

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH
Z SOBOCISKA, NOWEJ CEREKWI I KOŚCIELISK

Pierwsze prace nad technologią wyrobów żelaznych na Dolnym Śląsku opublikował W. Hołubowicz¹ na podstawie metaloznawczych badań materiałów z wczesnośredniowiecznego Opola, przeprowadzonych przez R. Haimanna z Politechniki Wrocławskiej. Szczegółowe wyniki analityczne tych badań nie ukazały się jednak dotychczas drukiem, nie mniej jednak syntetyczne opracowania W. Hołubowicza pozwalają na orientację w technologii wyrobów żelaznych na ziemiach Śląska w okresie wczesnego średniowiecza.

W ramach prac Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN autor niniejszego opracowania przeprowadził badania 27 przedmiotów żelaznych z okresu lateńskiego i rzymskiego z terenów Dolnego Śląska. Były to materiały pochodzące z cmentarzysk celtyckich w Karnczej Górze, pow. Wrocław, Sobociska, pow. Oława, i Głownina, pow. Strzelin (10 okazów)², oraz przedmioty z cmentarzysk kultury przeworskiej w Sławie, pow. Wschowa, Bełczach, pow. Zielona Góra, Serbach i Nosocicach, pow. Głogów, oraz w Chobieni i Strupinie, pow. Wołów (17 okazów)³. Nieco więcej materiałów zbadano z terenów Śląska Opolskiego: 32 okazy z 11 stanowisk (Pietraszyn i Grzegorzowice, pow. Racibórz, Reńska Wieś, pow. Koźle, oraz Nowa Wieś, Rogów, Tarnów, Krapkowice, Groszowice, Szczedrzyk, Turawa i Popielów, pow. Opole)⁴.

¹ W. Hołubowicz, *Opole w wiekach X—XII*, Katowice 1956, s. 150.

² J. Piaskowski, *Badania żelaznych wyrobów celtyckich z Karnczy, Sobociska i Głownina (Dolny Śląsk)*, „Silesia Antiqua”, t. 3: 1960, s. 88.

³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu późnolateńskiego i rzymskiego znalezionych na Dolnym Śląsku*, „Silesia Antiqua”, t. 4: 1962, s. 198. Opublikowane w tej pracy wyniki należy uzupełnić przeprowadzonymi dodatkowo analizami. Nóż ze Sławy, pow. Wschowa, zawierał 0,01% Mn, 0,102% P i 0,04% Ni; grot włóczni nr 1 z Nosocic, pow. Głogów — 0,102% P; nóż nr 2 ze Strupiny, pow. Wołów — 0,03% Mn, 0,074% P i 0,00% Ni. Ponadto we wszystkich okazach analiza spektrograficzna wykazała — obok innych wymienionych w artykule domieszek — także obecność miedzi i niklu, a w tabeli 1 zamiast Mp powinno być Mo. Poza tym wyniki badań metaloznawczych przedmiotów żelaznych znalezionych na Dolnym Śląsku z okresu halsztackiego i wczesnolateńskiego opublikowano w pracach: J. Piaskowski: *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku*, „Przegląd Archeologiczny”, t. 12: 1960, s. 124; tenże, *Dalsze badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych z Wielkopolski i Śląska z okresu halsztackiego*, „Fontes Archaeologici Posnanienses”, t. 13: 1962, s. 217.

⁴ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego z okresu wpływów rzymskich*, „Przegląd Archeologiczny”, t. 15: 1963, s. 134; tenże, *Technologia żelaza na Śląsku Opolskim w II—V wieku naszej ery*, „Hutnik”, t. 7: 1961 nr 12, s. 462; tenże, *Cechy starożytnych wyrobów świętokrzyskich w świetle badań materiałów ze Śląska Opolskiego i z Zadowic, pow. Kalisz*, „Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa”, t. 6: 1963, s. 152.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań dalszych 15 przedmiotów żelaznych z Sobociska, pow. Oława, Nowej Cerekwi, pow. Głubczyce, i Kościelisk, pow. Olesno, uzyskanych z Zakładu Archeologii Śląska Instytutu Historii Materialnej PAN we Wrocławiu. Za udostępnienie materiałów do badań autor składa podziękowanie doc. dr H. Hołubowiczowej.

METODY BADAŃ I SPOSÓB ZESTAWIENIA WYNIKÓW

Podobnie jak w innych pracach autora, badania przedmiotów żelaznych obejmowały ilościową i jakościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne oraz pomiary mikrotwardości i twardości metalu.

Zawartość niklu i miedzi przeprowadzano metodą fotometryczną. Wielkość naważek przy oznaczaniu miedzi jest stosunkowo wysoka (4 g) i w badaniach trzeba ją było obniżyć do 2,5 g. Powodowało to zmniejszenie dokładności analizy i stąd wynik około 0,02% Cu może mieć raczej charakter jakościowy, sygnalizujący obecność śladów miedzi, które — jak wskazuje analiza spektrograficzna — zawsze występują w żelazie dymarkowym. Metodę fotometryczną stosowano także do oznaczenia fosforu, gdy ilość tej domieszki była niewielka; w przypadku żelaza wysokofosforowego

Tabela 1. Lokalizacja oraz wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych

Lp.	Nazwa przedmiotu	Miejscowość	Lokalizacja	Ciężar okazu G	Zawartość (%)	
					P	S
1	Bransoleta	Sobocisko, pow. Oława	grób nr 5/52	29,2	0,04	0,013
2	Nóż	Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce	dom nr 3	55,5	0,080	
3	Fragment		„ „	37,4	0,275	0,004
4	Szydło nr 1		„ „	17,0	0,086	
5	Szydło (?) nr 2		„ „	1,6		
6	Pierścień		dom nr 4	5,8	0,282	
7	Fragment nr 1	Kościelisko, pow. Olesno	jama 36	4,7	0,95 s	
8	Fragment nr 2		jama 39	27,1	0,02	
9	Fragment nr 3		jama 53	60,1	0,037	0,008
10	Nóż		jama 53/A	3,6	0,03	
11	Sierp nr 1 (fragm.)		jama 53/C	69,2	0,015	
12a	Fragment nr 4a		jama 53/F	100,1	0,85	0,003
12b	Fragment nr 4b		„ „	101,2	0,55	0,013
13	Sierp nr 2 (fragm.)		jama 98	11,9	0,025	
14	Sierp nr 3 (fragm.)		ar 4	8,8	0,015	0,011
15	Ostroga	ar 28	19,7	0,35		

* Oprócz tego: Fe, C, Si, Mn, P, S oraz Al, Ca, Cu, Mg, Ni,

stosowano metodę miareczkową. Zawartość siarki oznaczano przez spalanie. Dla określenia zawartości węgla oparto się na przybliżonej ocenie metalograficznej.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzono przy użyciu spektrografu ISP-22, wzbudzając łuk pomiędzy dwoma próbkami tego samego materiału. Przy wynikach analizy spektrograficznej, podanych w tabeli 1, pominięto obecność węgla, krzemu, manganu, fosforu i siarki, występujących zawsze w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego, oraz aluminium, magnezu, miedzi, niklu i wapnia, których obecność stwierdzono we wszystkich zbadanych okazach. W kolumnach zawierających wyniki analizy jakościowej znak „+” określa wyraźnie stwierdzoną obecność domieszki, natomiast znak „0” świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka.

Strukturę metalu określano pod mikroskopem metalograficznym przy powiększeniu 100 i 500; próbki trawiono roztworem 4% kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Wraz z oceną struktury określano wielkość ziarna metalu, posługując się polską normą PN-56/H-04507.

Na zgładach metalograficznych badano mikrotwardość poszczególnych składników struktury, posługując się aparatem Hanemanna i stosując przy tym obciążenia 50 G w ciągu 15 sekund. Każdy wynik jest średnim z pięciu pomiarów.

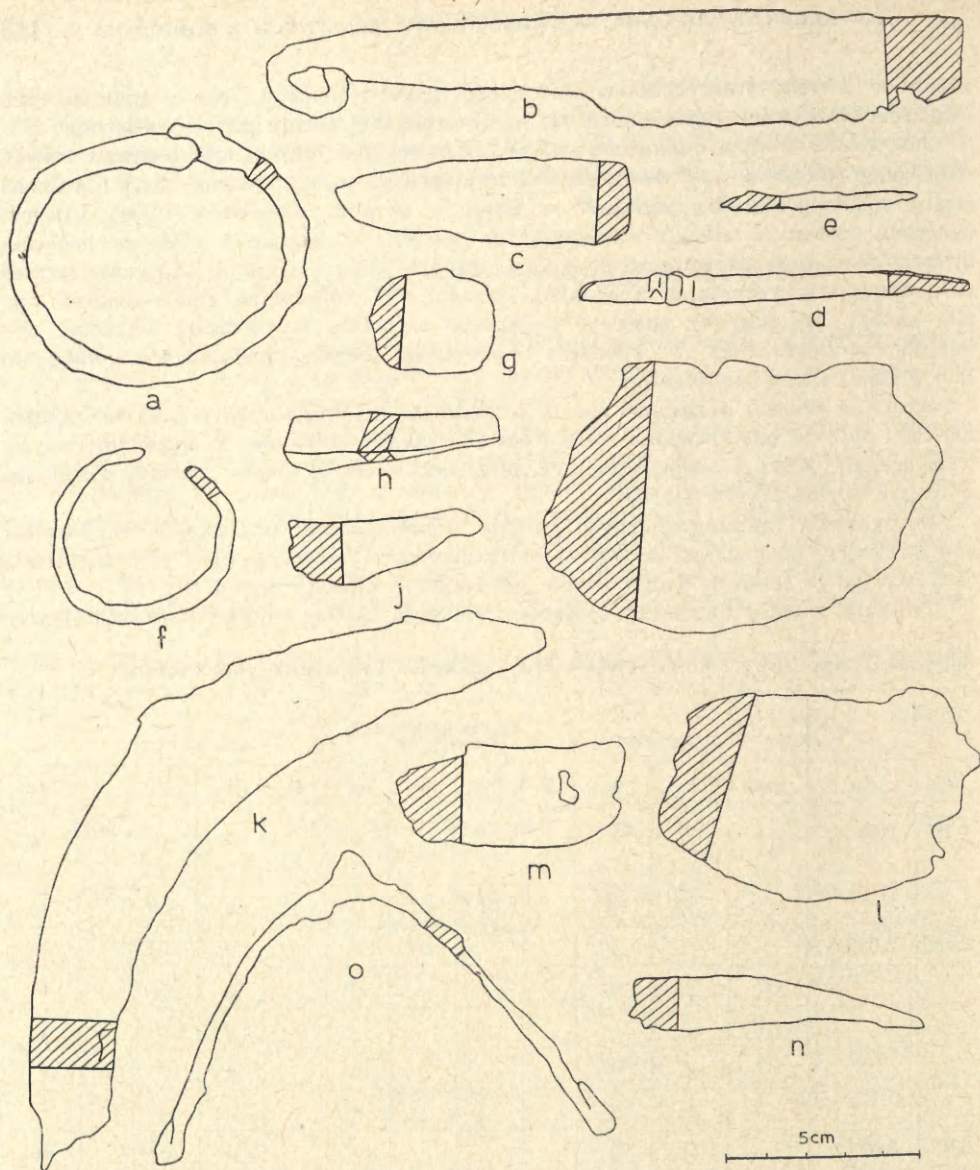
Twardość metalu określano sposobem Vickersa (polska norma PN/H-04360) przy

Sobzociska, pow. Oława, Nowej Cerekwi, pow. Głubczyce, i Kościelisk, pow. Olesno

Analiza jakościowa*

Ni	Cu	Ag	As	Ba	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn
0,14	0,02 (?)		+	o		o?		o		o	o		o
			+	o		o?	o?	o		o	o?		
ślady	0,02 (?)		+	+			o?	o		o	o?		+
		o?	+	+				+		o	+	o	+
		o?	+	+						o	+	o	+
		o?	+	+				o		o		o	+
			+	+				o		o	o		+
0,01	0,02 (?)		o	+				o		o	o		+
0,16	0,08		+	o		o?		o		o	o		o
			+	+				o	+	o	o		o
0,07	0,06		o	o				o		o	+		o
0,00	0,00		+	+				o		o	o		+
0,00	0,00		+	+				o		o	o		+
0,04			o	o				o		o	o		o
0,09			o	o				o		o	o		+
0,00			+	+				o		o	o		+

które występowały we wszystkich próbach.



Ryc. 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych (zaszrafiowano miejsca pobrania próbek):

a — Sobocisko, pow. Olawa, bransoleta; *b-f* — Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce: *b* — nóż, *c* — fragment, *d* — sztych nr 1, *e* — sztych(?) nr 2, *f* — pierścień; *g-o* — Kościeliska, pow. Olesno: *g* — fragment nr 1, *h* — fragment nr 2, *i* — fragment nr 3, *j* — nóż, *k* — sierp nr 1 (fragm.), *l* — fragment nr 4a i 4b, *m* — sierp nr 2 (fragm.), *n* — sierp nr 3 (fragm.), *o* — ostroga

Iron objects submitted to investigations (places from which samples were taken are hatched):

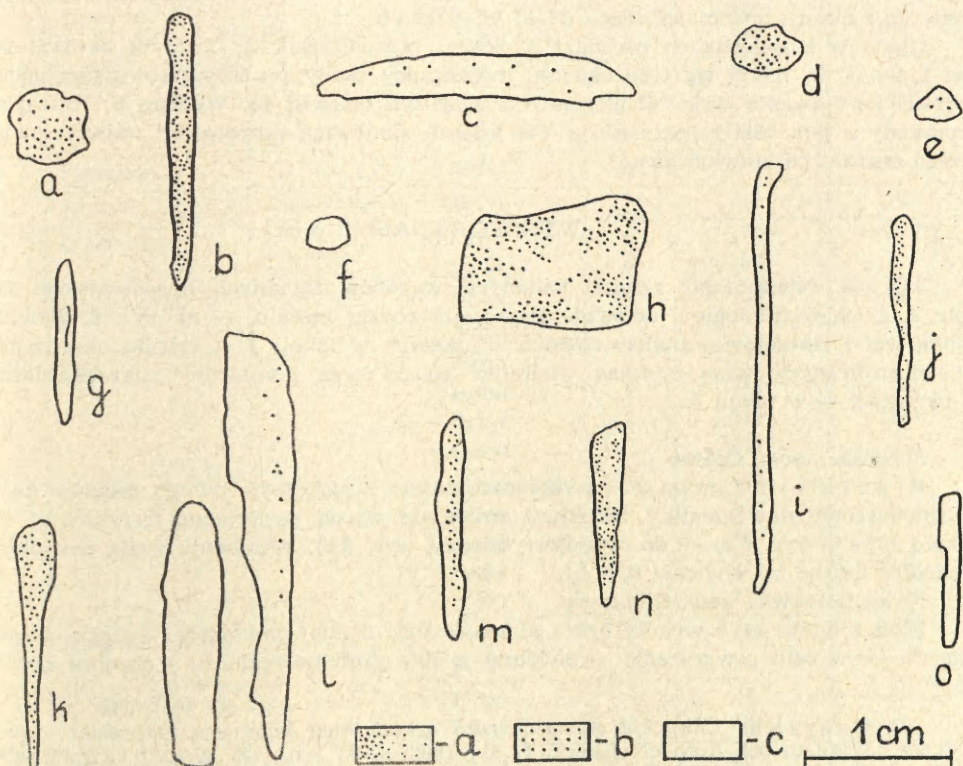
a — Sobocisko, district of Olawa, bracelet; *b-f* — Nowa Cerekwia, district of Głubczyce (*b* — knife; *c* — fragment; *d* — awl no. 1; *e* — awl (?) no. 2; *f* — ring); *g-o* — Kościeliska, district of Olesno (*g* — fragment no. 1; *h* — fragment no. 2; *i* — fragment no. 3; *j* — knife; *k* — sickle no. 1 (fragment); *l* — fragments no. 4a and 4b; *m* — sickle no. 2 (fragment); *n* — sickle no. 3 (fragment); *o* — spur

obciążeniu 10 kG trwającym 15 sekund. Każdy wynik jest średnim z 2—4 pomiarów.

Przedstawiając wyniki badań w zestawieniach rysunkowych oparto się na sposobie zastosowanym przez B. A. Kołczina⁵. Na ryc. 1 podano szkice badanych okazów wraz z określeniem miejsca wycięcia próbek do badań metalograficznych. Na ryc. 2 przedstawiono technologię badanego okazu i umownie oznaczony rodzaj metalu użytego do wyrobu przedmiotu na tle zglądu metalograficznego. Te szkice zglądu metalograficznego wykonywano zawsze pod kątem 90° do płaszczyzny przedmiotów przedstawionej na ryc. 1.

Materiały z Sobociska i Nowej Cerekwi były badane po uprzednim zakonserwowaniu, natomiast okazy z Kościelisk — przed konserwacją. Te ostatnie były silnie skorodowane i przy pobieraniu próbek znaczna ilość zgorzeli uległa rozkruszeniu.

Materiał ilustracyjny uzupełniają mikrofotografie struktury metalu.



Ryc. 2. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych: a — żelazo nawęgl.; b — stal; c — żelazo

a — Sobocisko, pow. Olawa, bransoleta; b-f — Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce: b — nóż, c — fragment, d — szydło nr 1, e — szydło(?) nr 2, f — pierścień; g-o — Kościeliska, pow. Olesno: g — fragment nr 1, h — fragment nr 2, i — fragment nr 3, j — nóż, k — sierp nr 1, l₁ — fragment nr 4a, l₂ — fragment nr 4b, m — sierp nr 2, n — sierp nr 3, o — ostroga

Technology of the iron objects submitted to investigations: a — carburized iron; b — steel; c — iron (for other explanations see fig. 1)

⁵ B. A. Kołczin, *Czarnaż metalurgia i metaloobrobka w diewniej Rusi*, „Materiały i Issledowanija po Archiologii SSSR”, t. 32: 1963, s. 73.

ZESTAWIENIE ZBADANYCH MATERIAŁÓW

Do badań przeznaczono bransoletę z cmentarzyska w Sobocisku, pow. Oława, nóż, dwa szydła i pierścień z osady w Nowej Cerekwi, pow. Głubczyce, oraz cztery nieokreślone fragmenty żelazne, dwa sierpy i nóż z różnych jam z Kościelisk, pow. Olesno. Ponadto z materiałów luźno znalezionych (pomiędzy jamami) z tego ostatniego stanowiska zbadano dalszy sierp oraz ostrogę o kształcie charakterystycznym dla wczesnej fazy wczesnego średniowiecza.

Cmentarzysko celtyckie w Sobocisku, pow. Oława, znane jest od wielu lat; ostatnio datowaniem materiałów z tego stanowiska (m. in. grobu nr 5, z którego pochodzi badana bransoleta), zajmowali się B. Czerska i Z. Woźniak⁶; wg tego ostatniego badacza grób 5 należy do fazy B₂ okr. lateńskiego (ok. 2 poł. III w. p.n.e.).

Prace archeologiczne w Nowej Cerekwi prowadziła B. Czerska, odsłaniając osadę celtycką z okresu późnolateńskiego (II—I w. p.n.e.)⁷.

Osada w Kościeliskach pochodzi z okresu późniejszego. Z. Trudzik datował ją na 1 poł. V w. n.e.⁸; wg tego badacza mieszkańcy osady po stosunkowo niedługim okresie użytkowania wskutek nieznanych przyczyn opuścili ją. Według F. Hufnagla materiały z jam miały pochodzić z VII wieku, stanowiąc pozostałość najwcześniejszego osadnictwa słowiańskiego⁹.

WYNIKI BADAŃ

Jak już wspomniano, rysunki badanych wyrobów żelaznych przedstawiono na ryc. 1, a ich technologię i umownie oznaczony rodzaj metalu — na ryc. 2. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej podano w tabeli 1, a wyniki obserwacji metalograficznych wraz z oceną wielkości ziarna oraz pomiarów mikrotwardości i twardości — w tabeli 2.

Sobocisko, pow. Oława

Bransoleta z grobu 5/52 wykonana została z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu¹⁰. Struktura zmieniała się od perlityczno-ferrytycznej — około 0,7% C (ryc. 3 a) — do czystoferrytycznej (ryc. 3 b). Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce

Nóż z domu nr 3 wykuty był z żelaza o dość niskiej zawartości fosforu, a następnie — w celu utwardzenia — poddany z obu stron nawęgleniu i obróbce ciepl-

⁶ B. Czerska, *Celtyckie cmentarzysko szkieletowe koło wsi Sobocisko, pow. Oława*, „Wiadomości Archeologiczne”, t. 31: 1966, s. 93 i n.; Z. Woźniak, *Osadnictwo celtyckie w Polsce*, Wrocław 1970, s. 58 i *passim*.

⁷ B. Czerska, *Osada z okresu późnolateńskiego koło Nowej Cerekwi w powiecie Głubczyce*, „Archeologia Śląska”, t. 3: 1959, s. 25. Por. także okresowe sprawozdania tej autorki na temat prac wykopaliskowych w Nowej Cerekwi, publikowane w „Śląskich Sprawozdaniach Archeologicznych”, nr 1: 1958; nr 2: 1959; nr 3: 1960; nr 4: 1961; nr 5: 1962.

⁸ Z. Trudzik, *Osada z V w. n.e. w Kościeliskach, pow. Olesno Śląskie*, „Archeologia Śląska”, t. 3: 1959, s. 69. Por. także okresowe sprawozdania Z. Trudzika z dalszych prac wykopaliskowych w Kościeliskach, zamieszczone w „Śląskich Sprawozdaniach Archeologicznych”, nr 2: 1959 i nr 3: 1960.

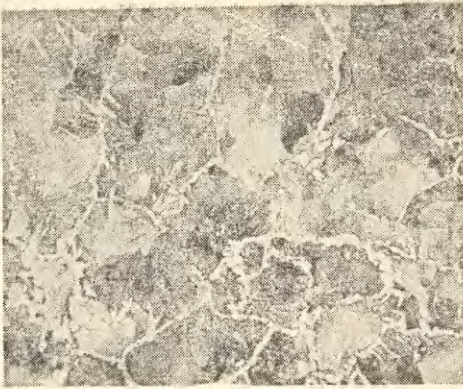
⁹ F. Hufnagel, *Eine Siedlung der guttentager Kultur in Hedwigstein, Kr. Rosenberg, „Altschlesien”*, t. 9: 1940, s. 110.

¹⁰ Obszerniej o różnicach w terminologii dotyczącej żelaza i stali zob. a nek s.

Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości

L. p.	Nazwa przedmiotu	Miejscowość	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	Bransoleta	Sobocisko, pow. Olawa	feryt	6	170	91,6–156
			perlit	4	235	
2	Nóż	Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce	feryt	7	210	
			sorbit		389	
3	Fragment		feryt	5	267	
		feryt	7	205		
		perlit	*			
4	Szydło nr 1		feryt	8	199	189
			perlit sorb.	6	319	
5	Szydło (?) nr 2		feryt	5	235	193
			feryt	8	228	
			perlit	6	298	
6	Pierścień		feryt	6	194	181
7	Fragment nr 1		Kościelisko, pow. Olesno	feryt	1	263
8	Fragment nr 2		feryt	6	170	165–228
			perlit	5	235	
9	Fragment nr 3		feryt	5	152	134
10	Nóż		cementyt?			222
			feryt	8	179	
			sorbit	7	354	
			feryt	8	216	
11	Sierp nr 1		sorbit	7	347	239
			martenzyt		892	
			troostyt		403	
			sorbit		303	
			perlit		251	
12a	Fragment nr 4a		feryt		222	203
			feryt	1	...	
12b	Fragment nr 4b		feryt	5	243	181–226
			feryt	5	182	
13	Sierp nr 2		feryt		169	176
			perlit. sorb.		237	
14	Sierp nr 3		feryt	6	170	151,4
			bainit		374	
			cementyt			254
			feryt	6	166	
15	Ostroga		bainit		382	156
			feryt	4	175	
			feryt	7	179	

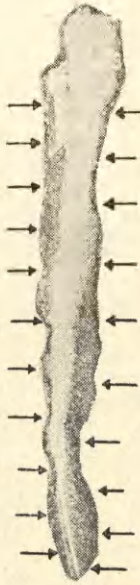
* ślady.



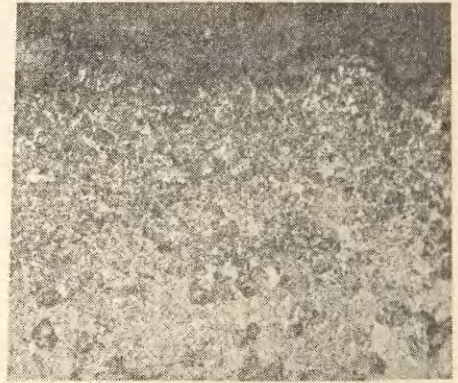
a



b



c



d



e

Ryc. 3 Struktury przedmiotów żelaznych:

a, b — Sobocisko, pow. Olawa, bransoleta: *a* — struktura części silniej nawęglonej, pow. 100 \times , *b* — struktura części słabiej nawęglonej, pow. 100 \times ; *c-e* — Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce, nóż: *c* — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 5 \times , *d* — struktura części nawęglonej, pow. 100 \times , *e* — struktura części środkowej, pow. 100 \times .
Wszystkie próbki trawione azotalem

a-b — Sobocisko, district of Olawa, bracelet (*a* — structure of the more strongly carburized part, $\times 100$; *b* — structure of the less strongly carburized part, $\times 100$); *c-e* — Nowa Cerekwia, district of Głubczyce, knife (*c* — structure on the cross-section, $\times 5$; *d* — structure of the carburized part, $\times 100$; *e* — structure of the central part, $\times 100$). All samples were nital etched.

nej (ryc. 3 c). Strukturę części nawęglonej podano na ryc. 3 d, a części środkowej noża (drobnoziarnisty ferryt) — na ryc. 3 e. Wtrącenia żużła posiadały prawie wyłącznie jasne zabarwienie, zwykle otoczone były czarnym obrzeżem (typ C).

Pochodzący z tegoż domu fragment żelazny wykazał strukturę ferrytyczną; obok ziaren dość dużych obserwowano części drobnoziarniste, w których dały się zauważyć także ślady perlitu (ryc. 4 a). Wtrącenia żużła posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), zaobserwowano jednak pojedyncze wydzielenia o strukturze dwufazowej (typ B).

Szydło nr 1, także z domu nr 3, wykonane było z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu i dość niskiej zawartości fosforu (ryc. 4 b); strukturę metalu podaje ryc. 4 c. W częściach silniej nawęglonych obserwowano strukturę składającą się z perlitu sorbitycznego i ferrytu na granicach ziaren (zawartość węgla ok. 0,7% C), a w częściach słabiej nawęglonych — drobnoziarnisty ferryt i niewielkie ilości perlitu (zawartość węgla ok. 0,2% C). Wtrącenia żużła posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Zachowany w domu nr 3 w postaci ułamka pręt, będący przypuszczalnie szydłem (nr 2), wykazał strukturę ferrytyczną o różniących się nieco wielkością ziarnach (ryc. 4 d); w jednym miejscu zaobserwowano nieznaczne nawęglenie, sięgające do ok. 0,1% C (ryc. 4 e). Z powodu niewielkich wymiarów przedmiotu nie udało się wykonać analizy chemicznej metalu. Bardzo drobne wtrącenia żużła wykazywały przypuszczalnie jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Pierścień z domu nr 4 wykazał strukturę ferrytyczną (ryc. 4 f), zawartość fosforu w żelazie była dość znaczna. Niezbyt liczne i bardzo drobne wtrącenia żużła miały przypuszczalnie jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Kościeliska, pow. Olesno

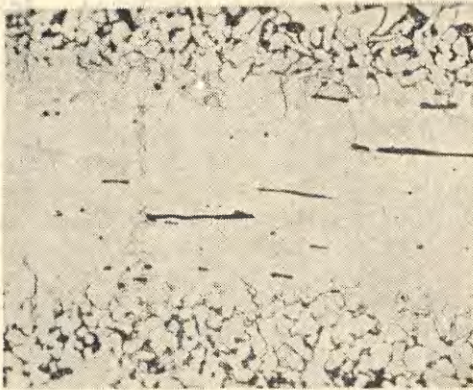
Fragment nr 1 z jamy 46 (V w. n.e.)¹¹, będący — być może — ułamkiem surowego żelaza, wykazał strukturę ferrytyczną o dużym ziarnie oraz wtrącenia żużła o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) (ryc. 5 a). Zawartość fosforu w metalu była bardzo wysoka.

Fragment nr 2 z jamy 39 (VI w. n.e.) był najpewniej ułamkiem półfabrykatu; przedmiot wykonany był z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 5 b), zmieniającego się od około 0,6% C (ryc. 5 c) do około 0,1% C (ryc. 5 d). Obok wtrąceń o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia o strukturze dwufazowej, zawierające zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy na ciemnym tle (typ D1) (ryc. 5 e).

Nie spotykaną strukturę obserwowano we fragmencie nr 3 z jamy 53 (poł. V w. n.e.); obok ziaren ferrytu widoczne były częściowo skoagulowane wydzielenia węglików (ryc. 5 f). Wtrącenia żużła posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A). Struktura ta wskazuje ślady obróbki cieplnej, którą jednak trudno określić dokładnie.

Technologia noża z jamy 53/A (V w. n.e.) była trudna do określenia. Najprawdopodobniej wykonano go z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 6 a). Struktura składała się z perlitu sorbitycznego i ferrytu (ryc. 6 b); wtrącenia żużła wykazywały jednolite czarne zabarwienie (typ A). Występujące w pobliżu powierzchni nawęglenie nasuwało przypuszczenie, że mogło ono być wy-

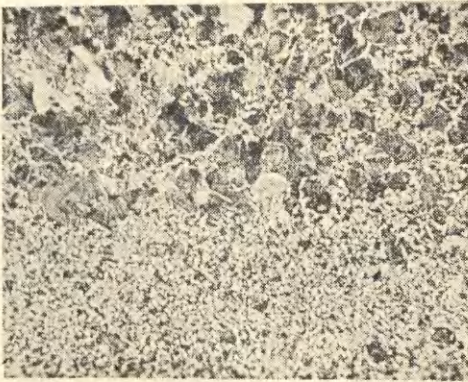
¹¹ Datowanie poszczególnych jam na podstawie informacji uzyskanych od dr. Z. Trudziaka.



a



b



c



d



e



f

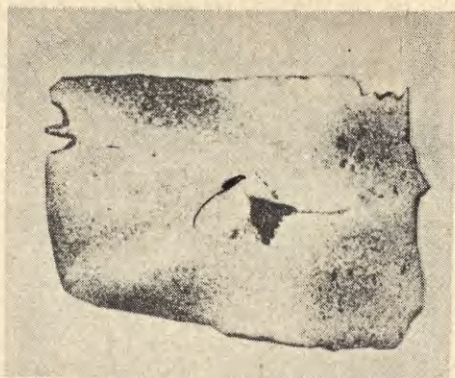
Ryc. 4. Struktury przedmiotów żelaznych:

Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce: a — fragment, struktura, pow. 100 ×; b, c — szydło nr 1: b — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 12,5 ×, c — struktura, pow. 100 ×; d, e — szydło nr 2(?): d — struktura, pow. 100 ×, e — struktura, pow. 500 ×; f — pierścień, struktura, pow. 500 ×. Wszystkie próbki traw. azotalem

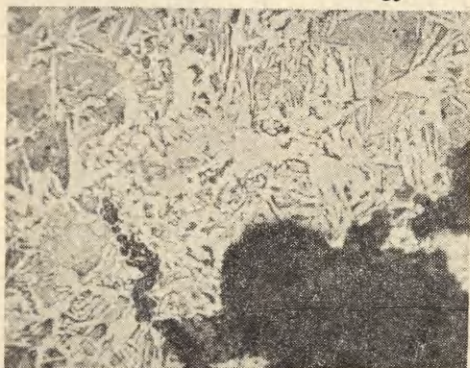
a — fragment, structure, × 100; b, c — awl no. 1 (b — structure on the cross section, × 12,5; c — structure, × 100); d, e — awl no. 2 (?) (d — structure, × 100; e — structure, × 500); f — ring, structure, × 500. All samples were nital etched



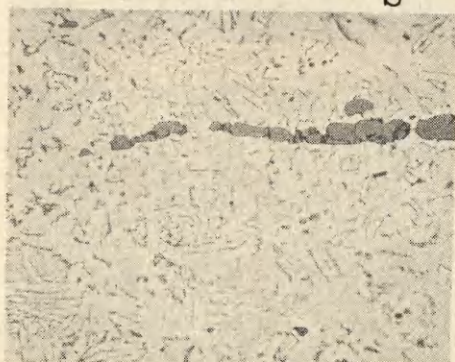
a



b



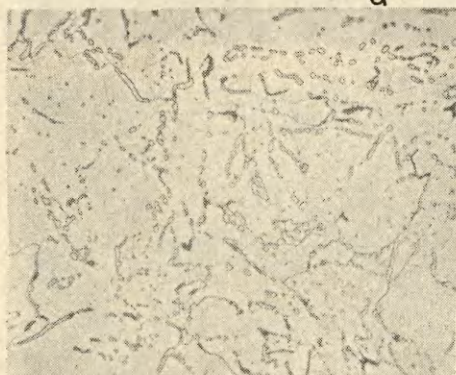
c



d



e

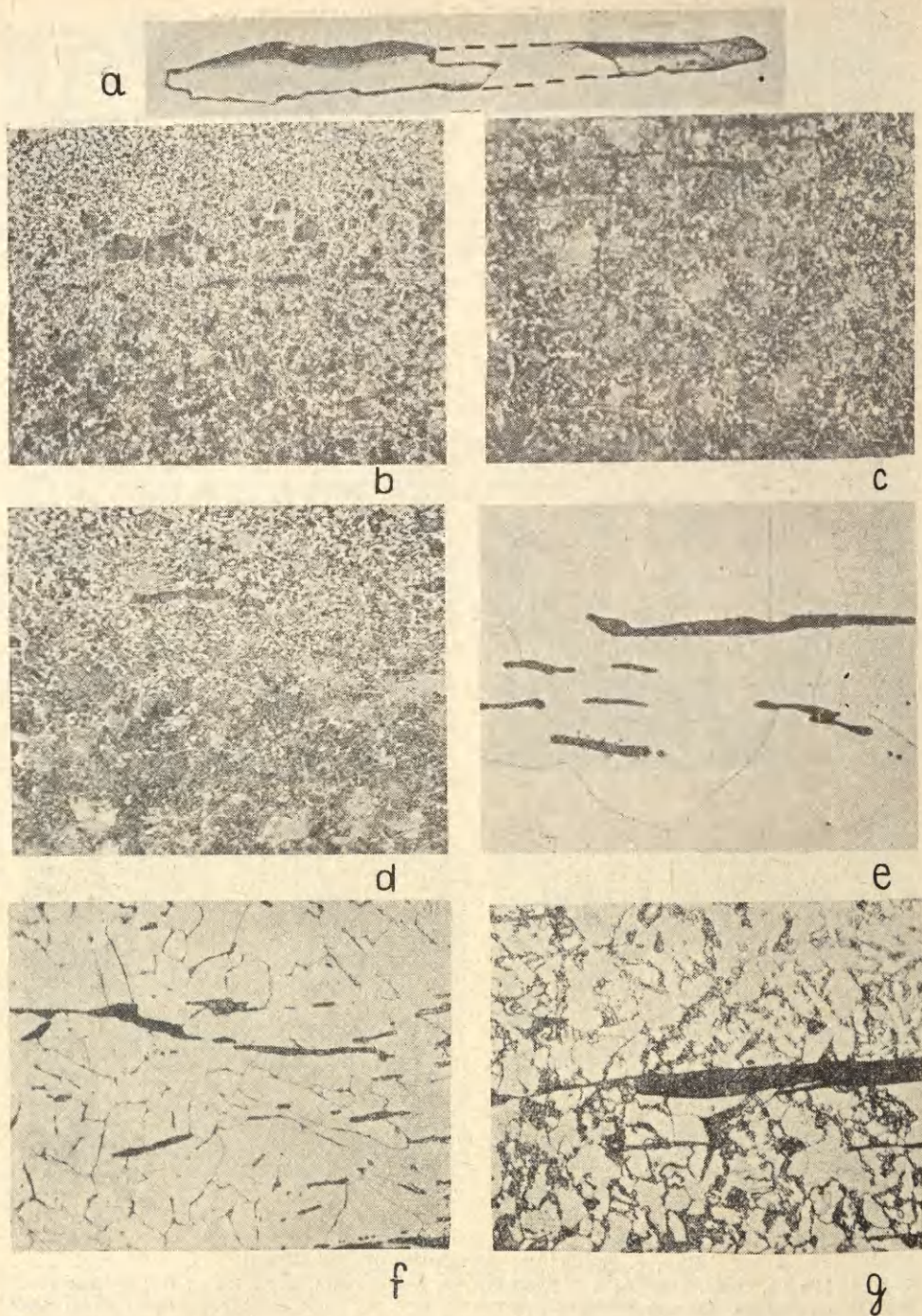


f

Ryc. 5. Struktury przedmiotów żelaznych:

Kościeliska, pow. Olesno: a — fragment nr 1, struktura, pow. 100 X; b-e — fragment nr 2: b — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 4 X, c — struktura części silniej nawęglonej, pow. 100 X, d — struktura części słabiej nawęglonej, pow. 100 X, e — wtrącenia żużla, pow. 500 X; f — fragment nr 3, struktura, pow. 500 X. Próbkę e — nietrawiona, pozostałe trawione azotalem

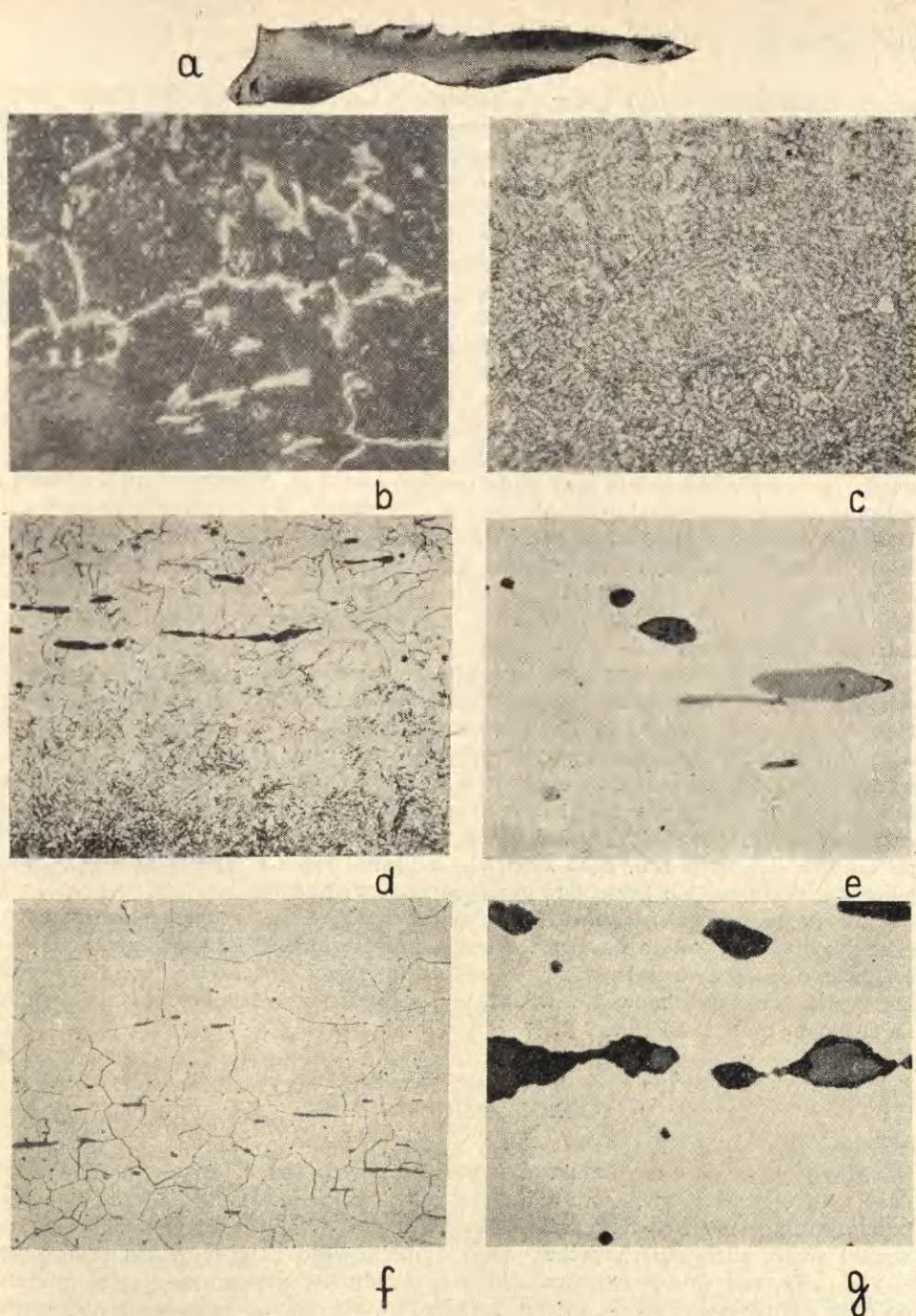
a — fragment no. 1, structure, X 100; b-e — fragment no. 2 (b — structure on the cross-section. X 4; c — structure of the more strongly carburized part, X 100; d — structure of the less strongly carburized part, X 100; e — slag inclusions, X 500); f — fragment no. 3, structure, X 500. Except sample e, the remaining samples were nital etched



Ryc. 6. Struktury przedmiotów żelaznych:

Kościeliska, pow. Olesno: a, b — nóż: a — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 6×, b — struktura, pow. 100×; c, d — sierp nr 1: c — struktura w pobliżu ostrza, pow. 100×, d — struktura w części grzbietowej, pow. 100×; e, f — fragment nr 4: e — struktura, pow. 100×, f — struktura części nieznacznie nawęglonej, pow. 100×; g — sierp nr 2, struktura, pow. 500×. Wszystkie próbki trawione azotalem

a, b — knife (a — structure on the cross-section, ×6; b — structure, ×100); c, d — sickle no. 1 (c — structure near the blade, ×100; d — structure in the back part, ×100); e, f — fragment no. 4 (e — structure, ×100; f — structure of the slightly carburized part, ×100); g — sickle no. 2, structure, ×500. All samples were nital etched



Ryc. 7. Struktury przedmiotów żelaznych:

Kościeliska, pow. Olesno: *a-e* — sierp nr 3: *a* — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 4 X, *b* — struktura tuż przy powierzchni, pow. 500 X, *c* — struktura dalej od powierzchni, pow. 500 X, *d* — struktura na przejściu pomiędzy częścią nawęgloną i nienawęgloną, pow. 100 X, *e* — wtrącenia żużla, pow. 500 X; *f, g* — ostroga: *f* — struktura, pow. 100 X, *g* — wtrącenia żużla, pow. 500 X. Próbkę *e* i *g* — nietrawione, pozostałe trawione azotalem *a-e* — sickle no. 3 (*a* — structure on the cross-section, X4; *b* — structure just at the surface, X500; *c* — structure further from the surface, X500; *d* — structure at the transition point between the carburized and uncarburized part, X100; *e* — slag inclusions, X500); *f, g* — spur (*f* — structure, X100; *g* — slag inclusions, X500). Except sample *e* and *g* all other samples were nital etched

nikiem utwardzania metalu (przez nawęglenie wtórne), jednak rozkład nawęglenia (brak charakterystycznego gradientu koncentracji węgla) wskazuje, że nawęglenie to nastąpiło podczas wytopu metalu. Przypuszczalnie nóż nie był poddany obróbce cieplnej, lecz po wykuciu szybko studzono go w powietrzu.

Natomiast wyraźne ślady obróbki cieplnej wykazał sierp nr 1, z jamy 53/C (V w. n.e.), wykuty z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu; polegała ona najprawdopodobniej na hartowaniu miejscowym. W pobliżu ostrza występowała drobnoiglasta struktura martenzytyczna, w części środkowej — troostyt (ryc. 6c), a w pobliżu części grzbietowej — sorbit i nieco ferrytu (ryc. 6d). Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) wystąpiły wydzielenia c. zabarwieniu jasnym (typ C).

Fragment nr 4 z jamy 53/F (1 poł. V w. n.e.) składał się z prawie identycznych dwóch złożonych płatów, które wykazały taką samą strukturę: było to żelazo wysokofosforowe o dużym ziarnie (ryc. 6e); w niektórych miejscach wystąpiły nieco mniejsze ziarna oraz ślady perlitu (ryc. 6f). Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Sierp nr 2 z jamy 98 (I. poł. V w. n.e.) wykonany został z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 6g); zawartość węgla dochodziła do 0,3% C. Wtrącenia żużla posiadały zabarwienie jednolite czarne (typ A) lub jasne (typ C). Sierp nie był — jak się wydaje — poddany obróbce cieplnej, poza szybkim studzeniem w powietrzu.

Sierp nr 3 znaleziony poza jamami na arze 4, wykuty został z żelaza niskofosforowego, a w celu utwardzenia został poddany powierzchniowemu nawęgleniu i obróbce cieplnej (ryc. 7a). Nawęglenie było bardzo silne, gdyż w pobliżu powierzchni wystąpił cementyt nadeutektoidalny oraz bainit (?) (ryc. 7b), tak że zawartość węgla można ocenić na około 1%. Dalej od powierzchni obserwowano strukturę iglastą (ryc. 7c), a w części nienawęglonej — ferrytyczną (ryc. 7d). Wtrącenia żużla wykazywały strukturę dwufazową (zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy na czarnym tle) (typ D1), bądź zabarwienie jasne (typ C) (ryc. 7e); występowały także wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A).

Ostroga, znaleziona ponad jedną z jam na arze 28, wykazała strukturę ferrytyczną (ryc. 7f). Żelazo zawierało znaczną ilość fosforu. Obok pewnej ilości wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały najczęściej wtrącenia o strukturze dwufazowej, zawierające zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy na ciemnym tle (typ B) (ryc. 7g).

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Przystępując do opracowania wyników opisanych badań należy podzielić zbędane materiały na grupy, które można by powiązać z analizami żużla ze stanowisk hutniczych, znalezionych na terenie Dolnego Śląska. W tym celu w tabeli 3 podano wyniki analiz chemicznych próbek żużla dymarkowego z terenów Dolnego Śląska.

Do pierwszej grupy zaliczono zbadane przedmioty wykazujące cechy podobne do cech starożytnego żelaza „świętokrzyskiego”¹². Należą tu: bransoleta z Sobociska,

¹² Pełne opracowanie cech „starożytnych wyrobów świętokrzyskich” podano w pracy: J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I—IV w. n.e.)*, „Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa”, t. 6: 1963, s. 27.

szydło nr 1 z Nowej Cerekwi, nóż, sierpy nr 1 i 2 oraz prawdopodobnie także fragment nr 3 z Kościelisk.

Wątpliwości w zaliczeniu tego ostatniego przedmiotu do wyrobów „świętokrzyskich” rodzą się na podstawie stwierdzonej w nim domieszki miedzi. Wiadome jest, że np. nikiel — choć w nieznacznym ilościach ok. 0,1% Ni — spotyka się w wytworach z żelaza „świętokrzyskiego”¹³; natomiast nie zaobserwowano w nich dotychczas domieszki miedzi¹⁴. Choć istnieją wzmianki, że w niektórych rudach żelaza w rejonie Gór Świętokrzyskich występuje miedź¹⁵, nie wiadomo jednak, czy były one eksploatowane w starożytności. Aby można było się wypowiedzieć, czy domieszka miedzi we fragmencie nr 3 z Kościelisk wskazuje na pochodzenie z jakiegoś innego ośrodka, czy też można go łączyć z wyrobami świętokrzyskimi, konieczna jest większa ilość analiz miedzi w wyrobach żelaznych, występujących w najbliższym sąsiedztwie Gór Świętokrzyskich.

Pozostałe przedmioty, zaliczone do grupy pierwszej, mogły pochodzić z ośrodka świętokrzyskiego. Należy do nich m. in. bransoleta z Sobociska; ten typ metalu zidentyfikowano także w 3 okazach na 5 przedmiotów zbadanych uprzednio z tegoż stanowiska (miecz, grot włóczni nr 3 i nóż)¹⁶. Stwierdzono go także w zabytkach z innych stanowisk celtyckich (miecz nr 1 z Głównina, pow. Strzelin, miecze z Iwanowic, pow. Miechów, i — prawdopodobnie — również z Warszawy-Żerania).

Podobnie często występują wyroby „świętokrzyskie” na innych stanowiskach późnolateńskich i rzymskich Dolnego Śląska, m. in. w Sławie, pow. Wschowa, Strupnie i Chobieni, pow. Wołów¹⁷, a także z Nowej Wsi, Tarnowa i Popielowa, pow. Opole¹⁸. „Świętokrzyskie” wyroby z Kościelisk datowane przez Z. Trudziaka na I poł. V wieku byłyby — o ile datowanie to jest słuszne¹⁹ — najpóźniejszymi okazami pochodzącymi z ośrodka hutniczego w Górach Świętokrzyskich. Zapewne później, a więc w okresie wędrówek ludów, to największe w tej części Europy centrum hutnictwa żelaznego upada. Słusznie więc Z. Trudzik²⁰ łączy jamy, z których pochodzą zbadane wyroby żelazne, z późnym okresem rzymskim, a nie z dobą wczesnego średniowiecza.

Dyskusji wymaga pochodzenie fragmentu nr 2 i sierpa z Kościelisk, wykutych z niskofosforowego żelaza i zawierających m. in. wtrącenia żużla typu D1. Wtrącenia tego typu występują szczególnie pospolicie w starożytnych wyrobach z żelaza dymarskiego na Śląsku Opolskim i zostały uznane za cechę charakteryzującą te wyroby²¹; pojawiają się one natomiast znacznie rzadziej w wyrobach „święto-

¹³ Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąża, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*. „Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa”, t. 2: 1958, s. 34; tenże, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych...*, s. 45.

¹⁴ Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych...*, s. 45.

¹⁵ O rudzie takiej, występującej w okolicach Wąchocka, pow. Iłża, wspomina J. Ph. Carosi, *Reisen durch verschiedene polnische Provinzen*, t. 1, Leipzig 1781, s. 12.

¹⁶ Piaskowski, *Badania żelaznych wyrobów celtyckich...*, s. 98.

¹⁷ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu późnolateńskiego i rzymskiego...*, s. 280.

¹⁸ Piaskowski, *Technologia żelaza na Śląsku Opolskim...*, s. 462; tenże, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego...*, *passim*.

¹⁹ Por. K. Godłowski, *Z badań nad rozwojem osadnictwa kultury przeworskiej na Górnym Śląsku*, „Archeologia Polski”, t. 9: 1964, s. 420.

²⁰ Trudzik, *Osada z V wieku n.e. w Kościeliskach...*, s. 69.

²¹ J. Piaskowski, *Technologia żelaza na Śląsku Opolskim...*, s. 462; tenże, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego...*, *passim*.

krzyskich". Ze względu na odległość Kościelisk od obu ośrodków można uznać za bardziej prawdopodobne, że fragment nr 2 i sierp z Kościelisk pochodziły z ośrodka polskiego, nie wykluczając jednak zupełnie możliwości wiązania tych przedmiotów z ośrodkiem świętokrzyskim.

Zwrócić należy uwagę, że przeprowadzone analizy żużła dymarskiego na terenie Śląska (tabela 3) wykazały niską zawartość fosforu jedynie w okolicach Opola; w ogóle niskofosforowe żużle, według dość już zaawansowanych badań, występują praktycznie poza Opolem tylko w Górach Świętokrzyskich.

Osobną grupę stanowi fragment oraz pierścień z Nowej Cerekwi, wykute ze słabo nawęglonego żelaza o dość wysokiej zawartości fosforu (0,28% P). Jak wynika z analizy chemicznej żużła (tab. 3), metal taki mógł być wytapiany na miejscu i oba te przedmioty można uważać za wyroby miejscowe. Metal tego typu można było uzyskać z powierzchniowej rudy żelaza, z której pochodził żużel zawierający ok. 1,0% P_2O_5 lub wyżej. W jednej z próbek żużła z Nowej Cerekwi (z domu nr 2), stwierdzono wyjątkowo wysoką zawartość tego składnika; najprawdopodobniej tego rodzaju koncentracja P_2O_5 występowała bardzo rzadko i natrafiono na nią przypadkowo. Z uwagi na przeznaczenie obu wymienionych okazów z Nowej Cerekwi, które nie wymagały stosowania specjalnych zabiegów technologicznych, na podstawie przeprowadzonych badań nie można powiedzieć nic charakterystycznego o umiejętnościach miejscowych hutników i kowali.

Być może do powyższej grupy należy zaliczyć jeszcze szydło nr 2 z Nowej Cerekwi, na co wskazywałaby jego mikrotwardość (cecha ta może — w pewnym stopniu — świadczyć o zawartości fosforu w metalu), jednak przyporządkowanie tego okazu do opisywanej grupy, nie jest pewne ze względu na brak analizy chemicznej.

Kolejną grupę stanowią fragmenty nr 1 i nr 4 (a, b) z Kościelisk, wykonane ze słabo nawęglonego żelaza o bardzo wysokiej zawartości fosforu; żelazo takie wytapiano z powierzchniowych rud wysokofosforowych, jakie często występują na ziemiach Polski (w szczególności w części nizinnej), m. in. także na Dolnym Śląsku. Wśród próbek żużła, których skład podano w tab. 3 z takich rud pochodzą żużle z Lipek, pow. Brzeg, oraz Ryczyna Małego i Ryczyna Dużego, pow. Oława²². Wobec tego że darniowe rudy wysokofosforowe występują często w tej części Polski (np. w okolicach Wąsosza Górnego, pow. Kłobuck)²³, trudno określić, z którego ośrodka pochodzą oba w. w. fragmenty z Kościelisk. Mogły być one wyrobem miejscowych hutników lub pochodzić z któregoś z niezbyt odległych drobnych ośrodków produkcyjnych, eksploatujących wysokofosforowe rudy darniowe.

Podobnie wysoką zawartość fosforu stwierdzono w grocie włóczni z Popielowa, pow. Opole, i sprzączce ze Szczedrzyka, pow. Opole.

Poza wymienionymi grupami należy wymienić ostrogę z Kościelisk, wykutą ze słabo nawęglonego żelaza o dość dużej zawartości fosforu, oraz reprezentujące najwyższy poziom technologiczny narzędzia nawęglane: nóż z Nowej Cerekwi i sierp nr 3 z Kościelisk.

Luźno znaleziona ostroga z Kościelisk na podstawie kształtu może być uznana

²² Dwie ostatnie nazwy nie dotyczą aktualnie istniejących miejscowości PRL, lecz dwóch grodzisk wczesnośredniowiecznych, zachowanych w lasach nadleśnictwa Oława, utożsamianych z grodem Ryczyn, znanym ze źródeł pisanych — por. J. Kramarek, *Wczesnośredniowieczne grodziska ryczyńskie na Śląsku*. Wrocław 1969, s. 31 i n.

²³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z osady w Wąsoszu Górnym, pow. Kłobuck*, „Wiadomości Archeologiczne”, t. 28: 1962 nr 3, s. 218.

Tabela 3. Wyniki ilościowej analizy chemicznej próbek żuźla dymarkowego, znalezionych na terenie Dolnego Śląska

Lp.	Próbka	Miejscowość	Lokalizacja	Zawartość (%)									
				Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	
1	Żużel	Tarchalice, pow. Wołów		48,16			25,45	0,92	0,19	0,21	4,30	1,61	
2	Żużel nr 1	Nowa Cerekwia, pow. Głubczyce	dom nr 1									1,20	
3	Żużel nr 2		dom nr 2									13,70	
4	Żużel nr 3		dom nr 6 nr 141/59	50,20	46,20	22,60	14,00	1,30	0,15	0,06	13,70	0,99	
5	Żużel nr 4		" "	48,50	45,10	19,50	18,50	1,30	0,15	0,05	13,20	1,10	
6	Żużel	Lipki, pow. Brzeg	wykop II, głęb. 1,6 m	20,20	23,03	2,76	52,42	1,75	0,18	0,61	17,19	2,75	
7	Żużel	Rydzyn M. pow. Oława	wykop II, warstwa 8	39,16	40,82	10,65	18,21	3,29	0,35	1,42	20,85	4,09	
8	Żużel	Rydzyn D. pow. Oława	wykop IV, warstwa 3	33,09	3,60	43,84	10,98	2,35	0,54	0,53	26,02	7,24	
9	Żużel	Olszynka, pow. Prudnik	st. 2 nr 38 17,	31,06	29,50	11,64	37,40	1,42	0,54	4,24	15,09	0,98	
10	Żużel nr 1	Opole - Gosławice	st. 2 św. 1 głęb. 0,4 m	35,22	30,12	16,91	25,30	3,20	2,30	7,61	15,14	0,50	
11	Żużel nr 2	"	st. 2 św. 1 głęb. 0,4-0,6 m	33,99	29,45	15,02	24,12	4,58	4,80	9,70	12,40	0,65	
12	Żużel	Opole Zakrzówek	st. 11, skup. 17	20,50	13,10	14,60	51,50	2,65	0,25	0,20	14,00	1,05	
13	Żużel	Pruszków, pow. Opole	nr 133: 57	35,20	35,50	11,15	23,50	3,10	0,35	4,84	18,70	0,23	
14	Żużel nr 1 (soplo- waty)	Groszowice, pow. Opole		32,99	27,50	8,05	31,50	5,88	4,50	7,60	15,30	0,41	
15	Żużel nr 2 (zbity)			38,48	25,41	26,81	19,90	2,83	1,80	3,90	16,50	0,47	
16	Żużel nr 3			44,44	29,00	31,32	12,90	3,22	0,80	4,20	15,00	0,31	

* W postaci tlenków FeO i Fe₂O₃.

za wczesnośredniowieczną. Przemawia za tym także analiza metalu; ten rodzaj żelaza najczęściej występuje we wczesnym średniowieczu.

Wystąpienie nawęglonego noża w osadzie celtyckiej w Nowej Cerekwi jest zupełnie zrozumiałe, gdyż na stanowiskach archeologicznych związanych w ten czy inny sposób z Celtami występują często narzędzia o specjalnej technologii (nawęglenie żelaza oraz zgrzewanie żelaza i stali). Jako przykłady można wymienić półkosek z Nowej Huty-Wyciąża, sierp z Igołomi, pow. Proszowice, sierp i siekiere z Nowej Huty-Mogily²⁴ oraz nożyce z Zadowic, pow. Kalisz²⁵. Natomiast wśród zbadanych materiałów celtyckich z Sobociska, pow. Oława, Karnczej Góry, pow. Wrocław, Głównina, pow. Strzelin, Dalewic, pow. Proszowice, Iwanowic, pow. Miechów, i Warszawy-Żerania nie natrafiono na specjalne technologie wykonania narzędzi²⁶; z wyjątkiem dwóch noży z Sobociska i Dalewic nie badano jednakże narzędzi, które by wymagały stosowania tego rodzaju procesów technologicznych.

Nawęglanie narzędzi żelaznych, a także zgrzewanie żelaza i stali występuje wśród wyrobów celtyckich z terenów Czech²⁷, rzadziej natomiast — jak wskazują wyniki badań H. Hanemanna²⁸ — wśród okazów ze Steinsburga koło Römhild, które także miały być pochodzenia celtyckiego.

Wśród 5 noży z Nowej Cerekwi, wymienionych przez B. Czerną w sprawozdaniu z kwietnia 1958 roku²⁹, dwa posiadały trzonek zakończony uszkiem, podobnie jak zbadany okaz z domu nr 3. Analogiczny nóż ze Steinsburga koło Römhild został zbadany przez H. Hanemanna³⁰. Z uwagi na sposób wykonania zglądu metalograficznego nie wiadomo, czy ten ostatni okaz — podobnie jak nóż z Nowej Cerekwi —

²⁴ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąża...*, s. 7; tenże, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z osady w Nowej Hucie-Mogile z okresu rzymskiego*, „Materiały Starożytne”, t. 10: 1964, s. 169.

²⁵ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z cmentarzyska ciałopalnego w Zadowicach, pow. Kalisz*, „Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi”, Seria Archeologiczna, nr 13: 1966, s. 213.

²⁶ J. Piaskowski, *Badania żelaznych wyrobów celtyckich...*, s. 88; tenże, *Sprawozdanie z metaloznawczych badań starożytnych przedmiotów żelaznych i żużla z osad w Dalewicach, pow. Proszowice, i Wólki Łasieckiej, pow. Łowicz*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 18: 1966, s. 356; tenże, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i lateńskiego pochodzących z Małopolski*, „Materiały Archeologiczne”, t. 2: 1960, s. 206; tenże, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i lateńskiego znalezionych na Pomorzu i Mazowszu*, „Wiadomości Archeologiczne”, t. 26: 1959—1960, nry 3—4, s. 207.

²⁷ R. Pleiner, *Staré evropské kovarství*, Praha 1962, s. 74. Należy zwrócić uwagę, że identyfikacja technologii niektórych narzędzi w pracy Pleinera jest niewłaściwa, na co wskazuje załączona dokumentacja. Nożyce ze stanowisk Velka Mana, Stradonice, Sendražice i Čáslav-Hrádek oraz brzytwa z Iišic nie były nawęglane, lecz wykuto je z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (pierwotnym). Podobnie niepewna jest technologia siekiereki i dłuta ze Stradonic oraz siekier z miejscowości Bělč i Pečky; rozkład nawęglania nie przemawia zbyt wyraźnie za wtórnym nawęglaniem, o jakim pisze Pleiner, a stąd i te okazy mogły być wykonane z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (pierwotnym).

²⁸ H. Hanemann, *Metallographische Untersuchung einiger altkeltischer und antiker Eisenfunde*, „Internationale Zeitschrift für Metallographie”, t. 4: 1913, s. 248; tenże, *Metallographische Untersuchung einiger altkeltischer Eisenfunde von Steinsburg*, „Prähistorische Zeitschrift”, t. 13—14: 1921—1922, s. 94. Należy tu jednak podkreślić, że Hanemann wykonywał — prawie wyłącznie — zglądy metalograficzne na powierzchni przedmiotów, stąd ocena technologii w tych pracach nie jest pewna (por. J. Piaskowski, *Badania żelaznych wyrobów celtyckich...* s. 89).

²⁹ Czerna, *Osada z okresu późnolateńskiego...*, s. 58.

³⁰ Hanemann, *Metallographische Untersuchung einiger altkeltischer Eisenfunde...*, s. 98.

wykuty był z żelaza i poddany nawęglaniu (i obróbce cieplnej), czy też wykuto go ze stali.

Nawęglony nóż z Nowej Cerekwi należy — w obecnej chwili — uznać za import. Wynik analizy chemicznej żuźla dymarskiego znalezionej na miejscu nie wskazuje, aby w osadzie tej wytapiano żelazo o tak niskiej zawartości fosforu.

Natomiast nawęglony sierp nr 3 z Kościelisk, znaleziony luźno (pomiędzy jamami), był raczej wyrobem wczesnośredniowiecznym, podobnie jak i znaleziona na tym stanowisku ostroga. Struktura wtrąceń żuźla w tym sierpie, podobna do występującej w starożytnym „żelazie opolskim”, pozwala na wysunięcie pewnej hipotezy. Można mianowicie sądzić, że wymieniony sierp pochodzi z ośrodka opolskiego, lecz z okresu wczesnego średniowiecza, kiedy to żelazo wytapiali — używając tej samej rudy — hutnicy (słowiańscy), którzy — jak wiadomo z badań metaloznawczych — panowali nad procesem nawęglania pierwotnego i często stosowali utwardzanie narzędzi (m. in. sierpów) przez nawęglanie i obróbkę cieplną. Badania metaloznawcze, które by umożliwiły identyfikację cech wczesnośredniowiecznego „żelaza opolskiego”, pozwolą na sprawdzenie tego przypuszczenia.

Tak więc przeprowadzone badania potwierdziły poprzednie wyniki wskazujące na udział wyrobów „świętokrzyskich” na stanowiskach celtyckich Dolnego Śląska (bransoleta z Sobociska). O technologii żelaza hutników i kowali w celtyckiej osadzie w Nowej Cerekwi niewiele można powiedzieć; ilość zbadanych okazów okazała się zbyt mała. Nawęglany nóż z uszkiem wskazuje na powiązanie z ośrodkami celtyckimi znajdującymi się poza granicami Polski.

Wyniki badań materiałów z Kościelisk potwierdzają całkowicie twierdzenie Z. Trudzika³¹, że osada ta tworzy jednolity i zwarty chronologicznie zespół, który należy łączyć zdecydowanie z późnym okresem rzymskim lub z przełomu tego okresu i okresu wędrówek ludów. Twierdzenie F. Hufnagla o dwu fazach osadnictwa na terenie osady w Kościeliskach³² nie znajduje zupełnie poparcia w wynikach badań metaloznawczych; z okresem wczesnego średniowiecza można powiązać jedynie okazy znalezione na terenie osady luźno, a więc poza jamami (ostroga, sierp nr 3).

Zbadane przedmioty żelazne z Kościelisk są najpóźniejszymi materiałami sprzed okresu wędrówek ludów, które poddano dotychczas badaniom metaloznawczym. Wśród nich występują okazy wykazujące cechy starożytnego żelaza „świętokrzyskiego”; niestety z powodu daleko posuniętej korozji nie można odtworzyć kształtu tych przedmiotów i zweryfikować na tej podstawie ich pochodzenia. Szerokie rozpowszechnienie w poprzednich wiekach na tym terenie wyrobów żelaznych z ośrodka hutniczego w rejonie Gór Świętokrzyskich wskazywałoby, że i przedmioty „świętokrzyskie” z Kościelisk pochodziły z tego centrum (lub wykonane zostały z żelaza tam wytopionego). W tym przypadku można sądzić, że ośrodek produkcyjny w rejonie Gór Świętokrzyskich był jeszcze czynny w I poł. V wieku; potem nastąpiły nagle przemiany, które doprowadziły do upadku to największe w tej części Europy centrum hutnicze³³. Trudno wskazać inną przyczynę upadku, jak wędrówki ludów.

³¹ Trudzik, *Osada z V w. n. e.*, s. 103.

³² Hufnagel, *op. cit.*, s. 110.

³³ Nie oznacza to jednak, że po okresie wędrówek ludów nie wytapiano w rejonie Gór Świętokrzyskich żelaza. Na niewielką skalę eksploatowano tam — jak można sądzić — rudy powierzchniowe. Piecowiska wczesnośredniowieczne, w przeciwieństwie do późnorzymskich regularnie uszeregowanych, liczących niejednokrotnie ponad sto kotlin, zawierają nieregularne skupienia, złożone z kilku zaledwie piecyków ziemnych (por. M. Radwan, *Rudy, kuźnice i huty żelaza w Polsce*, Warszawa 1963, s. 75). Na podobną skalę wytapiano żelazo w wielu ośrodkach wczesnośredniowiecznych.

Być może i to było powodem, że mieszkańcy osady w Kościeliskach — jak pisze Z. Trudzik — „opuścili ją, unosząc z sobą zapewne większość dobytku”³⁴.

Badania metaloznawcze dawnych przedmiotów żelaznych znalezionych na Dolnym Śląsku wymagają jeszcze niewątpliwie dalszych prac (w szczególności jeśli chodzi o wyroby miejscowe), jednak już w chwili obecnej ogólna technologia żelaza na tym terenie jest znana i nie różni się w sposób istotny od pozostałych ziem południowej Polski.

ANEKS

Metal określany przez autora niniejszego artykułu jako „żelazo” W. Hołubowicz nazywał w swych pracach (por. W. Hołubowicz, *Opole w wiekach...*, s. 150 i n.) „miękką stałą”, natomiast pozostałe rodzaje stali (nie określając dokładniej stopnia nawęglania) „stałą twardą”. Nomenklatura ta jest wynikiem pewnych definicji współczesnego metaloznawstwa, które najszczegółowiej przedstawił K. Wesołowski, *Metaloznawstwo*, t. 2, Warszawa 1957, s. 31, podając, że stopy (żelaza — przyp. J. P.) o zawartości węgla od 0 do 0,006% uważa się za techniczne żelazo, a stopy o zawartości węgla od 0,006% do 1,7% uważane są jako stale. Dalej K. Wesołowski wspomina o definicji zawartej w *Polskim słownictwie technicznym* (Warszawa 1939), według którego przez stal rozumie się „stopy żelaza z węglem poniżej 1,7% oraz ewentualnie z innymi składnikami, który przeszedł przez stan ciekły”. Równocześnie K. Wesołowski wypowiada się przeciw stosowaniu nazwy żelazo dla metalu uzyskanego sposobem dymarkowym „z tego tylko powodu, że nie przeszła przez stan ciekły..., gdyż stal ta nie różni się w niczym od stali, która przeszła przez stan ciekły” (s. 62). Jakkolwiek istnieją pewne wyraźne różnice pomiędzy obu gatunkami metalu (w szczególności jeśli chodzi o ilość wtrąceń żużla, a także zawartość niektórych podstawowych składników, jak krzem i mangan), to jednak ze stanowiskiem tym można się w zasadzie zgodzić. Natomiast przyjęta przez K. Wesołowskiego definicja, którą można by nazwać definicją chemiczną, ma pewne istotne wady, zwłaszcza jeśli chodzi o dawne stopy żelaza.

Otóż wielkość 0,006%, odpowiadająca granicznej rozpuszczalności węgla w żelazie α w temperaturze normalnej, odnosi się tylko do czystych stopów żelaza z węglem; w zależności od zawartości innych domieszek wielkość ta niewątpliwie ulega zmianom. Tak więc powstaje problem, jak wysoka może być zawartość węgla w konkretnym kawałku metalu pochodzenia dymarkowego, zawierającego np. 0,3 lub nawet 1,0% fosforu, aby można było go nazwać żelazem?

Aby to rozstrzygnąć, trzeba byłoby podjąć szeroko zakrojone badania, a wobec wielu czynników (zawartość wielu domieszek itp.) uzyskanie ściśle pokrywających i powtarzalnych się wyników, jakich wymaga definicja, może być dość trudne. W obecnym momencie danymi takimi nie dysponujemy.

Ponadto określanie zawartości węgla w żelazie rzędu tysięcznych % wymaga skomplikowanej aparatury, której brak w laboratoriach metaloznawczych. Stąd chemiczna klasyfikacja żelaza i stali nie może być praktycznie prawie nigdy zrealizowana. Zwłaszcza w dawnych wyrobach żelaznych, uprzednio konserwowanych przez parafinowanie, analiza z taką dokładnością nie będzie w żadnym przypadku możliwa. Trudno więc przyjąć definicję, której nie można stosować w praktyce.

Powyższe zarzuty nie mają większego znaczenia praktycznego we współczesnym metaloznawstwie, gdyż dziś prawie zawsze mamy do czynienia ze stałą (niezależnie

³⁴ Trudzik, *Osada z V w. n. e...*, s. 105.

od przyjętej definicji); ale i tu występują trudności, czego wyrazem jest fakt, że sam K. Wesołowski używa terminu „żelazo Armco” w stosunku do metalu, zawierającego 0,01—0,085% C (s. 8), pomimo że konsekwentnie stosując podaną przez siebie definicję należałoby pisać o „stali Armco”.

Aby uniknąć tych trudności autor niniejszego artykułu we wszystkich swych pracach stosuje metalograficzną definicję, według której żelazem nazywamy metal o strukturze ferrytycznej, a stałą — metal zawierający w strukturze widoczne pod mikroskopem metalograficznym węgliki (np. w formie perlitu lub innych struktur austenitu przemienionego, uzyskanych w wyniku obróbki cieplnej). Teoretycznie obie te definicje się pokrywają, gdyż wydzielenia węglików następują wtedy, gdy zostanie przekroczona graniczna rozpuszczalność węgla w żelazie α (która dla czystych stopów żelaza z węglem wynosi właśnie 0,006% C). W ten sposób unikamy trudności związanych z oznaczeniem bardzo niskich zawartości węgla i z określeniem granicznej rozpuszczalności węgla dla żelaza dymarkowego, posiadającego też inne domieszki (fosfor itd.), a klasyfikację metalu można przeprowadzić w każdym laboratorium metaloznawczym.

Nie tylko przytoczone wyżej względy przemawiają za stosowaniem powyższej definicji metalograficznej. Ta sama terminologia jest przyjęta przez ogół badaczy opracowujących dawne stopy żelaza, zarówno w kraju por. A. Krupkowski, T. Reymann, *Badania metaloznawcze nad przekutym półfabrykatem żelaza z Witowa, pow. Pińczów, i żużłem dymarkowym z Igołomi, pow. Miechów*, „Sprawozdania PMA”, t. 5: 1953 nr 1—2, s. 48; Z. Głowacki, W. Łosiński, *Badania metaloznawcze noży z wczesnośredniowiecznego cmentarzyska w Młodzikowie, pow. Środa*, „Fontes Archaeologici Posnanienses”, t. 9: 1960, s. 166; M. Radwan, *Rudy, kuźnice i huty żelaza w Polsce*, Warszawa 1963), jak i za granicą (por. R. J. Forbes, *Metallurgy in Antiquity*, Leiden 1950; H. R. Schubert, *History of the British Iron and Industry*, London 1957; R. F. Tylecote, *Metallurgy in Archaeology*, London 1962). W żadnej z tych prac metal o strukturze ferrytycznej nie jest nazywany „miękką stałą”, lecz „żelazem”. Stąd definicja przyjęta przez W. Hołubowicza, różna od stosowanej w krajowej i zagranicznej literaturze przedmiotu, prowadzi do nieporozumień i dezorientacji czytelnika.

Ponadto — co ma właściwie decydujące znaczenie — dawni hutnicy i kowale wyraźnie odróżniali żelazo i stal, znając te pojęcia, podczas gdy definicja przyjęta przez W. Hołubowicza praktycznie eliminuje pojęcie żelaza dymarkowego (por. Hołubowicz, *Opole w wiekach...*, s. 347). Można by tu przytoczyć całą dawną literaturę techniczną począwszy od Arystotelesa (por. *Meteorologica*, IV, 6, 383a—b). Wystarczy dla przykładu wymienić np. dzieła: G. Rzączyńskiego, *Historia naturalis curiosa Regni Poloniae, Sandomiriae 1721*, s. 50; *Curieuses und reales Natur-, Kunst-, Berg-, Gewerck- und Handels-Lexikon*, Leipzig 1741, s. 666 i 1894; H. Łabędzkiego, *Słownik górniczy*, Warszawa 1868, s. 260 i 345. Jakkolwiek dzieła te nie mogą zawierać metalograficznej definicji, a jeśli chodzi o maksymalną zawartość węgla w żelazie, to źródła XIX-wieczne podają ją niewątpliwie mylnie (por. H. Łabędzki, *Górnictwo w Polsce*, Warszawa 1841, s. 78), jednak — ogólnie biorąc — klasyfikacja zawarta w dawnej literaturze technicznej pokrywała się z podziałem opartym na ocenie metalograficznej. Świadczą o tym wyraźnie także badania metaloznawcze dawnych narzędzi, wykazując, że części „żelazne” prawie zawsze posiadają czysto ferrytyczną strukturę.

Powyższe względy — wobec braku odpowiednio ważnych argumentów przeciwnych — skłaniają autora do stosowania nadal metalograficznej definicji żelaza i stali w przypadku stopów, wytapianych w dawnych wiekach.

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF IRON OBJECTS FROM SOBOCISKO,
NOWA CEREKWIA AND KOŚCIELISKA

The relics submitted to metallographic investigations included 13 ancient objects of iron from Sobocisko, Oława district (3rd—1st centuries B. C.), Nowa Cerekwia, Głubczyce district (2nd—1st centuries B. C.) and Kościeliska, Olesno district (1st half of the 5th century A. D.) as well as 2 objects from the early phase of the Early Medieval period from Kościeliska. In the investigations, metallographic observations and the microhardness and hardness measurements by Vickers method were employed. Quantitative and qualitative (spectrographic) chemical analyses were also carried out. Moreover, the results of a quantitative analysis of 16 samples of iron slag from Lower Silesia are described.

The features characteristic of ancient iron from the region of the Świętokrzyskie Mountains such as the low phosphorus content, uneven, occasionally rather strong carburization, and slag inclusions of a uniform black colour were shown by the following objects: a bracelet from a Celtic cemetery at Sobocisko, sickle no. 2 and possibly also fragment no. 3 as well as a knife and sickle no. 1 from Kościeliska. The same features were shown by awl no. 1 from Nowa Cerekwia; however the shape of the awl points to another centre of metallurgical production.

Fragment no. 2 from Kościeliska, which was unevenly carburized, was made of iron with a low phosphorus content and with slag inclusions with a two-phase D 1 structure (rounded segregations of light phase on a dark background). The fragment could be a half-finished product from the metallurgical centre in the surroundings of Opole.

An iron fragment and a ring from Nowa Cerekwia showed a ferritic structure with 0.28% P. To all probability they were local products. The analysis of slag found in the same locality points to the local smelting of bog-iron ore with elevated content of phosphorus, from which iron with about 0.3% P could be obtained. Perhaps awl no. 2, found in the same place, also belongs to this group of objects. The awl was heavily damaged by corrosion (its phosphorus content was not determined).

Fragments nos. 1 and 4 (a, b), from Kościeliska were made of iron with a high content of phosphorus (0.55—0.95%), obtained from bog iron-ores with elevated phosphorus content, that are found in Lower Silesia.

The knife from Nowa Cerekwia, which was forged in iron with a rather low phosphorus content (0.080% P), was carburized and subject to heat treatment. The knife probably comes from outside Poland, and might have been made by Celtic smiths in Bohemia or Moravia.

The other two objects from Kościeliska are of a much later date (probably early medieval). They were found outside cultural pits. The spur, which is of typically early medieval shape, showed a ferritic structure of iron with a rather high phosphorus content (0.35% P), whereas the sickle, of which only a fragment was preserved, was made of iron with very low phosphorus content (0.015% P), and was later submitted to carburization and heat treatment.

As shown by the investigations, the latest iron objects, probably originating from the large centre of metallurgical production in the Świętokrzyskie Mountains, and found at Kościeliska, date from the 1st half of the 5th century, A. D. After that date the centre, the largest in this part of Europe, suddenly declined.