

Jerzy Piaskowski

Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego z okresu wpływów rzymskich

Les examinations métallographiques des produits en fer et des échantillons de la scorie, provenant de la Silésie, région d'Opole, de la période des influences romaines

Przeprowadzone badania metaloznawcze wyrobów żelaznych i żużla dymarkowego ze Śląska Opolskiego z okresu wpływów rzymskich stanowiły dalszy ciąg prac autora nad technologią żelaza na ziemiach Polski, a w szczególności pochodzących z wymienionego okresu. Badania te miały szczególnie duże znaczenie, gdyż na terenie Śląska Opolskiego archeologowie natrafili na szereg śladów hutnictwa żelaznego z okresu wpływów rzymskich. W Groszowicach, pow. opolski, odkryto osadę hutniczą, datowaną na III—IV wiek naszej ery. Odsłonięto tam 13 dymarek, poza tym około pięćdziesięciu pieców zostało uprzednio zniszczonych podczas robót ziemnych. Średnica kłoców żużla wynosiła ok. 90 cm, a wysokość ok. 1 m. Z tego mniej więcej okresu pochodzą także pozostałości 5 dymarek znalezione w Chróścicach, pow. opolski, oraz fragmenty żużla dymarkowego z Zimnicy Małej, pow. opolski. Na ślady dymarek natrafiono również w pobliżu Izbicka, pow. strzelecki. Pozostałości starożytnego hutnictwa żelaznego znaleziono także w Opolu-Gosławicach¹. Znaleźiska te wskazują, że w okresie wpływów rzymskich wytapiano na Śląsku Opolskim znaczne ilości żelaza.

Według danych geologicznych na tym terenie występują niskofosforowe rudy żelaza. Można było oczekiwać, że wytapiany tam metal zawiera domieszkę fosforu w niewielkich ilościach; byłby więc to drugi na ziemiach Polski ośrodek hutniczy — obok ośrodka w Górach Świętokrzyskich — produkujący żelazo niskofosforowe. Stąd ważne było określenie cech charakterystycznych wyrobów żelaznych pochodzących ze Śląska Opolskiego oraz ustalenie, w jakim stopniu cechy te pokrywają się lub różnią od cech starożytnego „metalów świętokrzyskiego”².

1. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW

Ogółem zbadano 32 przedmioty żelazne, przy czym dwa z nich — umbo i sprzączka — składały się z dwóch części. Okazy pochodziły

¹ J. Kaźmierczyk, *Osada hutnicza w Groszowicach*, „Dawna Kultura”, R. 1: 1954, z. 1, s. 31; tenże, *Badania archeologiczne na Opolszczyźnie*, „Kwartalnik Opolski”, t. 1: 1955, z. 2, s. 65. Także W. Hołubowicz, *Opole w wiekach X—XII*, Katowice 1956, s. 147.

² Szczegółowe porównanie cech starożytnych wyrobów żelaznych ze Śląska Opolskiego i z Gór Świętokrzyskich przedstawiono w pracy: J. Piaskowski

z 11 stanowisk archeologicznych ze Śląska Opolskiego. Były to zapinki (8 szt.), noże (7 szt.), grotty włóczni (6 szt.), ostrogi i sprzączki (po 2 szt.) oraz sierp, nożyce, krzesiwo, wisiorek, umbo, imacz i kabłak wiadra. Ponadto przeprowadzono analizę chemiczną próbek żużla z Groszowic, pow. opolski, i z Opolu-Gosławic oraz ułamka żużla z Olszynki, pow. prudnicki, który miał pochodzić z wcześniejszego stanowiska (kultura łużycka?).

Zbadane materiały pochodziły z Muzeum Ziemi Opolskiej w Opolu, z wyjątkiem próbek żużla z Opolu-Gosławic uzyskanych ze zbiorów Zakładu Archeologii Polski Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Okazy do badań zostały wybrane przez mgr. K. Godłowskiego z tegoż Zakładu.

2. METODY BADAŃ

Metody opisanych badań nie różniły się od sposobów stosowanych w innych podobnych pracach autora³. Badania przedmiotów żelaznych obejmowały ilościową i jakościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne oraz pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz twardości metalu. Ponadto przeprowadzono chemiczną analizę ilościową próbek żużla.

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono metodami klasycznymi, zgodnie z wytycznymi obowiązującymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu w żelazie niskofosforowym (zawierającym poniżej 0,25% P) określano metodą fotometryczną (naważka wynosiła 0,4 g), natomiast w okazach, w których zawartość fosforu była wyższa, stosowano metodę miareczkową. Wstępną (jakościową) ocenę zawartości fosforu przeprowadzono podczas badań metalograficznych; we wszystkich przypadkach ocena ta została potwierdzona analizą chemiczną.

Jeśli chodzi o inne domieszki, zawartość krzemu oznaczano metodą wagową, zawartość niklu — fotometrycznie, a zawartość siarki — miareczkowo (po spaleniu). Metodę miarecz-

ski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I—IV wiek n. e.)*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 6 (w druku).

³ Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i wczesno-lateńskiego, znalezionych na Śląsku*, „Przegląd Archeologiczny”, t. 12: 1960, s. 125.

kową stosowano także przy oznaczaniu manganu i miedzi.

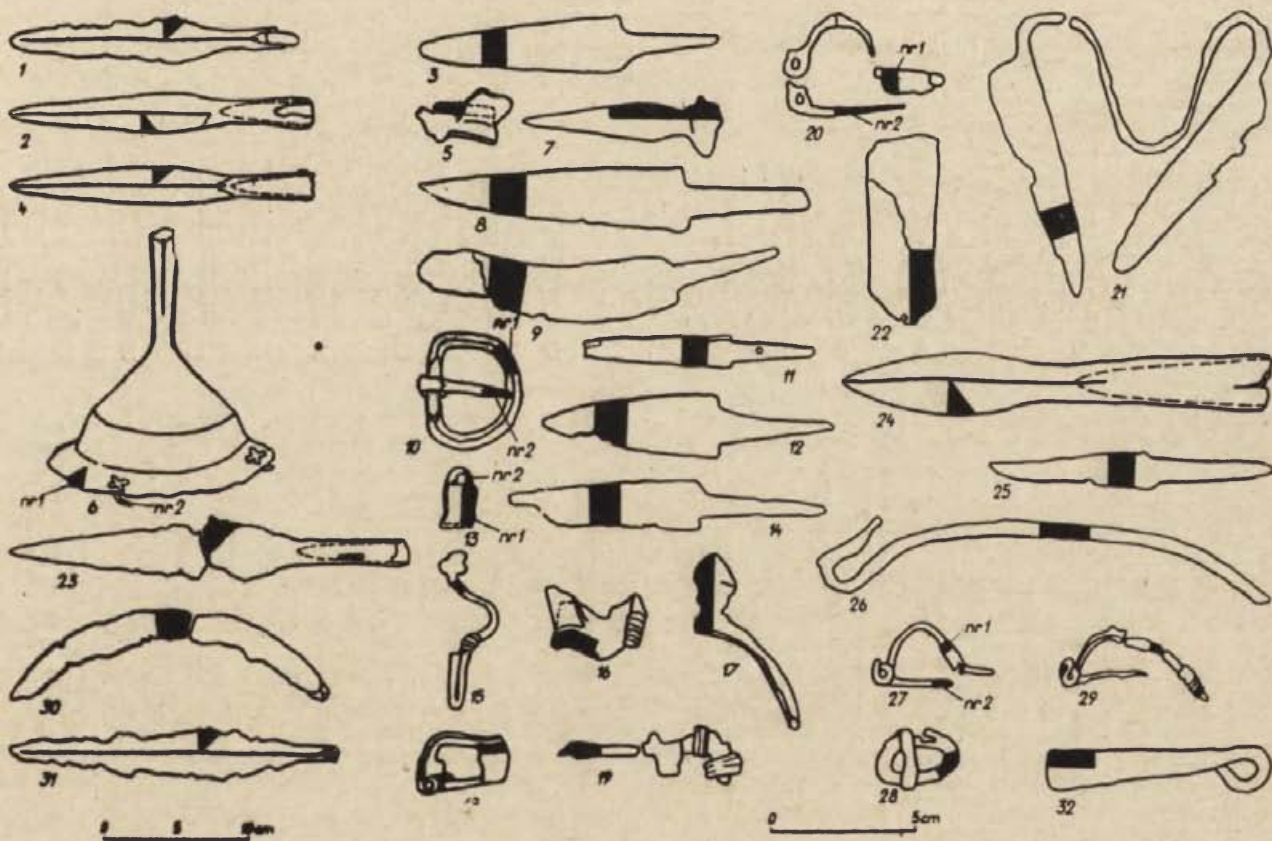
Zawartość węgla określano w przybliżeniu na podstawie obserwacji metalograficznych. Jak już wspomniano niejednokrotnie w innych pracach, oznaczanie tego składnika w dawnych wyrobach żelaznych na drodze chemicznej jest niecelowe.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzono metodą spektrograficzną przy użyciu spektrografu ISP—22, wzbudzając łuk pomiędzy dwiema próbkami tego samego materiału.

Strukturę metalu określano pod mikroskopem metalograficznym przy powiększeniu 100 i 500 \times po wytrawieniu próbek 4 $\frac{1}{2}$ roz-

tworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Wielkość ziarna oznaczono zgodnie z normą PN-56/H-04507, która dzieli ziarna na klasy od 1 (największe ziarno — 16 ziarn na powierzchni 1 mm²) do 8 (najdrobniejsze ziarno — 2048 ziarn na 1 mm²). Dla ujawnienia struktury warstewek miedzi i brązu, jakie zaobserwowano na powierzchni wisiora oraz zapinek nr 4 i 5 z Tarnowa, pow. opolski, stosowano roztwór składający się z 30 cm³ kwasu solnego, 10 g chlorku żelazowego i 125 cm³ alkoholu etylowego (roztwór chlorku żelaza).

Na zglądach metalograficznych badano mikrotwardość poszczególnych składników struktury, posługując się aparatem Hanemanna



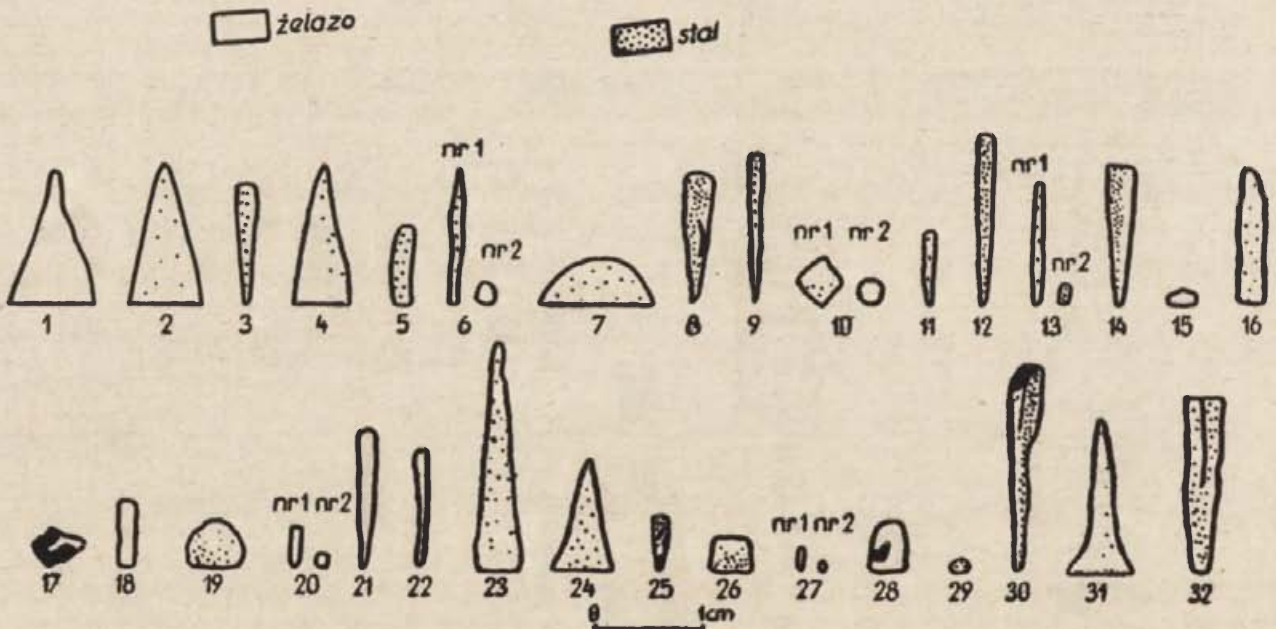
Ryc. 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów. Pietraszyn, pow. raciborski: 1 — grot włóczni. Nowa Wieś, pow. opolski: 2 — grot włóczni, 3 — nóż. Rogów, pow. opolski: 4 — grot włóczni. Tarnów, pow. opolski: 5 — zapinka nr 1, 6 — umbo, 7 — ostroga (fragment), 8 — nóż nr 1, 9 — nóż nr 2, 10 — sprzączka, 11 — nóż nr 3, 12 — nóż nr 4, 13 — wisior, 14 — nóż nr 5, 15 — zapinka nr 2, 16 — zapinka nr 3, z grzebykiem, 17 — ostroga, 18 — zapinka nr 4, „norweska”, 19 — zapinka nr 5, trąbkowata, 20 — zapinka nr 6. Krapkowice, pow. opolski: 21 — nożyce, 22 — imacz. Reńska Wieś, pow. kozielski: 23 — grot włóczni. Groszowice, pow. opolski: 24 — grot włóczni. Grzegorzowice, pow. raciborski: 25 — nóż, 26 — kabiak wiadra. Szczedrzyk, pow. opolski: 27 — zapinka nr 1, 28 — sprzączka, 29 — zapinka nr 2. Turawa, pow. opolski: 30 — sierp. Popielów, pow. opolski: 31 — grot włóczni. Popielów (?): 32 — krzesiwo.

Fig. 1. Ensemble des objets examinés. Pietraszyn, distr. de Racibórz: 1 — pointe de lance; Nowa Wieś, distr. d'Opole: 2 — pointe de lance, 3 — couteau; Rogów, distr. d'Opole: 4 — pointe de lance; Tarnów, distr. d'Opole: 5 — fibule N° 1, 6 — umbo de bouclier, 7 — éperon (fragment), 8 — couteau N° 1, 9 — couteau N° 2, 10 — boucle, 11 — couteau N° 3, 12 — couteau N° 4, 13 — pendeloque, 14 — couteau N° 5, 15 — fibule N° 2, 16 — fibule N° 3 avec un petit peigne, 17 — éperon, 18 — fibule „norvégienne” N° 4, 19 — fibule N° 5 à tête en forme d'une trompette, 20 — fibule N° 6; Krapkowice, distr. d'Opole: 21 — ciseaux, 22 — poignée de bouclier; Reńska Wieś, distr. de Koźle: 23 — pointe de lance; Groszowice, distr. d'Opole: 24 — pointe de lance; Grzegorzowice, distr. de Racibórz: 25 — couteau, 26 — anse de seau; Szczedrzyk, distr. Opole: 27 — fibule N° 1, 28 — boucle, 29 — fibule N° 2; Turawa, distr. d'Opole: 30 faucille; Popielów, distr. d'Opole: 31 — pointe de lance; Popielów (probablement): 32 — briquet

Tabela I
Wyniki ilościowej analizy chemicznej starożytnych żużli żelaznych ze Śląska Opolskiego

Lp.	Stanowisko	Próbka nr	Zawartość, %								
			Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃
1	Groszowice, pow. opolski	1	26,39	27,50	8,05	31,50	5,88	4,50	7,60	0,41	15,30
		2	38,48	25,41	26,81	19,90	2,83	1,80	3,83	0,47	16,50
		3	44,44	29,00	31,32	12,90	3,22	0,80	4,20	0,31	15,00
2	Opole-Gosławice	1	35,22	30,12	16,91	25,30	3,20	2,30	7,61	0,50	15,14
		2	33,99	29,45	15,02	24,12	4,58	4,80	9,70	0,65	12,40
3	Olszynka, pow. prudnicki	1	31,06	29,50	11,64	37,40	1,42	0,54	4,24	0,98	15,09

* Obliczone na podstawie zawartości FeO i Fe₂O₃.



Ryc. 2. Technologie zbadanych przedmiotów. Pietraszyn, pow. raciborski: 1 — grot włóczni. Nowa wieś, pow. opolski: 2 — grot włóczni, 3 — nóż. Rogów, pow. opolski: 4 — grot włóczni. Tarnów, pow. opolski: 5 — zapinka nr 1, 6 — umbo, 7 — ostroga (fragment), 8 — nóż nr 1, 9 — nóż nr 2, 10 — sprzączka, 11 — nóż nr 3, 12 — nóż nr 4, 13 — wisiołek, 14 — nóż nr 5, 15 — zapinka nr 2, 16 — zapinka nr 3, z grzebykiem, 17 — ostroga, 18 — zapinka nr 4, „norweska”, 19 — zapinka nr 5 (trąbkowata), 20 — zapinka nr 6. Krapkowice, pow. opolski: 21 — nożyce, 22 — imacz. Reńska Wieś, pow. kozielski: 23 — grot włóczni. Groszowice, pow. opolski: 24 — grot włóczni. Grzegorzowice, pow. raciborski: 25 — nóż, 26 — kabłąk wiadra. Szczedrzyk, pow. opolski: 27 — zapinka nr 1, 28 — sprzączka, 29 — zapinka nr 2. Turawa, pow. opolski: 30 — sierp. Popielów, pow. opolski: 31 — grot włóczni. Popielów (przypuszczalnie): 32 — krzesiwo

Fig. 2. Technologie des objets examinés. Pietraszyn, distr. de Racibórz: 1 — pointe de lance; Nowa Wieś, distr. d'Opole: 2 — pointe de lance, 3 — couteau; Rogów, distr. d'Opole: 4 — pointe de lance; Tarnów, distr. d'Opole: 5 — fibule N° 1, 6 — umbo de bouclier, 7 — éperon (fragment), 8 — couteau N° 1, 9 — couteau N° 2, 10 — boucle, 11 — couteau N° 3, 12 — couteau N° 4, 13 — pendeloque, 14 — couteau N° 5, 15 — fibule N° 2, 16 — fibule N° 3 avec un petit peigne, 17 — éperon, 18 — fibule „norvégienne” N° 4, 19 — fibule N° 5 à tête en forme d'une trompette, 20 — fibule N° 6; Krapkowice, distr. d'Opole: 21 — ciseaux, 22 — poignée de bouclier; Reńska Wieś, distr. de Koźle: 23 — pointe de lance; Groszowice, distr. d'Opole: 24 — pointe de lance; Grzegorzowice, distr. de Racibórz: 25 — couteau, 26 — anse de seau; Szczedrzyk, distr. d'Opole: 27 — fibule N° 1, 28 — boucle, 29 — fibule N° 2. Turawa, distr. d'Opole: 30 — fougille; Popielów, distr. d'Opole: 31 — pointe de lance; Popielów (probablement): 32 — briquet

i stosując przy tym nacisk 50 G. Każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów.

Twardość określano sposobem Vickersa (Polska norma PN/H-04360) przy nacisku trwającym 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 2—4 pomiarów.

Uzyskane wyniki zestawiono w tablicach i zestawieniach rysunkowych. Stwierdzona zawartość krzemu i manganu w żelazie (tab. II) jest prawdopodobnie głównie wynikiem wtrąceń żużla znajdujących się w żelazie dymarkowym. Przy wynikach analizy jakościowej

Tabela II

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych ze Śląska Opolskiego

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Datowanie	Ciężar okazu G	Zawartość, ‰						Analiza jakościowa*								
					Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Ag	As	Ba	Bi	Co	Mo	Sb	Ti	V
1	Grot włóczni	Pietraszyn, pow. raciborski	I–II w.	92,5			0,31						+	+			0?	0	
2	Grot włóczni	Nowa Wieś, pow. opolski	II–III w.	128,0	0,03	śl.	0,021		0,00				0	0?				0?	
3	Nóż			14,4		śl.	0,051		0,00					+	0				0?
4	Grot włóczni	Rogów, pow. opolski	II–III w.	128,0		śl.	0,045		0,00				+	0				0	
5	Zapinka nr 1	Tarnów, pow. opolski	II–III w.	7,3			0,023		0,04				0	0		0?		+	
6	Umbo			353,8			0,035							0	0				+
	Nit												0	0				+	
7	Ostroga nr 1 (fragment)				27,2	0,02	0,00	0,037	0,003		0,00		0	0		0?		0?	
8	Nóż nr 1			III w.	28,8	0,09	0,07	0,034	0,003	0,00			0	0				+	
9	Nóż nr 2				16,1			0,030					0	0		0?		+	
10	Sprzączka:																		
	trzcina				12,9			0,028		0,04			0	0				0?	
	kablak					śl.	śl.	0,08		0,32			+	0		0?		0?	
11	Nóż nr 3				5,1	0,01	0,01	0,020		0,02			+	+	+		0?	0?	**
12	Nóż nr 4			16,3			0,020		0,00				0?	+			+		
13	Wisiosek			2,5			0,028					+	+	0			0?	***	
14	Nóż nr 5			15,2	0,11	0,01	0,039	0,002	0,00				0	0			0?		
15	Zapinka nr 2			4,0			0,031						+	0			0		
16	Zapinka nr 3 z grzebykiem			21,0		śl.	0,023					0	0?	0			0		
17	Ostroga nr 2			13,7	0,05	0,01	0,050		0,00			0	0	0			0		

c. d. tabeli II

L.p.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Datowanie	Cieżar okazu G	Zawartość ‰						Analiza jakościowa*									
					Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Ag	As	Ba	Bi	Co	Mo	Sb	Ti	V	
18	Zapinka nr 4 „norweska”			12,7			0,11(?)					+	+	0?		0?		0		
19	Zapinka nr 5 „trąbkowata”			11,0			0,021					+	0	+			0	0?	**	
20	Zapinka nr 6			7,2			0,028		0,00			0	0	0				+	0	
21	Nożyce	Krapkowice, pow. opolski	III w.	40,8	0,11	śl.	0,040	0,007	0,02	0,00		+	0					0?		
22	Imacz			10,1		śl.	0,031					+	0					0?		
23	Grot włóczni	Reńska Wieś, pow. kozielski	III w.	156,5		0,01	0,065		0,22	0,00		0	0		0?			0?		
24	Grot włóczni	Groszowice, pow. opolski	III—IV w.	72,0		0,01	0,028					0	0?		0		0?	0?		
25	Nóż	Grzegorzowice,	III—IV w.	9,4		0,02	0,073		0,03			+	0		0?			0?		
26	Kabłąk wiadra	pow. raciborski		21,2	0,10	śl.	0,030		0,00	0,00		0	+					0?		
27	Zapinka nr 1	Szczedrzyk, pow. opolski	IV—V w.	4,0			0,038					+	0?					0		
28	Sprzączka			7,9			0,83				0?	+	0		0?			0?		
29	Zapinka nr 2			3,1			0,043					+	0		0		0	0?		
30	Sierp	Turawa, pow. opolski	IV—V w.	70,0			0,027		0,00			0	0					+		
31	Grot włóczni	Popielów, pow. opolski	ryzm.	84,3			0,58		0,00	0,00		+	0					0	0	
32	Krzesiwo	„(?)		19,8		0,02	0,068		0,00			0	+					0		

* Ponadto we wszystkich próbkach występowały Al, Ca, Cu, Mg, Ni, Pb, Sb, Zn, Sn oraz podstawowe składniki i domieszki żelaza dymarkowego: Fe, Si, Mn, S i C.

** Ponadto ślady Au.

*** Ponadto prawdopodobnie Cr (?).

Tabela III

Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa przedmiotów żelaznych ze Śląska Opolskiego

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikro-twardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/m ²
1	Grot włóczni	Pietraszyn, pow. raciborski	feryt	1	175	170
2	Grot włóczni	Nowa Wieś, pow. opolski	feryt*	4	109	73,7
			perlit	7	175	
3	Nóż		feryt*	7	162	153
		perlit	7	274		
4	Grot włóczni	Rogów, pow. opolski	feryt	4	144	95,8
			perlit	6	279	
5	Zapinka nr 1	Tarnów, pow. opolski	feryt	5	114	140,9
			perlit	4	274	
6	a) umbo		feryt*	4	145	113,1
			perlit	sl.	243	
	b) nit		feryt*	5	142	113,1
7	Ostroga		feryt	4	118	102,7
			perlit	6	243	143,1-193
8	Nóż nr 1		perlit	4	270	
			feryt	6	175	147,1
9	Nóż nr 2		feryt*	6	158	
			perlit	6	251	
10	Sprzączka		feryt*	5	124	123,2
	a) kłębek			perlit	7	
	b) trzpień		feryt*	58	126	-
11	Nóż nr 3		feryt*	5	144	115,9
			perlit	7	274	155
12	Nóż nr 4		perlit	4	274	
			feryt*	5	162	
13	Wisiołek		roztwór α			120,4
	a) blaszka		feryt*	5	136	
		perlit	8	394	118,3	
	b) kablak	roztwór α		123		
		feryt*	5	134		
		perlit	8		135,5-206	
14	Nóż nr 5	perlit	5	284		
		feryt	4	137		
15	Zapinka nr 2	feryt*	3	133	82,2	
16	Zapinka nr 3	feryt	4	140	124,8	
		perlit	5	274	95,8	
17	Ostroga	feryt	5	144		
18	Zapinka nr 4 „norweska”	roztwór α		170	141,1	
		feryt	2	137		
19	Zapinka nr 5 „trąbkowata”	roztwór α		158	151,4	
		feryt*	6	177		
		perlit	5	315		
20	Zapinka nr 6	feryt*	5	158	103,0	
	a) blaszka		feryt*	5	115	82,6
	b) trzpień					
21	Nożyce	Krapkowice, pow. opolski	feryt	6	168	104,5
22	Imacz		feryt*	4	137	
23	Grot włóczni	Reńska Wieś, pow. kozielski	feryt	5	140	151,4
			perlit	5	270	

c. d. tabeli III

24	Grot włóczni	Groszowice, pow. opolski	ferryt perlit	5 6	114 251	} 98,0
25	Nóż	Grzegorzowice, pow. raciborski	sorbit		251	
26	Kabłąk wiadra		ferryt	6	182	
			ferryt	5	154	} 141,1
		ferryt	8	151		
			perlit	7	258	
27	Zapinka nr 1 a) blaszka b) trzpień	Szczedrzyk, pow. opolski	ferryt* ferryt* perlit	4 5 8	147 140	} 93,4
28	Sprzączka		ferryt	2	247	
29	Zapinka nr 2		ferryt* perlit	5 8	139 255	
30	Sierp	Turawa, pow. opolski	sorbit ferryt sorbit ferryt	8 8 8 8	270 144 323 179	} 151,4—254
31	Grot włóczni	Popielów, pow. opolski	ferryt	3	258	
32	Krzesiwo		ferryt	7	179	
			ferryt	5	131	
			perlit	6	228	

* Ponadto wydzielenia fazy A (γ' -Fe₃N) lub B (α'' -Fe₅N₂).

metal (tab. II) pominięto obecność węgla, krzemu, manganu, fosforu i siarki (a także żelaza), występujących zawsze w żelazie pochodzenia dymarkowego, oraz aluminium, cynku, cyny, magnezu, miedzi, niklu, ołowiu i wapnia, których obecność stwierdzono we wszystkich badanych próbkach. W kolumnach zawierających wyniki analizy jakościowej znak + określa wyraźnie stwierdzoną obecność domieszek, natomiast znak 0 świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka. Identyfikacja tych linii była w niektórych przypadkach trudna i niepewna. Dla podkreślenia tych wątpliwości przy niektórych oznaczeniach umieszczono pytanki (?).

Przedstawiając wyniki badań, w zestawieniach oparto się na użytym przez B. A. Kołczina⁴ sposobie, który należy uznać za najdogodniejszy. Na pierwszym rysunku (ryc. 1) podano wykonany w skali szkic badanego przedmiotu, zaciemniając miejsca wycięcia próbek do badań metalograficznych. Powierzchnia, na której wykonywano zgląd do obserwacji metalograficznych, była zawsze prostopadła (lub równoległa) do ewentualnych kierunków przeróbki technologicznej⁵.

⁴ B. A. Kołczin, *Czarna metalurgia i metaloobrobka w drewniej Rusi, Materiały i Issledowania po Archeologii SSSR*, t. 32, Moskwa 1953, s. 73.

⁵ J. Piaskowski, *Metody metaloznawcze w badaniach zabytków archeologicznych*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 3; 1959, s. 287.

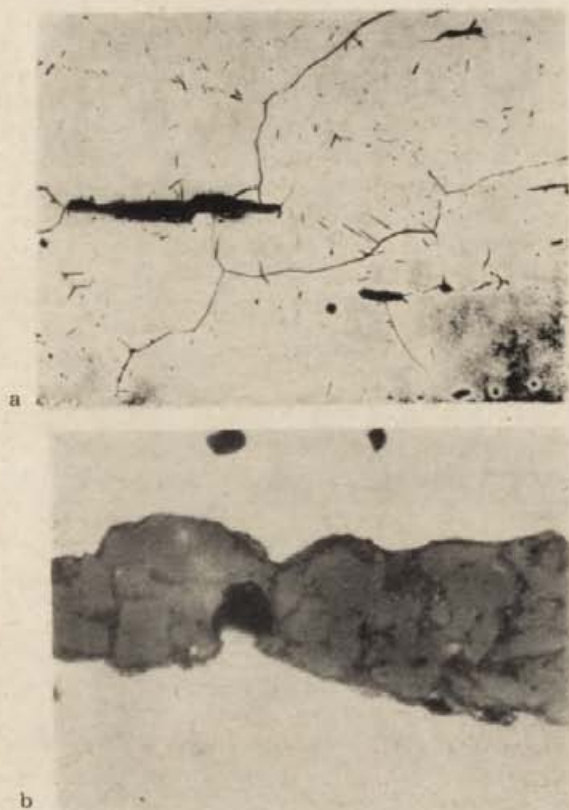
Na drugim rysunku (ryc. 2) przedstawiono technologię badanego okazu, a raczej umownie oznaczony rodzaj metalu użytego do wyrobu przedmiotu na tle zglądu metalograficznego. Gęstość kropek odpowiada w przybliżeniu stopniowi nawęglania metalu. Szkic zglądu metalograficznego (ryc. 2), wykonanego zawsze pod kątem 90° do płaszczyzny pierwszego rysunku (szkic okazu — ryc. 1) uzupełnia częściowo ilustrację przedmiotu, pozwalając się zorientować w przybliżeniu w przestrzennym kształcie badanego okazu.

Ponadto załączono mikrofotografie struktur metalu (i wtrąceń żuźla), stanowiące dokumentację badań oraz materiał konieczny dla studiów porównawczych.

3. WYNIKI BADAŃ

Zestawione w tab. I wyniki analiz żuźla starożytnego wykazują, że w osadach hutniczych w Groszowicach, pow. opolski, i w Opolu-Gosławicach wytapiano — zgodnie z danymi geologicznymi — niskofosforowe rudy żelaza. Dość znaczną zawartość fosforu wykazuje żużel z Olszynki, pow. prudnicki, pochodzi on jednak z innego rejonu.

Zbadane żuźle wykazują stosunkowo niską zawartość żelaza; z wyjątkiem jednej próbki (nr 3 z Groszowic) ilość żelaza w żuźlu nie przekracza 40%. Natomiast dość duża jest zawartość manganu (3,9—9,7% MnO) oraz glinu (12,4—16,5% Al₂O₃).



Ryc. 3. Pietraszyn, pow. opolski. Struktura grotu włóczni: a — ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100 X; b — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500 X

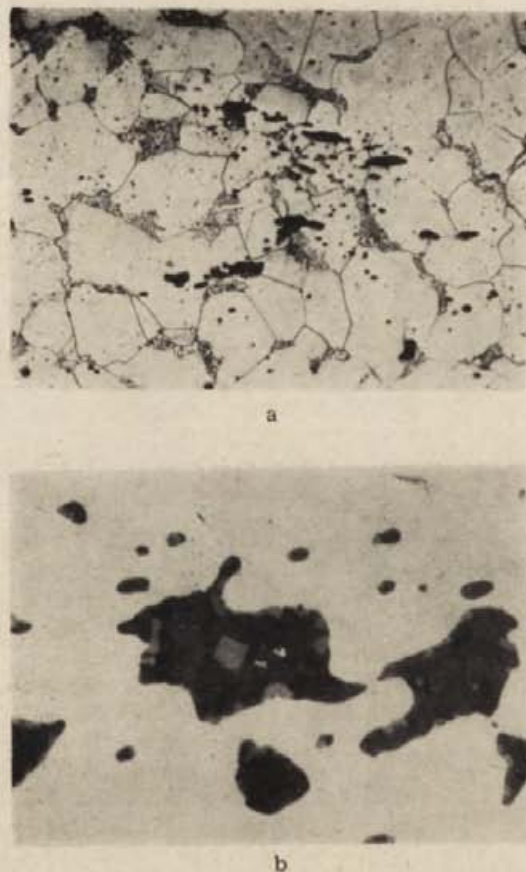
Fig. 3. Pietraszyn, distr. d'Opole. Structure d'une pointe de lance: a — ferrite et inclusions de la scorie, X 100; b — inclusions de la scorie, sans attaque, X 500

Na ryc. 1 przedstawiono zbadane przedmioty żelazne ze Śląska Opolskiego, a na ryc. 2 ich technologię, a ściślej — w tym przypadku — stopień nawęglenia obserwowany na próbkach wyciętych do badań metalograficznych. Ponadto w tab. II podano wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej zbadanych przedmiotów żelaznych, a w tab. III — wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa.

Grot włóczni z Pietraszyna, pow. raciborski, wykonany był z żelaza o dość wysokiej zawartości fosforu. Struktura metalu była ferrytyczna (ryc. 3a) o dość dużym ziarnie; wtrącenia żużla posiadały strukturę wielofazową (ryc. 3b). Analiza spektralna wykazała w tym okazy ślady molibdenu, nie zaobserwowane w pozostałych zbadanych przedmiotach.

Grot włóczni z Nowej Wsi wykazał strukturę miękkiej stali o zawartości ok. 0,1% C (ryc. 4a); obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu zaobserwowano pojedyncze wydzielenia o strukturze wielofazowej (ryc. 4b). Zawartość fosforu w metalu była bardzo niska.

W nożu z tegoż stanowiska obserwowano strukturę miękkiej stali o zawartości węgla ok. 0,3% C. Wydzielenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 5a). Przy powierzchni zawartość węgla w metalu była niższa; w strukturze ferrytycznej obserwowano wydzielenia fazy B — jest to prawdopodobnie związek żelaza z azotem — Fe_16N_2 (ryc. 5b).



Ryc. 4. Nowa Wieś, pow. opolski. Struktura grotu włóczni: a — ferryt, perlit i wtrącenia żużla, pow. 100 X; b — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500 X

Fig. 4. Nowa Wieś, distr. d'Opole. Structure d'une pointe de lance: a — ferrite, perlite et inclusions de la scorie, X 100; b — inclusions de la scorie, sans attaque, X 500

Z podobnie niskofosforowego metalu wykonany został grot włóczni z Rogowa, pow. opolski. Nawęglenie metalu było słabe i zawartość węgla nie przekraczała 0,2% C. Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 6).

Znaczna ilość zbadanych przedmiotów żelaznych pochodziła z cmentarzyska ciałopalnego w Tarnowie, pow. opolski.

Zapinka nr 1 z grobu nr 19/38 wykazała strukturę stali półtwardej (ryc. 7a), przy czym struktura wtrąceń żużla była dwufazowa: na czarnym tle obserwowano zaokrąglone wy-



a



b

Ryc. 5. Nowa Wieś, pow. opolski. Struktura noża: a — ferryt, perlit i wtrącenia żużla, pow. 100 \times ; b — (przy powierzchni) ferryt, wydzielenia fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?) i wtrącenia żużla, pow. 500 \times

Fig. 5. Nowa Wieś, distr. d'Opole. Structure d'un couteau: a — ferrite, perlite et inclusions de la scorie, \times 100; b — (près de la surface) ferrite, précipitations de la phase B (α'' -Fe₁₆N₂?) et inclusions de la scorie, \times 500



Ryc. 6. Rogów, pow. opolski. Struktura grota włóczni: ferryt, perlit i wtrącenia żużla, pow. 100 \times

Fig. 6. Rogów, distr. d'Opole. Structure d'une pointe de lance: ferrite, perlite et inclusions de la scorie, \times 100

dzielenia jaśniejszej fazy (ryc. 7b). Zawartość węgla w metalu wynosiła ok. 0,4% C.

Próbka wycięta z umbra znalezionej w grobie nr 19a wykazała w strukturze ferrytycznej liczne wydzielenia fazy iglastej A (γ' -Fe₄N?) i drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?). Drobne i nie-liczne wydzielenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 8a). Identyczną strukturę obserwowano w nicie, wyjętym z tegoż umbra (ryc. 8b).

Ostroga nr 1 (fragment) z grobu nr 24/36, podobnie jak i poprzednie okazy, wykonana została z metalu o niskiej zawartości fosforu. W próbce obserwowano strukturę miękkiej



a



b

Ryc. 7. Tarnów, pow. opolski. Struktura zapinki nr 1: a — perlit, ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100 \times ; b — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500 \times

Fig. 7. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de la fibule N° 1: a — perlite, ferrite et inclusions de la scorie, \times 100; b — inclusions de la scorie, sans attaque, \times 500

stali o zawartości ok. 0,15% C (ryc. 9a). Wtrącenia żużla wykazywały strukturę dwufazową: na ciemnym tle obserwowano wydzielenia jaśniejszej fazy (ryc. 9b).

Nóż nr 1 z grobu nr 30 wykazywał niezbyt równomierne nawęglenie, od ok. 0,3% C (ryc.

10a) do ok. 0,7% C (ryc. 10b). Wtrącenia żużła posiadały jednolite czarne zabarwienie.

W nożu nr 2 obserwowano strukturę stali miękkiej o zawartości ok. 0,3% C (ryc. 11a). W częściach słabiej nawęglonych widoczne były wydzielenia iglastej fazy A (γ -Fe₄N? — ryc. 11b). Wtrącenia żużła wykazywały jednolite czarne zabarwienie.



a



b

Ryc. 8. Tarnów, pow. opolski. Struktura umba: ferryt, wydzielenia fazy A (γ - Fe₄N?) i fazy B (α'' - Fe₁₆N₂?) oraz drobne wtrącenia żużła; a — próbka z umba; b — próbka z nita; pow. 100 ×

Fig. 8. Tarnów, distr. d'Opole: Structure d'un umbo de bouclier: ferrite, sécrétions de la phase A (γ - Fe₄N?) et de la phase B (α'' - Fe₁₆N₂?) et fines inclusions de la scorie; a — échantillon prélevé de l'umbo de bouclier; b — échantillon prélevé du rivet, × 100

Do badań sprzączki z grobu 30 wycięto oddzielne próbki z kabłąka i trzpienia. Właściwości metalu były prawie jednakowe. Kabłąk wykazał strukturę miękkiej stali o zawartości ok. 0,1% C (ryc. 12a). W niektórych miejscach zaobserwowano wydzielenia drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂? — ryc. 12b). Wtrącenia żużła wykazywały jednolite czarne zabarwienie. W próbce wyciętej z trzpienia obserwowano strukturę ferrytyczną oraz wydzielenia fazy

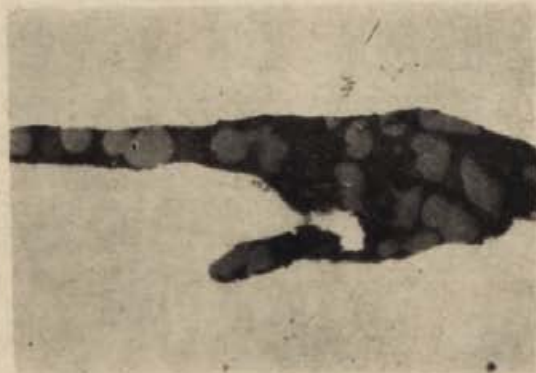
iglastej A (γ - Fe₄N? — ryc. 12c). W kabłąku stwierdzono stosunkowo znaczną domieszkę nikiel (0,32% Ni), a w trzpieniu ilość tej domieszki była znacznie mniejsza (0,04% Ni).

Nóż nr 3 z grobu nr 116 wykonany został, podobnie jak i sprzączka, z żelaza o niskiej zawartości fosforu. W metalu wystąpiły liczne wydzielenia fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?) oraz wtrącenia żużła o strukturze dwufazowej (ryc. 13). Analiza spektralna wykazała w nożu obecność śladów Ag i Au; tę ostatnią domieszkę zaobserwowano poza tym tylko w jednym okazie (zapinka nr 5, „trąbkowata”, z Tarnowa).

Nóż nr 4 z grobu nr 127 wykonany został z twardej stali o niskiej zawartości fosforu. Wtrącenia żużła miały jednolite czarne zabar-



a



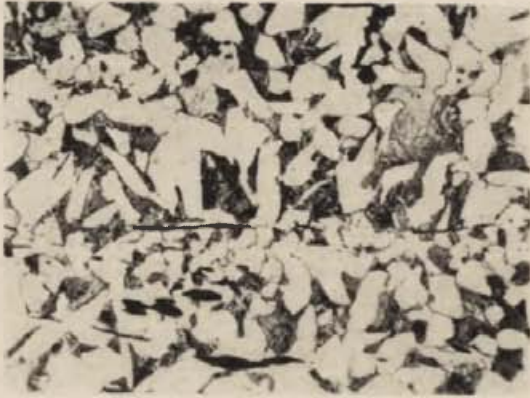
b

Ryc. 9. Tarnów, pow. opolski. Struktura ostrogi nr 1: a — ferryt i perlit, pow. 100 ×; b — wtrącenia żużła, nie trawione, pow. 500 ×

Fig. 9. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de l'éperon N° 1: a — ferrite et perlite, × 100; b — inclusions de la scorie, sans attaque, × 500

wienie (ryc. 14). Przy powierzchni noża wystąpiło nieznaczne odwęglenie (na głębokości ok. 0,3 mm). W częściach słabiej nawęglonych wystąpiły niewielkie ilości wydzielen drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?).

Badania wisiorka znalezioneego w grobie nr 137 były bardzo utrudnione z powodu wymiarów okazu i daleko posuniętej korozji. W prób-



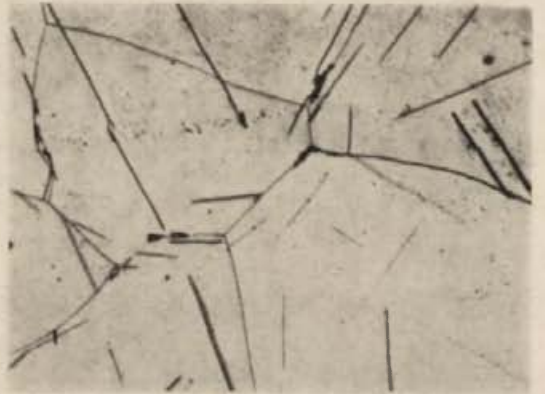
a



a



b



b

Ryc. 10. Tarnów, pow. opolski. Struktura noża nr 1: a — część słabiej nawęglona: ferryt, perlit oraz drobne wtrącenia żużla; b — część silniej nawęglona: perlit, ferryt oraz wtrącenia żużla; pow. 100 ×

Fig. 10. Tarnów, distr. d'Opole. Structure du couteau N° 1: a — partie moins carburée, ferrite, perlite et fines inclusions de la scorie; b — partie carburée plus fortement — perlit, ferrite et inclusions de la scorie; × 100

Ryc. 11. Tarnów, pow. opolski. Struktura noża nr 2: a — ferryt, perlit i wtrącenia żużla, pow. 100 ×; b — struktura części słabiej nawęglonej: ferryt i wydzielenia iglastej fazy A (γ' - Fe_4N ?), pow. 500 ×

Fig. 11. Tarnów, distr. d'Opole. Structure du couteau N° 2: a — ferrite, perlite et inclusions de la scorie, × 100; b — structure de la partie carburée moins fortement: ferrite et précipitations de la phase aciculaire A (γ' — Fe_4N ?), × 500



a



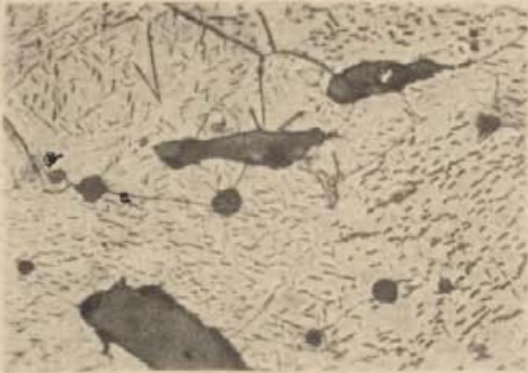
b



c

Ryc. 12. Tarnów, pow. opolski. Struktura sprzączki: a — kablak: ferryt, perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 100 ×; b — kablak: ferryt, perlit oraz wydzielenia fazy B (α'' - Fe_{16}N_2 ?), pow. 500 ×; c — trzpień: ferryt, i wydzielenia fazy A (γ' - Fe_4N ?), pow. 100 ×

Fig. 12. Tarnów, distr. d'Opole. Structure d'une boucle: a — arc: ferrite, perlite et inclusions de la scorie, × 100; b — arc: ferrite, perlite et précipitations de la phase B (α'' — Fe_{16}N_2 ?), × 500; c — ardillon: ferrite et précipitations de la phase A (γ' — Fe_4N ?), × 100



Ryc. 13. Tarnów, pow. opolski. Struktura noża nr 3: ferryt, wydzielenia fazy B ($\alpha'' - \text{Fe}_6\text{N}_2$?) oraz wtrącenia żużla, p. w. $500\times$

Fig. 13. Tarnów, distr. d'Opole. Structure du couteau N° 3: ferrite, précipitations de la phase B ($\alpha'' - \text{Fe}_6\text{N}_2$?) et inclusions de la scorie, $\times 500$



Ryc. 14. Tarnów, pow. opolski. Struktura noża nr 4: perlit, ferryt i wtrącenia żużla, pow. $100\times$

Fig. 14. Tarnów, distr. d'Opole. Structure du couteau N° 4: perlite, ferrite et inclusions de la scorie, $\times 100$



a



b



c



d

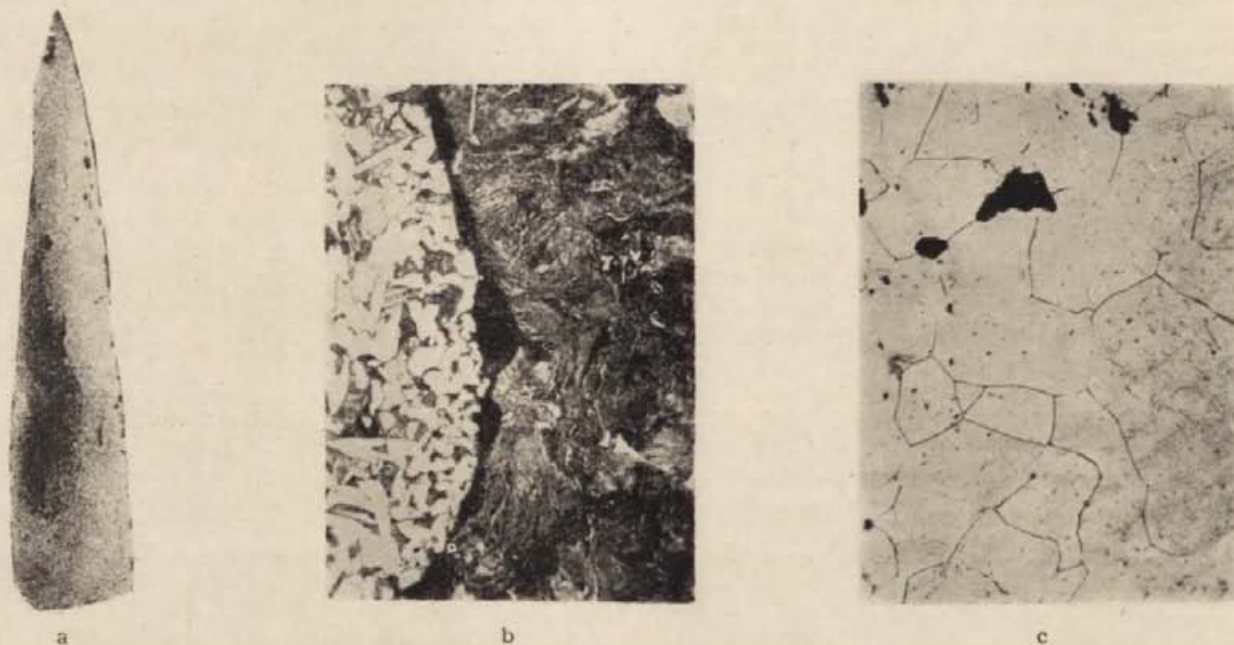
Ryc. 15. Tarnów, pow. opolski. Struktura wisiorka: a — blaszka, ferryt i ślady perlitu, wydzielenia fazy A ($\gamma' - \text{Fe}_4\text{N}$) oraz wtrącenia żużla, pow. $100\times$; b — struktura żużla (blaszka), nie trawione, pow. $500\times$; c — struktura warstwy miedzi (blaszka), pow. $100\times$; d — kablak: ferryt, ślady perlitu, wydzielenia fazy A ($\gamma' - \text{Fe}_4\text{N}$?), pow. $100\times$

Fig. 15. Tarnów, distr. d'Opole. Structure d'une pendeloque: a — plaquette: ferrite et traces de la perlite, précipitations de la phase A ($\gamma' - \text{Fe}_4\text{N}$?) et inclusions de la scorie, $\times 100$; b — structure de la scorie (plaquette), sans attaque, $\times 500$; c — structure de la couche de cuivre (plaquette), $\times 100$; d — arc: ferrite, traces de la perlite, précipitations de la phase A ($\gamma' - \text{Fe}_4\text{N}$?), $\times 100$

ce wyciętej z blaszki obserwowano ferryt i nieznaczne ilości perlitu (odpowiadające strukturze stali miękkiej o zawartości ok. 0,1% C) oraz wydzielenia fazy iglastej A (γ -Fe₄N? — ryc. 15a). Wtrącenia żużla, bardzo drobne, wykazały strukturę dwufazową (ryc. 15b). Na powierzchni zaobserwowano

spektralna wykryła ślady Cr (?) i Sb (?), które na ogół nie występowały w innych zbadanych okazach. Podobna struktura wystąpiła w kabłąku wisiorka (ryc. 15d).

Nóż nr 5 z grobu nr 145 wykonany został z niskofosforowego żelaza o bardzo nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 16a). W części sil-



Ryc. 16. Tarnów, pow. opolski. Nóż nr 5: a — makrostruktura na poprzecznym przekroju, miejsca silniej nawęglone uległy zaciemnieniu, pow. 6×; b — struktura części silnie nawęglonej: perlit, ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100×; c — struktura części słabiej nawęglonej: ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100×.
 Fig. 16. Tarnów, distr. d'Opole. Couteau N° 5: a — macrostructure de la section transversale les endroits à plus forte carburation sont assombris, ×6; b — structure de la partie à carburation plus forte: perlite, ferrite et inclusions de la scorie, ×100; c — structure de la partie à carburation plus faible: ferrite et inclusions de la scorie, ×100

ślady powłoki miedzianej, która po odpowiednim wytrawieniu wykazała ziarna miedzi lub roztworu α (ryc. 15c). W wisiorku analiza

niej nawęglonej wystąpiła struktura czysto perlityczna (odpowiadająca zawartości ok. 0,8% C, ryc. 16b, u góry), w części słabiej nawęglonej — czysto ferrytyczna. Wtrącenia



Ryc. 17. Tarnów, pow. opolski. Struktura zapinki nr 2: ferryt i wydzielenia fazy B (α —Fe₁₆N₂?), pow. 100×.
 Fig. 17. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de la fibule N° 2: ferrite et précipitations de la phase B (α —Fe₁₆N₂?), ×100



Ryc. 18. Tarnów, pow. opolski. Struktura zapinki nr 3 (z grzebykiem): ferryt, perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 100×.
 Fig. 18. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de la fibule N° 3: ferrite, perlite et inclusions de la scorie, ×100

żuźła miały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 16c).

Zapinka nr 2 z grobu nr 150 wykazała strukturę ferrytyczną oraz wydzielienia drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂? — ryc. 17). Wtrącenia żuźła były bardzo drobne, struktura ich była — jak się wydaje — dwufazowa.

Zapinkę nr 3 z grzebykiem, znaną luźno ($x=39,30$, $y=43,70$), wykonano z niskofosforowej stali miękkiej, zawierającej ok. 0,2% C (ryc. 18). Wtrącenia żuźła miały strukturę jednolitą, czarną.

Ostroga nr 2 znaleziona luźno ($x=45,55$, $y=36,50$) wykazała czysto ferrytyczną strukturę (ryc. 19). W metalu zaobserwowano tylko bardzo nieliczne i drobne wtrącenia żuźła, wykazujące jednolite czarne zabarwienie.

Zapinka nr 4, „norweska”, z grobu nieokreślonego wykazała strukturę ferrytyczną, gruboziarnistą; obok wtrąceń żuźła o strukturze niezbyt wyraźnej zaobserwowano wydzielienia (?) nieokreślonej fazy (ryc. 20a). Powierzchnia była pokryta warstwą brązu, przypuszczalnie cynowego (ryc. 20b).

Zapinka nr 5, „trąbkowata”, z grobu nieokreślonego wykazała nierównomierne nawęglenie metalu (ryc. 21a). W częściach silniej nawęglonych obserwowano strukturę ferrytyczno-perlityczną podobnie jak w stali miękkiej o zawartości ok. 0,3% C (ryc. 21b),



Ryc. 19. Tarnów, pow. opolski. Struktura ostrogi nr 2: ferryt, pow. 100 X

Fig. 19. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de l'éperon N° 2: ferrite, X 100

a w częściach słabiej nawęglonych — strukturę ferrytyczną, w której występowały liczne wydzielienia drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂? — ryc. 21c). Na powierzchni zapinki zaobserwowano ślady powłoki z brązu — jak się wydaje — cynowego (ryc. 21d). Wtrącenia żuźła, drobne i nieliczne, miały jednolite czarne zabarwienie. Analiza spektrograficzna wykazała, obok innych domieszek, także ślady Sb.

Zapinka nr 6 z grobu nieokreślonego była silnie uszkodzona przez korozję. Do badań wycięto próbki z drucika oraz z części blaszkowatej. W obu próbkach struktura była iden-

tyczna: ferryt oraz drobne wydzielienia fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?). Wtrącenia żuźła, bardzo drobne i niezbyt liczne, wykazywały strukturę niewyraźną, przypuszczalnie dwufazową (ryc. 22). Należy podkreślić, że w zapince nr 6 analiza spektrograficzna wykazała wyraźne ślady Sb.

Nożyce z grobu nr 32 z Krapkowic, pow. opolski (stan. 13), wykonane były z niskofosforowego żelaza o strukturze czysto ferrytycznej (ryc. 23a); wtrącenia żuźła posiadały strukturę dwufazową (ryc. 23b).

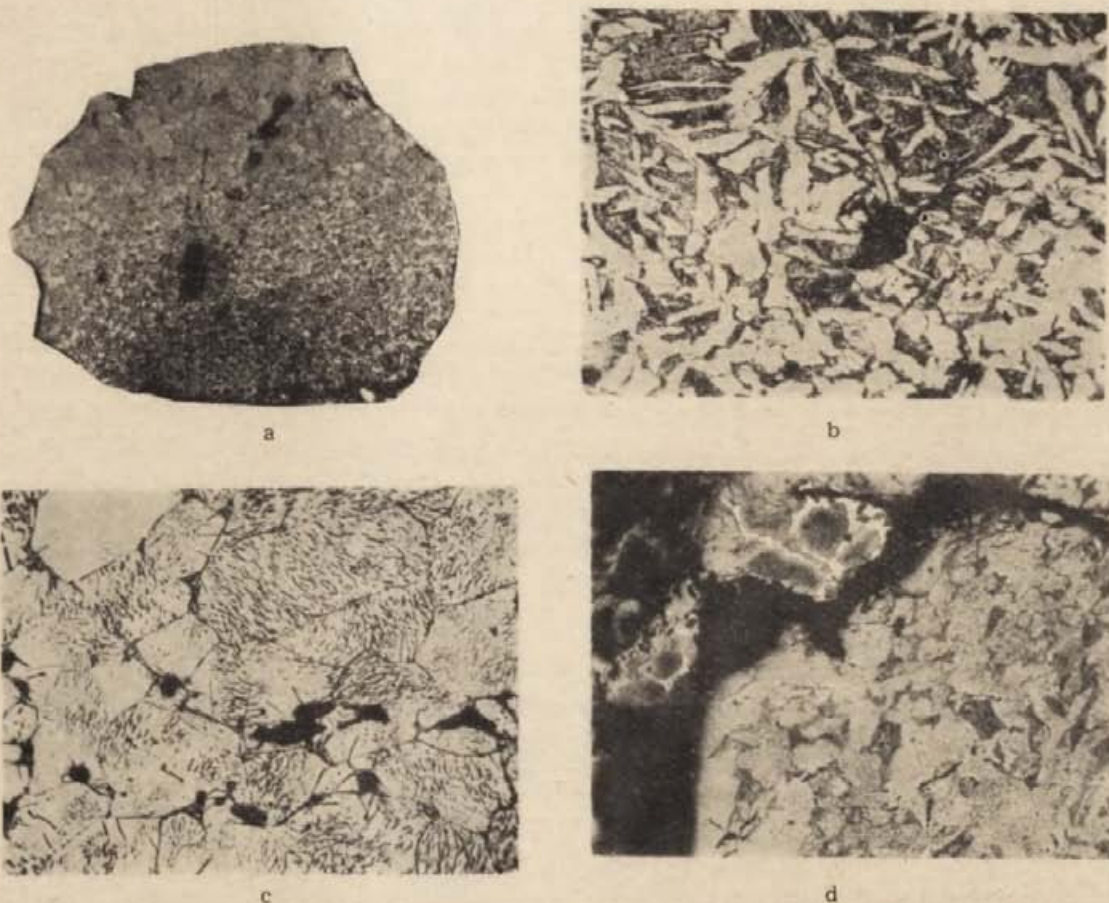
Imacz nr 27 z tegoż stanowiska (silnie uszkodzony przez korozję) wykazał tak-



Ryc. 20. Tarnów, pow. opolski. Struktura zapinki nr 4, „norweskiej”: a — ferryt, wydzielienia (?) nieokreślonej fazy wokół wtrąceń żuźła, pow. 500 X; b — przy powierzchni po wytrawieniu roztworem chlorku żelaza: od strony żelaza ziarna roztworu α , na powierzchni (u góry) jasne wydzielienia eutektoidu δ , pow. 100 X

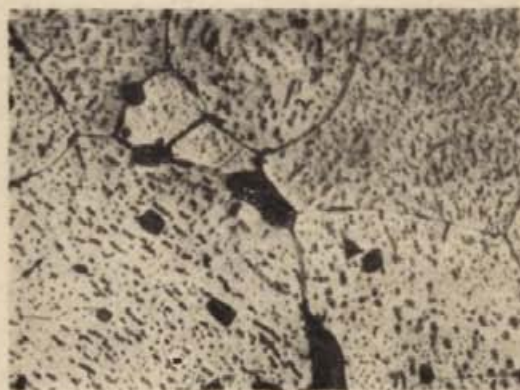
Fig. 20. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de la fibule „norvégienne” N° 4: a — ferrite, précipitations (?) d'une phase indéterminée disloquée autour des inclusions de la scorie, X 500; b — près de la surface après le traitement à chlorure de ferreux: du côté du fer les grains de la solution α , sur la surface (en haut) les précipitations claires de l'eutectode δ , X 100

że strukturę ferrytyczną; w metalu zaobserwowano wydzielienia fazy drobnej B (α'' -Fe₁₆N₂?). Drobne i nieliczne wtrącenia żuźła posiadały

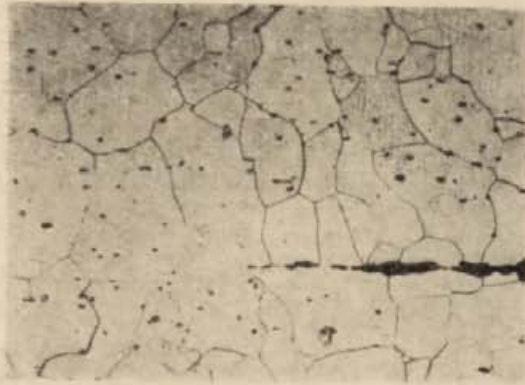


Ryc. 21. Tarnów, pow. opolski. Zapinka nr 5, trąbkowata: *a* — makrostruktura na poprzecznym przekroju, miejsca nawęglone uległy zaciemnieniu, pow. 10 \times ; *b* — struktura części silniej nawęglonej: ferryt, perlit i wtrącenia żużla, pow. 100 \times ; *c* — struktura części słabiej nawęglonej: ferryt, wydzielenia fazy B (α'' - Fe_{16}N_2 ?) oraz wtrącenia żużla, pow. 100 \times ; *d* — struktura przy powierzchni, traw. roztworem chlorku żelaza, na granicach ziarn roztworu α widoczne jasne wydzielenia eutektoidu δ , pow. 100 \times

Fig. 21. Tarnów, d'otr. d'Op le. Zapinka N° 5 à tête en forme d'une trompette: *a* — macrostructure de la section transversale; endroits carburés assombris, $\times 10$; *b* — structure de la partie à carburation plus forte: ferrite, perlite et inclusions de la scorie, $\times 100$; *c* — structure de la partie à carburation plus faible: ferrite, précipitations de la phase B (α'' - Fe_{16}N_2 ?) et inclusions de la scorie, $\times 100$; *d* — structure près de la surface après le traitement à chlorure de fer: sur les limites des grains de la solution α on voit des précipitations claires de l'eutectoïde δ , $\times 100$



Ryc. 22. Tarnów, pow. opolski. Struktura zapinki nr 6: ferryt, wydzielenia fazy B (α'' - Fe_{16}N_2 ?) oraz wtrącenia żużla, pow. 500 \times
Fig. 22. Tarnów, distr. d'Opole. Structure de la fibule N° 6: ferrite, précipitations de la phase B (α'' - Fe_{16}N_2 ?) et inclusions de la scorie, $\times 500$



a



b

Ryc. 23. Krapkowice, pow. opolski. Struktura nożyc: c — ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100 ×;
b — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500 ×

Fig. 23. Krapkowice, distr. d'Opole. Structure de; ciseaux: a — ferrite et inclusions de la scorie, × 100; b — inclusions de la scorie, sans attaque, × 500



Ryc. 24. Krapkowice, pow. opolski. Struktura imacza: ferryt, wydzielenia fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?) oraz wtrącenia żużla, pow. 100 ×

Fig. 24. Krapkowice, distr. d'Opole. Structure de la poignée de bouclier: ferrite, précipitations de la phase B (α'' -Fe₁₆N₂?) et inclusions de la scorie, × 100



Ryc. 25. Reńska Wieś, pow. kozielski. Struktura grota włóczni: ferryt, perlit i wtrącenia żużla, pow. 100 ×

Fig. 25. Reńska Wieś, distr. de Koźle. Structure d'une pointe de lance: ferrite, perlite et inclusions de la scorie, × 100



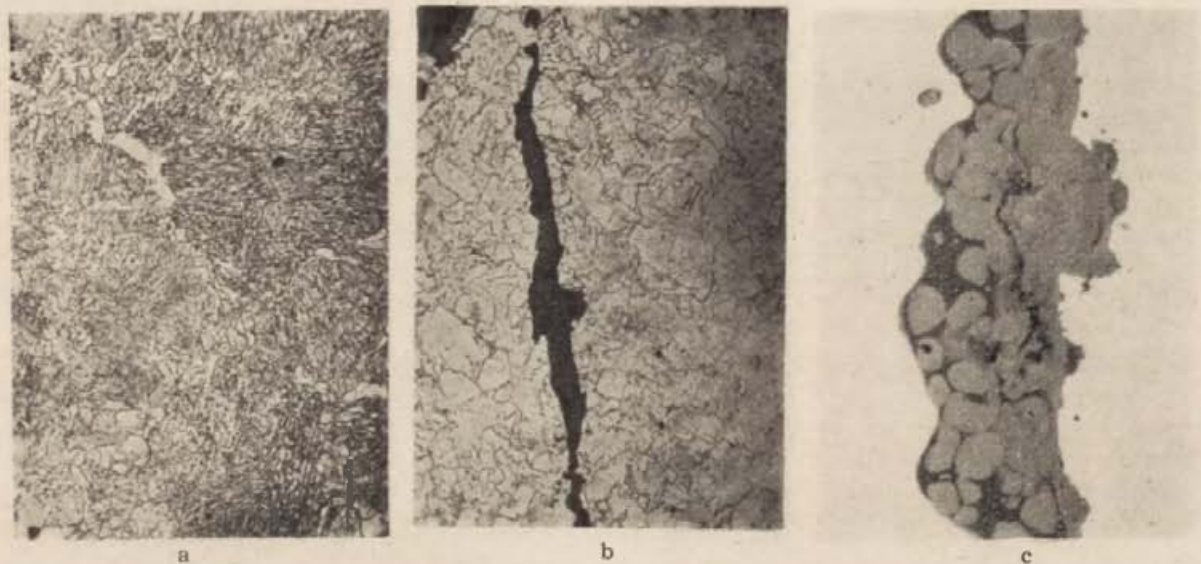
a



b

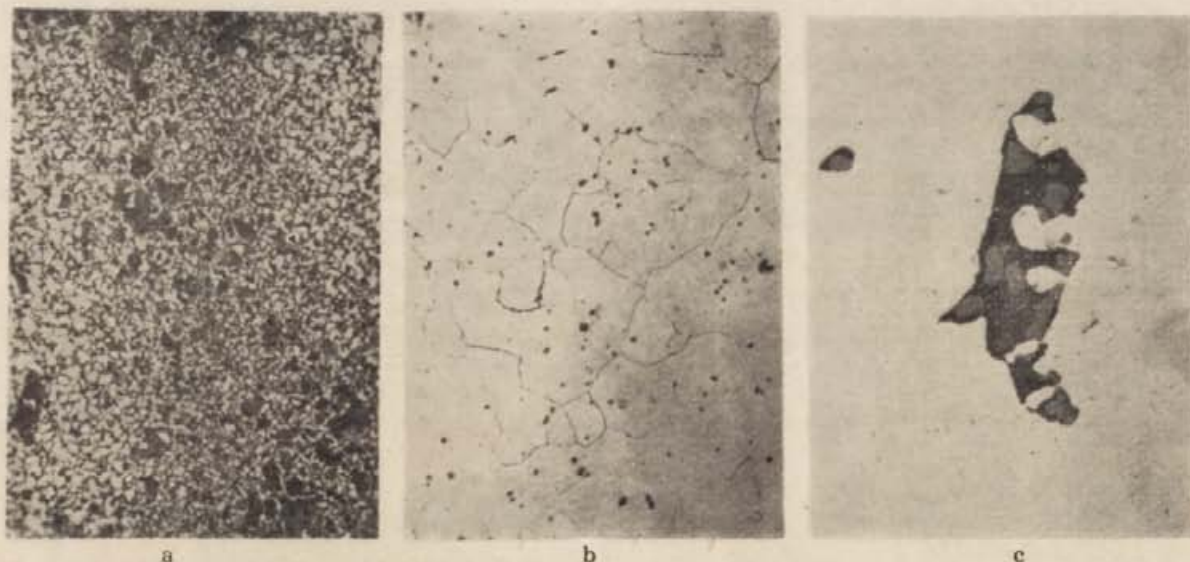
Ryc. 26. Groszowice, pow. opolski. Struktura grota włóczni: a — ferryt i perlit, pow. 100 ×;
b — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500 ×

Fig. 26. Groszowice, distr. d'Opole. Structure d'une pointe de lance: a — ferrite et perlite, × 100;
b — inclusions de la scorie, sans attaque, × 500



Ryc. 27. Grzegorzowice, pow. raciborski. Struktura noża: a — części silniej nawęglonej, sorbit, pow. 100 \times ; b — części słabiej nawęglonej: ferryt, wtrącenia żużla oraz (przy powierzchni) zendra (u dołu), pow. 100 \times ; c — wtrącenia żużla, nie trawione; pow. 500 \times

Fig. 27. Grzegorzowice, distr. de Racibórz. Structure d'un couteau: a — partie à carburation plus forte, sorbite, $\times 100$; b — partie à carburation plus faible: ferrite, inclusions de la scorie et (près de la surface) rouille (en bas), $\times 100$; c — inclusions de la scorie, sans attaque, $\times 500$



Ryc. 28. Grzegorzowice, pow. raciborski. Struktura kabłąka wiadra: a — części silniej nawęglonej, ferryt i perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 100 \times ; b — części słabiej nawęglonej, ferryt oraz drobne wtrącenia żużla, pow. 100 \times ; c — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500 \times

Fig. 28. Grzegorzowice, distr. de Racibórz. Structure d'une anse de seau: a — partie à carburation plus forte: ferrite, perlite et inclusions de la scorie, $\times 100$; b — partie à carburation plus faible: ferrite et fines inclusions de la scorie, $\times 100$; c — inclusions de la scorie, sans attaque, $\times 500$

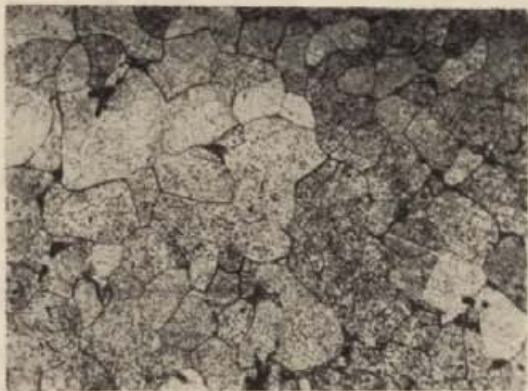
-- jak się wydaje — strukturę dwufazową (ryc. 24).

Grot włócznie z Reńskiej Wsi, pow. kozielski, wykonany został z niskofosforowej stali miękkiej (ok. 0,3% C); wtrącenia żużla zaobserwowane w metalu posiadały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 25). Analiza chemiczna wykazała obecność znacznej domieszki niklu (0,22% Ni).

Strukturę miękkiej stali obserwowano także w gocie włócznie z Groszowic, pow. opolski (ryc. 26a), ale struktura wtrąceń żużla była dwufazowa (ryc. 26b).

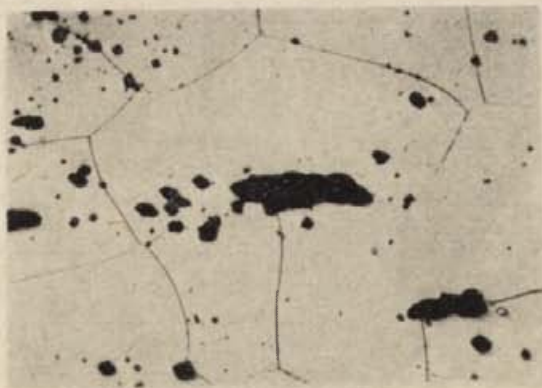
Badany nóż z Grzegorzowic, pow. raciborski (stan. 1), pochodził z osady; wykazał on nierównomierne nawęglenie. W silniej nawęglonej części grzbietowej obserwowano strukturę sorbityczną (ryc. 27a), a w części słabiej na-

węglonej (ostrze silnie uszkodzone przez korozję) — strukturę ferrytyczną (ryc. 27b). Wtrącenia żużla wykazywały strukturę dwufazową; na ciemnym tle obserwowano zaokrąglone wydzielenia jaśniejszej fazy (ryc. 27c).



Ryc. 29. Szczedrzyk, pow. opolski. Struktura zapinki nr 1 (zaczep): ferryt, wydzielenia drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?) oraz wtrącenia żużla, pow. 100 ×

Fig. 29. Szczedrzyk, distr. d'Opole. Structure de la fibule N° 1 (le crochet): ferrite, précipitations de la phase fine B (α'' — Fe₁₆N₂?) et inclusions de la scorie, × 100



Ryc. 30. Szczedrzyk, pow. opolski. Struktura sprzączki: ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100 ×

Fig. 30. Szczedrzyk, distr. d'Opole. Structure d'une boucle: ferrite, inclusions de la scorie, × 100

Kabłak wiadra z tegoż stanowiska wykazał nierównomierne nawęglenie. W części silniej nawęglonej wystąpiła drobnoziarnista struktura ferrytyczno-perlityczna (ryc. 28a), a w części słabiej nawęglonej — ferrytyczna o nieco większym ziarnie (ryc. 28b). Struktura wtrąceń żużla była dwufazowa (ryc. 28c).

Do badań zapinki nr 1 ze Szczedrzyka, pow. opolski (stan. 11, grób 28), wycięto dwie próbki: z zaczepu i z blaszki podtrzymującej go.

W obu próbkach struktura była prawie identyczna, na tle ziarn ferrytu występowały wydzielenia drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂? — ryc. 29). Wtrącenia żużla wykazywały na ogół strukturę dwufazową, podobnie jak w poprzednio opisanym kabłaku oraz w niektórych innych badanych okazach.

Natomiast sprzączka z tegoż stanowiska (grób nr 65) wykonana została z żelaza o bardzo wysokiej zawartości fosforu. Struktura metalu była gruboziarnista (ryc. 30).



Ryc. 31. Szczedrzyk, pow. opolski. Struktura zapinki nr 2: ferryt, ślady perlitu, wydzielenia iglastej fazy A (γ' -Fe₄N?) i drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?) oraz wtrącenia żużla, pow. 500 ×

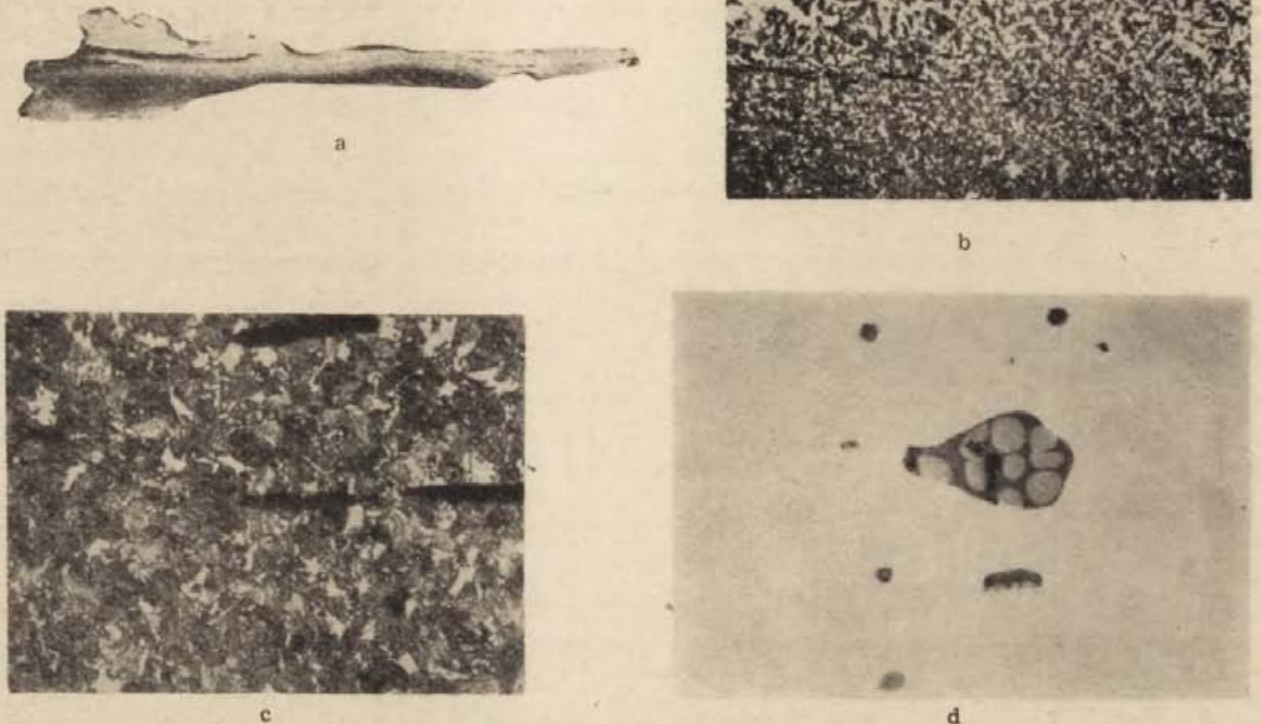
Fig. 31. Szczedrzyk, distr. d'Opole. Structure de la fibule N° 2: ferrite, traces de la perlite, précipitations de la phase aciculaire A (γ' — Fe₄N?) et de la phase fine B (α'' — Fe₁₆N₂?), inclusions de la scorie, × 500

Zapinka nr 2 ze Szczedrzyka (grób nr 84) wykazała strukturę miękkiej stali, zawierającej ok. 0,1% C. W ziarnach ferrytu obserwowano wydzielenia iglastej fazy A (γ' -Fe₄N?) i drobnej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?). Wtrącenia żużla, bardzo drobne, miały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 31).

Sierp z osady w Turowie, pow. opolski, wykonany został z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 32a). Struktura metalu była drobnoziarnista (ryc. 32b). W częściach silniej nawęglonych wystąpił perlit sorbiczny (ryc. 32c). Obok wtrąceń żużla o zabarwieniu jednolitym, czarnym (ryc. 32c) występowały wtrącenia o strukturze dwufazowej (ryc. 32d).

Grot włóczni z Popielowa, pow. opolski, wykazał strukturę ferrytyczną, przy czym obok ziarn drobnych występowały pasma ziarn większych. Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (ryc. 33). Zawartość fosforu w żelazie była wysoka. W grocie włóczni stwierdzono obecność śladów wanadu; domieszka ta nie występowała w innych zbędnych okazach.

Krzesiwo z tegoż (?) stanowiska wykonane było z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu. Zawartość węgla zmieniała się w granicach 0,1—0,4% C (ryc. 34a, b). Wtrącenia żużla wykazywały jednolite czarne zabarwienie.



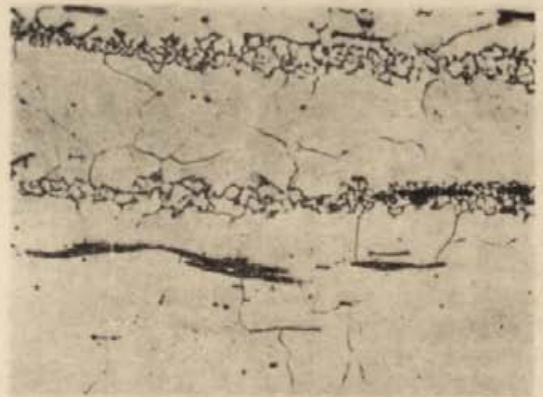
Ryc. 32. Turawa, pow. opolski. Sierp: *a* — makrostruktura na poprzecznym przekroju, miejsca silniej nawęglone uległy zaciemnieniu, pow. 5×; *b* — perlit sorbityczny, ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100×; *c* — struktura części silniej nawęglonej: perlit sorbityczny, ferryt i wtrącenia żużla, pow. 500×; *d* — wtrącenia żużla, nie trawione, pow. 500×

Fig. 32. Turawa, distr. d'Opole. Faucille: *a* — macrostructure de la section transversale; endroits à carburation plus forte assombris, × 5; *b* — perlite sorbitique, ferrite et inclusions de la scorie, × 100; *c* — structure de la partie à carburation plus forte: perlite sorbitique, ferrite et inclusions de la scorie, × 500; *d* — inclusions de la scorie, sans attaque, × 500

4. OPRACOWANIE WYNIKÓW

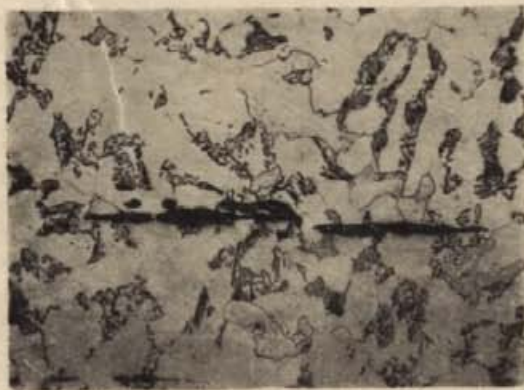
Analiza opisanych wyników badań trzydziestu dwóch przedmiotów żelaznych ze Śląska Opolskiego oraz porównanie tych wyników z dotychczasowymi badaniami autora pozwalają na rozróżnienie trzech zasadniczych grup okazów.

Do pierwszej grupy należą przedmioty o dość wysokiej (grot włóczni z Pietraszyna) i o bardzo wysokiej (grot włóczni z Popielowa oraz sprzączka ze Szczedrzyka) zawartości fosforu. Pierwszy z tych okazów różni się od pozostałych strukturą wtrąceń żużla, nie zaobserwowaną w dotychczas zbadanych przedmiotach żelaznych z terenów Polski. Dwa ostatnie przedmioty różnią się od siebie wielkością ziarna, tak że i one mogą pochodzić z odrębnych ośrodków produkcyjnych. Podobny typ metalu, jaki został użyty do wyrobu grotu włóczni z Popielowa i sprzączki



Ryc. 33. Popielów, pow. opolski. Struktura grotu włóczni: ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100×

Fig. 33. Popielów, distr. d'Opole. Structure d'une pointe de lance: ferrite et inclusions de la scorie, × 100



a

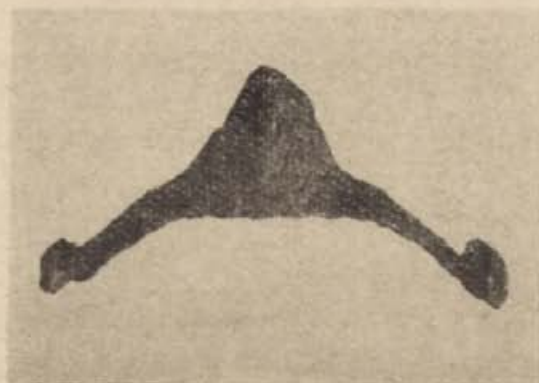


b

Ryc. 34. Popielów (?), pow. opolski. Struktura krzesiwa: a — część słabiej nawęglona: ferryt, perlit i wtrącenia żużla; b — część silniej nawęglona, perlit i ferryt, pow. 100 X

Fig. 34. Popielów (?), distr. d'Opole. Structure d'un briquet: a — partie à carburation plus faible: ferrite, perlite et inclusions de la scorie; b — partie à carburation plus forte: perlite et ferrite, X 100

ze Szczedrzyka, wytopiany był na ziemiach Polski w wielu ośrodkach dawnego hutnictwa żelaznego (np. Wąsosz Górny, pow. kłobucki, Tarchalice, pow. wołowski, Igołomia, pow. proszowicki, Poznań-Sołacz, Marchwacz, pow. kaliski, Dębiczek, pow. średzki, Plugawice, pow. kępiński, czy Godurowo, pow. gostyński)⁶.



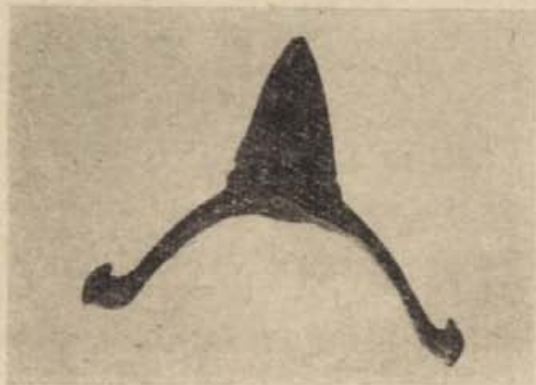
Ryc. 35. Zadowice, pow. kaliski. Ostroga

Fig. 35. Zadowice, distr. de Kalisz. Éperon

Pod względem wyników analizy spektrograficznej niektóre wymienione okazy wykazały pewne śladowe domieszki, jakich nie zaobserwowano w pozostałych zbadanych przedmiotach; w grocie włóczni z Pietraszyna wystąpiły ślady Mo (?), a w grocie włóczni z Po-

pielowa — ślady V, trudno jednak stwierdzić w obecnej chwili, czy te różnice miały istotne znaczenie.

Drugą grupę stanowią przedmioty wykazujące charakterystyczne cechy wyrobów żelaznych pochodzących z wielkiego ośrodka hutniczego w Górach Świętokrzyskich. Szczegółowe zestawienie (i weryfikacja) tych cech zostało opublikowane oddzielnie⁷, tu można ograniczyć się do wzmianki, że starożytne „wyroby świętokrzyskie” wykonane są z żelaza o różnym i często nierównomiernym nawęgleniu i niskiej zawartości fosforu (zwykle poniżej 0,18% P). Wtrącenia żużla w metalu świętokrzyskim wykazują z zasady jednolite czarne zabarwienie, w metalu tym często występują fazy A (γ' -Fe₄N?) i B (α'' -Fe₁₆N₂?). Wśród zbadanych przedmiotów żelaznych ze Śląska Opolskiego cechy „starożytnych wyrobów świętokrzyskich” wykazały następujące okazy: grot włóczni i nóż z Nowej Wsi, grot



Ryc. 36. Łajski, pow. warszawski. Ostroga nr 1

Fig. 36. Łajski, distr. de Warszawa. Éperon N° 1

⁶ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z osady w Wąsoszu Górnym, pow. Kłobuck*, „Wiadomości Archeologiczne”, t. 28: 1962, z. 3, s. 223; tenże, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu lateńskiego i rzymskiego znalezionych na Śląsku*, „Silesia Antiqua”, t. 4: 1962, s. 210; tenże, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąża, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2, Wrocław 1958, s. 18; tenże, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z cementarysk Wielkopolski z okresu wpływów rzymskich*, „Fontes Archaeologici Posnanienses”, t. 12: 1961, s. 191.

⁷ Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych...*

włócznie z Rogowa, umbo, noże nr 1, 2, 4 i 5, zapinki nr 3, z grzebykiem i nr 5, „trąbkowata” i krzesiwo z Popielowa.

Różnice w obecności śladów Ag, Co i Sb, jakie występują w analizie spektrograficznej przedmiotów zaliczonych do grupy drugiej, nie są istotne, gdyż już w poprzednich badaniach zaobserwowano, że wśród „wyrobów świętokrzyskich” występują pod tym względem rozbieżności⁸. Nie stwierdzono jednak, czy przyczyną tego są niedociągnięcia metody badawczej, czy też istotne różnice składu metalu.

Ponadto podobne cechy wykazały dwa dalsze przedmioty, ale metal użyty do ich wyrobu zawierał znaczną domieszkę niklu (sprzączka z Tarnowa i grot włócznie z Reńskiej Wsi). Podwyższoną zawartość niklu stwierdzono już uprzednio w przedmiotach żelaznych wykazujących cechy „wyrobów świętokrzyskich” (nit z Niecieplina, pow. garwoliński, sprężyna zamka z Dratowa, pow. puławski, grot włócznie z Chobieni, pow. wołowski), nie stwierdzono jednak dotąd, czy przedmioty te pochodziły z jakiegoś innego ośrodka produkcyjnego (znajdującego się raczej poza granicami Polski), czy też w niektórych eksploatowanych w starożytności rudach świętokrzyskich występowała domieszka niklu⁹. Rozstrzygnięcie tego zagadnienia jest konieczne dla określenia pochodzenia zbadanej sprzączki z Tarnowa i grot włócznie z Reńskiej Wsi.

Ponadto w grocie włócznie z Nowej Wsi obok wtrąceń żużla o jednolitym zabarwieniu zaobserwowano pojedyncze wtrącenia o innej strukturze. Stąd również nie wiadomo, czy przedmiot ten można zaliczyć do grupy wyrobów świętokrzyskich.

Tak więc w świetle badań metaloznawczych wśród trzydziestu dwóch zbadanych przedmiotów żelaznych 11, a być może nawet 13 (tj. 34,4 lub 40,6%) pochodziło z wielkiego ośrodka hutniczego w Górach Świętokrzyskich. Pewnymi szczegółami (znacznie większe ziarno, wydzielenia nieokreślonej fazy wokół wtrąceń żużla) różniła się od „wyrobów świętokrzyskich” zapinka nr 4, „norweska”, z Tarnowa, pochodząca — jak się wydaje — z innego ośrodka produkcyjnego, znajdującego się prawdopodobnie raczej poza granicami Polski.

Trzecia grupa różni się od poprzedniej głównie widoczną pod mikroskopem metalograficznym strukturą wtrąceń żużla, która jest dwufazowa (jaśniejsze zaokrąglone wydzielenia na ciemnym tle).

Można tu wyróżnić dwie podgrupy: w pierwszej występują nieliczne wydzielenia jaśniejszej fazy (np. jedno wydzielenie na szerokości wtrącenia żużla), natomiast w drugiej

podgrupie wydzielenia te są liczne. Do pierwszej podgrupy należą: zapinki nr 2 i nr 6 oraz nóż nr 3 i wisiorek z Tarnowa, imacz z Krapkowic, zapinka nr 2 ze Szczedrzyka i sierp z Turawy (7 przedmiotów, tj. 21,2%), a do drugiej podgrupy — zapinka nr 1 i ostroga nr 1 z Tarnowa, nożyce z Krapkowic, grot włócznie z Groszowic, zapinka nr 1 ze Szczedrzyka, nóż i kabłąk wiadra z Grzegorzewic (7 przedmiotów, tj. 21,9%). Przynależności ostrogi nr 2 z Tarnowa nie ustalono z uwagi na brak wtrąceń żużla na zgładzie. Skład jakościowy przedmiotów zaliczonych do tej grupy trudno w tej chwili określić, tym bardziej że nie jest pewne, czy wszystkie okazy słusznie zaliczono do jednego zbioru. Obok podstawowych domieszek żelaza, jak C, Si, Mn, P, S oraz Al, Ca, Cu, Mg, Ni, Pb, Sn i Zn, występujących prawie zawsze w żelazie dymarkowym, w omawianych przedmiotach występowały ślady As, Ba, Ti, a w pewnych przypadkach także Ag, Co, Sb oraz, być może, Au i Cr.

Nasuwa się z kolei pytanie, skąd pochodzą przedmioty żelazne należące do grupy trzeciej i występujące — jak można sądzić — w tak znacznych ilościach na terenie Śląska Opolskiego.

Otóż — jak już wspomniano na wstępie — prace wykopaliskowe prowadzone na Śląsku Opolskim wskazują na istnienie miejscowego hutnictwa żelaza. Podane wyżej analizy kilku próbek żużla (z Groszowic i Opola-Gosławic) wskazują, że wytapiano tam miejscowe rudy o niskiej zawartości fosforu. Stąd miejscowy metal powinien zawierać niewielkie ilości tej domieszki. Ilości znalezionej żużla wskazują, że miejscowa produkcja żelaza na Śląsku Opolskim musiała być dość znaczna. Można więc oczekiwać, że na terenie Śląska Opolskiego wystąpią znaczne ilości przedmiotów z żelaza o niskiej zawartości fosforu.

Niską zawartość fosforu wykazują przedmioty zaliczone zarówno do grupy drugiej, jak i trzeciej. Ponieważ jednak cechy przedmiotów zaliczonych do grupy drugiej pokrywają się z cechami „wyrobów świętokrzyskich”, za wyroby miejscowe należy uznać przedmioty zaliczone do grupy trzeciej. Pewnym potwierdzeniem tego są analizy żużla dymarkowego. Skład chemiczny wtrąceń żużla w metalu wiąże się — przynajmniej w pewnym stopniu — ze składem żużla w klocach pozostałych w piecach ziemnych po wytopie. Żużel ze Śląska Opolskiego różni się nieco od żużla z Gór Świętokrzyskich, zawiera bowiem mniej żelaza (25—45% Fe wobec 40—55% Fe w żużlu świętokrzyskim), natomiast więcej MnO (4—10%, a w żużlu świętokrzyskim poniżej 5%), CaO (3—6%, a w żużlu świętokrzyskim — poniżej 3%) i Al₂O₃ (12—17%, natomiast

⁸ Tamże.

⁹ Tamże.

w żużlu świętokrzyskim — poniżej 10^{0/0})¹⁰. Przyczyną tych różnic jest najprawdopodobniej skład chemiczny rud w obu tych ośrodkach produkcyjnych.

Ponieważ w starożytnych wyrobach świętokrzyskich wtrącenia żużla posiadają jednolite czarne zabarwienie, wtrącenia żużla w „metal opolskim” mogą wykazywać inną strukturę, a mianowicie wydzielenia jakiejś fazy zawierającej składniki występujące w żużlu opolskim w większych ilościach (Al_2O_3 , MnO itp.). Strukturę tego typu spotykamy właśnie w przedmiotach zaliczonych do grupy trzeciej.

Wydzielenia jaśniejszej fazy we wtrąceniach żużla, zaobserwowanych w wyrobach żelaznych zaliczonych do grupy trzeciej, nie mogą być uznane za tlenek żelaza, który przyjmuje inny kształt¹¹. Są to raczej wydzielenia fazy ubogiej w żelazo, jaka mogła występować w żużlu ze Śląska Opolskiego.

Ponieważ wyroby żelazne zaliczone do podgrupy pierwszej grupy trzeciej występują niekiedy na innych terenach Polski (por. niżej), a nawet nie jest wykluczone, że mogą one (lub ich część) pochodzić z ośrodka świętokrzyskiego, wyrobami hutników z okolic Opola i Groszowic mogły być najprawdopodobniej przedmioty zaliczone do drugiej podgrupy. Możliwe jest także, że niektóre przedmioty zaliczone do podgrupy pierwszej grupy trzeciej także były wyrobami miejscowych hutników; w szczególności dotyczy to okazów małych (np. zapinki), których stopień przeróbki plastycznej był znaczny, a stąd wtrącenia żużla drobne, o strukturze trudnej do zidentyfikowania. Dla rozstrzygnięcia zagadnienia pochodzenia tych przedmiotów należy oprzeć się na analizie kształtu i częstotliwości występowania; możliwe, że dalsze badania metaloznawcze będą tu także jeszcze pomocne.

Pozostałoby jeszcze do rozważenia, czy w pewnej części wyrobów ze Śląska Opolskiego — w wyniku wahań składu chemicznego żużla — nie mogą wystąpić wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu, tak jak w „metal świętokrzyskim”. Możliwości takiej w chwili obecnej nie można z góry ani przyjąć, ani odrzucić.

Należałoby jednak zastanowić się, czy wyroby uznane za „świętokrzyskie” i znalezione na terenie Śląska Opolskiego nie były w całości (lub w przeważającej części) wyrobami miejscowymi, co w konsekwencji oznaczałoby, że na Śląsku Opolskim wytapiano obok żelaza o cechach określonych jako „opolskie” także

żelazo o cechach identycznych z cechami żelaza „świętokrzyskiego”. Przeciw takiej ewentualności przemawia następujące rozważanie: na Dolnym Śląsku (podobnie zresztą jak i w Małopolsce, Wielkopolsce itp.) występują duże ilości wyrobów „świętokrzyskich”, natomiast nie stwierdzono wyraźnych śladów „żelaza opolskiego”. Jeśliby zidentyfikowane na Śląsku Opolskim wyroby „świętokrzyskie” były w rzeczywistości dziełem miejscowych hutników i kowali, wtedy podobne przedmioty znalezione na Dolnym Śląsku powinny również pochodzić ze Śląska Opolskiego, trudno bowiem przypuszczać, aby wyroby „świętokrzyskie” omijały Śląsk Opolski. Gdyby jednak tak było, wtedy na Dolnym Śląsku powinny występować również wyroby o cechach określonych jako „opolskie” w zbliżonych proporcjach jak na Śląsku Opolskim.

Ponieważ tego nie obserwuje się, można stwierdzić, że ogólnie biorąc na Śląsku Opolskim nie uzyskiwano (przynajmniej w znaczniejszych ilościach) żelaza o cechach pokrywających się z żelazem „świętokrzyskim”. Oczywiście jednak mogą zdarzyć się wypadki, że rozróżnienie wyrobów z ośrodka świętokrzyskiego i opolskiego będzie trudne i niepewne. Stąd rozpatrując pochodzenie okazów trzeba będzie, przynajmniej w początkowej fazie badań, uwzględnić zespoły złożone z kilku lub kilkunastu okazów, licząc się z ewentualnością, że w pewnych pojedynczych wypadkach rozróżnienie obu rodzajów wyrobów może być niepewne.

Analiza kształtu przedmiotów, możliwa zresztą obecnie jeszcze w niewielkim zakresie, raczej potwierdza przedstawiony podział na grupy, różniące się pochodzeniem. Noże zaliczone do grupy drugiej (np. nr 1, 2, 4 i 5 z Tarnowa, nóż z Nowej Wsi) wykazują na ogół kształt charakterystyczny dla wyrobów świętokrzyskich, gdy tymczasem kształt obu noży opolskich (nóż nr 3 z Tarnowa i nóż z Grzegorzowic) jest wyraźnie inny i nie zaobserwowany w dotychczas zbadanych wyrobach świętokrzyskich.

Po tych rozważaniach należałoby zestawić, w formie wstępnego opracowania, cechy wyrobów żelaznych ze Śląska Opolskiego wykonanych z metalu wytopionego z miejscowej rudy niskofosforowej.

Metal wytapiany na terenie Śląska Opolskiego w okresie wpływów rzymskich zawiera niewielką ilość fosforu: zawartość tej domieszki w zbadanych dotychczas okazach nie przekracza 0,073^{0/0} P. Zgadza się to z analizami żużla, które wskazują, że do wytopu żelaza używano miejscowych rud niskofosforowych. W formie wstępnej opracowania cechy te omówiono w innych pracach, a mianowicie w związku z dyskusją nad starożytnym „ze-

¹⁰ S. Holewiński, *Wczesnorzymski ośrodek hutniczy wzdłuż pasma Łysogórskiego*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2, Wrocław 1958, s. 119.

¹¹ Por. B. Neumann, *Die ältesten Verfahren der Erzeugung technischen Eisens*, „Freiberger Forschungshefte”, 1954, D. 6, s. 42. Także Holewiński, *op. cit.*, s. 125.

lajem świętokrzyskim”¹² i w oddzielnym artykule¹³. W niniejszym opracowaniu — w wyniku dalszych studiów — wprowadzono pewne, niezbyt istotne zresztą zmiany (polegające zasadniczo na podziale na dwie podgrupy w grupie trzeciej), skąd wynikły pewne różnice w klasyfikacji paru okazów.

Ilość analiz nie pozwala jeszcze w chwili obecnej zestawić wieloboku rozkładu zawartości fosforu w starożytnym metalu „opolskim”. Wydaje się, że rozkład ten jest również asymetryczny, podobnie jak i w wypadku metalu „świętokrzyskiego”. Wartość mcdalna wynosi ok. 0,03% P, co również pokrywa się z podobną wielkością dla żelaza wytapianego w Górach Świętokrzyskich.

Metal opolski wykazuje także nierównomierne nawęglenie, wydaje się jednak, że jest ono zazwyczaj nieco słabsze aniżeli nawęglenie metalu świętokrzyskiego.

Ponadto w wyrobach żelaznych z ośrodka hutniczego na Śląsku Opolskim analiza wykazuje ślady (0,00 do kilku setnych %) krzemu i manganu (być może pochodzi to z wtrąceń żużła w metalu) oraz niklu. Zawartość siarki w dotychczas zbadanych materiałach nie przekracza 0,007% S. Znaczniejszej domieszki miedzi (powyżej 0,00%) nie stwierdzono.

Struktura wyrobów „opolskich” zależy od pochodzenia przedmiotów. Materiały z cmentarzysk ciepłopalnych wykazują strukturę ferrytyczną lub ferrytyczno-perlityczną zależnie od stopnia nawęglenia. Narzędzia pochodzące z osad mogą wykazywać ślady obróbki cieplnej, którą znali i stosowali kowale opolscy (por. noże z Grzegorzowic i sierp z Turawy).

Ponadto w wyrobach ze Śląska Opolskiego występują wydzielenia azotków (?), podobnie jak i w metalu „świętokrzyskim”. W zapince nr 1 ze Szczedrzyka, zaliczanej do podgrupy drugiej (grupa trzecia), wystąpiły wydzielenia fazy B ($\alpha' - \text{Fe}_6\text{N}_2$?).

B. E. Hopkins i H. R. Tiller¹⁴ badając stopy żelaza stwierdzili, że przy powolnym stygnięciu (w piecu laboratoryjnym) wydziela się faza $\gamma - \text{Fe}_4\text{N}$, natomiast przy szybszym stygnięciu (na powietrzu) faza $\alpha - \text{Fe}_6\text{N}_2$. Jeszcze szybsze stygnięcie powoduje zatrzymanie procesu wydzielenia się azotków z roztworu.

Charakterystyczną cechą wyrobów „opol-

skich” jest struktura wtrąceń żużła, odbiegająca znacznie od struktur zaobserwowanych w wyrobach „świętokrzyskich”, a także i w przedmiotach pochodzących z innych ośrodków hutniczych na ziemiach Polski. Jak już wspomniano, jest to struktura dwufazowa, w której widoczne są wydzielenia jaśniejszej fazy w formie zaokrąglonej na ciemnym tle (por. ryc. 9a, 23b, 26b, 27c, 28c).

Studia nad strukturą wtrąceń żużła w żelazie ze Śląska Opolskiego wymagają jeszcze dalszych badań, dotychczasowe obserwacje wskazują jednak na możliwość uznania tej cechy jako jednej z głównych cech charakterystycznych dla metalu z tego ośrodka produkcyjnego.

Poza tym — jak się wydaje — w ośrodku produkcyjnym na Śląsku Opolskim pokrywano miedzią przedmioty ozdobne. W obecnej chwili trudno jest określić sposób stosowany przy powlekanii miedzią. Powlekanie miedzią zaobserwowano także na przedmiotach żelaznych wykazujących cechy metalu „świętokrzyskiego” (krzesiwo i ostroga z Młodzikowa, pow. średzki, grot dziirytu z Wymysłowa, pow. gostyński)¹⁵. Ponadto wśród zbadanych materiałów stwierdzono wyroby „świętokrzyskie” pokryte brązem (cynowym ?), przy czym proces ten prowadzono — jak się wydaje — na drodze ogniowej.

Ilość zbadanych materiałów nie pozwala jeszcze określić kształtu starożytnych wyrobów „opolskich”. Warto podkreślić, że oba noże (nr 3 z Tarnowa i z Grzegorzowic) wyraźnie odbiegają od kształtu noży z Gór Świętokrzyskich. Trudno także określić zasięg wyrobów „opolskich” w okresie wpływów rzymskich. Był on raczej niewielki, jeśli poważna ilość przedmiotów żelaznych używanych przez miejscową ludność pochodziła z ośrodka świętokrzyskiego (34,4—40,6%), a wyroby miejscowe wynosiły powyżej 21,9% zbadanych okazów¹⁶. Choć niewątpliwie podane wielkości mogą nie odpowiadać dokładnie rzeczywistym proporcjom, w każdym razie można stwierdzić, że miejscowa produkcja zaspokajała tylko częściowo potrzeby ludności. Ten udział wyrobów miejscowych jest zresztą stosunkowo wysoki, jeśli zważymy, że np. wśród 61 zbadanych przedmiotów żelaznych z Wielkopolski co najwyżej 10% było dziełem miejscowych hutników, a 86,7% stanowiły wyroby „świętokrzy-

¹² J. Piaskowski, *Cechy starożytnych wyrobów świętokrzyskich w świetle badań materiałów z Śląska Opolskiego i z Zadowic*, pow. Kalisz, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 6 (w druku).

¹³ J. Piaskowski, *Technologia żelaza na Śląsku Opolskim w II—V wieku naszej ery*, „Hutnik”, t. 28: 1961, nr 12, s. 462.

¹⁴ B. E. Hopkins, H. R. Tiller, *Effect of Heat-treatment on the Brittleness of High Purity Iron-nitrogen Alloys*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 177: 1954, nr 1, s. 110.

¹⁵ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z cmentarzysk Wielkopolski...*, s. 180.

¹⁶ Wielkości podawane w procentach odnoszą się tylko do zbadanych materiałów i z pewnością mogą odbiegać od rzeczywistych stosunków ilościowych wśród przedmiotów żelaznych używanych przez ludność Śląska Opolskiego w okresie wpływów rzymskich. Dane te posiadają znaczenie jakościowe i w sposób ogólny pozwalają ocenić pochodzenie tych przedmiotów.

skie"¹⁷. Można to wyjaśnić wysoką jakością metalu „opolskiego”, który jedynie tylko w niewielkim stopniu ustępował wyrobom „świętokrzyskim” (wskutek — ewentualnie — słabszego nawęglania); metal z innych ośrodków hutniczych na ziemiach Polski, zazwyczaj wysokofosforowy, słabo nawęglony i nie dający się utwardzać drogą obróbki cieplnej, reprezentował znacznie mniej korzystne właściwości. Pozostaje z kolei do wyjaśnienia — dlaczego hutnictwo na Śląsku Opolskim, dysponując rudą pozwalającą na otrzymywanie żelaza o wysokich właściwościach, nie rozwinęło szerzej swej produkcji, tak jak to nastąpiło w ośrodku hutniczym w Górach Świętokrzyskich.

Produkcja przedmiotów żelaznych na Śląsku Opolskim nie była zbyt duża i nie pokrywała nawet zapotrzebowania miejscowej ludności, stąd też zasięg tych wyrobów nie był zbyt szeroki. W każdym razie należy wspomnieć, że podobne cechy metalu wykazały ostroga i nożyce oraz — prawdopodobnie — grot włóczni nr 1 z cmentarzyska w Zadowicach, pow. kaliski. Ostroga ta (ryc. 35) przypomina kształtem ostrogę nr 1 z Łajsk, pow. warszawski (ryc. 36), wykazującą cechy metalu „świętokrzyskiego”¹⁸, jednak między tymi okazami występują zasadnicze różnice technologiczne. Ostroga z Zadowic wykuta jest z żelaza i posiada pełny bodziec, gdy tymczasem okaz z Łajsk wykonany jest z blachy żelaznej

¹⁷ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z cmentarzysk Wielkopolski...*, s. 180.

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. 146.

z wytłoczonym bodźcem (pustym w środku). Ponadto ta ostatnia jest zdobiona rowkiem okrążającym nasadę bodźca.

W tym podobieństwie kształtu ostróg z Łajsk i Zadowic można widzieć oddziaływanie wielkiego ośrodka w Górach Świętokrzyskich na mniejszy ośrodek hutniczy na Śląsku Opolskim. Spostrzeżenie to wymaga jednak potwierdzenia opartego na większej ilości okazów.

Poza wymienionymi trzema przedmiotami z Zadowic wśród zbadanych dotychczas przedmiotów żelaznych z okresu wpływów rzymskich, znalezionych na ziemiach Polski (poza Śląskiem Opolskim), nie zaobserwowano wyrobów o wyraźnych cechach metalu „opolskiego”. W kilku okazach (nóż z Sobótki, pow. ostrowski, nóż nr 3 z Wymysłowa, pow. gostyński, nóż z Dratowa, pow. puławski, nóż nr 1 i ostroga nr 2 z Łajsk, pow. warszawski, nóż i grot włóczni z Chobieni, pow. wołowski, i grot włóczni ze Strupiny, pow. górowski) występowały w niewielkich ilościach wtrącenia żuźla o strukturze nieco zbliżonej do żelaza „opolskiego”, a raczej do podgrupy pierwszej grupy trzeciej, której powiązanie z ośrodkiem opolskim jest niepewne. Podobieństwo to było jednak bardzo nieznaczne, a ponadto ilość wtrąceń nie była zbyt duża (przeważająca większość wtrąceń wykazywała jednolite czarne zabarwienie) i nie ma podstaw w chwili obecnej, aby okazały te wiązać z ośrodkiem produkcyjnym na Śląsku Opolskim. Dalsze badania powinny wykazać, czy niektóre z wymienionych ostatnio przedmiotów mogły pochodzić ze Śląska Opolskiego.

Zagadnienie starożytnych wyrobów „opolskich” wymaga jeszcze niewątpliwie dalszych badań. W każdym razie wydaje się, że pewne zasadnicze cechy tych wyrobów zostały w poważnym stopniu określone.

Les examinations métallographiques des produits en fer et des échantillons de la scorie, provenant de la Silésie, région d'Opole, de la période des influences romaines

R é s u m é

On a effectué des examinations métallographiques de 32 produits en fer provenant de 11 localités (9 cimetières à incinération et 2 bourgades) de la Silésie, région d'Opole, et de 6 échantillons de la scorie de la même provenance.

Les examinations des produits en fer comportaient: le dosage chimique quantitatif et qualitatif (spectrographique), des observations microscopiques, ainsi que des mesures de microdureté et de dureté Vickers. On a exécuté aussi le dosage chimique quantitatif des échantillons de la scorie.

La plupart des produits en fer examinés avaient les traits caractéristiques des produits anciens du grand centre métallurgique de Góry Świętokrzyskie (Montagnes de la Sainte Croix) et notamment: une carburation irrégulière, une basse teneur en phosphore, des inclusions des scories de couleur noire uniforme, etc. C'étaient: un couteau de Nowa Wieś, distr. d'Opole, une pointe de lance de Rogów, distr. d'Opole, un umbo de bouclier, quatre couteaux, deux fibules et un éperon de Tarnów, distr. d'Opole, une fibule de Szczedrzyk, distr. d'Opole et un briquet de Popielów, distr. d'Opole. Une boucle

de Tarnów, distr. d'Opole, une pointe de lance de Reńska Wieś, distr. de Koźle, ainsi qu'une pointe de lance de Nowa Wieś, distr. d'Opole, ont montré des traits caractéristiques rapprochés.

Trois autres objets (une pointe de lance de Pietraszyn, distr. de Racibórz, une pointe de lance de Popielów et une boucle de Szczedrzyk) ont été exécutés en fer faiblement carburé à haute teneur en phosphore. Ce genre de métal avait été produit aux plusieurs petits centres de métallurgie de fer sur le territoire de la Pologne.

Le troisième groupe comporte des produits fabriqués en fer à carburation irrégulière et généralement assez faible, à faible teneur en phosphore (inférieure à 0,073% P). On trouve dans ce métal des caractéristiques inclusions de la scorie de structure biphasée: les précipitations arrondies de la phase plus claire sur un fond sombre. A ce groupe appartiennent: trois fibules, un éperon, un couteau et une pendeloque de Tarnów, les ciseaux et une poignée de bouclier de Krapkowice, distr. d'Opole, une pointe de lance de Groszowice, distr. d'Opole, un couteau et une anse de seau de Grzegorz-

wice, distr. de Racibórz, une fibule de Szczedrzyk et une faucille de Turawa, distr. d'Opole. Une autre fibule de Tarnów, „norvégienne”, a montré des caractéristiques technologiques différentes étant probablement importée de dehors du territoire de la Pologne.

Les dosages des scories provenant des fours d'Opole-Gosławice et de Groszowice, distr. d'Opole, indiquent que les métallurgistes y produisaient le fer à partir des minerais à basse teneur en phosphore. Cette scorie contient beaucoup moins de fer (généralement au-dessous de 40% Fe) et plus de MnO (de 3,9 à 9,7%) et de Al_2O_3 (de 12,4 à 16,5%) que la scorie du centre métallurgique de Góry Świętokrzyskie. Ces différences de l'analyse chimique ont pu causer des variations des phases structurales de la scorie et ont été la base d'une supposition que les objets compris dans le groupe trois avaient été des produits locaux.

On peut donc croire que les métallurgistes anciens de la région d'Opole en Silésie obtenaient le fer à carburation assez faible et irrégulière et à basse teneur en phosphore. Pour endurcir les outils ils employaient le traitement thermique.

Tłum. J. Świszczowska