

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA MATERIAŁÓW ŻELAZNYCH Z WCZESNOŚREDNIOWIECZNEGO GRODZISKA W SZCZAWORYŻU, POW. BUSKO

Technologia żelaza na ziemiach Polski w starszej fazie wczesnego średniowiecza jest zagadnieniem niezwykle ważnym, jednak ilość zbadanych materiałów jest jeszcze bardzo ograniczona. Dlatego poważne znaczenie miały badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych i żużli ze Szczaworyża, pow. Busko, datowanych od VII do XI w., pochodzących z badań Zakładu Archeologii Małopolski Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN w Krakowie pod kierunkiem dr Elżbiety Dąbrowskiej. Autor składa podziękowanie dr E. Dąbrowskiej oraz kierownikowi Zakładu doc. dr. Janowi Machnikowi za udostępnienie materiałów do badań.

ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW

Do badań przeznaczono 13 przedmiotów żelaznych z grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko, a mianowicie trzy z często występujących w tym stanowisku małych grotów strzał, dwa fragmenty (ostrze i obuch) 2 siekierki lub raczej jednej siekierki, trzy okucia i pięć ułamków, w tym jeden pochodzący prawdopodobnie z jakiegoś narzędzia tnącego. Wszystkie przedmioty były uprzednio konserwowane.

Ponadto przeprowadzono badania pięciu ułamków żużla żelaznego.

Wśród zbadanych materiałów znajdowały się okazy z obiektów nr 13 i 15 z I fazy funkcjonowania grodu (VII — poł. IX w.) i z obiektu nr 14 z II fazy grodu (koniec IX — 1 poł. XI w.) — wg ustaleń chronologicznych E. Dąbrowskiej¹.

Rodzaj i stan zachowania badanych przedmiotów żelaznych był szczególnie niekorzystny, dysponowano jedynie bardzo niewielkimi uławkami o ciężarze najczęściej nie przekraczającym 7 g, co ograniczało wielkość próbki i ilość analiz. Poza jednym fragmentem ostrza siekierki i — być może — jednym uławkami nieokreślonego przeznaczenia nie dysponowano żadnymi narzędziami, których wykonanie wymagałoby zastosowania specjalnych procesów technologicznych, jak nawęglanie (wtórne) lub zgrzewanie żelaza i stali. Stąd wyniki badań nie mogą w pełni reprezentować poziomu techniki żelaza na grodzisku w Szczaworyżu w starszej fazie wczesnego średniowiecza.

Natomiast na podstawie kształtu zbadanych przedmiotów żelaznych ze Szczaworyża można przypuszczać, że przynajmniej ich część była półfabrykatami lub ułam-

¹ E. Dąbrowska, *Sprawozdanie z badań wykopaliskowych na wczesnośredniowiecznym grodzisku w Szczaworyżu, pow. Busko, w latach 1965—1966 (rejon: gród właściwy)*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 20: 1968, s. 277.

Tabela 1. Lokalizacja i wyniki ilościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych z grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko

Lp.	Nazwa przedmiotu	Lokalizacja	Głębokość cm	Nr inw.	Nr metr.	Ciężar g	Zawartość (%)	
							P	Ni
1	Grot strzały nr 1	ar 0171, ćw. A, obiekt 13	21	86/65	20	3,6		
2	Grot strzały nr 2	jw.	jw.			2,3	0,44	
3	Grot strzały nr 3	ar 0171, ćw. B, obiekt 15, część NW	60—80	57/65	152	6,0	0,31	
4	Fragment nr 1	ar 0171, ćw. D, obiekt 14, część NW	40—60	34/05	81	4,4	0,192	0,078
5	Fragment nr 2	ar 0171, ćw. D, obiekt 14, część NW	60—80	36/65	88	14,2	0,62	0,025
6	Siekierka (ostrze)	ar 0172, ćw. A, obiekt 15 (?)	100—120	18 ^b /65	237	70,0	0,56	0,03
7	Siekierka (obuch)	jw.	jw.	18 ^c /65	238	23,7	0,70	0,05
8	Fragment nr 3	jw.	jw.	18 ^{Ab} /65	252	17,8	0,39	0,046
9	Okucie nr 1	jw.	jw.	18 ^{Ac} /65	252	6,1	0,30	0,046
10	Okucie nr 2	ar 0172, ćw. A/C, ponad obiektami 14 i 15	20—40	41/65	105	4,9	0,170	0,054
11	Fragment nr 4	ar 0172, ćw. A/C, obiekt 15	40	45/65	116	5,3	0,40	0,03
12	Okucie nr 3	jw.	70—90	54 ^b /65		6,7	0,85	ślady
13	Fragment nr 5	jw. (palenisko 2)	60	58/65	156	11,2	0,56	

kami miejscowej produkcji, stąd badania pozwalały określić w ogólnym zarysie rodzaj i jakość produkowanego metalu. Identyfikację wyrobów miejscowych ułatwiła analiza chemiczna żuźla żelaznego znalezionej na grodzisku w Szczaworyżu i świadcząca o miejscowej produkcji hutniczej w starszej fazie wczesnego średniowiecza.

METODY BADAŃ

Metody opisanych badań i sposób zestawiania wyników były identyczne, jak w innych podobnych pracach autora³. Obejmowały ilościową i jakościową spektrograficzną analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna, pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych przeprowadzone przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemanna oraz badania twardości metalu.

Tabela 2. Wyniki jakościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych z grodziska w Szczaworyżu

Lp.	Nazwa przedmiotu	Analiza jakościowa *												
		Ag	As	Ba	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn
1	Grot strzały nr 1			o		+		+				o		+
2	Grot strzały nr 2			o?		+		+				o?		+
3	Grot strzały nr 3					+		+				o		+
4	Fragment nr 1			o		+		+				o?		o?
5	Fragment nr 2		o	+		+		o				o?		+
6	Siekierka (ostrze)		o	o		o		+				o?		
7	Siekierka (obuch)		o	+		+		o	o			o?		+
8	Fragment nr 3			o		+		+						
9	Okucie nr 1		o	o		o		o				o?		
10	Okucie nr 2			+		+		+				o?		+
11	Fragment nr 4		o	o?		+		+				o		+
12	Okucie nr 3			+		o		o	o			o		+
13	Fragment nr 5			o?		o		o				o?		+

* Ponadto Fe, C, Si, Mn, P, S oraz Al, Ca, Mg obecne we wszystkich próbkach.

³ Por. J. P i a s k o w s k i, *Metody metaloznawcze w badaniach zabytków archeologicznych*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 3: 1957, s. 284.

Tabela 3. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości przedmiotów żelaznych z grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikro-twardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	Grot strzały nr 1	perlit	6	243	
		feryt	x	196	
2	Grot strzały nr 2	feryt	6	179	
		perlit **	8	267	
3	Grot strzały nr 3	feryt	6	154	123,2
4	Fragment nr 1	sorbit	7	303	} 215— —281
		feryt	7	166	
5	Fragment nr 2	feryt	4	216	193
6	Siekierka (ostrze)	feryt	1	219	} 147,1
		feryt	8	178	
7	Siekierka (obuch)	feryt	1	235	221
8	Fragment nr 3	feryt	4	222	} 160
		perlit	6		
9	Okucie nr 1	feryt	4	239	202
		feryt	7	199	
10	Okucie nr 2	feryt	6	184	
11	Fragment nr 4	feryt	5	196	} 160
		perlit	*		
12	Okucie nr 3	feryt	4	196	228
13	Fragment nr 5	feryt	6	216	
		perlit **		255	

* Na granicach ziaren.

** Sorbityczny.

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi stosowanymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu oznaczano bądź metodą miareczkową (jeśli można było przewidzieć, że ilość tej domieszki była wysoka), bądź metodą fotometryczną, gdy zawartość fosforu była niska; jeśli badania metalograficzne i pomiary mikrotwardości ferytu nie pozwalały na wyraźną ocenę zawartości fosforu, posługiwano się metodą wagową. Metodę fotometryczną stosowano przy oznaczeniach zawartości niklu. Zawartość węgla oceniano w przybliżeniu na podstawie

obserwacji metalograficznych. W niektórych przypadkach stosowano jedną lub nawet dwie analizy sprawdzające, dla dokładniejszego określenia zawartości szczególnie istotnych domieszek (np. fosforu).

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzano przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy dwoma próbkami tego samego materiału. Podając wynik analizy jakościowej (tab. 2) pominięto zawartość podstawowych składników i domieszek Fe, C, Si, Mn, P i S oraz Al, Ca, Mg, które występowały we wszystkich próbkach. Znak „+” określa wyraźnie stwierdzoną obecność domieszki, natomiast znak „o” świadczy o obecności jedynie ostatnich, najtrwalszych linii widma danego pierwiastka.

Obserwacje metalograficzne prowadzono przy powiększeniach 100 i 500 \times , trawiąc próbki $4\frac{1}{2}\%$ roztworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Wielkość ziarna określono zgodnie z normą PN-56/H-04507. Pomiar mikrotwardości składników strukturalnych metalu przeprowadzono za pomocą mikrotwardościomierza Hanemanna, stosując obciążenie 50 gramów w ciągu 15 sek.; każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów. Twardość metalu określano sposobem Vickersa (polska norma PN/H-04360) przy obciążeniu 10 kG, trwającym 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 2—4 pomiarów

WYNIKI BADAŃ

Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko, wraz z ilościową analizą chemiczną podano w tabeli 1, wyniki jakościowej analizy spektrograficznej — w tabeli 2, a wyniki metalograficznych pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i badań twardości metalu — w tabeli 3.

Zbadane przedmioty żelazne przedstawiono na ryc. 1, podając miejsca wycięcia próbki, zaś na ryc. 2 — ich technologię (tj. w tym przypadku stopień nawęglenia metalu oznaczony w umowny sposób).

Technologia wykonania grotu strzały nr 1 (nr inw. 86/65) była trudna do określenia. Struktura metalu była perlityczno-ferrytyczna, świadcząca o nierównomiernym nawęgleniu, zmieniającym się od 0,2 do 0,6% C (ryc. 3 a). Możliwe, że grot wykuty był z żelaza, a następnie nawęglony w celu utwardzenia; wydaje się jednak, że metal wykazał nierównomierne nawęglenie pierwotne. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A według klasyfikacji autora³) występowały liczne wtrącenia o bardziej złożonej strukturze (ryc. 3 b), m. in. zawierające nieregularne wydzielienia ciemnopopielatej fazy na ciemnym tle (typ D 22).

Grot strzały nr 2 wykuto z żelaza, struktura metalu była ferrytyczna ze śladami perlitu (ryc. 3 c). Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), niekiedy obserwowano w nich jak gdyby punkty lub liczne zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy (typ D 2) — ryc. 3 d.

Struktura ferrytyczna dała się zaobserwować w grocie strzały nr 3 (ryc. 3 e). W metalu występowały wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A)

³ J. Piaskowski, *Klasyfikacja struktury wtrąceń żużla i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, R. 17: 1969 z. 1, s. 61; tenże, *Dalsze badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach polskich w okresie halszackim i wczesnolateńskim*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, R. 11: 1963 z. 1, s. 8.

Tabela 4. Wyniki analizy chemicznej próbek żużla ze Szczaworyża, pow. Busko

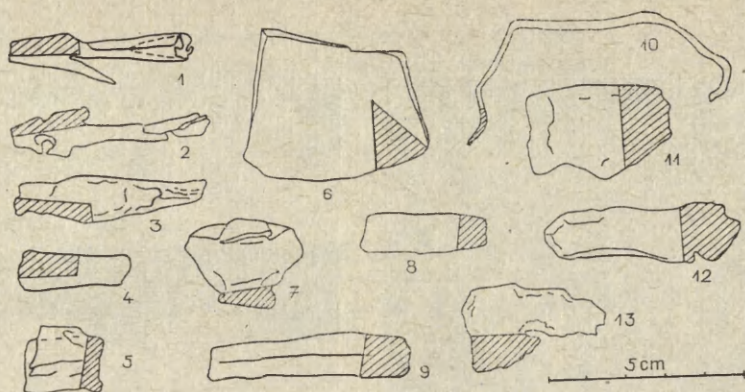
Lp.	Lokalizacja	Ciężar próbki									
			Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
1	Ar 0171, ćw. B, gł. 60—80 cm obiekt 15 (nr inw. 57/65)	87,2	45,92	46,4	13,9	19,70	11,75	0,53	0,13	0,78	3,65
2	Ar 0172, ćw. S, gł. 60—80 cm obiekt 22 (B) (nr inw. 57 g/66)	126,2	30,68	30,0	10,4	33,50	12,04	0,57	0,19	1,58	3,48
3	Ar 0172 ćw. A, gł. 100—120 cm, obiekt 15 (?) nr inw. 18h/66	137,4	47,22	41,6	21,1	16,47	7,77	0,53	0,09	1,41	2,48
4	Ar 0172, ćw. A/C, gł. 60—80 cm, obiekt 15, cz. S, palenisko 2 (nr inw. 59/65)	62,5	41,97	41,6	13,6	23,06	14,93	0,80	0,15	0,89	3,34
5	iw.	75,0	50,05	54,2	11,1	15,12	9,52	0,46	0,14	1,10	2,59

* Obliczono na podstawie zawartości FeO i Fe₂O₃.

oraz nieliczne wtrącenia z nieregularnymi wydzieleniami ciemnopopielatej fazy na ciemnym tle (typ D 22).

Fragment nr 1 (nr inw. 34/65) wykazał strukturę stali o niezbyt równomiernym nawęgleniu (od około 0,2 do 0,8⁰/₁₀₀C), składającą się z perlitu sorbitycznego i ferrytu (ryc. 3 f; 4 a). Wtrącenia żużła posiadały na ogół jednolite czarne zabarwienie (typ A), niekiedy widoczne były w nich jasne punkty oraz bardziej złożone struktury (typ B lub D 22).

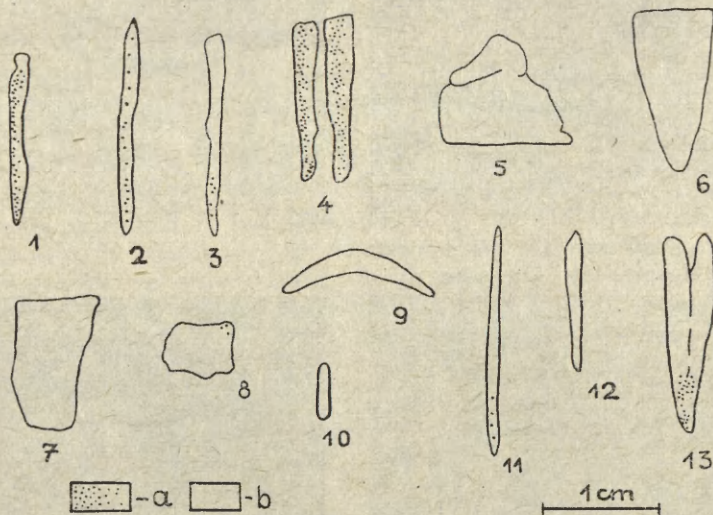
We fragmencie nr 2 (nr inw. 36/65) obserwowano gruboziarnistą strukturę ferrytyczną (ryc. 4 b). Wtrącenia żużła posiadały jednolite zabarwienie (typ A), niekiedy widoczne były w nich jasne punkty lub nieregularne wydzielenia popielatej fazy na ciemnym tle (typ D 22 — ryc. 4 c).



Ryc. 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznego grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko (zaszraflowano próbki wzięte do badań): 1 — grot strzały nr 1; 2 — grot strzały nr 2; 3 — grot strzały nr 3; 4 — fragment nr 1; 5 — fragment nr 2; 6 — siekierka (ostrze); 7 — siekierka (obuch); 8 — fragment nr 3; 9 — okucie nr 1; 10 — okucie nr 2; 11 — fragment nr 4; 12 — okucie nr 3; 13 — fragment nr 5

Iron objects from the early medieval earthwork at Szczaworyż, district of Busko, submitted to investigations (places from which samples were taken are hatched):

1 — arrowhead no. 1; 2 — arrowhead no. 2; 3 — arrowhead no. 3; 4 — fragment no. 1; 5 — fragment no. 2; 6 — axe (blade); 7 — axe (butt); 8 — fragment no. 3; 9 — mounting no. 1; 10 — mounting no. 2; 11 — fragment no. 4; 12 — mounting no. 3; 13 — fragment no. 5

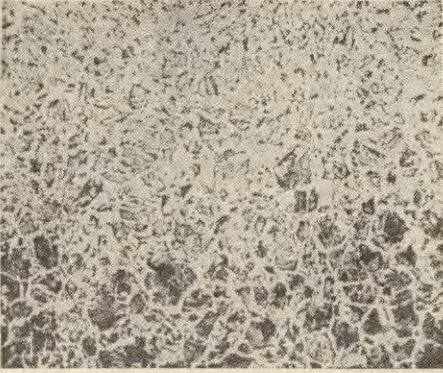


Ryc. 2. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznego grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko (a — żelazo nawęglone, b — żelazo):

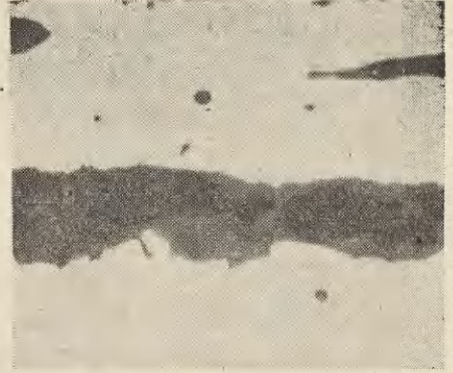
1 — grot strzały nr 1; 2 — grot strzały nr 2; 3 — grot strzały nr 3; 4 — fragment nr 1; 5 — fragment nr 2; 6 — siekierka (ostrze); 7 — siekierka (obuch); 8 — fragment nr 3; 9 — okucie nr 1; 10 — okucie nr 2; 11 — fragment nr 4; 12 — okucie nr 3; 13 — fragment nr 5

Technology of the investigated iron objects from the early medieval earthwork at Szczaworyż, district of Busko:

a — carburized iron; b — iron (for the explanations see fig. 1)



a



b



c



d



e



f

Podobnie gruboziarnista struktura ferrytyczna wystąpiła w ostrzu siekierki (nr inw. 18b/68), przy czym widoczne były również skupienia ziaren drobnych (ryc. 4 d). Wtrącenia żużła posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A) lub bardziej złożoną strukturę, zawierały one niekiedy jasne wydzielenia o kształcie dendrytów na tle dwufazowym, ciemnym z ciemnopopielatymi wydzieleniami o nieregularnym kształcie (typ D 32 — ryc. 4 e).

Identyczną strukturę ferrytyczną ze skupieniami dużych (ryc. 4 f) i drobnych ziaren obserwowano w obuchu siekierki (nr inw. 18c/86). Obok wtrąceń żużła o jednolitym czarnym zabarwieniu występowały również nieliczne wtrącenia o bardziej złożonej strukturze, a mianowicie zawierały wydzielenia jasnej fazy w postaci dendrytów na popielatym i ciemnym tle (typ D 32 — ryc. 5 a).

Dwie dodatkowe analizy stężenia niklu dały wynik identyczny jak pierwsze oznaczenie (0,05% Ni).

Fragment nr 3 (nr inw. 18A, b/66) wykazał również strukturę ferrytyczną (ryc. 5 b); w jednym tylko miejscu, w pobliżu powierzchni, wystąpiło nieznaczne nawęglenie (ryc. 5 c), bądź pierwotne (podczas wytopu żelaza z rudy), bądź wtórne, przypadkowe (np. podczas wygrzewania w ognisku kowalskim). Wtrącenia posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), w bardzo nielicznych wystąpiła bardziej złożona struktura: nieregularne wydzielenia popielatej fazy na ciemnym tle (typ D 22).

Dodatkowa analiza zawartości niklu dała wynik 0,054% Ni.

Strukturę ferrytyczną obserwowano również w okuciu nr 1 (nr inw. 18A, c/66), przy czym obok ziaren dużych występowały skupienia ziaren drobnych (ryc. 5 d).

Zwykle wtrącenia żużła posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), niekiedy zawierały liczne zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy na dwufazowym popielatowo-czarnym tle (typ E) — ryc. 5 e.

Okucie nr 2 (nr inw. 41/65) posiadało również strukturę ferrytyczną, jednak o dość drobnym ziarnie (ryc. 5 f). Obok wtrąceń żużła o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia o bardziej złożonej strukturze, zawierającej mniej lub bardziej liczne zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy (typ B i D 1).

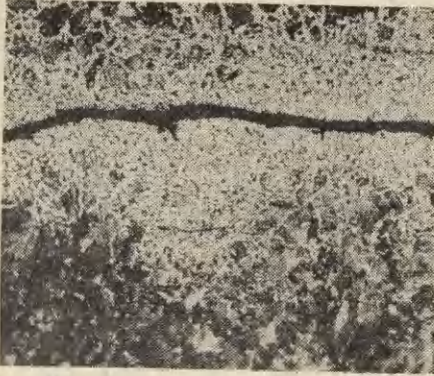
We fragmencie nr 4 (nr inw. 45/65) wystąpiła struktura ferrytyczna, przy czym obok ziaren dużych występowały ziarna drobne (ryc. 6 a) oraz ślady perlitu; wtrącenia żużła posiadały zwykle jednolite, czarne zabarwienie, dość liczne były wszakże wtrącenia zawierające zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy na ciemnym i popielatym tle (typ E).

Ryc. 3. Szczaworyż, pow. Busko. Struktury metalograficzne przedmiotów:

a — struktura grotu strzały nr 1: perlit i ferryt, traw. azotalem, pow. 100 ×; b — wtrącenia żużła w grocie strzały nr 1, nietraw., pow. 500 ×; c — struktura grotu strzały nr 2: ferryt, perlit i wtrącenia żużła, traw. azotalem, pow. 100 ×; d — wtrącenia żużła w grocie strzały nr 2, nietraw., pow. 500 ×; e — struktura grotu strzały nr 3: ferryt i drobne wtrącenia żużła, traw. azotalem, pow. 100 ×; f — struktura fragmentu nr 1: perlit sorbityczny i ślady ferrytu, traw. azotalem, pow. 100 ×

Metallographic structures of the objects:

a — structure of arrowhead no. 1: perlite and ferrite, × 100; b — slag inclusions in arrowhead no. 1, × 500; c — structure of arrowhead no. 2: ferrite, perlite and slag inclusions, × 100; d — slag inclusions in arrowhead no. 2, × 500; e — structure of arrowhead no. 3: ferrite and small slag inclusions, × 100; f — structure of fragment no. 1: sorbite perlite and traces of ferrite, × 100. Except samples b and d, the remaining samples were nital etched



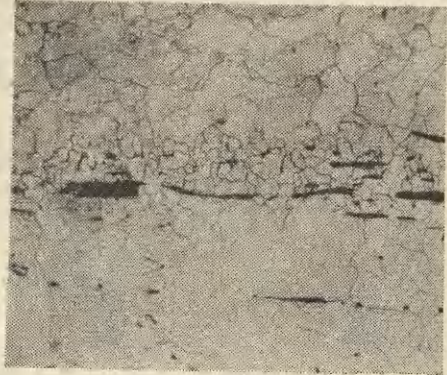
a



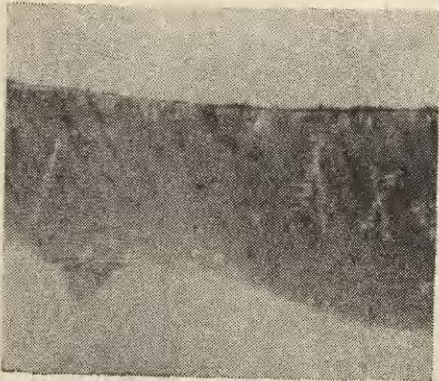
b



c



d



e



f

Okucie nr 3 (nr inw. 54b/65) wykazało również strukturę ferrytyczną z dużymi wtrąceniami żużla (ryc. 6 b), przy czym obok wtrąceń o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia popielate otoczone czarnym obrzeżem (ryc. 6 c).

Fragment nr 5 (nr inw. 58/65) był przypuszczalnie częścią jakiegoś ostrza (siekiarki ?) i wykazał technologię trudną do określenia. Możliwe, że wykuto go z żelaza, a następnie nawęglano ostrze w celu utwardzenia (ryc. 6 d), gdyż struktura metalu była ferrytyczna (o dużym ziarnie charakterystycznym dla żelaza wysokofosforowego — ryc. 6 e), a w pobliżu ostrza widoczne było nawęglanie (ryc. 7 a). Jednak rozkład (tj. gradient) nawęglania wskazuje, że proces ten nastąpił raczej podczas redukcji metalu z rudy, zwłaszcza że większe stężenie węgla obserwowano w części środkowej, nawet w pobliżu wtrąceń żużla (ryc. 7 b), które zwykle zatrzymują dyfuzję węgla podczas wtórnego nawęglania (cementacji).

We fragmencie nr 5 wystąpiły ślady daleko posuniętej korozji, co utrudniało klasyfikację wtrąceń żużla, gdyż produkty korozji łączyły się w części metalu z wtrąceniami żużla. Te ostatnie posiadały najczęściej jednolite czarne zabarwienie (typ A) lub też nieregularne zaokrąglone popielate wydzielania na ciemnym tle (typ D 22), zaobserwowano też wtrącenia z dendrytycznymi wydzieleniami jasnej fazy na ciemnym tle — ryc. 7 c.

Wykonawca tego przedmiotu (przypuszczalnie siekiarki) orientował się w nawęglaniu metalu, czego dowodem może być zastosowana obróbka cieplna.

Wyniki ilościowej analizy chemicznej próbek żużla podano w tabeli 4. Żużel charakteryzuje się niską zawartością MnO (0,09—0,19%) i Al_2O_3 (2,48—3,65%), natomiast dość wysokie było stężenie P_2O_5 (0,78—1,58%)⁴. Świadczy to o wykorzystaniu do wytopu rudy darniowej; formy ułamków wskazują, że wytop ten przeprowadzany był w prymitywnych ogniskach.

Ryc. 4. Szczaworyż, pow. Busko. Struktury metalograficzne przedmiotów:

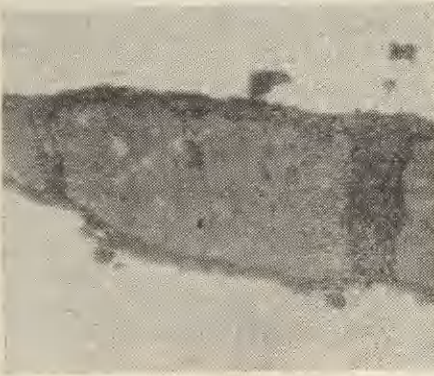
a — struktura fragmentu nr 1: perlit sorbityczny i skupienia ferrytu obok dużego wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 ×; b — struktura fragmentu nr 2: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 ×; c — wtrącenia żużla we fragmencie nr 2, nietraw., pow. 500 ×; d — struktura siekiarki (ostrza): ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 ×; e — wtrącenia żużla w siekierce (ostrze), nietraw., pow. 500 ×; f — struktura siekiarki (obuch): ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 ×

Metallographic structures of the objects:

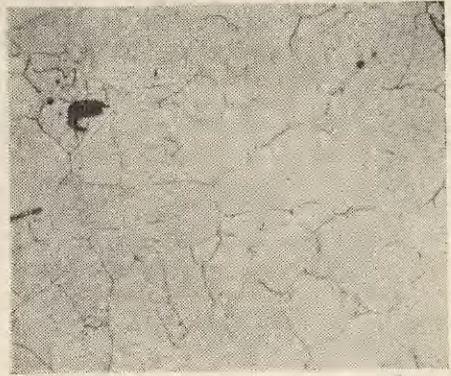
a — structure of fragment no. 1: sorbite perlite and concentrations of ferrite near large slag inclusion, × 100; b — structure of fragment no. 2: ferrite and slag inclusions, × 100; c — slag inclusions in fragment no. 2, × 500; d — structure of the axe (blade): ferrite and slag inclusions, × 500; e — structure of the axe (butt): ferrite and slag inclusions, × 100.

Except samples c and e, the remaining samples were nital etched

⁴ Por. J. Piaskowski, *Klasyfikacja dawnego żużla dymarskiego, występującego na ziemiach Polski w świetle statystycznej analizy składu chemicznego*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, R. 14: 1966 z. 2, s. 335.



a



b



c



d



e



f

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Jak już wspomniano, rodzaj i stan zachowania zbadanych przedmiotów żelaznych, a zwłaszcza brak narzędzi tnących, wymagających stosowania specjalnych procesów technologicznych pozwalających na utwardzanie (nawęglanie wtórne, zgrzewanie żelaza i stali), przypuszczalnie nie pozwala na pełną ocenę umiejętności i poziomu technologicznego hutników i kowali grodu w Szczaworyżu, pow. Busko, w starszej fazie wczesnego średniowiecza.

Przeważająca większość zbadanych przedmiotów wykazała czystoferrytyczną strukturę żelaza (grot strzały nr 3; fragment nr 2, ostrze i obuch siekierki, okucia nr 1, 2 i 3); w niektórych przypadkach (grot strzały nr 2, fragmenty nr 3 i 4) obserwowano nieznaczne nawęglanie, najprawdopodobniej pierwotne lub przypadkowe, nie mające zresztą praktycznie żadnego wpływu na własności metalu.

Znaczniejsze nawęglanie pierwotne wystąpiło we fragmencie nr 5, pochodzącym przypuszczalnie z jakiegoś narzędzia tnącego, o czym świadczą ślady zastosowanej obróbki cieplnej.

Tylko w dwóch przypadkach (grot strzały nr 1 i fragment nr 1) zbadane przedmioty wykonane były ze stali, niezbyt równomiernie nawęglonej, jednak na ogół dość twardej. Możliwe że w przypadku fragmentu nr 2 wykonawca zastosował obróbkę cieplną.

Należy dodać, że oba fragmenty siekierki najwidoczniej były częściami jednego i tego samego przedmiotu. Różnice zawartości fosforu są wynikiem segregacji tej domieszki, która — przy tych stężeniach — może osiągać tak duże rozmiary⁵; podobnie drobna różnica analizy jakościowej może być uznana za przypadkową. Podstawą powyższego twierdzenia jest identyczność struktury metalu oraz struktury

Ryc. 5. Szczaworyż, pow. Busko. Struktury metalograficzne przedmiotów:

a — wtrącenia żuźla w siekierce (obuch), nietraw., pow. 500 ×; b — struktura fragmentu nr 3: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×; c — struktura przy powierzchni fragmentu nr 3: ferryt, perlit i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×; d — struktura okucia nr 1: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×; e — wtrącenia żuźla w okuciu nr 1, nietraw. pow. 500 ×; f — struktura okucia nr 2: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×

Metallographic structures of the objects:

a — slag inclusions in the axe (butt), × 500; b — structure of fragment no. 3: ferrite and slag inclusions, × 100; c — structure near the surface of fragment no. 3 ferrite, perlite and slag inclusions, × 100; d — structure of mounting no. 1: ferrite and slag inclusions, × 100; e — slag inclusions in mounting no. 1, × 500; f — structure of mounting no. 2: ferrite and slag inclusions, × 100, Samples a and e unetched, the other nital etched

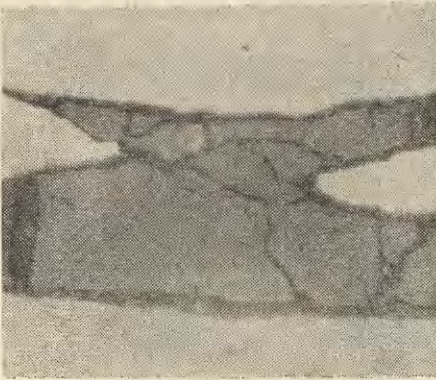
⁵ Por. J. Piaskowski, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych z ziemi kieleckiej*, „Rocznik Muzeum Świętokrzyskiego”, t. 5: 1968. s. 151.



a



b



c



e



d

wtrąceń żuźla, reprezentujących typ wtrąceń występujący często wśród zbadanych przedmiotów ze Szczaworyża, a raczej rzadkich dla tego obszaru Polski.

Można sądzić, że hutnicy z wczesnośredniowiecznego grodu w Szczaworyżu, pow. Busko, przetapiali — najprawdopodobniej w prymitywnych ogniskach — rudę bagienną o znacznej zawartości fosforu, uzyskując żelazo o podwyższonej zawartości tej domieszki⁶. Część — raczej niewielką — zredukowanego metalu udawało się nawęglić, tzn. uzyskać stal, o czym wiedzieli producenci i potrafili to, jak się wydaje, wykorzystać przy wyrobie narzędzi, lokalizując miejsce silniej nawęglone (twardsze) w pobliżu części tnącej narzędzia (fragment nr 5, przypuszczalnie część siekierki). Dalszym przykładem znajomości cech surowca były stwierdzone ślady obróbki cieplnej, choć stan badanych przedmiotów i ich rodzaj nie pozwalały na dokładniejszą ocenę umiejętności w przeprowadzeniu tej obróbki (wymagającej m. in. właściwej oceny temperatury rozgrzanej do hartowania przedmiotu).

O wytopie żelaza niskiej jakości, o podwyższonej zawartości fosforu, najprawdopodobniej w prymitywnych ogniskach i z miejscowej rudy darniowej świadczy także kształt i skład chemiczny znalezionych ułamków żuźla. Analiza chemiczna żuźla wykazała dość wysoką zawartość fosforu (0,78—1,58% P_2O_5), niska była zawartość tlenu aluminium (2,48—3,65% Al_2O_3) i manganu (0,09—0,14% MnO).

Brak narzędzi, takich jak noże, nożyce, sierpy itp., nie pozwolił na ujawnienie techniki zgrzewania żelaza i stali oraz nawęglania żelaza, charakteryzujących wczesnośredniowieczne słowiańskie przedmioty z żelaza. Tym niemniej stwierdzono, że technologia wyrobów żelaznych z grodziska w Szczaworyżu wykazuje pozostałe cechy charakterystyczne dla produkcji żelaza u wczesnośredniowiecznych plemion słowiańskich zamieszkujących ziemię Polski. Zaliczyć do nich trzeba: wykorzystywanie rudy wysokofosforowej i umiejętność wytapiania z niej metalu silniej nawęglonego (stali), a także świadome stosowanie tego procesu i najprawdopodobniej wykorzystanie nawęglonych części metalu do odpowiedniej części narzędzi, ponadto wreszcie zakres produkcji tylko na potrzeby miejscowej ludności.

Ryc. 6. Szczaworyż, pow. Busko. Struktury metalograficzne przedmiotów:

a — struktura fragmentu nr 4: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×; b — struktura okucia nr 3: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×; c — wtrącenia żuźla w okuciu nr 3, nietraw., pow. 500 ×; d — struktura na poprzecznym przekroju fragmentu nr 5 — ostrze (miejsca nawęglone uległy zaciemnieniu, widoczne czarne wtrącenia żuźla), traw. azotalem, pow. 11 ×; e — struktura fragmentu nr 5: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 ×

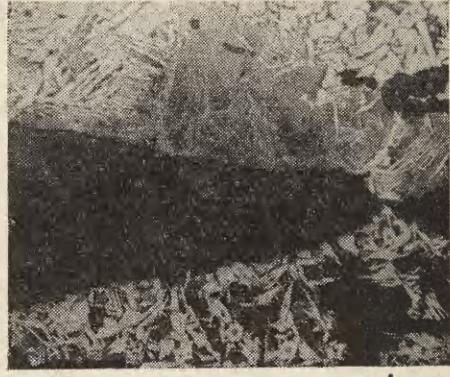
Metallographic structures of the objects:

a — structure of fragment no. 4: ferrite and slag inclusions, × 100; b — structure of fragment 3: ferrite and slag inclusions, × 100; c — slag inclusions in fragment no. 3, × 500; d — structure on the cross-section of fragment no. 5 blade (carburized places are darker; observable black slag inclusions), × 11; e — structure of fragment no. 5: ferrite and slag inclusions, × 100. All samples were nital etched, except sample c

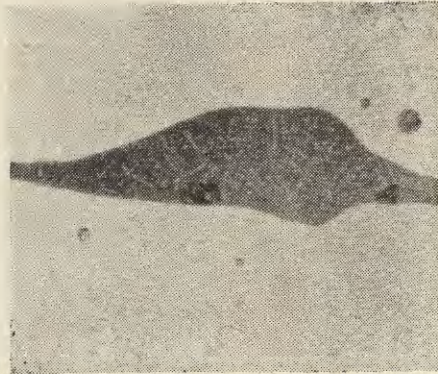
⁶ Proces wytopu żelaza w prymitywnych ogniskach opisano szczegółowo w pracy: J. Piaskowski, *O wytapianiu żelaza w ogniskach dymarskich na ziemiach Polski*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, R. 18: 1970 z. 1, s. 37.



a



b



c

Ryc. 7. Szczaworyż, pow. Busko. Struktury metalograficzne przedmiotów:

a — struktura części nawęglonej fragmentu nr 5: ferryt, sorbit i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 ×; b — struktura części nawęglonej fragmentu nr 5 pod większym powiększeniem: sorbit, traw. azotalem, pow. 100 ×; c — wtrącenia żużla we fragmencie nr 5, nietraw., pow. 500 ×

Metallographic structures of the objects:

a — structure of the carburized part: ferrite, sorbite and slag inclusions, × 100; b — structure of the carburized part: largely magnified, sorbite, × 100; c — slag inclusions × 500. Sample c unetched, samples a and b were nital etched

Umiejętności wykorzystania nawęglonej części łupki uzyskanej z przetopu rudy wysokofosforowej nie stwierdzono — pomimo zaawansowanych badań — u ludności kultury przeworskiej i oksywskiej, natomiast znana była ona plemionom bałtyjskim⁷ na terenie Litwy południowej w IV—VIII w. n.e.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że wśród zbadanych przedmiotów ze Szczaworyża, pow. Busko, nie występują starożytne wyroby „świętokrzyskie”; podobne zjawisko stwierdzono już podczas badań przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Łazach, pow. Kielce⁸. Ilustruje to najlepiej średnia arytmetyczna zawartości fosforu w przedmiotach żelaznych na stanowiskach starożytnych (7—10 analiz) z tego obszaru (Korytnica, pow. Jędrzejów — 0,089‰ P); Wąchock, pow. Ilża — 0,081‰ P; Starachowice — 0,010‰ P; Chmielów Piaskowy, pow. Opatów — 0,085‰ P) i wczesnośredniowiecznych (Łazy, pow. Kielce — 0,372‰ P; Szczaworyż, pow. Busko — 0,458‰ P).

Brak na stanowiskach wczesnośredniowiecznych wyrobów z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu wysokiej jakości, produkowanego w ogromnych ilościach w późnym okresie rzymskim w rejonie Gór Świętokrzyskich, trudno tłumaczyć inaczej jak tylko zniszczeniem ośrodka świętokrzyskiego w okresie wędrówek ludów przez przybywające na te tereny plemiona słowiańskie lub Hunów⁹.

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF METAL OBJECTS FROM AN EARLY MEDIEVAL EARTHWORK AT SZCZAWORYŻ, DISTRICT OF BUSKO

Thirteen iron objects from the early medieval earthwork at Szczaworyż were submitted to metallographic investigations. Eleven objects date from the 7th to mid-9th century and two (fragments nos. 1 and 2) from the close of the 9th to the 1st half of the 11th century. In the investigations metallographic observations, the microhardness measurements of the structural components by Hannemann method and the hardness measurements by Vickers method were employed. Quantitative and qualitative chemical analyses were also carried out. The majority of the objects examined showed a purely ferritic iron structure (arrowhead no. 3, fragment no. 2, blade and butt of the axe, mountings nos. 1, 2 and 3). Slight primary or accidental carburization, which did not affect the properties of the metal, was noted in a few

⁷ Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z Miezan i Sudaty (ZSRR)*, „Wiadomości Archeologiczne”, t. 31: 1965 z. 4, s. 363.

⁸ J. Piaskowski, *Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Łazach, pow. Kielce*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 18: 1966, s. 375.

⁹ J. Piaskowski, *Zagadnienie praocjczyzny Słowian w świetle metaloznawczych badań dawnych przedmiotów żelaznych*, „Acta Archeologica Carpathica”, t. 5: 1963, s. 225.

objects (arrowhead no. 2, fragments 3 and 4). In fragment no. 5 the carburization was stronger, though limited to a small part of the object only, whereas arrowhead no. 1 and fragment no. 1 were made of strongly though unevenly carburized steel. Fragment no. 5 and possibly fragment no. 1 showed traces of heat treatment. All objects showed high phosphorus content (0.170—0.85% P).

It seems that most, if not all, objects examined were made by the local smith who supplied the tribe with iron objects.