

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA WCZESNOŚREDNIOWIECZNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH I PRÓBEK ŻUŻLA Z GÓRNEGO ŚLĄSKA

Spośród wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Górnego Śląska zbadano dotychczas tylko materiały z pobliskiego Opola (X—XII w.), a wyniki tych badań zostały opublikowane jedynie w ogólnym opracowaniu W. Hołubowicza¹, nie zawierającym szczegółowych danych analitycznych. Dla dokładniejszego poznania typów żelaza i technologii występujących na terenie Górnego Śląska w okresie wczesnośredniowiecznym przeprowadzono badania wyrobów żelaznych z Międzywiescia, pow. Cieszyn, Choruli, stan. 4, pow. Krapkowice, Lubomi, pow. Wodzisław Śl., i Bytomia oraz fragmentów żużla znalezionych na tych stanowiskach (z wyjątkiem Lubomi).

Za udostępnienie materiałów do badań autor składa podziękowanie dyrekcji Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu oraz dr. J. Szydłowskiemu, kierownikowi Działu Archeologii tegoż Muzeum, który okazał wybrał i przygotował do badań.

ZESTAWIENIE ZBADANYCH MATERIAŁÓW

Ogółem zbadano 11 przedmiotów żelaznych, a mianowicie: dwa noże, dwa groty strzał i fragment nieokreślonego przedmiotu z Międzywiescia (VII w.)², sierp z Lubomi (VII—VIII w.), nożyce z Choruli (XI—XII w.) oraz nóż i trzy fragmenty nieokreślonego przeznaczenia z Bytomia (XIII—XIV w.). Ponadto przeprowadzono ilościową analizę chemiczną 8 próbek żużla, pochodzących z Choruli, Międzywiescia i Bytomia.

2. Metody badań i sposób zestawienia wyników

Były one identyczne jak w innych podobnych pracach autora³. Badania obejmowały ilościową i jakościową (spektrograficzną) analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna (wg normy PN-56/H-0407), pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych (przy pomocy mikrotwardościomierza Hanemanna) oraz badania twardości sposobem Vickersa (wg normy PN/H-04360).

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi stosowanymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą wagową lub miareczkową, jeśli zaś zawartość tej domieszki była niska — metodą

¹ W. Hołubowicz, *Opole w wiekach X—XII*, Katowice 1956, s. 146.

² Datowanie archeologiczne materiałów podał autorowi dr J. Szydłowski.

³ Por. J. Piaskowski, *Badania żelaznych wyrobów celtyckich z Karnicy, Sobociska i Głównina (Dolny Śląsk)*, „Silesia Antiqua”, t. 3: 1961, s. 91.

Tabela I. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Lokalizacja lub nr inwent.	Ciężar okazu
1	Nóż nr 1	Międzyświęć, pow. Cieszyn	B : 63, ar 174	8,0
2	Nóż nr 2		B. 25/275 : 61	4,5
3	Grot strzały nr 1		B. 13/316 : 59	6,0
4	Grot strzały nr 2		B. 25/97 : 61	11,0
5	Fragment nieokreślonego przedmiotu		B : 63, ar 67, ćw. a	8,0
6	Nożyce fragm.	Chorula, pow. Krapkowice, (stan. 4)	B. 426 : 56	5,1
7	Sierp fragm.	Lubomia, pow. Wodzisław Śl.	—	16,4
8	Nóż: a) ostrze b) grzbiet	Bytom, m.p.	B. 7 : 57	12,0
9	Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 1		B. 982 : 56	20,8
10	Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 2		B. 875 : 56	18,2
11	Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 3		B. 829 : 56	4,7

* Ponadto Fe, C, Si, Mn, P i S oraz Al, Ca, Mg, które występowały we wszystkich próbkach

fotometryczną. Przy oznaczaniu zawartości manganu stosowano metodę miareczkową, a zawartość siarki oznaczano przez spalanie. Metodę fotometryczną stosowano przy oznaczeniach zawartości niklu i miedzi. Zawartość węgla oceniano w przybliżeniu na podstawie obserwacji metalograficznych.

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

Obserwacje metalograficzne prowadzono przy użyciu powiększenia 100 i 500 X, trawiąc próbki 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Przy pomiarach mikrotwardości stosowano obciążenie 50 gramów w ciągu 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów. Badania twardości żelaza i stali niehartowanej prowadzono przy obciążeniu 10 kG trwającym 15 sek, a przy badaniu stali hartowanej obciążenie wynosiło 30 kG. Każdy wynik jest średnim z 2 lub 3 pomiarów.

Analizę ilościową próbek żużla przeprowadzono zgodnie z metodami stosowa-

wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Górnego Śląska

Zawartość (%)					Analiza jakościowa*														
Mn	P	Ni	S	Cu	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn
0,00	0,155	0,08	—	0,00	—	o?	o	—	—	—	+	—	+	o	—	o	o	o?	o?
0,00	0,18	0,09	—	0,00	—	o?	o	—	—	—	+	—	+	+	—	o	o	o?	+
—	0,26	0,00	—	—	—	o?	+	—	—	o?	+	—	+	o	—	o	o	o	+
—	0,15	0,16	0,012	—	—	o?	o	—	—	—	+	—	+	o?	—	o	o	o	+
—	0,63	0,00	0,063	0,00	—	+	o	—	—	—	+	—	+	o?	—	o	o	o	o?
—	0,082	0,06	—	—	o?	o	+	—	—	—	+	—	+	o?	—	+	o	o?	+
0,00	0,017	0,03	0,027	0,00	—	o?	+	—	o?	—	+	—	+	+	—	+	o	o?	+
0,00	0,39	0,09	—	—	—	o?	o	—	o?	—	+	—	+	o	c?	o	+	o?	+
	0,35	0,07	—	—	—	+	o	—	—	—	o	—	+	o	—	o	o?	—	+
0,04	0,046	0,00	0,012	0,00	o	+	+	—	—	—	+	—	+	+	—	o	o	—	+
0,00	0,72	0,00	—	0,00	—	o	o	—	—	—	o	—	o	o	—	o	o?	—	+

nymi przy analizie rud żelaza; oznaczanie temperatury mięknięcia i topnienia żuźla wykonywano przy użyciu aparatu firmy W. Feddeler (Essen)⁴.

Uzyskane wyniki podano w tablicach i w odpowiednich zestawieniach rysunkowych, podobnie jak we wszystkich innych tego typu pracach autora.

Na ryc. 1 przedstawiono zbadane przedmioty żelazne z Międzyświecia, Choruli, Lubomi i Bytomia z oznaczeniem miejsca wycięcia próbki, na ryc. 2 — technologię wykonania tych przedmiotów. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej zestawiono w tabeli I, a wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikro-twardości składników strukturalnych i twardości metalu — w tabeli II.

3. Wyniki badań przedmiotów żelaznych

Przeprowadzone badania dały następujące wyniki:

Technologia noża nr 1 z Międzyświecia była dość trudna do ustalenia, ponieważ zabytek ten był silnie skorodowany. W wyciętej próbce zaobserwowano na powierzchni, na pewnym odcinku, nawęglenie (ryc. 4 a,b), przy czym gradient koncentracji wskazywał, że było to nawęglenie wtórne. W drugiej próbce, wyciętej nieco dalej, śladów nawęglenia nie zaobserwowano, jednak wydaje się, że warstwa nawęglona

⁴ Szczegółowy opis metody oznaczania temperatury mięknięcia i topnienia żuźli dymarkowych przy użyciu aparatu firmy W. Feddeler (Essen) przedstawiono w pracy: W. Sedlak, J. Piaskowski, *Znalezienie tupek żelaza świętokrzyskiego oraz ich charakterystyka metalograficzna*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, t. 9: 1961 z. 1, s. 93.

Tabela II. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości i twardości wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Górnego Śląska

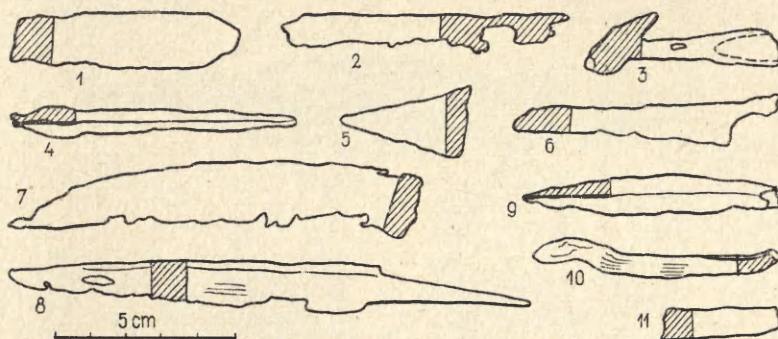
Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	Nóż nr 1	Międzyświęć, pow. Cieszyn	sorbit (?) feryt	7	347 228	—
2	Nóż nr 2		feryt perlit	7 6	188	
3	Grot strzały nr 1		feryt	4	188	139,2
4	Grot strzały nr 2		feryt	7	156	151,4
5	Fragment nieokreślonego przedmiotu		feryt feryt	3 7	199	} 190
6	Nożyce	Chorula, stan. 4, pow. Krapkowice	troostyt* feryt	7	418 194	
7	Sierp		Lubomia, pow Wodzisław Śl.	sorbit (?)		411
8	Nóż: 1) ostrze 2) grzbiet	Bytom, m.p.	martenzyt martenzyt feryt		562 496 239	315 227
9	Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 1		feryt	4	179	175
10	Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 2	feryt	6	188	192	
11	Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 3	feryt	4	308	216	

* iglasty.

uległa tu całkowicie korozji. Najprawdopodobniej więc nóż, wykuty z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu, nawęglano w celu utwardzenia, a ponadto poddano obróbce cieplnej, o czym świadczy struktura sorbityczna (nie wykluczone, że jest to tzw. troostyt iglasty); zastosowanie obróbki cieplnej wskazywałoby także na wtórne nawęglanie narzędzia. Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (typ A wg klasyfikacji autora⁵).

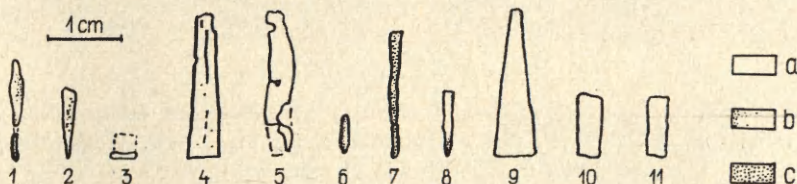
Nóż nr 2, także silnie uszkodzony przez korozję, wykazał strukturę nieznacznie nawęgloną (feryt i ślady perlitu), do ok. 0,1% C (ryc. 4c), zawartość fosforu dość wysoką. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A), wystąpiły liczne wydzielenia o strukturze dwufazowej (typ C — ryc. 4d).

⁵ J. Piaskowski, *Dalsze badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach polskich w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, t. 11: 1963, s. 1, s. 8.



Ryc. 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów:

Międzyświeć, pow. Cieszyn: 1 — nóż nr 1; 2 — nóż nr 2; 3 — grot strzały nr 1; 4 — grot strzały nr 2; 5 — fragment nieokreślonego przedmiotu; Chorula, pow. Krapkowice (stan. 4): 6 — nożyce; Lubomia, pow. Wodzisław: 7 — sierp; Bytom: 8 — nóż; 9–11 — fragmenty nieokreślonych przedmiotów (9 — nr 1; 10 — nr 2; 11 — nr 3)



Ryc. 2. Technologia zbadanych przedmiotów:

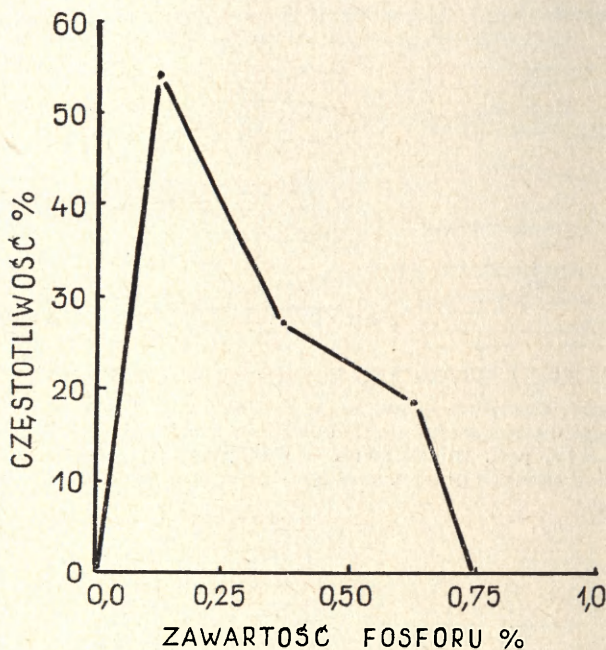
Międzyświeć, pow. Cieszyn: 1 — nóż nr 1; 2 — nóż nr 2; 3 — grot strzały nr 1; 4 — grot strzały nr 2; 5 — fragment nieokreślonego przedmiotu; Chorula, pow. Krapkowice, stan. 4: 6 — nożyce; Lubomia, pow. Wodzisław: 7 — sierp; Bytom: 8 — nóż; 9–11 — fragmenty nieokreślonych przedmiotów (9 — nr 1; 10 — nr 2; 11 — nr 3)

Grot strzały nr 1, również poważnie uszkodzony przez korozję, miał czysto ferrytyczną strukturę; struktury wtrąceń żużla nie zidentyfikowano, nie wystąpiły one bowiem na niewielkiej powierzchni zglądu metalograficznego. Zawartość fosforu w metalu była dość znaczna.

Ferrytyczną strukturę o drobnym ziarnie zaobserwowano w grocie strzały nr 2 (ryc. 4e); w pewnym miejscu wystąpiły nieznaczne ilości perlitu, co świadczy o śladowym (pierwotnym) nawęgleniu. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) obserwowano wtrącenia wielofazowe (typ D — ryc. 5a).

Bardzo wysoka zawartość fosforu wystąpiła we fragmencie nieokreślonego przedmiotu — struktura metalu była ferrytyczna, przy czym obok ziarn dużych występowały bardzo drobne ziarna (ryc. 5b), co najprawdopodobniej było wynikiem segregacji fosforu. Wtrącenia żużla miały czarne zabarwienie (typ A), jednak w niektórych wypadkach nie było ono jednolite, co być może wskazuje na bardziej złożoną strukturę tych wtrąceń.

Inną technologię wykazał sierp z Lubomi. Narzędzie to wykuto z twardej stali o bardzo niskiej zawartości fosforu, a więc ze stali wysokiej jakości; wtrącenia żużla jednolicie czarno zabarwione (typ A). Sierp mający strukturę sorbityczną (ryc. 5e) poddany był obróbce cieplnej, podobnej do nożyc z Choruli z tym jednak, że w znaczniejszym stopniu nastąpił tu proces odpuszczania.



Ryc. 3. Wielobok rozkładu zawartości fosforu w przedmiotach żelaznych z Międzyświecia, pow. Cieszyn, Choruli, pow. Krapkowice, Lubomi, pow. Wodzisław, i Bytomia (na podstawie 11 oznaczeń)

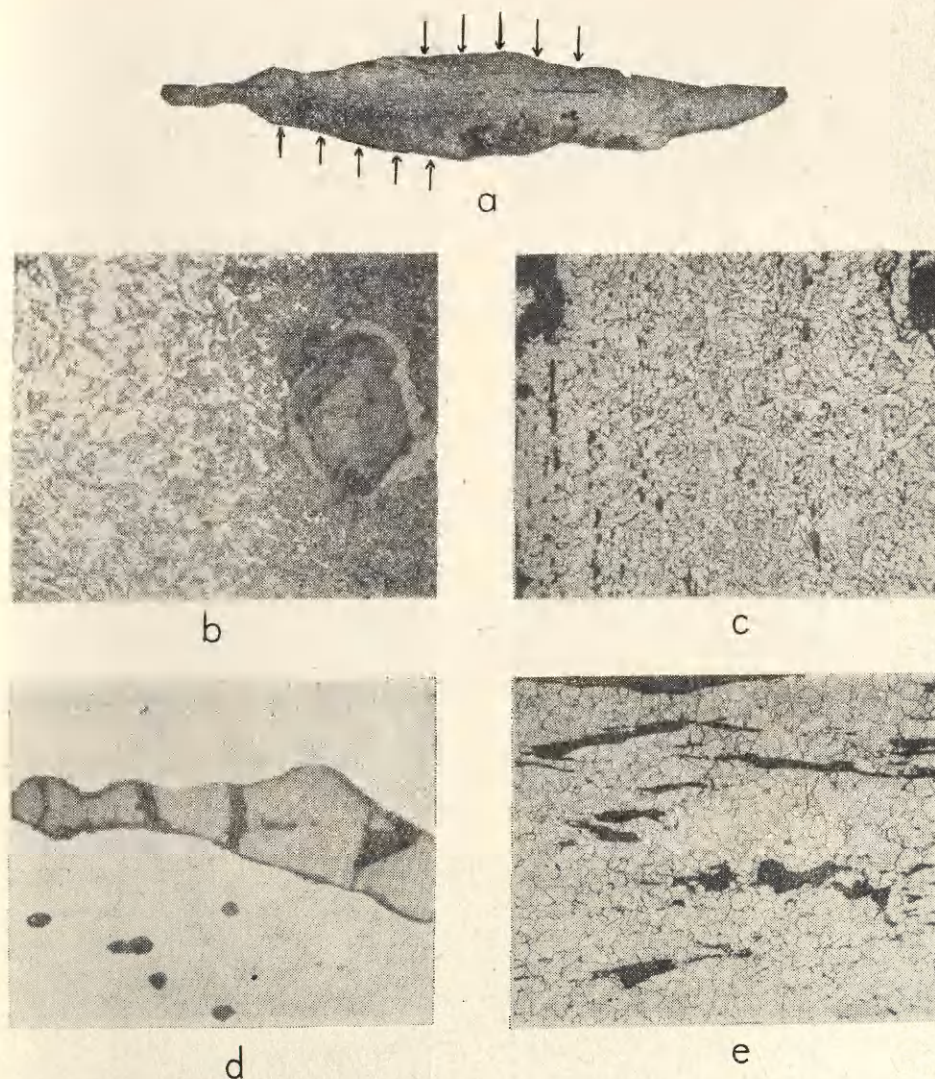
Nożyce z Choruli, stan. 4, wykonane były z żelaza o dość niskiej zawartości fosforu, a następnie nawęglane w celu utwardzenia i poddane obróbce cieplnej. Świadczy o tym iglasta struktura części nawęglonej (ryc. 5 c,d). Obróbka cieplna polegała najprawdopodobniej na hartowaniu zwykłym w cieczy o umiarkowanej zdolności chłodzącej lub na ulepszaniu cieplnym. Wtrącenia żuźla miały przeważnie jasne zabarwienie (typ C).

Nóż z Bytomia wykonany był przez zgrzewanie pręta żelaznego, stanowiącego część grzbietową, z prostym prętem stalowym stanowiącym ostrze. W stalowym ostrzu wystąpiła struktura martenzytyczna, a w części żelaznej — ferrytyczna. Podczas zgrzewania nastąpiła dyfuzja węgla z nakładki stalowej do części żelaznej, tworząc warstewkę nawęgloną. Strukturę na złączu obu tych części przedstawiono na ryc. 5 f. Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) wystąpiły także wtrącenia o bardziej złożonej strukturze (typ D — ryc. 6 a). Analizy chemicznej nakładki, ze względu na jej wielkość, nie udało się przeprowadzić, natomiast w części grzbietowej wystąpiła dość duża zawartość fosforu.

Podobnie wysoką zawartość fosforu stwierdzono we fragmencie nieokreślonego przedmiotu nr 1, w którym wystąpiła struktura ferrytyczna (ryc. 6 b). Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia typu D.

Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 2 zawierał mało fosforu, natomiast struktura metalu i wtrącenia żuźla były podobne do stwierdzonych we fragmencie nr 1 (ryc. 6 c,d).

Bardzo wysoką zawartość fosforu wykazał fragment nieokreślonego przedmiotu nr 3, mający strukturę ferrytyczną (ryc. 6 e).



Ryc. 4. Międzywieć, pow. Cieszyn. Struktury przedmiotów:

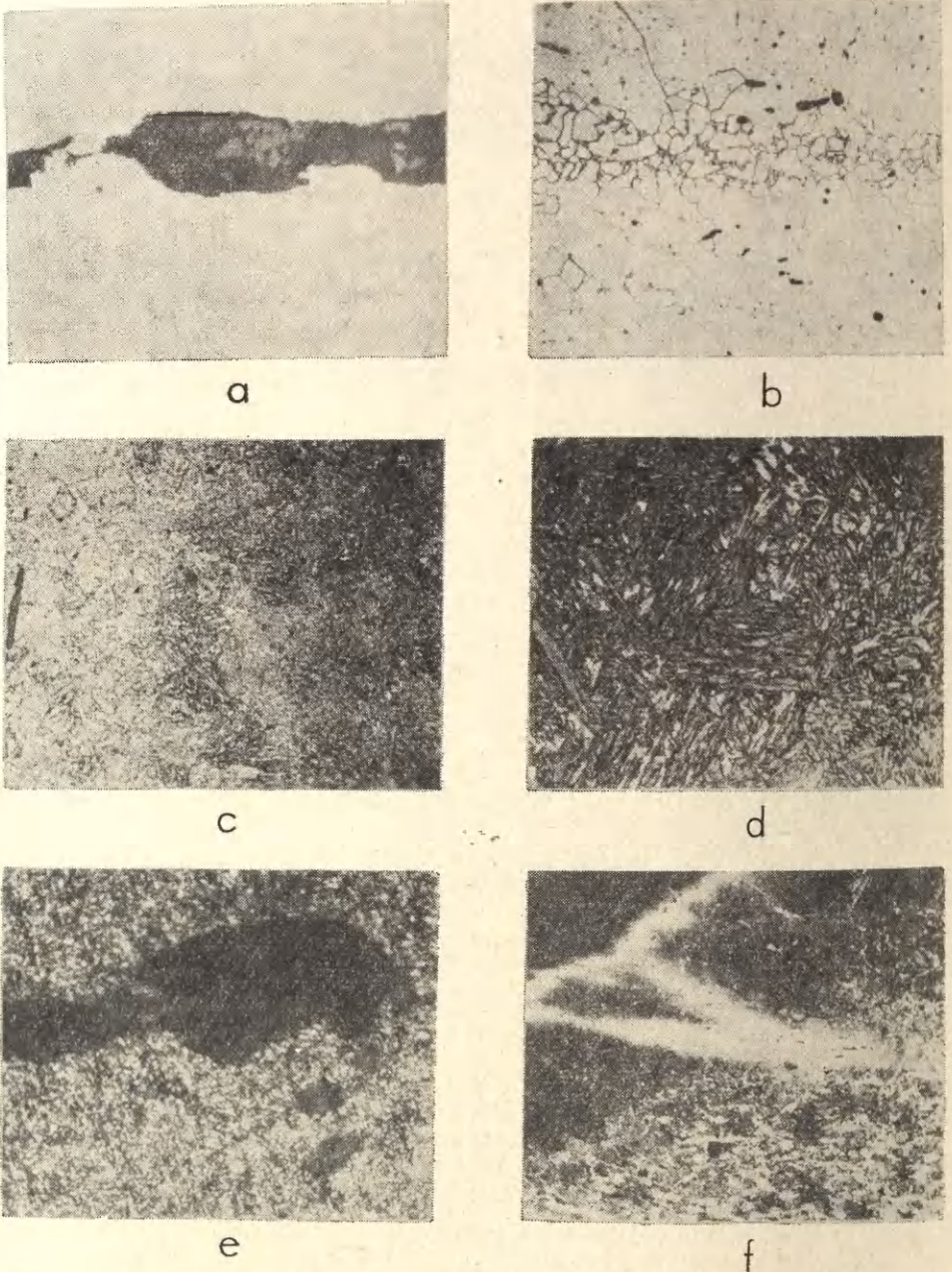
a — struktura na poprzecznym przekroju noża nr 1. Części nawęglone uległy zaciemnieniu, traw. azotalem, pow. 100 x; *b* — struktura noża nr 1: sorbit i ferryt, traw. azotalem, pow. 100 x; *c* — struktura noża nr 2: perlit, ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; *d* — wtrącenia żużla w nożu nr 2, nietraw. pow. 500 x; *e* — struktura grota strzały nr 2: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x

W metalu występowały wtrącenia żużla typu A oraz wtrącenia o bardziej złożonej strukturze typu D.

4. Wyniki badań próbek żużla

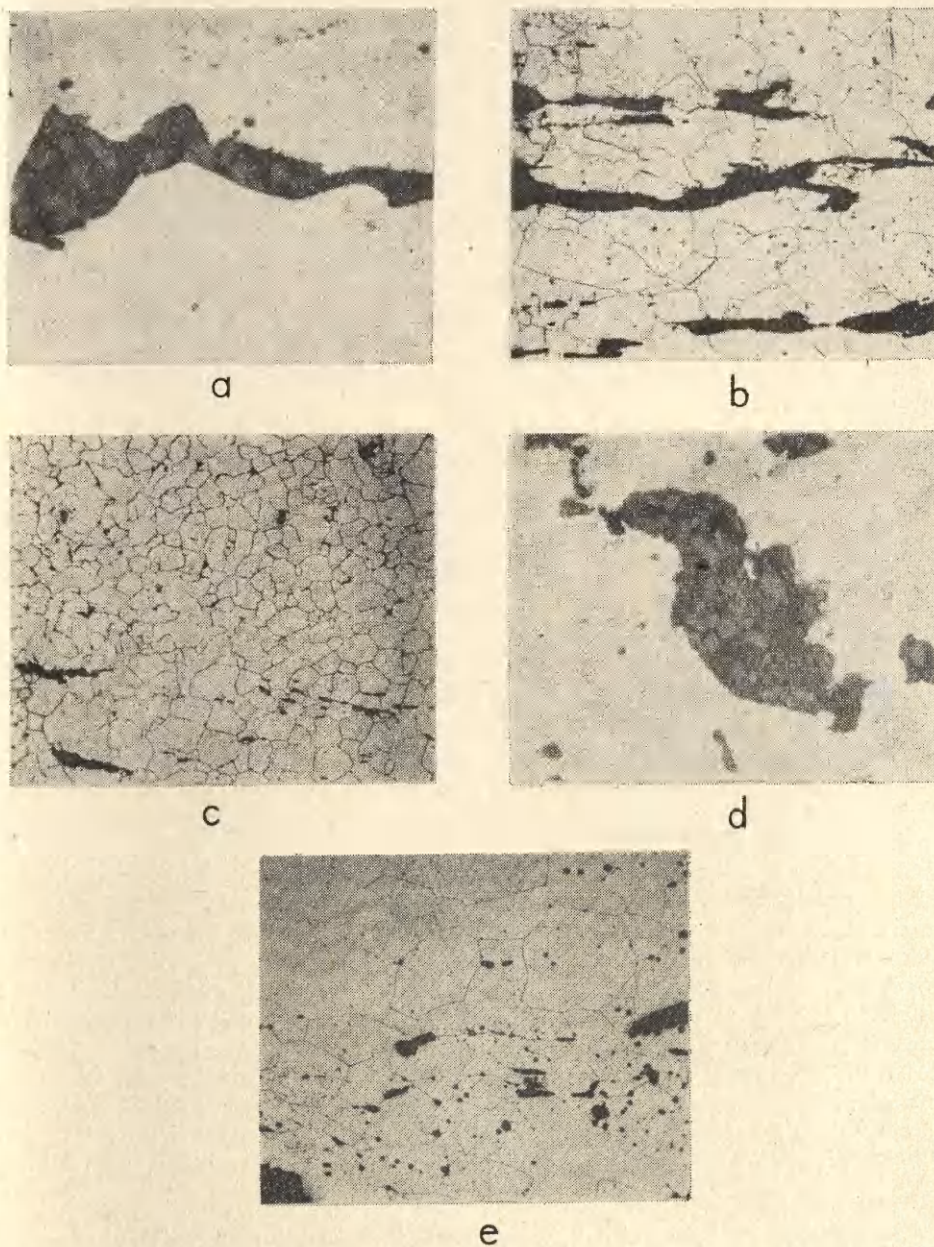
Wyniki ilościowej analizy chemicznej fragmentów żużla z Choruli, Międzywiecia i Bytomia podano w tabeli III.

Dwie analizowane próbki żużla ze stan. 4 w Choruli wykazały, że przetapiano tam rudę niskofosforową. Ponieważ jednak ilość analiz była niewielka, trudno



Ryc. 5. Struktury badanych przedmiotów:

Międzyzwieć, pow. Cieszyn: *a* — wtrącenia żużla w grocie strzały nr 2, nietraw., pow. 500 x; *b* — struktura fragmentu: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; Choruła, pow. Krapkowice, stan. 4: *c* — struktura nawęglonej części nożyc: troostyt iglasty, ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; *d* — struktura nawęglonej części nożyc: troostyt iglasty i ferryt, traw. azotalem, pow. 500 x; Lubomia, pow. Wodzisław: *e* — struktura sierpa: sorbit (?) i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; Bytom: *f* — struktura noża na złączu części stalowej i żelaznej: w części stalowej (na lewo) — martenzyt, a w części żelaznej (na prawo) — martenzyt (w części nawęglonej) i ferryt, traw. azotalem, pow. 100 x



Ryc. 6. Bytom. Struktura noża i fragmentów przedmiotów nieokreślonych:
 a — wtrącenia żużla w części żelaznej noża, nietraw., pow. 500 x; b — struktura fragmentu nr 1: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; c — struktura fragmentu nr 2: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; d — wtrącenia żużla we fragmencie nr 2, nietraw., pow. 500 x; e — struktura fragmentu nr 3: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x

stwierdzić, czy tylko ten typ rudy był wykorzystywany, czy też eksploatowano tam także, jak w poprzednim okresie (na stan. 8)⁶, rudę wysokofosforową. Gdyby tylko ten pierwszy typ rudy był eksploatowany, można byłoby wnosić, że hutnicy zarzucili przetop rudy wysokofosforowej stwierdziwszy, że daje ona gorsze żelazo.

Analizy żużli z Międzyzwiecia i Bytomia wykazały, że przetapiano tam wysokofosforową rudę darniową (lub bagienną) o niskiej zawartości MnO i dużej zawartości gliny (Al_2O_3). Była to więc ruda podobna do pierwszego rodzaju rudy, wykorzystywanej przez hutników ze stanowiska 8 w Choruli⁷. Próbką nr 2, zawierająca wyjątkowo dużo Al_2O_3 i SiO_2 , a mało tlenków żelaza, pochodzi najprawdopodobniej z obmurza pieca i przedstawia analizę nietypową, która nie może być uwzględniona w rozważaniach nad rodzajem rudy stosowanej do wytopu żelaza.

Wśród przedmiotów żelaznych z Międzyzwiecia można wyróżnić następujące typy metalu:

a) noże nr 1 i 2 oraz także grot strzały nr 2 są wykonane z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu (0,15—0,26% P), zawierającego także znacznie większą domieszkę niklu (0,08—0,16% Ni).

b) grot strzały nr 1 wykonany z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu (0,26% P), zawierającego tylko ślady niklu (poniżej 0,01% Ni). Jest to, być może, okaz innego pochodzenia, choć nie wiadomo jeszcze, jaki był rozrzut koncentracji niklu w metalu użytym do wyrobu przedmiotów zaliczonych do grupy pierwszej. Warto dodać, że grot strzał mogły często zmieniać właściciela i stąd niejednokrotnie w danym zespole występują tego typu okazy różniące się wyraźnie typem metalu i pochodzeniem (np. groty strzał i bełtów z Tumu pod Łęczycą)⁸.

c) fragment nieokreślonego przedmiotu wykonany z żelaza o bardzo wysokiej zawartości fosforu (0,63% P), zawierającego tylko ślady niklu (poniżej 0,01% Ni). Okaz ten może być innego pochodzenia, lecz także należeć do jednej z dwóch poprzednich grup w zależności od tego, jaki był zakres rozrzutu zawartości fosforu (i niklu) w metalu wytapianym z rud miejscowych.

Stwierdzenie, którą z tych grup należy zaliczyć do wyrobów miejscowych, jest dość trudne. Opierając się na ustalonej przez autora⁹ zależności pomiędzy zawartością P_2O_5 w żużlu i zawartością fosforu w metalu i znając zawartość związków fosforu w żużlu z Międzyzwiecia (tabela III) w granicach 0,95—2,90% P_2O_5 (średnio 1,83% P_2O_5), można wyznaczyć zawartość fosforu w żelazie wytapianym w Międzyzwieciu, równą w przybliżeniu 0,1—0,6% P, przy najbardziej prawdopodobnym zakresie 0,2—0,3% P. W ten sposób, zasadniczo, wszystkie zbadane okazy z Międzyzwiecia znajdują się w podanych granicach. Jeśli natomiast przyjmiemy, że wysoka zawartość Al_2O_3 w żużlu (rudzie) wiąże się z wielofazową strukturą wtrąceń żużla w metalu (typ D), wtedy wyrobami miejscowymi byłyby przede wszystkim okazy zaliczone do grupy pierwszej. Zagadnienie to byłoby rozstrzygnięte, gdyby udało

⁶ Badania starożytnych żużli ze stanowiska 8 w Choruli opisano w pracy: J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania starożytnych przedmiotów żelaznych i próbek żużla z Górnego Śląska i ziemi częstochowskiej*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 20: 1969, s. 425—444.

⁷ Tamże.

⁸ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych na przykładzie zabytków archeologicznych z Łęczycy, Czerchowa i Buczka*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 3; Wrocław 1959, s. 52.

⁹ J. Piaskowski, *Metallographical Investigations of Ancient Iron Objects from the Territory between the Oder and the Basin of the Vistula River*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 198: 1968, s. 266.

Tabela III. Wyniki ilościowej analizy chemicznej próbek żużla

Lp.	Stanowisko	Próbka nr	Nr invent.	Ciężar	Zawartość (%)								Temperatura (°C)		
					Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	mięknię- cia	topienia
1	Międzyświęc, pow. Cieszyn	1	B. 25/139 : 61	227,7	47,70	50,40	12,20	20,50	1,70	0,25	0,10	0,95	14,10	1045	1085
		2	B. 25/372 : 61	19,2	42,50	29,10	14,50	2,25	0,20	0,13	1,56	11,65			
		3	B. 25/377 : 61	50,9	10,72	8,40	39,50			0,17	1,10	43,70			
		4	ar. 67 ćw. A : 63	59,7	49,60	38,10	15,20	0,55	0,16	0,11	2,90	13,60	1065	1125	
2	Chorula, pow. Krapkowiec, stan. 4	1	B. 421 : 56	16,1	57,55	46,50	30,60	11,50	1,53	0,24	1,62	0,87	8,30		
		2	B. 447 : 56	42,0	40,55	28,90	25,60	19,70	4,85	1,30	7,90	0,55	13,30		
3	Bytom	1	B. 893 : 56	731,0	87,95	17,70	34,60	14,50	2,65	0,40	0,50	5,30	29,50	1080	
		2	B. 983 : 56	45,9	8,40	8,50	2,60	41,60	2,10	0,29	0,68	1,12	42,70		

* Obliczone na podstawie zawartości FeO i Fe₂O₃.

się wykazać, że eksploatowana w Międzywiciu (lub okolicy) ruda żelazna ma zazwyczaj nieco wyższą domieszkę niklu.

Odrębny od poprzednich typ metalu reprezentują nożyce z Choruli (stan. 4), wykazuje on bowiem stosunkowo niską zawartość fosforu oraz niewielką domieszkę niklu. Metal tego typu uzyskiwano (w sposób systematyczny) jedynie z rud niskofosforowych. Trudno wskazać, z jakiego ośrodka hutniczego pochodził zbadany okaz. Niskofosforowe żelazo zawierające wtrącenia żużla typu C (o nierównomiernym wszakże nawęgleniu) występuje na ziemiach Polski — niezbyt zresztą często — już w okresie halsztackim¹⁰. Nie udało się jednak dotychczas stwierdzić, czy pochodzi ono z jakiegoś określonego ośrodka hutniczego, czy też ten typ wtrąceń żużla jest przypadkową krańcową formą dla jakiegoś innego typu żużla, np. B lub D.

Zasadniczo analizy żużla z Choruli, zarówno ze stanowiska 4, jak i 8, wskazują, że przetapiano tam niskofosforową rudę o podwyższonej zawartości Al_2O_3 i MnO, jakie wiązano z występowaniem wtrąceń żużla typu D (np. „żelazo opolskie”¹¹). Jeśli — co jest możliwe — typ wtrąceń żużla C można łączyć z wtrąceniami typu D, wtedy nożyce z Choruli należałoby uznać za wyrób miejscowych hutników; w obecnej chwili twierdzenie takie jest jedynie prawdopodobne.

Bardzo niską zawartość fosforu oraz nieznaczną ilość niklu (ślady) zawierał sierp z Lubomi, pow. Wodzisław Śl. Metal ten zbliżony jest nieco do „żelaza świętokrzyskiego”¹², wykazuje jednak w przeciwieństwie do tego żelaza (i to na dość dużej powierzchni) równomierne nawęglenie. Jest to różnica dość istotna, może być jednak przypadkowa i dlatego w sprawie pochodzenia tego sierpa trudno się wypowiedzieć. Wydaje się, że sierp pochodził z jakiegoś ośrodka hutniczego, znajdującego się poza granicami Polski, gdzie eksploatowano niskofosforowe rudy żelaza o niskiej zawartości Al_2O_3 .

Zbadane okazy z Bytomia można podzielić na następujące grupy:

a) nóż i fragment nieokreślonego przedmiotu nr 1 o dość wysokiej zawartości fosforu (0,35—0,39% P) oraz niewielkiej domieszce niklu (0,07—0,09% Ni), charakteryzujące się wtrąceniami żużla typu D (obok typu A),

b) fragment nieokreślonego przedmiotu nr 3 o bardzo wysokiej zawartości fosforu (0,72% P), a tylko ze śladami niklu (poniżej 0,01% Ni), oraz z wtrąceniami żużla typu D (obok typu A),

c) fragment nieokreślonego przedmiotu nr 2 wykonany z niskofosforowego żelaza (0,046% P), ze śladami niklu (poniżej 0,01% Ni) oraz podobnymi wtrąceniami żużla.

Wyniki badań przedmiotów z Bytomia są nieco podobne do wyników badań materiałów z Międzywicia. Z analiz żużla z Bytomia do rozważań można wykorzystać tylko jeden wynik (próbka nr 1), ponieważ druga próbka przedstawia skład nietypowy (zawiera najwidoczniej części nadtopionego obmurza kotliny dymarki). Jest to zbyt mało dla wyznaczenia zawartości fosforu w metalu w każdym jednak razie widoczne jest, że żużel ten powstał w wyniku przetopu rudy wysoko-

¹⁰ Piaskowski, *Dalsze badania technologii wyrobów żelaznych...*, s. 10.

¹¹ Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego z okresu wpływów rzymskich*, „Przegląd Archeologiczny”, t. 15: 1963, s. 155.

¹² Cechy „żelaza świętokrzyskiego” w pełnym opracowaniu przedstawiono w artykule 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*, t. 6; Wrocław 1963, s. 36.

fosforowej i z bardzo dużym przybliżeniem można ocenić zawartość fosforu w żelazie na 0,4—1,0% P, a najprawdopodobniej i nieco niżej.

Do ewentualnych wyrobów hutników bytomskich można byłoby zaliczyć nóż i fragment nieokreślonego przedmiotu nr 1 oraz nr 3 w zależności od zawartości niklu w wytapianej tam rudzie żelaznej i rozkładu tej zawartości, tzn. czy w metalu zmienia się ona od śladów (0,00%) do ok. 0,1% Ni. We wszystkich tych trzech okazach występują wtrącenia żużla typu D, co według przypuszczeń autora wiąże się głównie z podwyższoną zawartością Al_2O_3 .

Fragment nieokreślonego przedmiotu nr 2 nie był miejscowego pochodzenia, można uważać go jednak za wyrób z żelaza wytapianego na Śląsku Opolskim, jeśli przyjmemy, że hutnicy wytapiający żelazo na tym terenie po okresie wędrówek ludów, w przeciwieństwie do swych starożytnych poprzedników¹³, panowali nad procesem nawęglenia pierwotnego. O tym zresztą, że niskofosforowa ruda opolska — tego typu co eksploatowana w Opolu-Gosławicach, Groszowicach, pow. Opole itd w starożytności — była przetapiana także po okresie wędrówek ludów, świadczą analizy żużla ze stan. 4 w Choruli.

Reasumując, zbadane materiały przedstawiają obraz zasadniczo charakterystyczny dla okresu wczesnośredniowiecznego (tj. po okresie wędrówek ludów); jedynie sierp z Lubomi można byłoby wiązać ze starożytnością, jakkolwiek równomierne nawęglenie okazu (o ile nie jest strukturą przypadkową) wskazuje także na jego późniejsze pochodzenie. Przemawiają za tym przede wszystkim typy metalu oraz technologia, charakterystyczna dla ziem Polski we wczesnym średniowieczu.

Wśród zbadanych materiałów występują zasadniczo dwa rodzaje metalu: żelazo (wszystkie okazy z Międzyświecia i Bytomia oraz nożyce z Choruli) zawierające co najwyżej śladowe nawęglenie pierwotne, i to w wyjątkowych wypadkach (nóż nr 2 z Międzyświecia), oraz twardą stal (sierp z Lubomi, nakładka noża z Bytomia).

Jest to poza tym metal o podwyższonej, a nawet wysokiej zawartości fosforu, co widoczne jest także w wieloboku rozkładu zawartości tej domieszki, przedstawionym na ryc. 3. Ilość analiz jest tu niewielka, pomimo to jednak charakter rozkładu jest widoczny. Przeważająca większość analiz (72,7%) przekracza 0,1% P, a jedynie 3 analizy (27,3%) wykazują mniejszą zawartość tej szkodliwej domieszki. Natomiast nie stwierdzono obecności starożytnego „żelaza świętokrzyskiego”, które masowo występowało na tym obszarze Polski przed okresem wędrówek ludów; np. na terenie Śląska Opolskiego udział wyrobów świętokrzyskich oceniono na 34,4—40,6%¹⁴.

Również i technologia, a mianowicie sposoby utwardzania zbadanych narzędzi, reprezentuje metody charakterystyczne dla wczesnośredniowiecznych kowali. Prawie wszystkie zbadane przedmioty były utwardzane lub wykonane ze stali, a mianowicie: nożyce z Choruli i najprawdopodobniej nóż nr 1 z Międzyświecia poddano nawęgleniu, a nóż z Bytomia był zgrzewany z żelaza i stali; sierp z Lubomi wykuto ze stali. Wszystkie te przedmioty poddane były ponadto prawidłowo przeprowadzonej obróbce cieplnej.

Nawęglone noże były często wyrabiane we wczesnym średniowieczu na ziemiach Polski; wśród zbadanych dotąd noży 19,7% z tego okresu to noże nawęglone.

¹³ Starożytne „żelazo opolskie” (II—V w. n.e.) wykazuje nierównomierne nawęglenie, co świadczy o przypadkowym charakterze tego nawęglenia.

¹⁴ Por. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego...*, s. 154.

Okazy takie znaleziono m.in. w Szeligach, pow. Płock¹⁵, Buczku, pow. Łask¹⁶, Krakowie (Wawel), Kołobrzegu¹⁷, Gdańsku¹⁸; poza tym nawęglone sierpy wystąpiły w Tumie pod Łęczycą¹⁹ i Piekarach, pow. Kraków²⁰.

Nóż z Bytomia reprezentuje technologię najpospolitszą na ziemiach Polski w okresie wczesnego średniowiecza. Wśród 81 zbadanych dotąd wczesnośredniowiecznych noży wielowarstwowych (które stanowią 55,1% ogółu zbadanych noży) aż 58,0% to okazy z prostą nakładką stalową; noże tego typu występują już w najwcześniejszych znaleziskach wczesnośredniowiecznych (Szeligi, pow. Płock²¹, Czeladź Wielka, pow. Góra²²).

W sumie więc zbadane materiały reprezentują zdecydowanie wszystkie cechy technologii wczesnośredniowiecznej, słowiańskiej, która występuje także — jak wynika z opisu W. Hołubowicza — w Opolu w X—XIII w.²³ oraz w Czeladzi Wielkiej, pow. Góra²⁴.

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF EARLY MEDIEVAL IRON OBJECTS
AND SLAG SAMPLES FROM UPPER SILESIA

The eleven objects from Upper Silesia subject to metallographical examinations included two knives, two arrowheads and fragment of an unidentified object from Międzywieć, Cieszyn district (7th century), a sickle from Lubomia, Wodzisław Śląski district (8th century), shears from sięta 4 at Chorula, Krapkowie district (11th to 12th century), a knife and three fragments of unidentified objects from Bytom (12th to 14th century). In the investigations the metallographical observations and microhardness measurements of structural elements and of metal hardness were employed. Quantitative and qualitative chemical analyses were also carried out.

¹⁵ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużła z Szelig i Cekanowa, pow. Płock, oraz Cieślina, pow. Sierpc*, [w:] W. Szymański, *Szeligi pod Płockiem na początku wczesnego średniowiecza*, Wrocław 1967, zał. 5, s. 363—397.

¹⁶ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 92.

¹⁷ W. Łosiński, *Kowalstwo we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, [w:] W. Łosiński, E. Tabaczyńska, *Z badań nad rzemiosłem we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, Poznańskie Tow. Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Archeologicznej, t. 4, z. 1—2, Poznań 1959, s. 31.

¹⁸ J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego X—XIV w. na podstawie badań metaloznawczych*, Gdańskie Tow. Naukowe, Prace Komisji Archeologicznej nr 2, Gdańsk 1960, s. 76.

¹⁹ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 42.

²⁰ Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąża, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2; Wrocław 1958, s. 77.

²¹ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużła z Szelig...*

²² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czeladzi Wielkiej, pow. Góra* (w druku).

²³ Hołubowicz, *op. cit.*, s. 154.

²⁴ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czeladzi Wielkiej...*

Moreover, 8 slag samples from Międzywieć, Chorula (site 4) and Bytom were subject to quantitative chemical analysis. The softening and melting points were established for three samples. The slag from Międzywieć and Bytom contained rather high amount of phosphorus (0.95—5.30% P_2O_5), whereas in the slag from Chorula the content of this admixture was rather low (0.55—0.87% P_2O_5). The latter contained a higher amount of MnO (up to 7.90%). The content of Al_2O_3 was high in all samples (8.30—29.50%). The softening point was 1030—1065°C and the melting point 1080—1125°C.

All five objects from Międzywieć were made of iron with rather high phosphorus content (0.15—0.63% P); the two knives and arrowhead no. 2 contained a considerable addition of nickle. Knife no. 1 was probably subject to carburization and to heat treatment.

The sickle from Lubomia, made of hard steel with a low amount of phosphorus (0.017% P), was subject to heat treatment.

The shears from Chorula, which were made of steel with a low phosphorus content (0.028% P) were carburized and also heat treated. Also the knife from Bytom was hardened and welded from iron and steel with a rather high content of phosphorus. Fragments of iron objects nos. 1 and 3 from Bytom likewise showed a high amount of phosphorus (0.35 and 0.72% P). On the other hand, the fragment of iron object no. 2 contained only 0.046% P. The iron part of the knife and the fragment of iron object no. 1 revealed an addition of nickle amounting to 0.07—0.08% Ni.

The metal of which the objects were made and the technique of their execution are characteristic of Polish territories in the Early Middle Ages.

