

ZDZISŁAW HENSEL

METALOZNAWCZE BADANIA PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH Z MIEJSCOWOŚCI TŁUSTE, WOJ. WARSZAWA, STAN. 1

Badania metaloznawcze obejmowały zespół składający się z 7 przedmiotów: kowadła, trzech młotków, kroju, radlicy i kleszczy (ryc. 1).

METODY BADAŃ

Badania obejmowały ilościową i jakościową spektrograficzną analizę chemiczną (wyjątek stanowi oznaczenie fosforu, które zostało wykonane metodami chemicznymi wg PN). Obserwacje metalograficzne i pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych przeprowadzono przy użyciu mikrotwardościomierza Chruszczowa.

Ilościową analizę chemiczną wykonano metodą opracowaną przez inż. L. Koziorską, specjalnie dla potrzeb badania żelaza zabytkowego¹. Fosfor oznaczono metodą fotometryczną wg PN-68. H-040 14.

Obserwacje metalograficzne przeprowadzono na mikroskopie typu Neophat przy użyciu powiększeń 100, 250 i 630 \times , trawiąc próbki 4% alkoholowym roztworem kwasu azotowego. Przy pomiarach mikrotwardości stosowano obciążenie 150 G działające w ciągu 15 s; każdy wynik jest średnim z 3 pomiarów.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej przedstawiono w tab. I, a wyniki obserwacji metalograficznych i pomiarów mikrotwardości w tab. II.

Obserwacje metalograficzne dały następujące wyniki:

Próbka nr 1 z kowadła charakteryzuje się strukturą czysto ferrytyczną. Wtrącenia żużla są typu jednofazowego.

Próbka nr 2 z młotka dwustronnie płaskiego wykazała ten sam typ struktury i rodzaj wtrąceń żużla, jak w poprzedniej próbce.

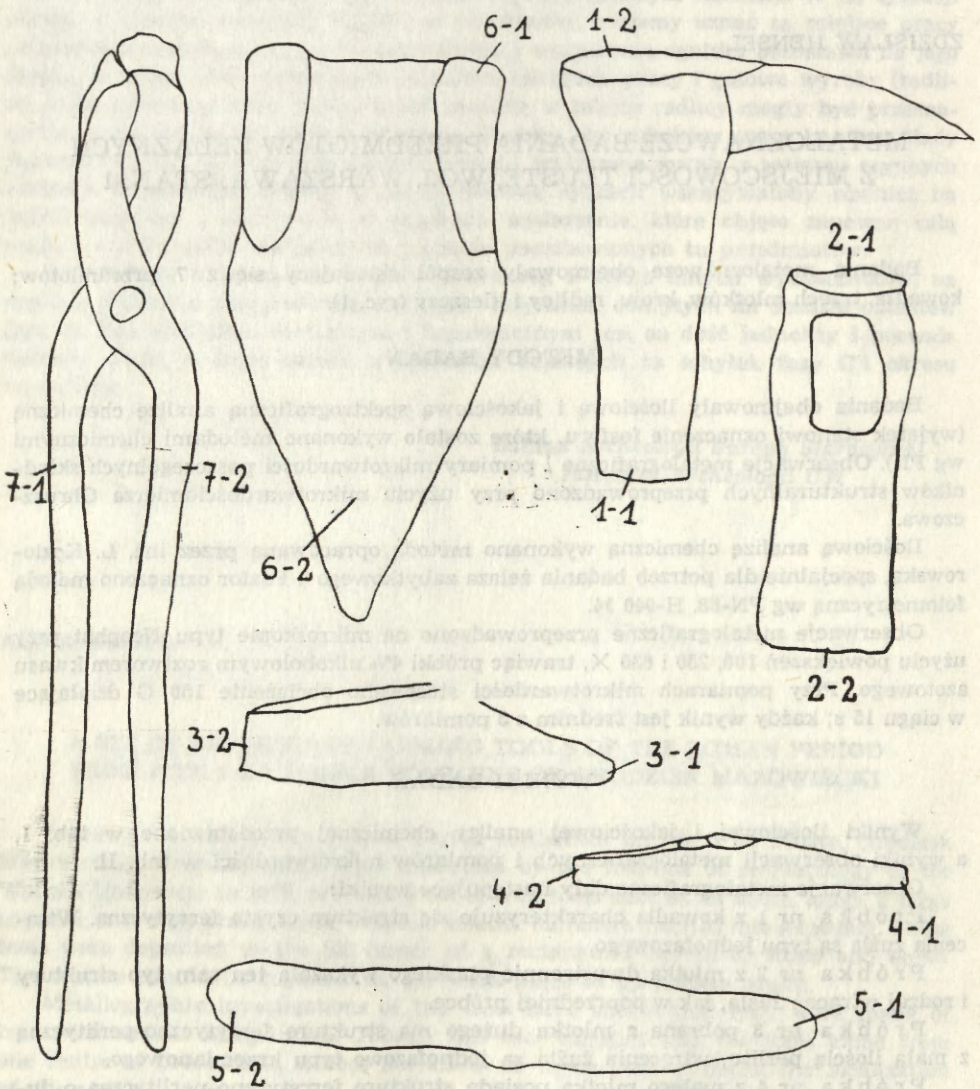
Próbka nr 3 pobrana z młotka dużego ma strukturę ferrytyczno-perlityczną z małą ilością perlitu, wtrącenia żużla są jednofazowe typu krzemianowego.

Próbka nr 4 z małego młotka posiada strukturę ferrytyczno-perlityczną o dużej rozpiętości zawartości węgla i w związku z tym budowa strukturalna zmienia się od ferrytycznej do ferrytyczno-perlitycznej.

¹ L. Koziorska, *Oznaczenie składu chemicznego przedmiotów zabytkowych z żelaza metodą spektrograficzną*, „Chemia Analityczna”, t. 22: 1977, z. 2, s. 567-570.

W próbkę nr 5, pobranej z kroju, zaobserwowano występowanie pojedynczych wtrąceń niemetalicznych wielofazowych typu krzemianowego. Struktura natomiast jest typu ferrytycznego, jedynie zmniejszeniu, w porównaniu z przedmiotami nr 1 i 2, uległa wielkość ziarna ferrytu.

Radlica, z której pobrano próbkę nr 6, wykonana została z żelaza ferrytycznego o zmiennej wielkości ziarna, wtrącenia niemetaliczne są w większości jednofazowe, krzemianowe.



Ryc. 1. Tłuste, woj. Warszawa. Zespół przedmiotów żelaznych

Cyframi oznaczono miejsca pobrania próbek

Set of iron objects

Figures denote points from which samples were taken

Z kleszczy pobrano osobno próbki z uchwytu lewego (1) i prawego (2). W uchwycie lewym występuje obok ferrytu niewielka ilość perlitu. W tej części występuje również mała ilość wtrąceń niemetalicznych typu krzemianowego (jednofazowe). Natomiast w uchwycie prawym spotyka się dość liczne wtrącenia typu krzemianowego (w większości jednofazowego), struktura jest typu ferrytycznego o znacznym zróżnicowaniu ziarna.

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Jak wykazały badania, wszystkie omawiane przedmioty reprezentują podobny typ metalu: żelazo dymarskie o niskiej zawartości fosforu (może 0,15%) i strukturze ferrytycznej lub ferrytyczno-perlitycznej powstałej w wyniku nawęglania pierwotnego. Jest więc to metal, który nie podlegał żadnym dodatkowym zabiegom mającym na celu podniesienie jego wskaźników mechanicznych.

Różnica pod względem zawartości miedzi, jaka występuje w próbkach pobranych z radlicy i młotka obustronnie płaskiego, może być przypadkowa.

Z tego samego okresu co omawiane wyżej przedmioty pochodzi radlica z Nowej Huty-Wyciąża, tj. z okresu wpływów rzymskich (II-IV w. n.e). Wykonana została z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęglaniu².

Z podobnego typu metalu zostały wykonane we wczesnym średniowieczu radlice na terenach Rusi³.

Zestawienie wyników analizy chemicznej wszystkich omawianych przedmiotów wskazuje na typ metalu odbiegającego składem od metalu świętokrzyskiego, szczególnie pod względem zawartości krzemu i miedzi. Zawartość krzemu w wyrobach świętokrzyskich nie przekracza zazwyczaj paru setnych procentu, natomiast miedzi występują tylko ślady. Podobnie przedstawia się wielkość domieszki niklu, którego zawartość sięga kilku setnych procent⁴.

Przedmioty z miejscowości Tłuste, woj. warszawskie, mają odpowiednio: krzemu do 0,33% i niklu do 0,16%, miedzi do 0,40%. Jednocześnie należy wykluczyć możliwość wykonania wymienionych na wstępie przedmiotów z miejscowych rud, jak również z rud darniowych występujących w pobliskim Milanówku. Zanalizowane próbki żużli z miejscowości Tłuste mają następujący skład chemiczny: Fe_{cat} — 15%, CaO — 24%, SiO₂ — 20%, Al₂O₃ — 1,2%, P₂O₅ — 12%, MnO — 1,0%, MgO — 0,5%, TiO₂ — 0,25%, Cu — ślady. Bardzo wysoka zawartość fosforu oraz śladowa zawartość miedzi wyklucza możliwość wykonania omawianych przedmiotów w miejscowym ośrodku produkcyjnym. Również zanalizowane do tej pory rudy i żużle z rejonu Milanówka cechuje bardzo mała zawartość miedzi (max 0,02%) przy jednocześnie dużej zawartości fosforu w rudzie do 3,8% i żużlu do 7,4%.

Natomiast pod względem technologicznym omawiane przedmioty zbliżone są do wyrobów świętokrzyskich, szczególnie ze względu na nierównomierne nawęglanie pierwotne.

Ustalenie proveniencji zespołu przedmiotów żelaznych z Tłustego jest w tej chwili niemożliwe. Nie można ich łączyć ani z wyrobami z żelaza niskofosforowego

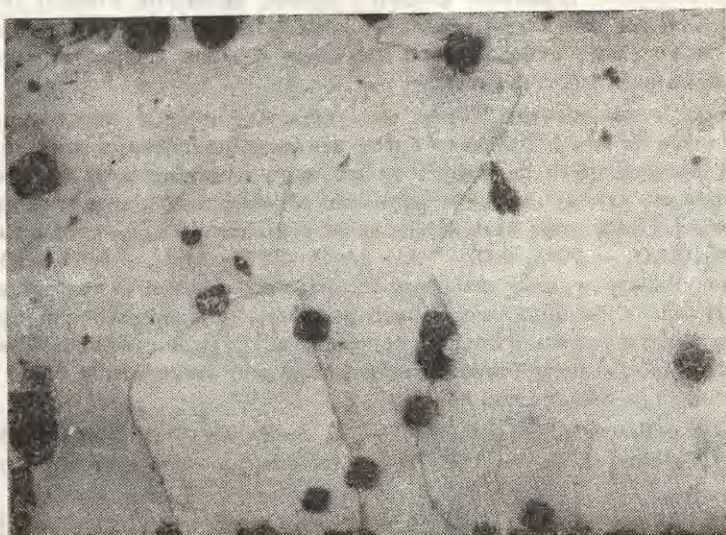
² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąża, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*, Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa, t. 2: 1958, s. 20.

³ B. A. Kolčín, *Čornaja metallurgija i metalloobrabotka v drevnej Rusi*, MIA, t. 32: 1953, s. 86.

⁴ Porównaniu należałoby poddać wszystkie metody stosowane do badania wyrobów z żelaza ze względu na możliwość występowania rozbieżności spowodowanych cechami indywidualnymi poszczególnych metod. Por. Kozirowska, op. cit., s. 596.



a



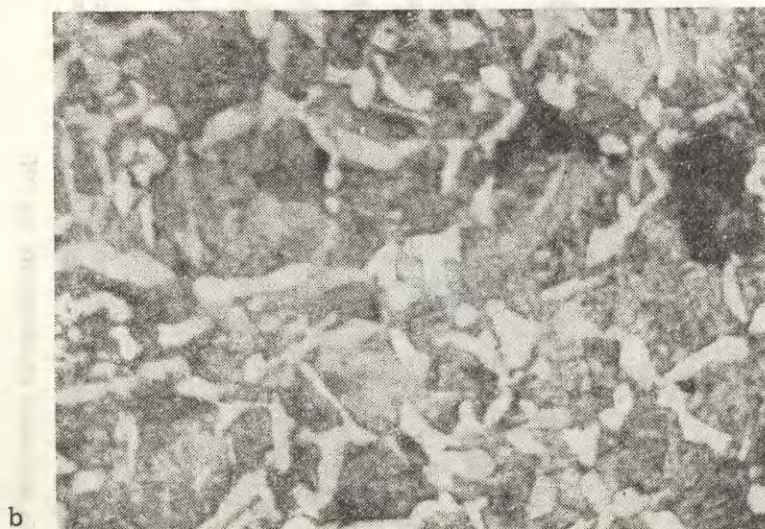
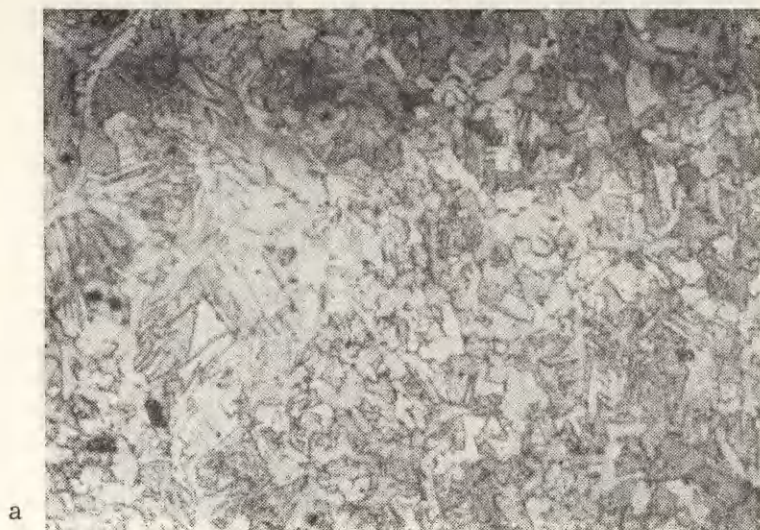
b

Ryc. 2. Tłuste, woj. Warszawa. Kowadło:

a — próbka 1/1; b — próbka 1/2, struktury traw. nitałem, pow. 100x

Anvil:

a — sample 1/1; b — sample 1/2, nital etched structures, X 100



Ryc. 3. Tłuste, woj. Warszawa:

a — młotek dwustronnie płaski, struktura traw. nitałem, pow. 100x;
b — młotek duży, struktura traw. nitałem, pow. 100x

a — hammer flat on both sides, nital etched structure, X 100; b — large
hammer, nital etched structure, X 100

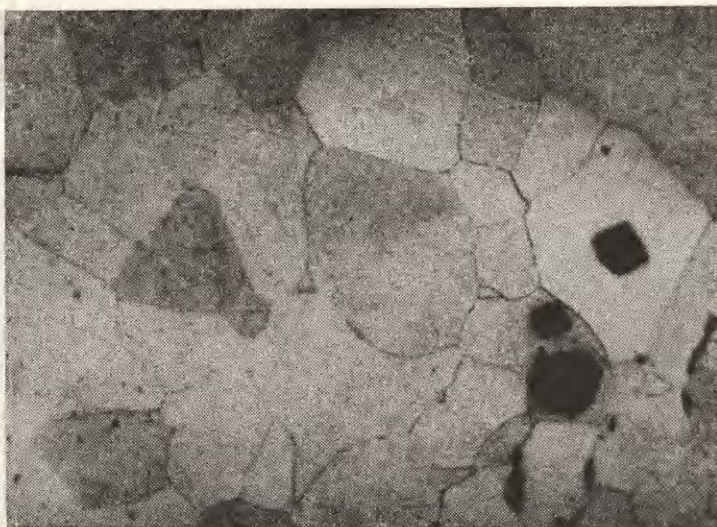
Tabela 1. Ilościowa i jakościowa analiza składu chemicznego przedmiotów z żelaza z miejscowości Tłuste, woj. Warszawa, stan. I

Lp.	Nr CL	Nazwa zabytku	Wyniki analizy ilościowej w %							Wyniki analizy jakościowej			
			Si	Mn	Ni	Al	Cu	Cr	P *	As	Mg	Zn	Poza tym nie stwierdzono obecności na poziomie 10 ⁻³⁰ %
1	1 Fe	kowadło	0,33	0,032	0,085	0,052	0,01	brak	0,065			+	Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
2	2 Fe	młotek dwustronnie płaski	0,085	brak	0,042	0,027	0,11	brak	0,028			+	Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
3	3 Fe	młotek duży	0,035	brak	0,058	0,022	0,034	brak	nie ozn.				Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
4	4 Fe	młotek mały	0,19	brak	0,064	0,060	0,033	brak	0,050				Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
5	5 Fe	krój	0,01	brak	0,16	0,024	ok.	brak	0,063				Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
6	6 Fe	część radła	0,078	brak	0,078	0,060	0,40	brak	0,053			+	Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
7	7Fe/1	kleszcze — uchwyt lewy	0,17	brak	0,10	0,030	0,008	brak	0,055				Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba
8	7Fe/2	kleszcze — uchwyt prawy	0,26	brak	0,11	0,047	0,015	brak	0,15				Ca, Bi, V, Pb, Sn, Ti, Co, Au, Ag, Cd, Sb, Ba

Wszystkie oznaczenia poza fosforem wykonano metodą spektrograficzną na spektrografie kwarcowym średniej dyspersji ISP-28. Materiał do analizy pobierano z przedmiotu i w postaci pastylki wzbudzano w łuku prądu zmiennego o natężeniu 10 A.

Analizę wykonała inż. L. Koziorowska

* Oznaczenie wykonano metodami chemicznymi wg PN.



a



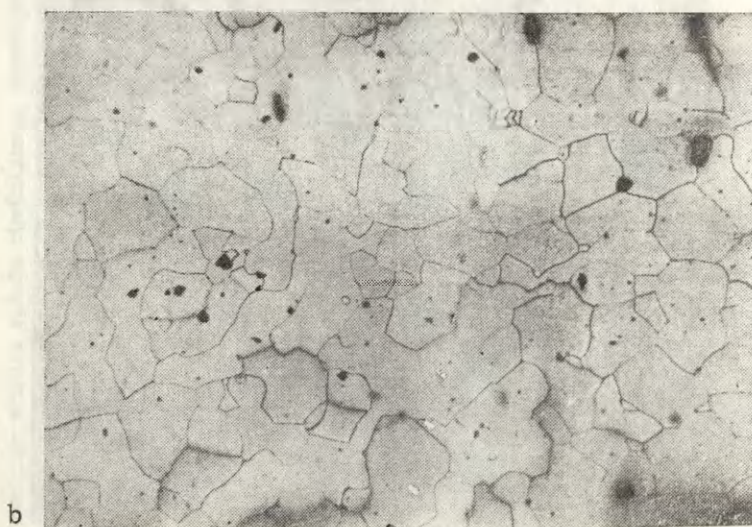
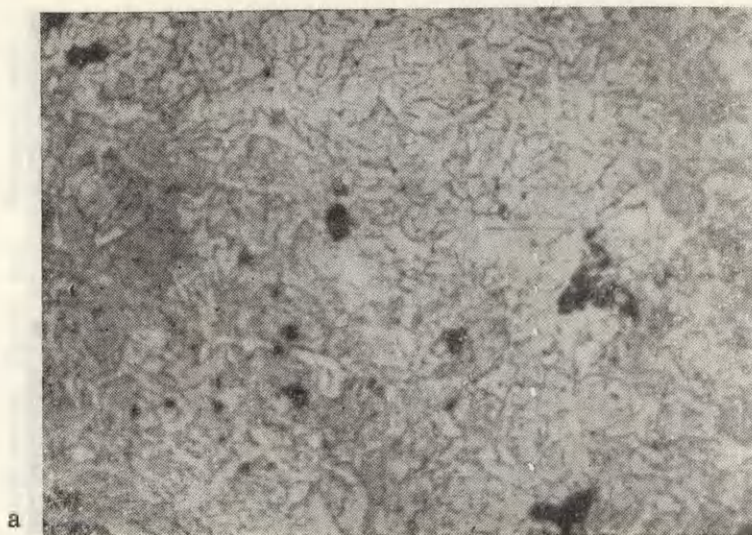
b

Ryc. 4. Tłuste, woj. Warszawa. Młotek mały:

a — próbka 4/1, pow. 100x; b — próbka 4/2, pow. 250x, struktury traw. nitałem

Small hammer:

a — sample 4/1, X 100; b — sample 4/2, X 250, nital etched structures

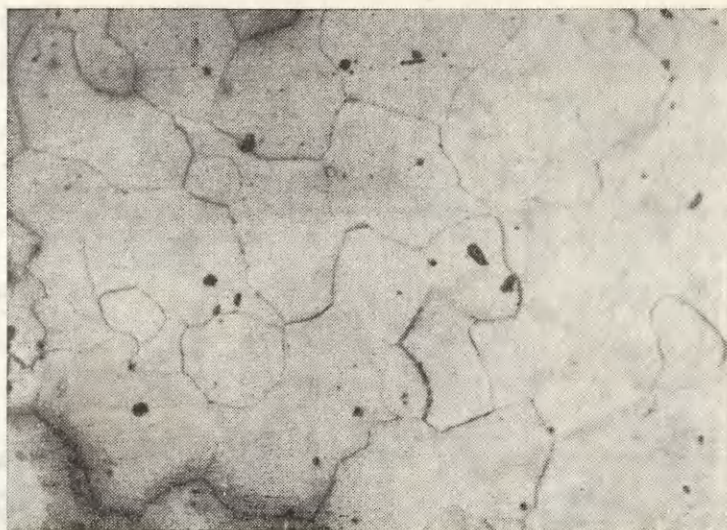


Ryc. 5. Tłuste, woj. Warszawa. Krój:

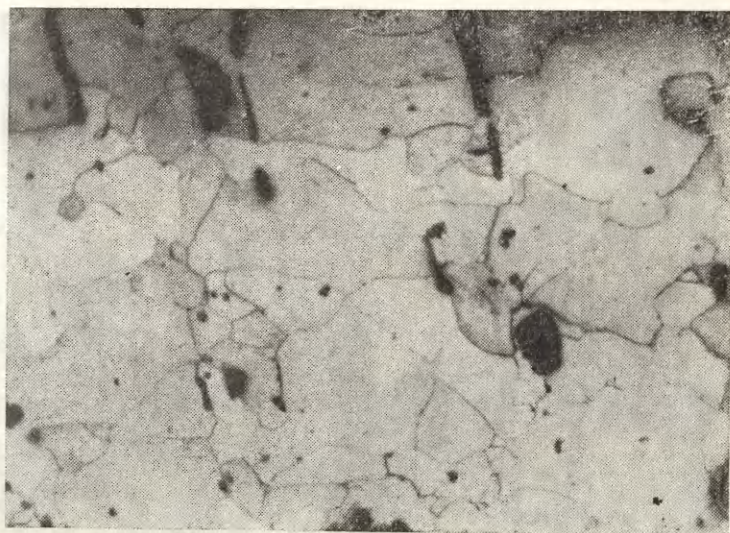
a — próbka 5/1; b — próbka — 5/2 struktury traw. nitaliem, pow. 100x

Coulter:

a — sample 5/1; b — sample 5/2, nital etched structures, X 100



a



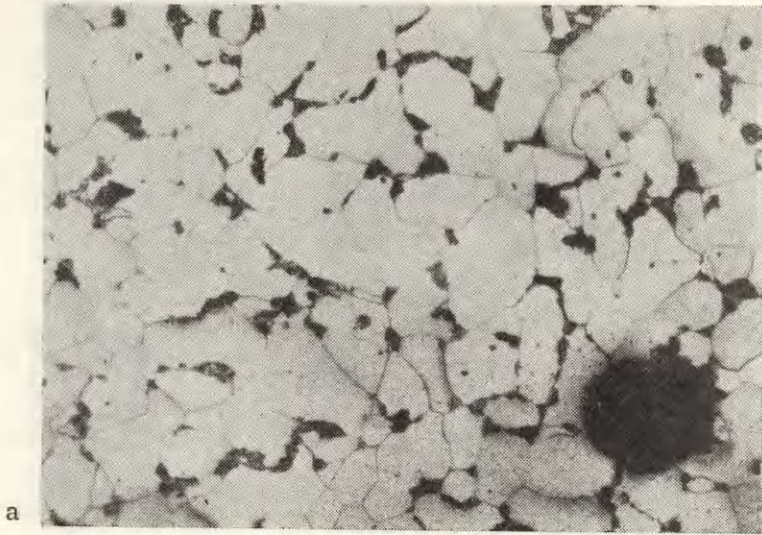
b

Ryc. 6. Tłuste, woj. Warszawa. Część radła:

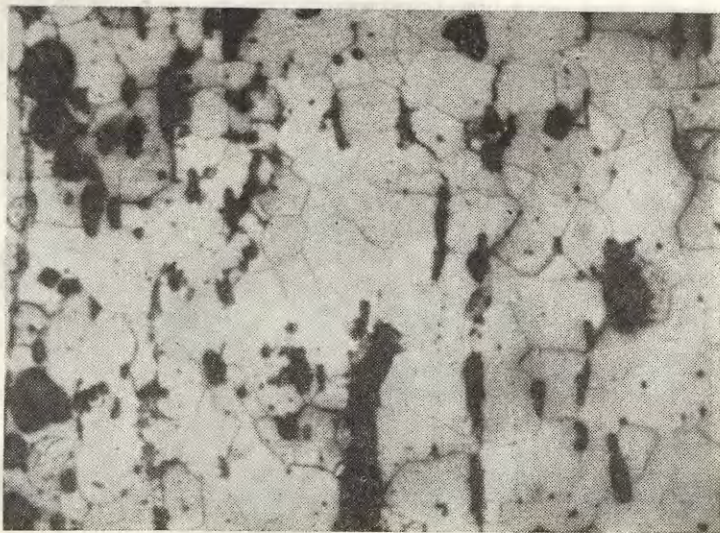
a — próbka 6/1, b — próbka 6/2, struktury traw. nitałem, pow. 100x

Part of a share:

a — sample 6/1; b — sample 6/2, nital etched structures, X 100



a



b

Ryc. 7. Tluste, woj. Warszawa. Kleszcze:

a — uchwyt lewy; *b* — uchwyt prawy, struktury traw. nitałem, pow. 100x

Tongs:

a — left handle; *b* — right handle, nital etched structures, X 100

Tabela 2. Wyniki pomiarów mikrotwardości przedmiotów żelaznych z miejscowości Tłuste, woj. Warszawa, stan. 1

Lp.	Nazwa przedmiotu	Struktura	Mikrotwardość w KG/mm ² przy obciążeniu 150 G
1	kowadło	ferryt	144
2	młotek dwustronnie płaski	ferryt	174
3	młotek duży	ferryt	137
		perlit	203
4	młotek mały	ferryt	116
5	krój	ferryt	131
6	część radła	ferryt	99
7	kleszcze — uchwyt lewy	ferryt	121
8	kleszcze — uchwyt prawy	ferryt	126

o tzw. cechach świętokrzyskich, ani z niskofosforowym żelazem z obszaru kultury oksywskiej i kręgu nadłabskiego. Dodatkowym utrudnieniem w ustaleniu miejsca produkcji omawianych przedmiotów jest także brak analiz wyrobów żelaznych z rejonów południowych Europy.

*Institut Historii Kultury Materialnej PAN
w Warszawie*

ZDZISŁAW HENSEL

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF IRON OBJECTS FROM TŁUSTE, PROVINCE OF WARSAW, SITE 1

A set of 7 objects submitted to metallographic investigations included an anvil, 3 hammers, a coultter, part of a share and tongs, found at Tłuste, province of Warsaw. The set is dated to the 1st-2nd centuries AD.

In the investigations the metallographic observations and microhardness measurements of particular structural components were made. Quantitative and qualitative spectrographical chemical analysis was also carried out (with the exception of phosphorus which was determined by chemical methods).

All objects examined represent a similar type of metal, i.e. smelting iron with low phosphorus content (up to 0.15%) and with a ferritic or ferritic-perlitic structure caused by primary carbonization. No operations which would change its mechanic indices were attested.

The analysis of the chemical composition did not provide any indications as to the place of the production of the tools. They were made of metal differing from that produced in the Świętokrzyskie Mountains in the content of silicon and copper, though in technology they are similar to Świętokrzyskie products. The local origin of the tools had to be excluded on account of high phosphorus content in the slag samples from Tłuste (up to 12%).

Shares similar that from Tłuste were found in Old Russia and in Kraków-Nowa Huta.

Table 1. Results of metallographic analysis of metal samples.

Sample No.	Material	Grain Size (μm)	Phase	Notes
1	Aluminum	10-15	Al	
2	Aluminum	15-20	Al	
3	Aluminum	20-25	Al	
4	Aluminum	25-30	Al	
5	Aluminum	30-35	Al	
6	Aluminum	35-40	Al	
7	Aluminum	40-45	Al	
8	Aluminum	45-50	Al	
9	Aluminum	50-55	Al	
10	Aluminum	55-60	Al	

The results of metallographic analysis of metal samples are presented in Table 1. The grain size of the metal samples increases from 10 to 60 μm. The phase of the metal samples is Al.

Institute of Metallurgy, Wrocław
Wrocław

ZDZIAŁANIE

METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF METALS

A set of metallographic analysis of metal samples is presented in Table 1. The grain size of the metal samples increases from 10 to 60 μm. The phase of the metal samples is Al.

In the metallographic analysis of metal samples, the grain size of the metal samples increases from 10 to 60 μm. The phase of the metal samples is Al.

All other metallographic analysis of metal samples is presented in Table 1. The grain size of the metal samples increases from 10 to 60 μm. The phase of the metal samples is Al.

The analysis of the chemical composition of metal samples is not provided any indications as to the place of the production of the metal. The results of the analysis of the chemical composition of metal samples are presented in Table 1. The grain size of the metal samples increases from 10 to 60 μm. The phase of the metal samples is Al.

Spores smaller than 10 μm were found in 100% of samples and in Kraków.