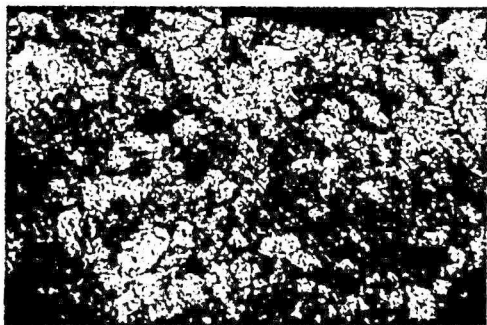
18



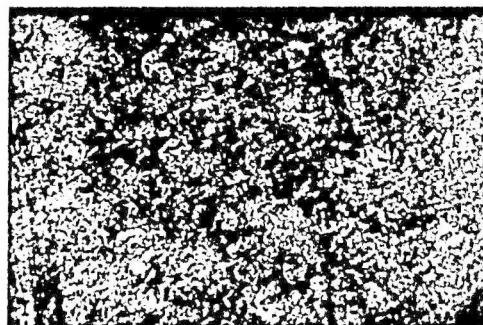
19



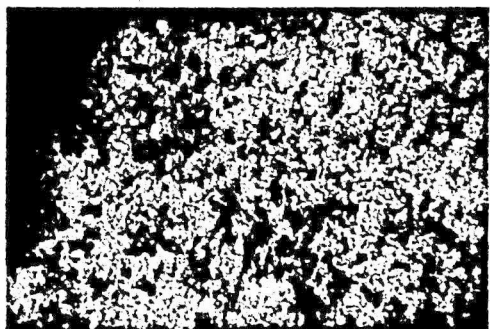
20



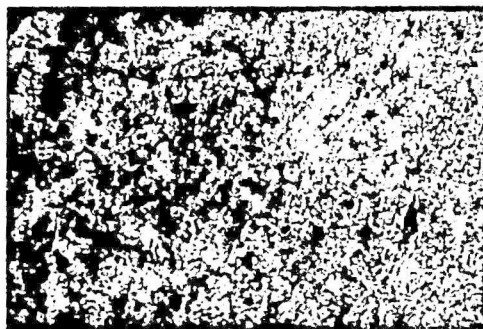
21



22



23



24

Fig. 3 – Structuri metalografice ale pieselor din fier de la Siret.



25



26



27



28

Fig. 4 – Structuri metalografice ale pieselor din fier de la Siret.

Obiectele au fost analizate microscopic și s-au ales pentru studiul metalografic un număr de 15, în special cuțite, care ar putea prezenta unele tratamente.

Pe probele neatacate se remarcă prezența oxizilor și silicaților (foto 1–5), neuniform distribuiți, de mărimi diferite, de la 1b la 3b, corespunzător STAS-ului 5998/58 (foto 2, 4, 5).

De asemenea, se observă incluziuni de oxizi mari, în formă de insule (foto 1, 2), unele colțuroase (foto 3) cu înglobări de silicați (foto 1, 2, 3) de forme neregulate, de punctaj 1b și 2b pentru oxizi și 1a, 1b și 3b pentru silicați.

Forma alungită a incluziunilor denotă că materialul a fost supus prelucrării prin forjare. Astfel, în foto 2, 4 apar oxizi alunghiți pe direcția de deformare. Incluziunile datorate coroziunii prezintă orientări diferite de direcțiile de deformare plastică.

Analiza structurală efectuată pe probele atacate (tabel 1) evidențiază neuniformități ale distribuției constituenților metalografici (perlita), datorită neuniformității distribuției carbonului.

Cu excepția pieselor nr. 22 și 25 (foto 12, 13), restul inventarului de piese Siret - 94 sunt obținute dintr-un oțel cu peste 0,2–0,3% C.

Structura ferito-perlitică, relativ omogenă la majoritatea pieselor, are o granulație mică, 5–6 pe scara AMSLER, la piesele nr. 17, 18, 19, 29 (foto 7, 8, 9, 20) și fină, 7–8 pe scara AMSLER pentru piesele nr. 21, 22, 27, 28, 31, 34, 35 (foto 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

Se disting neuniformități ale mărimii grăunților, datorate supraîncălzirilor, reliefate prin structură Widmanstätten (piesa 1 – foto 6).

Neuniformitățile mărimii grăunților pot fi datorate și încălzirii neuniforme (piesa 36 – foto 27, 28).

Piesele nr. 25 și 26 se disting de celelalte printr-o granulație mare, 3–4 pe scara AMSLER (foto 13, 14, 15). Structura metalografică a obiectelor, descoperite în 1994 în orașul medieval Siret, indică obținerea prin deformare plastică la cald, procedeul tehnologic fiind forjarea liberă, cu cementarea superficială a semifabricatelor sau obiectelor deja confecționate. Din inventarul arheologic analizat, piesele nr. 1, 17, 26, 27, 28, 29, 31 și 36 prezintă un mai mare procent de carbon, la care s-a efectuat fără îndoială cementarea.

La piesele nr. 27 (foto 17) și nr. 31 (foto 21, 22) călirea s-a făcut până la faza de sorbită.

Structura trostitică, datorată unei răcirii mai rapide decât celei de la normalizare, este prezentă la piesele nr. 29 (foto 20) și nr. 35 (foto 25, 26).

Piesele descoperite în anul 1994 la Siret se caracterizează printr-o prelucrare mai atentă (cuțitele, pintenii), structura ferito-perlitică relativ omogenă la majoritatea pieselor, granulație mică și prezența unor tratamente termice și termochimice.

BIBLIOGRAFIE

1. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, vol. IX, Leiden, 1964.
2. Șt. Olteanu, C. Șerban, *Meșteșugurile în Țara Românească și Moldova în evul mediu*, București, 1969.
3. N. Maghiar, Șt. Olteanu, *Din trecutul mineritului în România*, București, 1970.
4. *Încercările metalelor* (colecție STAS), Editura Tehnică, București, 1971.
5. I. Tripșa ș.a., *Din istoria metalurgiei românești*, Editura Tehnică, București, 1981.
6. Eug. Neamțu, Vasile Neamțu, Stela Cheptea, *Orașul medieval Baia în secolele XIV–XVII*, vol. II, Editura Junimea, Iași, 1984.
7. M. Geba, A. Vusatiuc, *Analiza metalografică a unor obiecte din fier descoperite în orașul medieval Siret în 1992–1993*, în *ArhMold*, XVIII, 1995, p. 263–272.

LA MÉTALLOGRAPHIE DE QUELQUES OBJETS EN FER DÉCOUVERTS À SIRET EN 1994

RÉSUMÉ

On a déterminé, par analyse métallographique, la structure d'un groupe de pièces en fer, découvertes à l'occasion des fouilles archéologiques effectuées à Siret, site des XIV^e–XVI^e siècles.

Les échantillons prélevés ont été étudiés inattaqués, pour mettre en évidence les inclusions et ensuite, après l'attaque chimique, on en a analysé la structure.

On a abouti à la conclusion que le procédé employé pour obtenir les pièces en fer était le forgeage libre, avec une utilisation intentionnelle des traitements thermiques et thermochimiques.

Les pièces de Siret - 1994, caractérisées par un usinage plus soigné, une structure relativement homogène, une granulation petite, représentent une étape plus avancée de l'usinage du fer au Moyen Âge.

LÉGENDE DES FIGURES

Fig. 1–4. Structures métallographiques des pièces en fer de Siret.