

JERZY PIASKOWSKI

SPRAWOZDANIE Z METALoznawczych BADAŃ PRZEDMIOTÓW
ŻELAZNYCH Z PÓŻNOLATEŃSKIEGO CMENtarzyska
W STRadowIE, POW. KAZIMIERZA WIELKA

Ilość zbadanych przedmiotów żelaznych z ziemi kieleckiej jest już znaczna, pochodzą one jednak w większości z okresu wpływów rzymskich¹. Z okresu lateńskiego zbadano jedynie kółko, fragment drutu i bransolety z cmentarzyska kultury grobów kloszowych w Radomiu-Wośnikach oraz grot włóczni z Grójca, pow. Opatów², z pobliskich zaś terenów ziemi krakowskiej poddano badaniom jeszcze miecz i grot włóczni z Iwanowic, pow. Miechów³. Dlatego poważne znaczenie miało zbadanie 15 przedmiotów żelaznych z późnolateńskiego cmentarzyska w Stradowie, pow. Kazimierza Wielka.

Prace archeologiczne w Stradowie prowadzone są od szeregu lat przez Zakład Archeologii Małopolski Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN. Autor składa podziękowanie za udostępnienie materiałów Kierownikowi Zakładu doc. drowi Janowi Machnikowi, a także mgrowi Leszkowi Gajewskiemu, który dokonał wyboru materiałów do badań.

METODY BADAŃ I SPOSÓB ZESTAWIENIA WYNIKÓW

Metody opisanych badań oraz sposób zestawienia wyników były identyczne jak w innych podobnych pracach autora⁴. Dlatego pominięto ich szczegółowy opis, poda-

¹ Wyniki badań tych materiałów opisano w pracach: J. Piaskowski, *Technologia i pochodzenie wyrobów żelaznych z północnej Małopolski i Mazowsza w okresie wpływów rzymskich na podstawie badań metaloznawczych; Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 7, Wrocław 1962, s. 127; J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z cmentarzysk ciałopalnych w Błoniu, pow. Sandomierz, i Chmielowie Piaskowym, pow. Opatów*; „Sprawozdania Archeologiczne”, 1964, t. 16, s. 395; J. Piaskowski, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych z ziemi kieleckiej*, „Rocznik Muzeum Świętokrzyskiego”, t. 5: 1968, s. 151.

² Piaskowski, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych...*

³ Ponadto pięć starożytnych przedmiotów żelaznych (w tym jeden późnolateński grot włóczni z Kowalkowic, pow. Opatów) zbadala E. Nosek, *Niektóre zabytki żelazne z terenu Gór Świętokrzyskich w świetle badań metaloznawczych*, „Materiały Archeologiczne”, t. 7: 1966, s. 179. W pracy tej znalazły się jednak uchybienia, jeśli chodzi o określenie technologii tych przedmiotów, jak również dokładność oznaczenia zawartości fosforu (Por. J. Piaskowski, *W sprawie dokładności niektórych analiz metaloznawczych (na marginesie badań dr. A. Mazura i mgr inż. E. Nosek)*, „Archeologia Polski”, t. 13: 1968, s. 503—510.

⁴ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu hal-*

jąc tylko w skrócie, że badania obejmowały ilościową i jakościową (spektrograficzną) analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna, pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz pomiary twardości metalu. Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi, stosowanymi przy stopach żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą fotometryczną, natomiast w przedmiotach, w których na podstawie struktury przewidywano większą zawartość tej domieszki, zastosowano metodę miareczkową. Metodę fotometryczną stosowano także przy oznaczaniu zawartości niklu i miedzi w metalu. Zawartość węgla oceniano na podstawie obserwacji metalograficznych.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzono metodą spektrograficzną przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy próbkami tego samego materiału. Podając wyniki analizy jakościowej (tabela 1) pominięto obecność podstawowych składników stopów żelaza: Fe, C, Si, Mn, P i S oraz Al, Ca i 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 użyciu powiększenia 100 i 500 \times , trawiąc próbki 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu etylowym (azotal). Określano przy tym wielkość ziarna według polskiej normy PN-56/H-04507.

Badania mikrotwardości składników strukturalnych przeprowadzono przy użyciu mikrotwardościomierza Hannemanna, stosując obciążenie 50 gramów w ciągu 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów. Twardość określano sposobem Vickersa (polska norma PN/H-04360) przy obciążeniu 10 kG, trwającym 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 2—3 pomiarów.

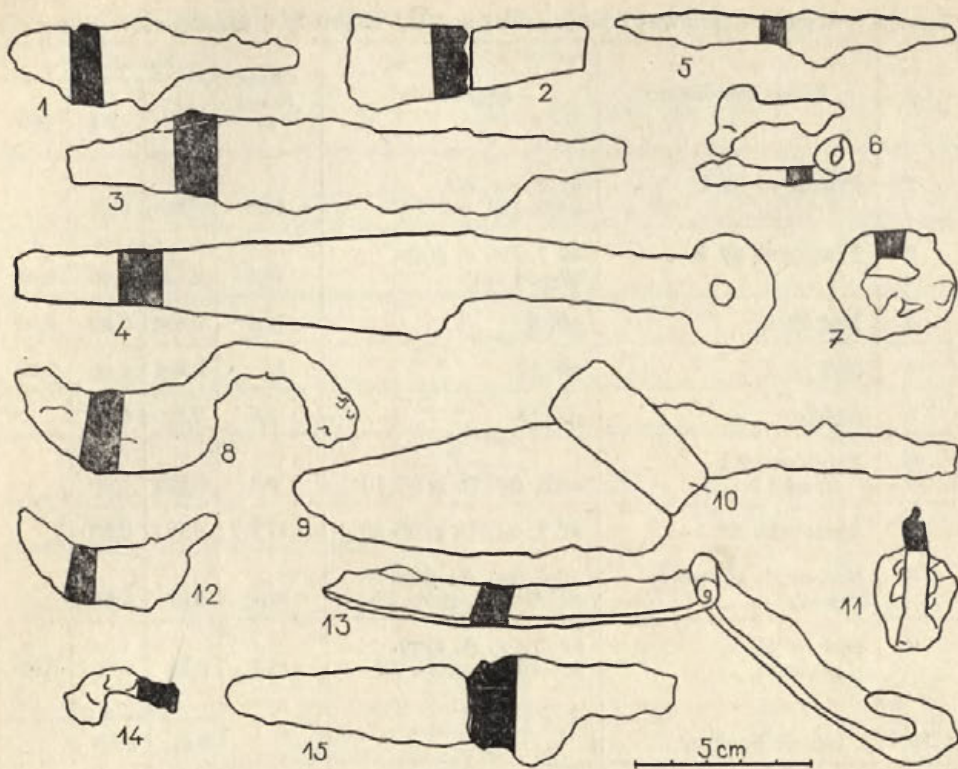
Wyniki badań podano, podobnie w innych pracach autora, w dwóch tabelach oraz na dwóch rysunkach uzupełnionych mikrofotografiami struktur. Sposób zestawienia i opracowania wyników był identyczny jak w innych podobnych pracach autora.

Do badań przeznaczono sześć noży (w tym dwa sierpikowate), trzy sprzączki, dwie zapinki (zachowane w postaci niewielkich fragmentów), dwa fragmenty nieokreślonego przeznaczenia (prawdopodobnie pierwszy z nich był nożem), okucie pochwy noża i szydło. Przedmioty były badane przed konserwowaniem.

W Y N I K I B A D A Ń

Zestawienie zbadanych przedmiotów ze Stradowa, pow. Kazimierza Wielka, z określeniem ich lokalizacji i wynikami ilościowej i jakościowej analizy chemicznej podano w tabeli 1, a wyniki obserwacji metalograficznych oraz z określeniem wielkości ziarn i wynikami pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości metalu — w tabeli 2. Ponadto na ryc. 1 przedstawiono szkice zbadanych przedmiotów żelaznych ze Stradowa, pow. Kazimierza Wielka, wraz z określeniem miejsca wycięcia próbki do badań, a na ryc. 2 — technologię zbadanych przedmiotów.

Obserwacje metalograficzne wykazały, że we fragmencie nr 1 (nóż ? — ryc. 1: 1) występuje struktura ferrytyczna, przy czym obok ziaren dość dużych (klasa 4) występowały ziarna dość drobne (ryc. 3a); na tle tych ostatnich obserwowano wydzielenia iglastej fazy, nazwanej fazą A; jest to najprawdopodobniej związek żelaza z azotem γ -Fe₄N, tak bowiem zidentyfikowali identyczne wydzielenia we



Ryc. 1. Stradów, pow. Kazimierza Wielka. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych:

1 — fragment nr 1; 2 — fragment nr 2; 3 — nóż nr 1; 4 — nóż nr 2; 5 — szczytło; 6 — zapinka nr 1 (fragm.); 7 — sprzączka nr 1; 8 — nóż nr 3, sierpikowaty; 9 — nóż nr 4; 10 — okucie pochwy noża nr 4; 11 — sprzączka nr 2; 12 — nóż nr 5, sierpikowaty; 13 — sprzączka nr 3; 14 — zapinka nr 2 (fragm.); 15 — nóż nr 6

współczesnych stopach żelaza G. R. Booker, J. Norbury i A. L. Sutton⁵. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A według klasyfikacji autora⁶) występowały wtrącenia dwufazowe, zawierające dość liczne zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1) (ryc. 3b). Fragment wykuto z żelaza, które zawierało znaczną ilość fosforu, a także nieco niklu.

Struktura fragmentu nr 2 nie była jednorodna, zasadniczo wykazywał on strukturę ferrytyczną o dość dużym ziarnie, w pobliżu powierzchni wystąpiło nawęglenie (ryc. 3c). Nie było to jednak nawęglenie wtórne, gdyż przy samej powierzchni koncentracja węgla wyraźnie zmniejszała się (ryc. 3d).

Strukturę części nawęglonej pod większym powiększeniem podano w ryc. 4a. W metalu obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) obser-

⁵ Por. J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego X—XII wieku na podstawie badań metaloznawczych*, Gdańskie Tow. Naukowe, Prace Komisji Archeologicznej, 1960, z. 2, s. 68.

⁶ J. Piaskowski, *Dalsze badanie technologii wyrobów żelaznych na ziemiach polskich w okresie halsztackim i wczesnoliteńskim*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, t. 11: 1963 z. 1, s. 8.

Tabela 1. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych

Lp.	Nazwa przedmiotu	Lokalizacja	Ciężar okazu gr	Zawartość %		
				P	Wl	Cu
1	Fragment nr 1 (nóż ?)	ar 2, ćw. c/f, głęb. 130, ob. 76	18,4	0,28	0,09	
2	Fragment nr 2	ar 2, ćw. c, głęb. 20—40 cm	14,4	0,50	0,00	0,00
3	Nóż nr 1	ob. 6	70,4	0,056	0,00	0,00
4	Nóż nr 2	ob. 10	82	0,005	0,00	0,00
5	Szydło	ob. 13	15,6	0,10	0,00	
6	Zapinka nr 1 (fragm.)	ar 2, ćw. D, grób 10	9,1	0,049	0,00	
7	Sprzączka nr 1	ar 2, ćw. D, grób 10	17,7	0,18	0,03	
8	Nóż nr 3, sierpiko- waty	ar 3, ćw. A, głęb. 80—90 cm, grób 18	22,4	0,07	3,05	
9	Nóż nr 4: głównia	ar 3, ćw. A, głęb. 80—90 cm, grób 18	118,4	0,32	0,00	0,00
10	okucie pochwy			0,51	0,00	
11	Sprzączka nr 2: kablak	ar 3, ćw. A, głęb. 80—90 cm, grób 18	14,2	0,54	0,00	
12	trzpień				0,00	
13	Nóż nr 5, sierpiko- waty	ar 3, ćw. A, głęb. 70 cm	10,3	0,01	0,00	0,00
14	Sprzączka nr 3	ar. 3, ćw. A, głęb. 60—62 cm	79,2	0,26	0,00	
15	Zapinka nr 2 (fragm.)	ar 3, ćw. A, głęb. 60 cm	5,7	0,049	0,04	
16	Nóż nr 6	ar 5, ćw. 6 nr 10/g, głęb. 65, ob. 15	38,1	0,38	0,04	0,00

wowano wtrącenia jasne, otoczone ciemnym obrzeżem (typ C) lub wtrącenia dwufazowe, zawierające nieliczne wydzielienia jaśniejszej fazy na ciemnym tle (typ B).

Nóż nr 1 wykonany był z miękkiej stali, zawierającej 0,1—0,2% C, o strukturze ferrytyczno-perlitycznej (ryc. 4b). Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Ciekawym okazem — jeśli chodzi o kształt — był nóż nr 2, o trzonku zakończonym uchem (ryc. 1: 4). Nóż wykuty był z miękkiej stali, zawierającej od 0,1 do 0,3% C o strukturze ferrytyczno-perlitycznej (ryc. 4c). W nożu obok wtrąceń żuźla o czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia dwufazowe (typ B).

ze Stradowa, pow. Kazimierza Wielka

Analiza jakościowa*														
Ag	As	Ba	Bi	Co	C	Cu	Mo	Ni	Pb	Sh	Sn	Ti	V	Zn
	+	+				+		+			o	o		o
	o	o				+		o			o			o?
	o?					+		+			o			
	o?	o				+		+			o	o		o?
	o	o				+		+			o	o		o?
	o?	o				+		+			o			o
	o?	o				+		+			o			o
	+	o				+		+			o			
	+	o				+		o			o			
	+	o				+		o						o
	+	+				+		o?			o			+
	+	+				+		o?			o	o		
	+	+				+		o?			o	o		
	o	o				+		+		o	o			+
	+	o				+		+			o			+
	o?					+		+			o			
	o?					+		+			o			

W sztydle obserwowano zasadniczo strukturę ferrytyczną, z tym że obok ziaren dość dużych (klasa 5) występowały ziarna drobne (klasa 8) — ryc. 4d. Na granicach tych ostatnich widoczne były wydzielenia nieokreślonej fazy (najprawdopodobniej były to węgliki) — ryc. 5a; obserwowano tam także nieliczne wydzielenia iglastej fazy A (γ -Fe₃N ?) o długości dochodzącej do 0,02 mm.

W metalu występowały wtrącenia żużla typu A oraz bardzo nieliczne wtrącenia dwufazowe, zawierające nieliczne zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy na ciemnym tle typu B (ewentualnie D1 ?) — ryc. 5b.

Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa przedmiotów żelaznych ze Stradowa, pow. Kazimierza Wielka

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki strukturalne	Klasa wielkości ziarna	Mikro-twardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	Fragment nr 1	feryt feryt*	4 6	243 251	} 206
2	Fragment nr 2	feryt feryt perlit sorbit.	4 8 8	216 162 225	
3	Nóż nr 1	feryt feryt feryt	5 7 7	199 175 225	} 89,6— —139,2
4	Nóż nr 2	feryt perlit	7 8	134 235	
5	Szydło	feryt* feryt perlit cementyt	5 8 8 —	158 205 216 —	} 160
6	Zapinka nr 1	feryt* perlit cementyt	7 8 —	151 255 —	
7	Sprzączka nr 1	feryt perlit cementyt	6 8	152 243	} 213
8	Nóż nr 3, sierpi- kowaty	feryt pasma** feryt perlit	6 8 śl.	175 216 177 —	
9	Nóż nr 4, głownia: a) część zewnętrzna II (żelazna) b) część środkowa (stalowa ?) c) część zewnętrz- na II (żelazna)	feryt feryt* cementyt	5 7 śl.	154 96 - 127 —	} 156 156
		feryt	5	194	
	10	Okucie pochwy	feryt feryt cementyt	5 8 śl.	216 179 —
11	Sprzączka nr 2: kablak	feryt feryt cementyt (?)	2 7 śl.	196 170 —	} 197
	trzcień	feryt feryt	3 5	210 222	
12	Nóż nr 5, sierpi- kowaty	sorbit feryt	8	263 170	} 181
13	Sprzączka nr 3	feryt feryt* perlit	4 6 7	196 122 255	

c.d. tab. 2

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki strukturalne	Klasa wielkości ziarna	Mikro-twardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
14	Zapinka nr 2	feryt	5	122	135,5
		perlit	8	263	
15	Nóż nr 6	feryt	3	151	156
		feryt	7	151	
		perlit	8	—	

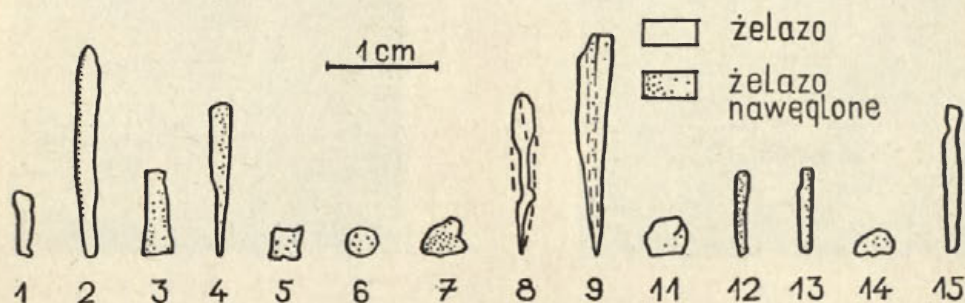
* Ponadto wydzielenia iglastej fazy A (γ' -Fe₄N?) lub drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?).

** Pasma, które nie uległo trawieniu rozcieńczonym kwasem azotowym (azotalem).

Zapinka nr 1 wykonana była z miękkiej stali o zawartości ok. 0,1% C o strukturze ferrytyczno-perlitycznej (ryc. 5c). Pod większym powiększeniem na tle ziarn ferrytu były widoczne w niektórych miejscach jak gdyby wydzielenia, przypuszczalnie drobnej fazy, zwanej fazą B. Był to najprawdopodobniej związek żelaza z azotem α'' -Fe₁₆N₂, tak bowiem określili identyczne wtrącenia we współczesnych stopach żelaza G., R. Booker, J. Norbury i A. L. Sutton⁷ (ryc. 5d). Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały w metalu także wtrącenia żuźla typu B, zawierające nieliczne zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy na ciemnym tle.

W sprzączce nr 1 obserwowano drobnoziarnistą strukturę ferrytyczno-perlityczną miękkiej stali o zawartości od śladów do 0,3% C (ryc. 6a); nawęglenie nie było równomierne. Na granicach ziaren występowały węgliki (ryc. 6b). Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A); obok wtrąceń żuźla występowały niekiedy ślady korozji, utrudniające określenie ich struktury.

Nóż nr 3, sierpikowy (ryc. 1: 8), wykazał strukturę dość złożoną. Obserwowano w nim (tj. na poprzecznym przekroju noża) warstwę o grubszym ziarnie i war-



Ryc. 2. Stradów, pow. Kazimierza Wielka. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych:

1 — fragment nr 1; 2 — fragment nr 2; 3 — nóż nr 1; 4 — nóż nr 2; 5 — szydło; 6 — zapinka nr 1 (fragm.); 7 — sprzączka nr 1; 8 — nóż nr 3, sierpikowy; 9 — nóż nr 4; 10 — okucie pochwy noża nr 4; 11 — sprzączka nr 2; 12 — nóż nr 5, sierpikowy; 13 — sprzączka nr 3; 14 — zapinka nr 2 (fragm.); 15 — nóż nr 6

⁷ G. R. Booker, J. Norbury, A. L. Sutton, *Investigations of Nitride Precipitation in Pure Iron and Mild Steel*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 187: 1957, s. 208.



a



b



c



d

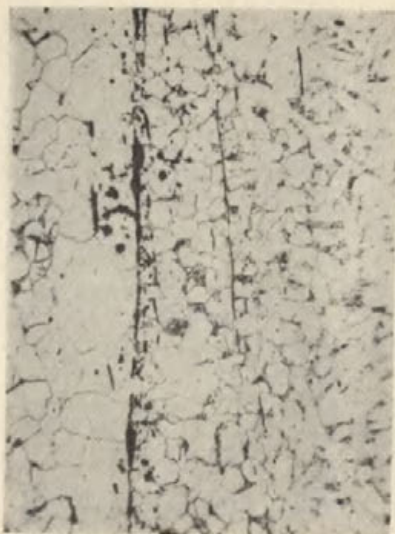
Ryc. 3. Stradów, pow. Kazimierza Wielka. Fragment nr 1 (nóż ?):

a — struktura, traw. azotalem, 100x; b — wtrącenia żużla, nietraw., 500x. Fragment nr 2;
c — struktura, traw. azotalem, 100x; d — struktura przy powierzchni, traw. azotalem, 100x

stw; drobnoziarnistą (ryc. 6c), w której występowały na granicach ziaren ferrytu niewielkie wydzielenia węglików; strukturę na granicy tych warstw przedstawiono w ryc. 7a. Poza tym w części drobnoziarnistej widoczne były pasma równoległe do bocznych powierzchni, których nie udało się wytrawić rozcieńczonym roztworem



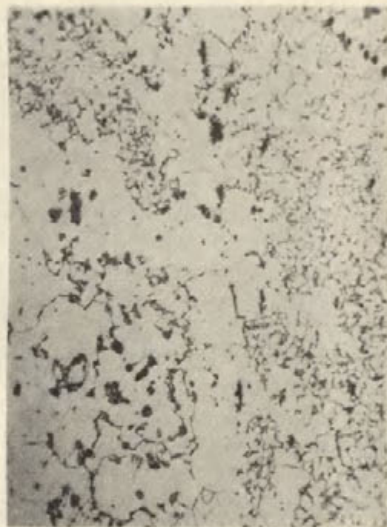
a



b



c



d

Ryc. 4. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

a — fragment nr 2, struktura części bardziej nawęglonej, pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 500x; b — nóż nr 1, struktura traw. azotalem, 100x; c — nóż nr 2, struktura, traw. azotalem, 100x; d — szydło, struktura, traw. azotalem, 100x

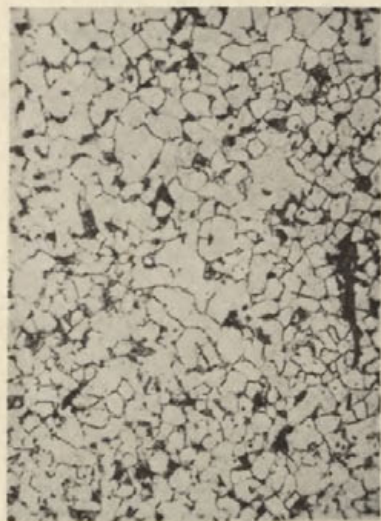
kwasu azotowego w alkoholu (ryc. 7b, c). Wtrącenia żuźla miały zasadniczo jednolite czarne zabarwienie (typ A), w nielicznych większych wtrąceniach zaobserwowano zaokrąglone wydzielienia jaśniejszej fazy (typ B, ewentualnie D1).



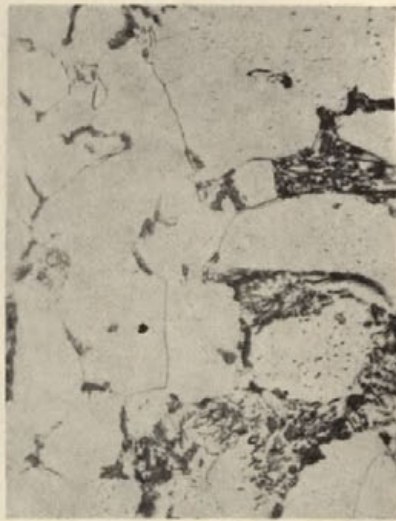
a



b



c



d

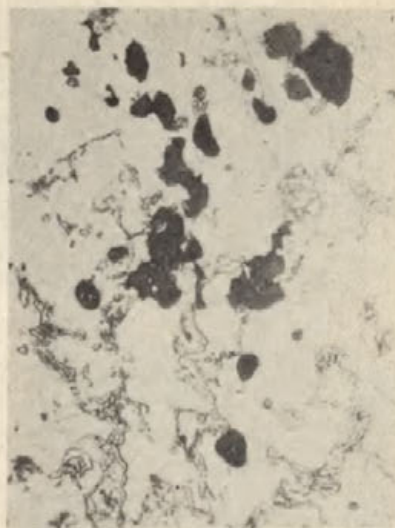
Ryc. 5. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

a — szydło, struktura pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 500x; b — szydło, wtrącenia żużla, nietraw. 500x; c — zapinka nr 1, struktura, traw. azotalem, 100x; d — zapinka nr 1, struktura pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 500x

Trudna do określenia była technika wykonania noża nr 4 (ryc. 1: 9). Przepuszczalnie był on zgrzewany z trzech części: z dwóch zewnętrznych warstw żelaznych i wewnętrznej, nieco silniej nawęglonej (ryc. 8a). W zewnętrznych warstwach występowała struktura ferrytyczna, na ogół o większym ziarnie (klasa 5), natomiast



a



b



c

Ryc. 6. Stradów, pow. Kazimierza Wielkiego:

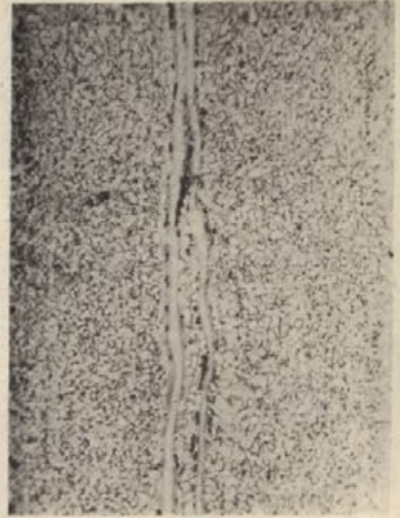
a — sprzączka nr 1, struktura, traw. azotalem, 100x; b — sprzączka nr 1, struktura pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 500x; c — nóż nr 3, struktura, traw. azotalem, 22x

w warstwie środkowej ziarna ferrytu były znacznie mniejsze (klasa 7) — ryc. 7d. W wewnętrznej warstwie widoczne były wydzielania węglików (?) na granicach ziarn ferrytu; bardzo drobne węgliki — jak się wydaje — występowały także wewnątrz tych ziaren (ryc. 8b). Wtrącenia żuźla miały zasadniczo jednolite czarne zabarwienie (typ A), w nielicznych większych wtrąceniach zaobserwowano zaokrąglone wydzielania jaśniejszej fazy (typ B, ewentualnie D1).

Okucie pochwy noża nr 4 wykazało strukturę ferrytyczną, przy czym obok ziaren dość dużych (klasa 5) występowały skupienia ziarn drobnych (klasa 8), a wśród nich wydzielania węglików (?) — ryc. 8c. Wtrącenia żuźla były nieliczne



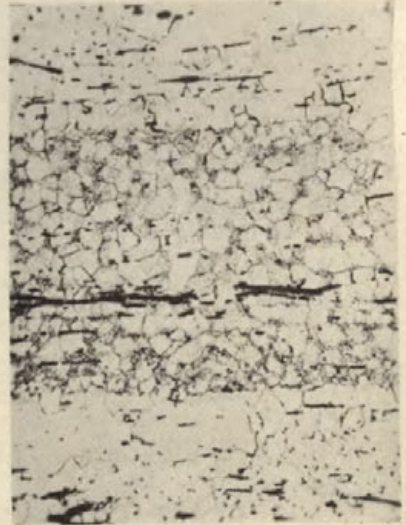
a



b



c



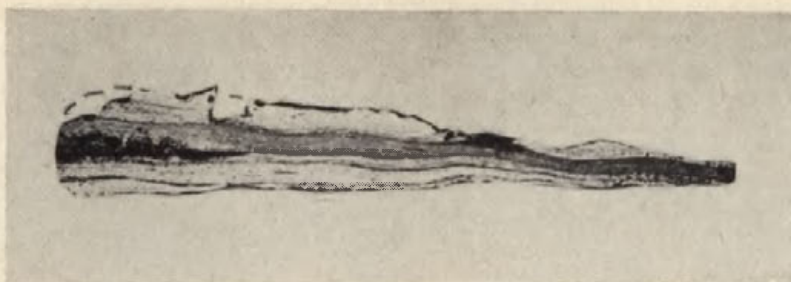
d

Ryc. 7. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

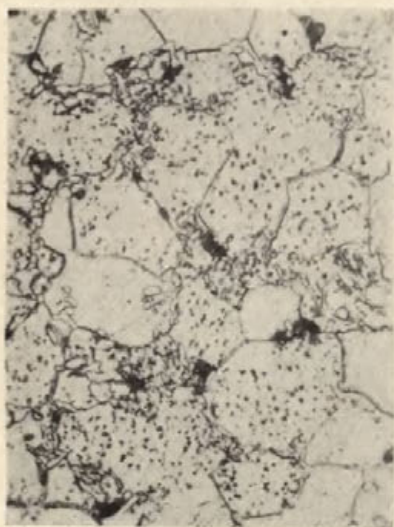
a — nóż nr 3, struktura, traw. azotalem, 100x; b — nóż nr 3, struktura części drobnoziarnistej, traw. azotalem, 100x; c — nóż nr 3, struktura części drobnoziarnistej pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 500x; d — nóż nr 4, struktura, traw. azotalem, 100x

i bardzo drobne, tak że trudno było określić ich strukturę. Posiadały na ogół czarne zabarwienie (typ A ?).

W próbie wyciętej z kabląka sprzączki nr 2 wystąpiła gruboziarnista struk-



a



b



c

Ryc. 8. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

a — nóż nr 4, struktura na poprzecznym przekroju, traw. azotalem, 5x; b — nóż nr 4, struktura warstwy środkowej pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 100x; c — okucie pochwy, struktura, traw. azotalem, 100x

tura ferrytyczna (ryc. 9a); w pewnej części obserwowano skupienie ziarn drobnych (klasa 7), a na ich granicach wydzielenia obcej fazy (węgliki ?). Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały nieliczne wtrącenia zawierające wydzielenia jaśniejszej fazy (typ B, ewentualnie D1).

Podobną strukturę metalu i wtrąceń żużla obserwowano w próbce wyciętej z trzpienia sprzączki nr 2. Strukturę części gruboziarnistej przedstawiono w ryc. 9b; w części drobnoziarnistej widoczne były wydzielenia węglików (?) na granicach ziaren.

Nóż nr 5, sierpikowaty (ryc. 1: 12), wykuty był ze stali silnie, dość nierównomiernie nawęglonej, przy czym zawartość węgla dochodziła do ok. 0,8% C (lub nawet więcej), w innych jednak miejscach była znacznie mniejsza, niewiele przekraczając 0,2% C; struktura składała się tam z ferrytu i cementytu na granicach



a



b



c



d

Ryc. 9. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

a — sprzączka nr 2, kablak, struktura, traw. azotalem, 100x; b — sprzączka nr 2, trzpień, struktura, traw. azotalem, 100x; c — nóż nr 5, struktura części słabiej nawęglonej, pod większym powiększeniem, traw. azotalem, 500x; d — nóż nr 5, struktura części słabiej nawęglonej, traw. azotalem, 100x

ziarn (ryc. 9c). W pozostałych częściach struktura była sorbityczna (ryc. 9d), z tym że i tu obserwowano wydzielienia węglików na granicach ziarn. W nielicznych wtrąceniach żużla obserwowano jednolite czarne zabarwienie (typ A). Nóż poddany był



a



b



c

Ryc. 10. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

a — sprężarka nr 3, struktura na poprzecznym przekroju, traw. azotalem, 20x; b — sprężarka nr 3, struktura, traw. azotalem, 100x; c — zapinka nr 2, struktura, traw. azotalem, 100x

obróbce cieplnej. Polegała ona albo na hartowaniu zwykłym w cieczy o niezbyt dużej szybkości chłodzenia, albo na ulepszeniu cieplnym (hartowanie i dość daleko posunięte odpuszczanie).

Sprężarka nr 3 różniła się kształtem od poprzednio zbadanych (ryc. 1: 13). W próbce zaobserwowano dwie warstwy różniące się nawęglaniem: warstwę nieznacznie nawęgloną o strukturze ferrytyczno-perlitycznej (zawartość węgla 0,1% C) oraz warstwę czysto ferrytyczną o grubszym ziarnie (klasa 4) — ryc. 10a, b. W części nawęglonej występowały wtrącenia iglastej fazy A (γ -Fe₄N ?)⁸ o długości ok. 0,02 mm, i drobnej fazy B (α "-Fe₁₀N₂ ?). Wtrącenia żużla miały czarne zabarwienie (typ A), w nielicznych przypadkach nie było ono jednak równomierne.

⁸ Booker, Norbury, Sutton, *op. cit.*, s. 211.



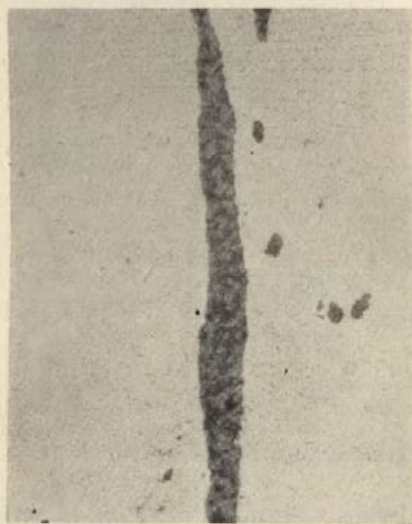
a



b



c



d

Ryc. 11. Stradów, pow. Kazimierza Wielka:

a — zapinka nr 2, struktura żuźla, nietraw., 500x; b — nóż nr 6, struktura na granicy części drobno- i gruboziarnistej, traw. azotalem, 100x; c — nóż nr 6, struktura części gruboziarnistej, traw. azotalem, 100x; d — nóż nr 6, wtrącenia żuźla, nietraw., 500x

Zapinka nr 2 wykonana była z miękkiej stali o zawartości 0,1—0,3% C o strukturze ferrytyczno-perlitycznej (ryc. 10c). Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) zaobserwowano nieliczne wtrącenia o strukturze dwu-

fazowej, zawierające wydzielenia jaśniejszej fazy na ciemnym tle (typ D1) — ryc. 11a.

Nó ż nr 6 (ryc. 1: 15) wykuty był z żelaza o wysokiej zawartości fosforu. Obserwowano w nim pasma ziaren dużych klasy 3 (ryc. 11b) oraz pasma ziaren drobnych klasy 7 (ryc. 11c). W metalu wystąpiły wtrącenia żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) oraz wtrącenia zawierające liczne zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy (typ D?) — ryc. 11d.

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Wśród zbadanych przedmiotów żelaznych z cmentarzyska w Stradowie, pow. Kazimierza Wielka, wyraźnie zarysowują się dwie grupy przedmiotów, różniące się poważnie zawartością fosforu; poza tymi grupami pozostaje sierpikowaty nóż nr 3, z charakterystycznym wygiętym trzonkiem (ryc. 1: 8). Wykonano go z niskofosforowego żelaza (0,07% P), zawierającego dużo niklu. Dwie równoległe przeprowadzone analizy wykazały 3,00 i 3,10% Ni.

Przedmioty z żelaza o dużej zawartości niklu występowały już w zbadanych dotąd materiałach, pochodziły jednak z okresu halsztackiego, a mianowicie: dwie bransolety z cmentarzyska z Częstochowy-Rakowa⁹, siekierka z tuleją z Wietrzna-Bóbrki, pow. Krosno (znalezisko luźne)¹⁰. Poza tym fragment z cmentarzyska w Kietrzu, pow. Głubczyce (pochodzący również z okresu halsztackiego), zawierał 2,15% Ni¹¹. W literaturze panuje powszechnie pogląd, że metal zawierający dużo niklu jest pochodzenia meteorytowego¹². Autor opisując badania siekierki z Wietrzna-Bóbrki¹³ wysunął przypuszczenie, że przynajmniej część tych wyrobów mogła pochodzić z nie znanych nam rud żelazowo-niklowych.

Nóż nr 3 ze Stradowa wykazuje wszystkie typowe cechy metalu uzyskanego sposobem dymarskim. Ponieważ nie ma danych, aby rudy żelazowo-niklowe występowały na ziemiach Polski i były eksploatowane w starożytności, nóż ten (podobnie jak i inne wymienione przedmioty) trzeba uznać za import nieokreślonego pochodzenia.

Pierwsza grupa przedmiotów ze Stradowa wykonana została z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu, mieszczącej się w granicach 0,26—0,54% P, o słabym nawęgleniu, dochodzącym — i to tylko w dwóch przedmiotach — do 0,3% C. Do grupy tej liczącej 7 okazów (46,7% zbadanych materiałów) należą: fragmenty nr 1 i 2, nóż nr 4 wraz z okuciem pochwy, nóż nr 6 oraz sprzączki nr 2 i 3. Metal zawierał na ogół tylko ślady niklu i miedzi, wykrywalne spektrograficznie; w dwóch przed-

⁹ J. Zimny, *Metaloznawcze badania halsztackich wyrobów żelaznych z Częstochowy-Rakowa*, „Rocznik Muzeum w Częstochowie”, t. 1: 1965, s. 354; J. Zimny, *Halsztackie wyroby z żelaza meteorytowego z Częstochowy-Rakowa* (ok. 700—550 r. p.n.e.), „Z otchłani wieków”, t. 32: 1966 z. 1, s. 29.

¹⁰ J. Piaskowski, *An Interesting Exemple of Early Technology: a Socketed Axe from Wietrzno-Bóbrka in the Carpathians*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 19: 1960, z. 3, s. 336; Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych...*, s. 197; J. Piaskowski *Etude des plus intéressantes techniques de fabrication des objets en fer employés en Pologne du VIII^e au II^e siècle av. J. C.*, Métaux-Corrosion-Industries, 1965, z. 455—456, s. 282.

¹¹ J. Piaskowski, *Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z halsztackiego cmentarzyska w Kietrzu, pow. Głubczyce*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 19: 1968, s. 458.

¹² Argumenty, jakie mają świadczyć o wykorzystywaniu przez człowieka meteorytów żelaznych, zebrał G. R. Zimmer (*The Use of Meteoric Iron by Primitive Men*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 94: 1916, s. 306).

¹³ J. Piaskowski, *O produkcji żelaza wysokoniklowego w starożytności*, „Acta Archaeologica Carpathica” (w druku).

miotach stwierdzono jednak domieszkę niklu: 0,04 i 0,09% Ni. W czterech przedmiotach określano zawartość miedzi, uzyskując wynik 0,00% Cu.

Ziarna ferrytu w wyrobach zaliczonych do grupy pierwszej są na ogół dość duże — 35,3% oznaczeń znajduje się w klasie wielkości 4 lub niższej. W dwóch przedmiotach wystąpiły wydzielenia faz A i B (azotków).

Wtrącenia żuźła posiadały zwykle złożoną strukturę. Wprawdzie w dwóch przedmiotach wystąpiły tylko wtrącenia typu A, jednak w jednym przypadku zabarwienie wtrąceń nie było jednolite (a więc zasadniczo nie należy ono do typu A), w drugim przypadku (okucie pochwy noża nr 4) ocena była najprawdopodobniej przypadkowa (spowodowana niewielką ilością wtrąceń żuźła), w nożu bowiem wykutym z takiego samego żelaza wysokofosforowego występowały struktury żuźła bardziej złożone. Poza tym w dwóch przedmiotach (28,6%) — obok wtrąceń typu A — występowały także liczne wtrącenia typu D1 lub D2. W pozostałych trzech przedmiotach (42,9%) wtrąceniom typu A towarzyszyły wtrącenia typu B, z tym że w dwóch okazach występowały także wtrącenia żuźła typu D1, a w trzecim okazy — wtrącenia typu C. W sumie więc wtrącenia żuźła D1 lub D2 obserwowano w czterech przedmiotach (57,1%).

Wśród przedmiotów zaliczonych do grupy pierwszej (wysokofosforowej) na szczególną uwagę zasługuje sprzączka nr 3. Zbadano szereg okazów (klamer) o tym kształcie z cmentarzyska kultury jastorfskiej w Długich, pow. Stargard, oraz jedną klamrę — z cmentarzyska kultury oksywskiej w Głobinie, pow. Stargard¹⁴. Wykazały one ten sam typ metalu jak sprzączka nr 3 ze Stradowa. Ponieważ na Pomorzu zachodnim występują wyłącznie wysokofosforowe rudy żelaza, i były one eksploatowane (Ognica, pow. Stargard; Chroszczowo, pow. Kwiatowo), sprzączki tego rodzaju, tak pospolicie występujące na stanowiskach kultury jastorfskiej i oksywskiej, uznano za wyrób ludności należącej do tych kultur. A więc sprzączkę nr 3 należy uznać za przedmiot pochodzący z Pomorza Zachodniego.

Należałoby też przedyskutować dokładniej technologię noża nr 4, który — jak się wydaje — zgrzewano z trzech warstw: środkowej, zawierającej wydzielenia węglików na granicach ziaren, a więc silniej nawęglonej (stal), i dwóch zewnętrznych, żelaznych. Gdyby ta identyfikacja technologii noża nr 4 była słuszna (wymaga ona potwierdzenia jeszcze na 2—3 okazach), wskazywałoby to, że rozróżniano tam stal i żelazo i próbowano uzyskiwać tę stal z rudy wysokofosforowej. Te próby nawęglenia wysokofosforowego żelaza podczas wytopu (nawęglenie takie wystąpiło także w okucie pochwy tego noża oraz w sprzączce nr 2) nie były zbyt udane, nawęglenie było nieznaczne, a węgliki skupiały się na granicach ziaren, powodując kruchość metalu. Była to więc stal o wyjątkowo niskiej jakości.

Wytapianie stali z rudy wysokofosforowej wymagało najwidoczniej pewnych specjalnych zabiegów i na ziemiach Polski przed okresem wędrowek ludów stwierdzono opanowanie umiejętności tego procesu jedynie u starożytnych hutników w dorzeczu Wkry. Znalezione tam m. in. jeden nóż zgrzewany z żelaza i stali (Kołożab, pow. Płońsk), który można uznać za wyrób miejscowy¹⁵. Proces zgrzewania wystąpił w tym nożu bardzo wyraźnie i dowodzi on umiejętnego przeprowadzenia zgrzewania przez wykonawcę narzędzia. Należy jednak zaznaczyć, że datowanie noża z Kołożabia nie jest pewne.

Druga grupa przedmiotów, licząca także 7 sztuk (tj. 46,7% zbadanych materia-

¹⁴ J. Piaskowski, *Technologia wyrobów żelaznych na Pomorzu zachodnim w okresie późnolateńskim* (w przygotowaniu do druku).

¹⁵ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z Kołożabia, Poświętnego i Szpondowa, pow. Płońsk* (w przygotowaniu do druku).

łów), wykonana została z niskofosforowego żelaza o różnym, niejednokrotnie nierównomiernym nawęgleniu. Są to: noże nr 1, 2 i 5, szydło, zapinki nr 1 i 2, sprzączka nr 1. Zawartość fosforu mieści się w granicach 0,005—0,18% P; tylko jeden wynik (tj. 14,3%) jest wyższy niż 0,1% P, a tylko dwa wyniki (28,6%) przekraczają 0,06% P. Najczęściej występuje tu średnie nawęglenie metalu, odpowiadające stali miękkiej (57,1%); strukturę ferrytyczną żelaza (choć zapewne z węglnikami na granicach ziaren) zaobserwowano w jednym przedmiocie (14,3%). Silniejsze nawęglenie odpowiadające stali półtwardej i twardej wystąpiło w dwóch przedmiotach (28,6%).

W metalu stwierdzono domieszkę niklu, która w 2 okazach (28,6%) przekraczała 0,00% Ni, nie osiągając jednak 0,1% P. Miedź wystąpiła jedynie w śladach wykrywalnych spektrograficznie (0,00% Cu).

Wydzielenia faz A i B (azotki ?) zaobserwowano w dwóch przedmiotach (28,6%). Wielkość ziarn ferrytu mieściła się w klasach 5—8, a wielkość ziarn perlitu w klasach 7—8. W trzech przedmiotach (42,8%) występowały wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A), w jednym natomiast obok wtrąceń typu A wystąpiły wtrącenia typu D1, a w pozostałych trzech (42,9%) okazach obok wtrąceń żużla typu A występowały wtrącenia typu B (zawierające nieliczne zaokrąglone wydzielienia jaśniejszej fazy na ciemnym tle); możliwe, że w jednym z tych okazów wystąpiły bardzo nieliczne wtrącenia żużla typu D1 (zawierające dość liczne zaokrąglone wydzielienia jaśniejszej fazy na ciemnym tle). Pomiedzy wtrąceniami żużla typu B i D1 nie ma wyraźnej granicy, stąd ich rozróżnienie może być trudne w niektórych, rzadkich jednak, przypadkach.

Obliczone wyżej udziały procentowe, mające charakteryzować cechy obu grup przedmiotów ze Stradowa, oparte są na bardzo małej ilości przedmiotów (7 sztuk). Nie mogą więc być dokładne i reprezentatywne dla całej grupy. Obliczono je dlatego, aby przedstawić przykład grupowej oceny¹⁶ pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych i przekonać się, w jakim stopniu ilości zbadanych materiałów tego rzędu mogą być wykorzystane w studiach nad pochodzeniem dawnych wyrobów żelaznych.

Na uwagę zasługuje obecność, zarówno w przedmiotach zaliczonych do grupy pierwszej, jak i drugiej, wydzieleni faz A (γ -Fe₃N ?) i B (α -Fe₁₁N₂ ?). Zjawisko to jest dobrze znane, gdyż obserwowano je dość często w wyrobach „świętokrzyskich”¹⁷, a także w starożytnych przedmiotach z żelaza wysokofosforowanego (nóż z Niecieplina, pow. Garwolin)¹⁸.

Badania wykazały, że wydzielanie azotków i forma tych związków zależy od szybkości stygnięcia. B. E. Hopkins i H. R. Tiller¹⁹ stwierdzili, że w żelazie zawierającym 0,01% N₂ podczas powolnego stygnięcia (w piecu laboratoryjnym) o temperaturze 900°C wydziela się faza γ -Fe₃N, przy szybszym stygnięciu (w powietrzu) —

¹⁶ Grupowa ocena pochodzenia dawnych przedmiotów polega na porównaniu cech (a ściślej — wieloboków rozkładu, czyli krzywych prawdopodobieństwa) pewnej grupy okazów z odpowiednimi cechami wyrobów z danego ośrodka produkcyjnego. Szczegółowe objaśnienie metody opisano w pracy: J. Piaskowski, *Określenie pochodzenia dawnych przedmiotów na podstawie analizy cech*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, t. 12: 1967 nr 1, s. 61.

¹⁷ J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I—IV w.n.e.)*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, Wrocław 1963, t. 6, s. 53.

¹⁸ J. Piaskowski, *Technologia i pochodzenie wyrobów żelaznych z północnej Małopolski i Mazowsza w okresie wpływów rzymskich na podstawie badań metaloznawczych*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 7, Wrocław 1962, s. 153.

¹⁹ B. E. Hopkins, H. R. Tiller, *Effect of Heat Treatment on the Brittleness of High-purity in Iron-nitrogen Alloys*, „Journal of the Iron and Steel Institute”. t. 177: 1954, s. 110.

faza α'' -Fe₁₆N₂. Jeszcze szybsze studzenie (w wodzie) powoduje zatrzymanie azotu w roztworze, jednak podczas następującego wygrzewania w temperaturze 100—200°C obserwuje się stopniowe wydzielanie azotków²⁰. Stąd wysunięto przypuszczenie, że wydzielanie faz A (γ' -Fe₁₁N ?), B (α'' -Fe₁₆N₂ ?) następuje podczas wyżarzania przedmiotów żelaza w stosie ciałopalnym²¹, jeśli oczywiście metal zawiera odpowiednie ilości azotu w roztworze. Okazuje się, że wydzielen tych nie obserwuje się w przedmiotach żelaznych pochodzących z osad (zbadano do chwili obecnej okazy z 13 osad z okresu późnolateńskiego i rzymskiego).

Należy z kolei rozpatrzyć pochodzenie zbadanych przedmiotów żelaznych ze Stradowa. Nóż nr 3, wykonany z żelaza dymarskiego o dość wysokiej zawartości niklu, należy raczej uznać za import spoza ziem Polski.

Natomiast bardzo interesujący jest fakt obecności w zbadanych materiałach ze Stradowa tak dużej ilości wyrobów z żelaza wysokofosforowego (grupa pierwsza). Przedmioty tego rodzaju występują wprawdzie na ziemiach Polski już znacznie wcześniej, jednak w ilościach niewielkich; w okresie halsztackim i wczesnolateńskim udział przedmiotów o zawartości powyżej 0,20% P wynosi zaledwie 8,6%²². W kulturze przeworskiej udział ten jest wprawdzie nieco wyższy i wynosi 16,2% (dla Stradowa — 46,7%), jednak nawet tu przedmioty o wyższej zawartości fosforu pochodzą głównie z okresu rzymskiego (np. Wąsosz Górny, pow. Kłobuck). Natomiast w okresie późnolateńskim przedmioty z żelaza wysokofosforowego występują rzadziej. Tylko w Zgłowiączce, pow. Włocławek, gdzie stwierdzono przetop rudy wysokofosforowej, wśród czterech badanych przedmiotów trzy wykazały bardzo wysoką zawartość fosforu (0,52—0,62% P)²³.

Obecność wyjątkowo licznej grupy wyrobów z żelaza wysokofosforowego w Stradowie zasługuje na szczególną uwagę, nawet jeśli nie wszystkie one pochodzą z jednego ośrodka hutniczego (być może znajdują się wśród nich przedmioty z dwóch ośrodków, różniące się zawartością niklu). W obecnej chwili trudno wskazać, gdzie metal ten był wytapiany. Można przypuszczać, że co najmniej część tych przedmiotów pochodziła z jakiegoś, nie zidentyfikowanego dotychczas ośrodka hutniczego na ziemiach Polski²⁴, chyba południowej, gdzie wytapiano rudę wysokofosforową, zawierającą orientacyjnie 2,1—4,5% P₂O₅²⁵, oraz — według przypuszczenia autora — znaczną ilość Al₂O₃ (ponad 5%).

Z dotychczas znanych pobliskich ośrodków można wymienić okolice Krakowa-

²⁰ W. Köster, L. Bangert, *Die Teilengröße des Einsennitride bei der Ausscheidung aus einen am Kohlenstoff und Stickstoff übersättigten α -Eisen*, *Archiv für Eisenhüttenwesen*, t. 25: 1954, nr 5—6, s. 231.

²¹ J. Piaskowski, *O różnicach cech dawnych wyrobów z żelaza dymarskiego* (w przygotowaniu do druku).

²² J. Piaskowski, *Zagadnienie praoczystyny Słowian w świetle metaloznawczych badań dawnych przedmiotów żelaznych*, „*Acta Archaeologica Carpathica*”, t. 5; 1963 z. 1—2, s. 227.

²³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania starożytnych wyrobów żelaznych z woj. łódzkiego (Zgłowiączka, Głedzianówek, Łódź-Marysin, Kurza, Sobótka, Ciosny)*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 12: 1968, s. 10.

²⁴ Gdyby przedmioty te były importem, musiałyby pochodzić z jakiegoś ogromnego ośrodka hutniczego, skoro występują w tak dużych ilościach. Tymczasem brak danych o istnieniu takiego ośrodka w tej części Europy; w dużych ośrodkach hutniczych przetapiano głównie rudy o niskiej zawartości fosforu.

²⁵ W tym orientacyjnym przeliczeniu przyjęto, że zawartość P₂O₅ w rudzie jest w przybliżeniu zbliżona do zawartości tego składnika w żuźlu dymarskim i oparto się na zależności pomiędzy zawartością fosforu w żelazie i żuźlu podanej w pracy: J. Piaskowski, *Correlation Between the Phosphorus Content in Iron Ore or Slag and That in Bloomery Iron*, „*Archaeologia Polona*”, t. 7: 1965, s. 91.

-Nowej Huty oraz Igołomi, pow. Proszowice, gdzie jednak eksploatowano rudę wysokofosforową o niskiej zawartości Al_2O_3 ²⁶. Znano tam proces nawęglania narzędzi i obróbkę cieplną. Wydaje się jednak, że wytapiano tam zbyt małe ilości żelaza, aby wyroby tego ośrodka mogły w takich ilościach dochodzić do okolic Stradowa.

W osadzie z okresu późnolateńskiego i rzymskiego w Dalewicach, pow. Proszowice, również natrafiono na ślady wytopu żelaza oraz fragmenty żużła dymarskiego²⁷. Żużel ten zawierał dość dużo fosforu (0,99—1,65% P), bardzo wysoka była zawartość Al_2O_3 (17,97%). Ilość zbadanych przedmiotów z tego stanowiska była niewielka i nie można było określić cech wytapianego na miejscu metalu.

Wreszcie możliwe jest, że i w rejonie Gór Świętokrzyskich przetapiano — choć w nieznacznych ilościach — także rudę wysokofosforową: fragment żużła z Kunowa, pow. Opatów, zawierał dość dużo fosforu²⁸. Ta dotychczas jedyna analiza wymaga potwierdzenia dalszymi tego rodzaju analizami przedmiotów.

Niezależnie od tego wydaje się, że przedmiotów ze Stradowa zaliczonych do pierwszej grupy nie można wiązać z ośrodkiem świętokrzyskim, o czym świadczy zupełnie inny ich kształt. Już w podstawowej pracy autora poświęconej świętokrzyskim wyrobom żelaznym²⁹ zwrócono uwagę na charakterystyczny kształt tych przedmiotów. Niektórzy dyskutanci³⁰ wystąpili jednak przeciw tej obserwacji, nie przedstawiając żadnych konkretnych materiałów dowodowych.

Zbadane materiały ze Stradowa są potwierdzeniem tezy autora. Na przykład nóż nr 4 (ryc. 1: 9) oraz fragment nr 1 (ryc. 1: 1), będący najprawdopodobniej częścią noża, posiadają głównie szeroką, w przeciwieństwie do stosunkowo wąskich i smukłych noży „świętokrzyskich”. Podobnie nóż nr 6 (ryc. 1: 15), o zwięźającej się głowni i odgiętym nieco trzonku, także różni się kształtem od noży „świętokrzyskich”.

Znacznie łatwiej wskazać pochodzenie grupy przedmiotów z żelaza niskofosforowego znalezionych w Stradowie. Reprezentują one bowiem cechy żelaza „świętokrzyskiego” i bardzo przekonującym dowodem tego jest charakterystyka porównawcza cech tej grupy oraz wyrobów „świętokrzyskich”³¹, podana w tabeli 3. Pomimo bardziej małej liczebności drugiej grupy przedmiotów ze Stradowa (tylko 7 sztuk), wskutek czego mogłyby wystąpić różnice charakterystyki cech nawet dla przedmiotów o tym samym pochodzeniu, uzyskane liczby dla tej grupy i dla wyrobów „świętokrzyskich” są bardzo podobne.

W tabeli 3 podano także analogiczną charakterystykę pierwszej grupy przedmiotów żelaznych ze Stradowa (wykutyh z żelaza wysokofosforowego). Dane liczbowe, wchodzące w skład tej charakterystyki są zupełnie inne (poza częstotliwością występowania faz A i B) aniżeli analogiczne dane dla wyrobów „świętokrzyskich” i dla przedmiotów grupy drugiej ze Stradowa. Równocześnie pozwala to lepiej oce-

²⁶ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyścizy, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2, Wrocław 1959, s. 18.

²⁷ J. Piaskowski, *Sprawozdanie z metaloznawczyh badań starożytnych przedmiotów żelaznych i żużła z osad w Dalewicach, pow. Proszowice, i Wólki Łasieckiej, pow. Łowicz*, „*Sprawozdania Archeologiczne*”, t. 18: 1966, s. 365.

²⁸ S. Holewiński, *Wczesnorzymski ośrodek hutniczy wzdłuż pasma Łysogórskiego*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2, Wrocław 1958, s. 119.

²⁹ Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych...*, s. 58.

³⁰ Por. R. Peiner, *Przyczynek do problemu metalurgii wczesnohistorycznej i zagadnienia tak zwanego metalu „świętokrzyskiego”*, „*Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*”, t. 10: 1965 z. 1—2, s. 35.

³¹ Oparto się tu na najnowszych wynikach badań cech wyrobów „świętokrzyskich” (Piaskowski, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych...*) nie wprowadzających zresztą żadnych zmian do poprzednich ustaleń (Por. J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych...*, s. 36).

Tabela 3. Porównanie cech wyrobów „świętokrzyskich” i przedmiotów żelaznych grupy pierwszej i drugiej ze Stradowa

Cecha i jej wielkość	Udział procentowy		
	wyrobów „świętokrzyskich” (71 okazów)	przedmiotów żelaznych ze Stradowa	
		grupa pierwsza (7 okazów)	grupa druga (7 okazów)
Zawartość fosforu:			
poniżej 0,06%	56,2	0,00	71,4
powyżej 0,06%	43,8	100,00	28,6
powyżej 0,10%	29,6	100,00	14,3
Zawartość węgla:			
ślady (żelazo)	18,5	71,4	14,3
śl. — 0,3% C (stal miękka)	54,0	28,6	57,1
powyżej 0,3% C	27,5	0,0	28,6
Zawartość niklu:			
ślady (0,00%)	62,5	71,4	71,4
powyżej 0,00%	37,5	28,6	28,6
Fazy A (γ -Fe ₄ N ?)	26,7	28,6	28,6
Fazy B (α "-Fe ₁₆ N ₂)			
Wtrącenia żużla:			
typ A	62,9	28,6	42,8
typ A i inne	37,1	71,4	42,9

nić zbieżność cech obu ostatnich rodzajów metalu. Również częstotliwości występowania różnych typów wtrąceń żużla w przedmiotach grupy drugiej są zbliżone do wielkości wyznaczonych dla wyrobów „świętokrzyskich”. I pod tym względem grupa pierwsza wykazuje inną charakterystykę.

Na podstawie przedstawionej analizy cech można stwierdzić, że przedmioty żelazne ze Stradowa zaliczone do grupy drugiej należy uznać za wyroby „świętokrzyskie”. Były więc one, przynajmniej w przeważającej większości, dziełem świętokrzyskich hutników. Wynik ten nie jest zresztą zaskakujący, przeciwnie, pokrywa się całkowicie z dotychczasowymi badaniami. Przedmioty żelazne z okresu lateńskiego z ziemi kieleckiej, jak: kółko, fragment drutu i bransoleta z Radomia-Wośników oraz grot włóczni z Grójca, pow. Opatów, oraz pochodzące z pobliskich terenów ziemi krakowskiej, np. miecz z Iwanowic, pow. Miechów, wykazały również cechy wyrobów „świętokrzyskich”³².

Duży udział wyrobów „świętokrzyskich” w materiałach z cmentarzyska w Stradowie jest również zgodny z dotychczasowymi badaniami wskazującymi, że wyroby te są pospolite nawet w okresie wcześniejszym. Nie jest to bynajmniej sprzeczne ze stanem badań archeologicznych w rejonie Gór Świętokrzyskich. Trzeba tu jednak zwrócić uwagę, że wysoki udział wyrobów nie oznacza wielkiej produkcji w liczbach bezwzględnych. Przykładem niezrozumienia różnicy między tymi pojęciami jest ro-

³² Piaskowski, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych...*

kiego w okresie halsztackim pisał: „gdyby tak było ... to w rejonie Gór Świętokrzysko-pleinera, który krytykując hipotezę początków hutnictwa świętokrzyskich (a ściślej — w pobliżu złoza w Rudkach) musiałyby istnieć liczne i bogate pozostałości produkcji z okresu halsztackiego i halsztacko-lateńskiego. Logicznie rzecz biorąc, powinny one być niewiele mniejsze niż pozostałości z okresu rzymskiego”³³.

Otóż właśnie, logicznie biorąc, powinno być zupełnie inaczej. Produkcja żelaza w Górach Świętokrzyskich stopniowo wzrastała od zera poprzez ilości nieznaczące w liczbach bezwzględnych. Ale w tym czasie produkcja żelaza w innych ośrodkach, jak ewentualnie powstawały, była jeszcze mniejsza. Stąd nawet przy niskich liczbach bezwzględnych udział wyrobów świętokrzyskich był wysoki. Materiały archeologiczne poświadczają, że ilości przedmiotów żelaznych znajdowane na cmentarzyskach kultury łużyckiej czy pomorskiej lub grobów kloszowych są zupełnie znikome w porównaniu z ilościami wyrobów z żelaza w cmentarzyskach kultury przeworskiej. Dowodzi to ilościowego wzrostu produkcji żelaza, zwłaszcza w okresie późnolateńskim, zarówno w rejonie Gór Świętokrzyskich jak i w innych ośrodkach hutniczych rozproszonych na ziemiach Polski, co znajduje potwierdzenie w danych archeologicznych³⁴.

Uwzględniając ilości wyrobów żelaznych na pobliskich cmentarzyskach, K. Bielenin tak oceniał wielkość produkcji żelaza świętokrzyskiego: „O tym, że produkcja tego metalu już w okresie lateńskim musiała być znacznie większa, niż zaświadczały odkryte w sumie kilkunastu okazów piece z Gardzienic, wskazuje chociażby duża ilość materiałów żelaznych z cmentarzyska w Bioniu, pow. Sandomierz. Materiały te po przeprowadzonych badaniach i analizie metalograficznej okazują się również pochodzenia świętokrzyskiego”³⁵.

Wśród zbadanych przedmiotów żelaznych ze Stradowa zaliczonych do grupy wyrobów „świętokrzyskich” znalazł się nóż nr 2, z charakterystyczną zwążającą się głownią i trzonkiem zakończonym uchem (ryc. 1: 4). Nóż o analogicznym kształcie, charakterystycznym dla zabytków celtyckich, pochodzący ze Steinsburga koło Römheld, zbadał H. Hannemann³⁶.

Poza tym podobny nóż, z osady w Nowej Cerekwi, pow. Giubczyce³⁷, wykuty był z żelaza o dość niskiej zawartości fosforu (0,08% P), a następnie — jak można sądzić — nawęglony w celu utwardzenia i poddany obróbce cieplnej.

Nóż nr 2 ze Stradowa, wykonany z niskofosforowej miękkiej stali, wykazał cechy starożytnego żelaza „świętokrzyskiego”. Nie jest to zresztą pierwszy przypadek, że przedmiot żelazny o kształcie charakterystycznym dla plemion celtyckich wykazuje cechy żelaza „świętokrzyskiego”. Późnolateńska siekierka z czworokątną tuleją z Nowej Huty-Wyciąża wykonana była także z metalu o cechach „świętokrzyskich”³⁸.

Na podstawie jednego, czy dwóch przedmiotów nie można oczywiście wysuwać jakichś ogólnych wniosków. Nie wiadomo, czy zbieżność cech nie jest przypadkowa. W każdym razie na zjawisko to należy zwrócić uwagę i poddać badaniom jeszcze

³³ R. Pleiner, *O metodzie identyfikacji żelaza w znaleziskach archeologicznych. Uwagi na temat polemiki z doc. J. Piaskowskim*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, t. 12: 1967 z. 1, s. 115.

³⁴ L. Rauhut, *Studia i materiały do historii starożytnego i wczesnośredniowiecznego hutnictwa żelaza w Polsce*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 1, Wrocław 1957, s. 183.

³⁵ K. Bielenin, *Łysogórski okręg górniczo-hutniczy z okresu wpływów rzymskich*, „Rocznik Świętokrzyski”, t. 1: 1962, s. 107.

³⁶ H. Hannemann, *Metallographische Untersuchungen einiger altkeltischer Eisenfunde von Steinsburg*, „Praehistorische Zeitschrift”, t. 13: 1921—1922, s. 94.

³⁷ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z Sobocińska, Nowej Cerekwi i Kościelisk* (w przygotowaniu do druku).

³⁸ Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych...*, s. 23.

kilka przedmiotów o tym samym kształcie (a więc zarówno noży z trzonkiem zakończonym uchem, jak i siekierek z czworokątną tuleją), znalezionych na ziemiach Polski. Dopiero wtedy, gdy okaże się, że znajdują się wśród nich w dość znacznej ilości okazy o cechach „świętokrzyskich”, można będzie twierdzić, że w ośrodku świętokrzyskim w okresie lateńskim produkowano wyroby o kształtach, charakterystycznych dla Celtów ze Śląska i z terenu Czechosłowacji.

JERZY PIASKOWSKI

REPORT ON THE METALLOGRAPHIC EXAMINATION OF IRON OBJECTS
FROM THE LATE LA TÈNE CEMETERY AT STRADÓW, DISTRICT OF
KAZIMIERZA WIELKA

Fifteen iron objects from the Late La Tène cemetery at Stradów, Kazimierza Wielka district, were submitted to metallographic examination: They included 6 knives, 3 buckles, 2 brooches, 2 fragments, a knife-case mounting and an awl. In the investigations metallographic observations with the classification of grain size, the microhardness measurements of the structural components and the hardness measurements of metal were employed. Quantitative and qualitative (spectrographic) chemical analysis was also carried out.

The objects examined can be divided into two groups. Knife no. 3 made from iron containing 3.05% Ni represents a different type of metal. Since iron ores which were exploited in Poland in antiquity did not contain such a high amount of nickel, this knife should be regarded as an import. In the author's view, the metal used was not of meteoric origin but was gained by reducing iron-nickel ores.

The first group includes 7 objects (46.7%) made from iron with little or none carbon (the carbon content did not exceed 0.3% C, but in most cases the structure of metal was purely ferritic), yet with high phosphorus content (0.26—0.54% P). This group includes fragments nos. 1 and 2, knife no. 4 and the mounting, knife no. 6, and buckles nos. 2—3.

This metal was obtained from iron ores with a high phosphorus content. The origin of these objects from one production centre is not quite certain; In any case their ratio (46.7%) is very high when compared with that noted on other sites of the Przeworsk culture. These finds are the earliest evidence for the substantial production of iron with a high phosphorus content in Polish territories. The production centre has not been identified.

Knife no. 4 seems to have been welded from three layers: the central showing a structure composed of ferrite and cementite on the grain limits (steel), and the two external layers being from iron with ferritic structure. The technology of this kind was very rarely employed in Poland before the 6th century A.D.

The second group includes the remaining 7 objects (46.7%): knives nos. 1, 2, and 5, the awl, brooches nos. 1 and 2 and belt buckle no. 1; one of the knives showed traces of heat treatment. The objects were made from iron with a low phosphorus content (0.005—0.18% P) and with different original carburization (mostly 0.1—0.3% C), these features being typical of the ancient iron from the Świętokrzyskie Mountains centre. This is confirmed by the quantitative comparison of the peculiarities of group II from Stradów with those of the objects produced in the Świętokrzyskie Mountains centre (table 3). The occurrence of numerous products from this centre is a distinctive feature of the Przeworsk culture sites.