

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA WCZESNOŚREDNIOWIECZNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH Z KRAKOWA-DĘBNIK *

Badania metaloznawcze wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z terenu Krakowa i najbliższych okolic były już tematem kilku prac. Pierwsze badania podjął autor wykorzystując przedmioty żelazne z Wawelu¹, a następnie narzędzia rolnicze ze skarbu w Nowej Hucie-Mogile². Ostatnio zbadano także inne przedmioty znalezione podczas prac wykopaliskowych na tamtejszej osadzie³. Serię analiz przedmiotów żelaznych z wykopów III i IV na Skarpie w Krakowie opublikowała E. M. Nosek⁴. Ponadto wczesnośredniowieczne przedmioty żelazne z pobliskich Piekar i Igołomi zostały zbadane przez autora⁵.

Przeprowadzone prace wskazują na potrzebę dalszych badań, zwłaszcza materiałów sprzed XI w. W przeciwieństwie do innych wczesnośredniowiecznych stanowisk archeologicznych na ziemiach Polski, gdzie spotyka się zasadniczo prawie wyłącznie wyroby z żelaza o wysokiej zawartości fosforu, a więc uzyskane z przetopu wysokofosforowych rud darniowych, bagiennych itp., na terenie Krakowa występują we wczesnym średniowieczu co najmniej dwie grupy przedmiotów i dwie technologie, a mianowicie:

a) wyroby z żelaza (a także ze stali) o podwyższonej zawartości fosforu, przy czym przy wyrobieniu narzędzi z tego metalu stosowano niekiedy zgrzewanie żelaza i stali;

b) wyroby z żelaza lub stali o niskiej zawartości fosforu; również przy wykonywaniu z takiego metalu narzędzi stosowano niekiedy zgrzewanie żelaza i stali.

Analizy wczesnośredniowiecznego żuźla dymarskiego z terenu Krakowa i okolic, przeprowadzone przez E. M. Nosek i autora, wykazały, że na miejscu przetapiano wysokofosforowe żelazo z rudy darniowej. Żużel ten — wg klasyfikacji

* Opracowanie archeologiczne materiałów z tego stanowiska ukaże się w jednym z najbliższych tomów „Sprawozdań Archeologicznych”.

1 J. Piaskowski, *Technologia wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych ze wzgórza wawelskiego w Krakowie* (w przygotowaniu do druku).

2 J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania dawnych narzędzi rolniczych znalezionych w Krakowie-Nowej Hucie*, WA, t. 28: 1962, s. 13.

3 J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żuźla z wczesnośredniowiecznej osady w Nowej Hucie-Mogile*, Mat. Arch. NH (w przygotowaniu do druku). Wyniki analizy metaloznawczej siekierkowatej „grzywny” z tego stanowiska, przeprowadzonej przez E. M. Nosek, opublikowała R. Hachulska-Ledwos, *Wczesnośredniowieczna osada w Nowej Hucie-Mogile*, Mat. Arch. NH, t. 3:1971, s. 209.

4 E. M. Nosek, *Badania metalograficzne żuźla i przedmiotów żelaznych z wykopu III na Skarpie w Krakowie*, Mat. Arch., t. 10: 1969, s. 184; te j ż e, *Badania metalograficzne i chemiczne żuźli, rud i przedmiotów żelaznych z Krakowa (wykop IV na Skarpie)*, Mat. Arch., t. 9: 1968, s. 315.

5 J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąży, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*, Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa, t. 2: 1958, s. 7; te j ż e, *Dalsze badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych z Igołomi, pow. Proszowice*, WA, t. 32: 1968, s. 495.

autora⁶ — trzeba zaliczyć do grupy o wysokiej zawartości fosforu (P_2O_5) i niskiej zawartości MnO i Al_2O_3 .

Należało więc dokładniej określić poziom techniczny miejscowych hutników na terenie Krakowa, a w szczególności czy i od kiedy opanowali oni proces nawęglania metalu podczas wytopu, tj. wytapiania stali z rudy wysokofosforowej, oraz proces zgrzewania żelaza i stali oraz nawęglania wtórnego (cementacji) żelaza. Konieczne też było bliższe określenie charakterystyk — i pochodzenia — wyrobów z żelaza niskofosforowego.

Ze względu na znaczenie Krakowa we wczesnym średniowieczu wyjaśnienie tych zagadnień było szczególnie ważne. Dlatego też konieczne wydało się podjęcie badań metaloznawczych dalszych wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z terenu Krakowa, a zwłaszcza pochodzących sprzed XI w. W tym celu przeprowadzono opisane w niniejszej pracy badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych wydobytych na terenie wczesnośredniowiecznej osady na Dębnikach w Krakowie. Prace archeologiczne z ramienia Komisji Archeologicznej Oddziału Krakowskiego Polskiej Akademii Nauk prowadził Mieczysław Fraś pod kierunkiem doc. dr. Andrzeja Żakiego. Zamieszczone w pracy informacje dotyczące datowania zbadanych okazów zostały przekazane przez M. Frasia, któremu autor składa podziękowanie za te dane, jak również za udostępnienie materiałów do badań.

ZESTAWIENIE ZBADANYCH MATERIAŁÓW

Do badań przeznaczono 8 noży, 1 topór i 1 ostrogę. Uwzględnienie tak dużej liczby noży wynika z faktu, że narzędzia te dostarczają najbardziej charakterystycznych danych o stosowanej technologii.

Badania przeprowadzono na przedmiotach po konserwowaniu, z wyjątkiem noża nr 6, który został przekazany do badań bez tego zabiegu.

METODY BADAŃ

Metody opisanych badań oraz sposób zestawienia wyników były identyczne jak w innych podobnych pracach autora⁷. Dlatego pominięto ich szczegółowy opis podając tylko w skrócie, że badania obejmowały ilościową i jakościową spektrograficzną analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna, pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz pomiary twardości metalu.

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi, stosowanymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą miareczkową, a zawartość niklu — metodą fotometryczną.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzono przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy próbkami tego samego materiału. Podając wynik analizy jakościowej (tab. 1) pominięto obecność podstawowych składników żeliwa dymarkowego Fe, C, Si, Mn, P i S oraz Al, Ca, Mg, które występowały we wszystkich próbkach. Znak „+” oznacza wyraźnie stwierdzoną obecność domieszki,

⁶ J. Piaskowski, *Klasyfikacja dawnego żużla dymarskiego występującego na ziemiach Polski w świetle statystycznej analizy składu chemicznego*, Kwart. HKM, t. 14; 1966, s. 335.

⁷ Por. J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego w X-XIV wieku na podstawie badań metaloznawczych*, Gdańskie Tow. Naukowe, Prace Komisji Archeologicznej Nr 2: 1960, s. 68.

natomiast znak „o” świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka.

Przy badaniach metalograficznych stosowano trawienie 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu etylowym. Wielkość ziarna składników strukturalnych określano zgodnie z polską normą PN-56/H-04507. Pomiar mikrotwardości przeprowadzono przy użyciu mikrotwardościomierza Hannemanna, pomiar twardości — metodą Vickersa (polska norma PN/H-04360).

Wyniki mikrotwardości składników struktury noży, zestawione w tab. 2 dla każdego okazu, podano w określonej kolejności, tzn. rozpoczynając od krawędzi tnącej narzędzia, a w dalszych wierszach umieszczając wyniki pomiarów w coraz większej odległości od tej krawędzi.

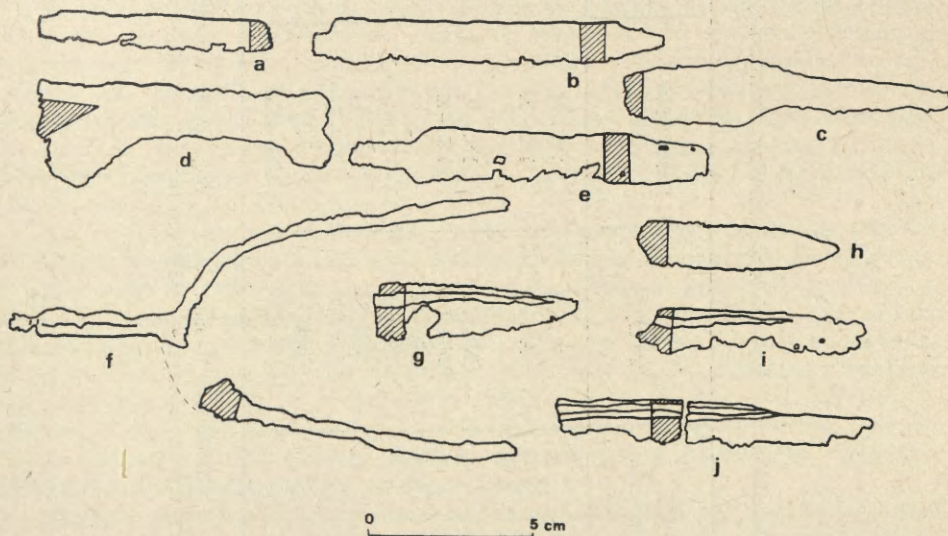
Wyniki badań przedstawiono — podobnie jak w innych pracach autora — w dwóch tabelach (tab. 1 i 2) i na dwóch rysunkach uzupełnionych mikrografiami struktur metalu (ryc. 3-12).

WYNIKI BADAŃ

Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z Krakowa-Dębniek wraz z ukazaniem miejsca wycięcia próbki przedstawiono na ryc. 1, a technologię ich wykonania — na ryc. 2.

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej tych materiałów podano w tab. 1, a wyniki obserwacji metalograficznych, oceny wielkości ziarna, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości metalu w tab. 2.

Obserwacje metalograficzne i przeprowadzone analizy pozwoliły na następującą ocenę struktury metalu i określenie technologii wykonania:



Ryc. 1. Kraków-Dębniek. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych:
a — nóż nr 1; b — nóż nr 2; c — nóż nr 3; d — toporek; e — nóż nr 4; f — ostroga; g —
nóż nr 5; h — nóż nr 6; i — nóż nr 7; j — nóż nr 8

Examined iron objects:

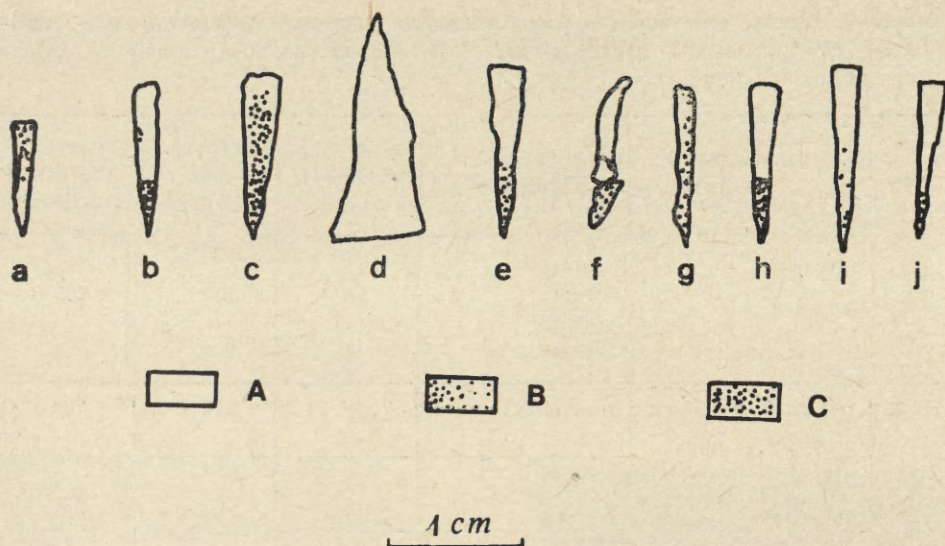
a — knife no. 1; b — knife no. 2; c — knife no. 3; d — axe; e — knife no. 4; f — spur;
g — knife no. 5; h — knife no. 6; i — knife no. 7; j — knife no. 8

Tabela 1. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej wczesnosredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Krakowa-Dębnik

Lp.	Nazwa przedmiotu	Nr metryki	Datowanie (wiek)	Zawartość %		Analiza jakościowa*														
				P	Ni	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Ti
						?	?	?	+	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1	nóż nr 1	616/71	IX-X	0,14	0,08	?	?	?												
2	nóż nr 2**	64a/71	IX-X	0,15	0,01	?	?	?												
3	nóż nr 3	199a/7a	IX-X	0,098	0,09	?	+	?												
4	toporek	207a/71	IX-X	0,57	0,01	+	+	?												
5	nóż nr 4	160a/71	X	0,060		?	?	?												
6	ostroga	107a/71	X-1 poł. XI	0,24	0,04	+	?	?												
7	nóż nr 5	39a/71	X-XI	0,16	0,07	?	?	?												
8	nóż nr 6	191b/72	X-XI	0,48	0,02	+	+	?												
9	nóż nr 7	29a/71	XI?	0,16	0,01	+	+	?												
10	nóż nr 8	63c/71	XI-XII	0,46	0,04	+	+	?												

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

** Górny wiersz wyników analizy jakościowej odnosi się do ostrza, dolny — do części grzbietowej.



Ryc. 2. Kraków-Dębniaki. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych:

a — nóż nr 1; b — nóż nr 2; c — nóż nr 3; d — toporek; e — nóż nr 4; f — ostroga;
g — nóż nr 5; h — nóż nr 6; i — nóż nr 7; j — nóż nr 8; A — żelazo; B — żelazo na-
węglone; C — stal

Technology of the examined iron objects:

a — knife no. 1; b — knife no. 2; c — knife no. 3; d — axe; e — knife no. 4; f — spur;
g — knife no. 5; h — knife no. 6; i — knife no. 7; j — knife no. 8; A — iron, B — carbu-
rized iron, C — steel

W nożu nr 1 obserwowano części zawierające bardzo drobne ziarna ferrytu (klasa 8) i części o ziarnach nieco większych (klasa 8). W części drobnoziarnistej występowały śladowe ilości perlitu jako wynik nieznacznego nawęglenia pierwotnego (ryc. 3 a). Możliwe, że nóż zgrzewano z kilku kawałków tego samego metalu, jednak wyraźnych śladów zgrzewania nie stwierdzono. Wtrącenia żuźla były bardzo drobne i nieliczne i trudno określić ich strukturę; przypuszczalnie posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A według klasyfikacji autora⁸). Nóż nr 1 nie był poddany procesom utwardzania.

Nóż nr 2 reprezentuje technologię, najczęściej występującą na ziemiach Polski w okresie wczesnego średniowiecza. Wykonano go zgrzewając pręt stalowy stanowiący ostrze z prętem żelaznym, z którego ukształtowana była część grzebietowa (ryc. 4 a); ślady zgrzewania były wyraźne (ryc. 3 c). W ostrzu wystąpiła struktura składająca się z martenzytu i troostytu (ryc. 4 b), a w części żelaznej — struktura ferrytyczna (ryc. 4 c). Wtrącenia żuźla w nożu nr 2 posiadały złożoną strukturę, zawierały liczne zaokrąglone wydzielania jasnej fazy na ciemnym tle (typ D2) — ryc. 5 a. Występowały także wtrącenia o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A). Nóż nr 2 poddany był obróbce cieplnej, przypuszczalnie hartowaniu zwykłemu w wodzie lub w innej podobnie działającej cieczy.

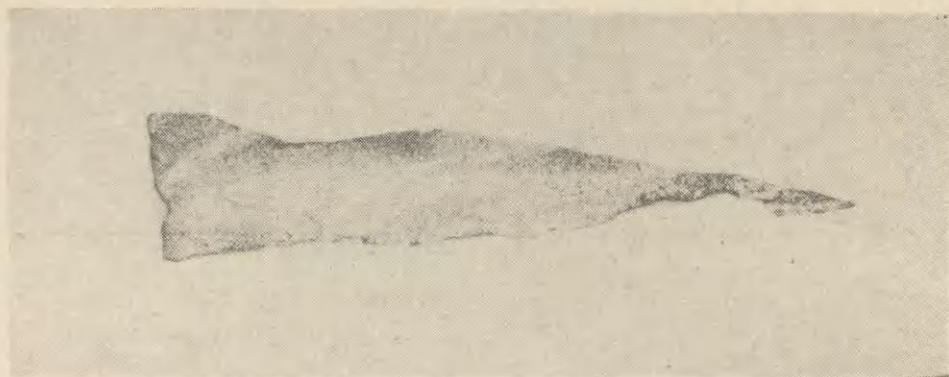
Nóż nr 3 wykonano z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu kształtując ostrze z silniej nawęglonej części łupki. W części silniej nawęglonej występowała struktura martenzytyczna (ryc. 5 c; 6 a), a w części żelaznej — struktura ferrytyczna (ryc. 6 b). Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A). W struk-

⁸ J. Piaskowski, *Klasyfikacja struktury wtrąceń żuźla i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych*, Kwart. HKM, t. 27: 1969, s. 61.

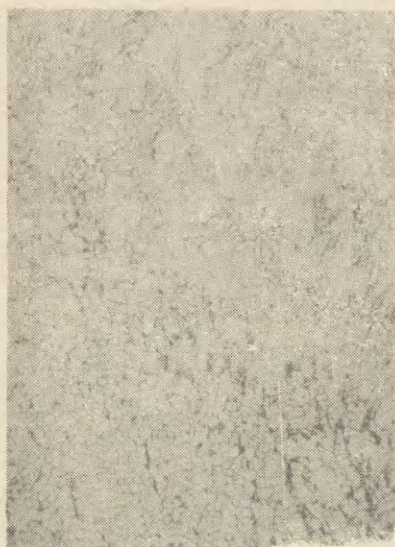
Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Krakowa-Dębnik

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość (kG/mm ²)	Twardość Vickersa (kG/mm ²)
1	nóż nr 1	sorbit			} 206
		feryt	6	116	
		sorbit			} 206
		feryt	6	210	
2	nóż nr 2	martenzyt		518	} 736
	1. ostrze				
	2. grzbiet	feryt	7		} 108,7
		feryt	4	145	
3	nóż nr 3	martenzyt		719	} 724
		martenzyt		632	
		feryt	6	199	
4	toporek	feryt	1	188	228
5	nóż nr 4	martenzyt		667	} 681
	1. ostrze	martenzyt		473	
	2. grzbiet	feryt	6	170	} 170
		martenzyt		347	
6	ostroga	feryt* perlit	5	170	} 135,5
7	nóż nr 5	martenzyt		648	} 498
		feryt	6	212	
		martenzyt		496	
8	nóż nr 6				
	1. ostrze	martenzyt troostyt (?)		576 335	
	2. grzbiet	feryt	5—6	235	170
9	nóż nr 7	feryt	5	243	} 167
		feryt	7	235	
		perlit	ślady		
10	nóż nr 8				
	1. część stalowa (?)	perlit feryt	8 5	293 160	
	2. część żelazna	feryt	2	243(?)	

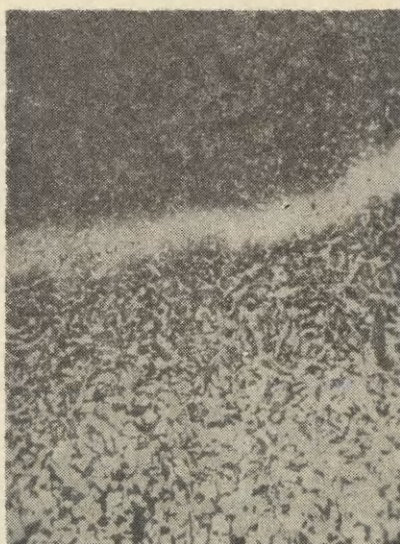
* Obecne wydzielenia fazy B ($\alpha'' - \text{Fe}_{16}\text{N}_2$?).



a



b



c

Ryc. 3. Kraków-Dębniki. Struktury metalograficzne przedmiotów:

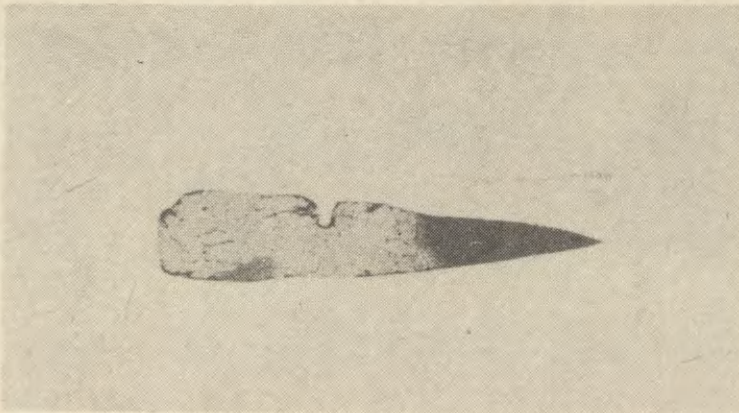
a — struktura noża nr 1 na poprzecznym przekroju, pow. 11x; b — struktura noża nr 1, pow. 100x; c — struktura noża nr 2 na złączeniu części stalowej i żelaznej, pow. 100x. Wszystkie próbki traw. azotalem

Metallographic structures of the objects

a — structure on the cross-section of knife no. 1, x 11; b — structure of knife no. 1, x 100; c — structure of knife no. 2 at the welding point of the steel and iron part, x 100. All samples were nital etched

turze noża nie stwierdzono żadnych cech wskazujących na zgrzewanie żelaza i stali (wkładka stalowa). Pomiedzy częścią silniej nawęgloną a częścią o strukturze ferrytycznej stwierdzono stopniową zmianę zawartości węgla, choć gradient zawartości węgla był dość duży. Nóż nr 3 był poddany obróbce cieplnej, najprawdopodobniej hartowaniu zwykłemu w wodzie lub innej podobnie działającej cieczy.

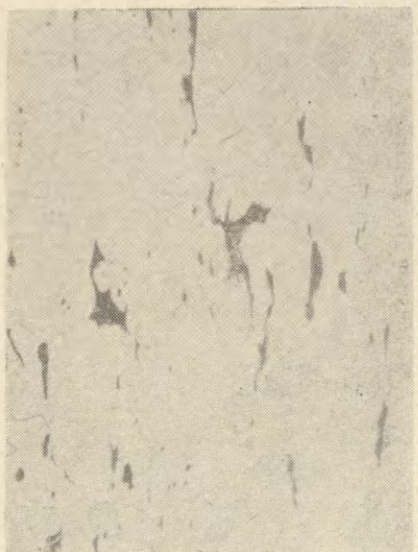
Toporek wykuty został z żelaza o bardzo gruboziarnistej strukturze ferrytycznej (ryc. 6c) wskazującej na wysoką zawartość fosforu. Wtrącenia żużla posiadały bądź jednolite czarne zabarwienie (typ A), bądź złożoną strukturę: zaokrąglone wydzielania jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1) — ryc. 6d.



a



b



c

Ryc. 4. Kraków-Dębniki. Nóż nr 2:

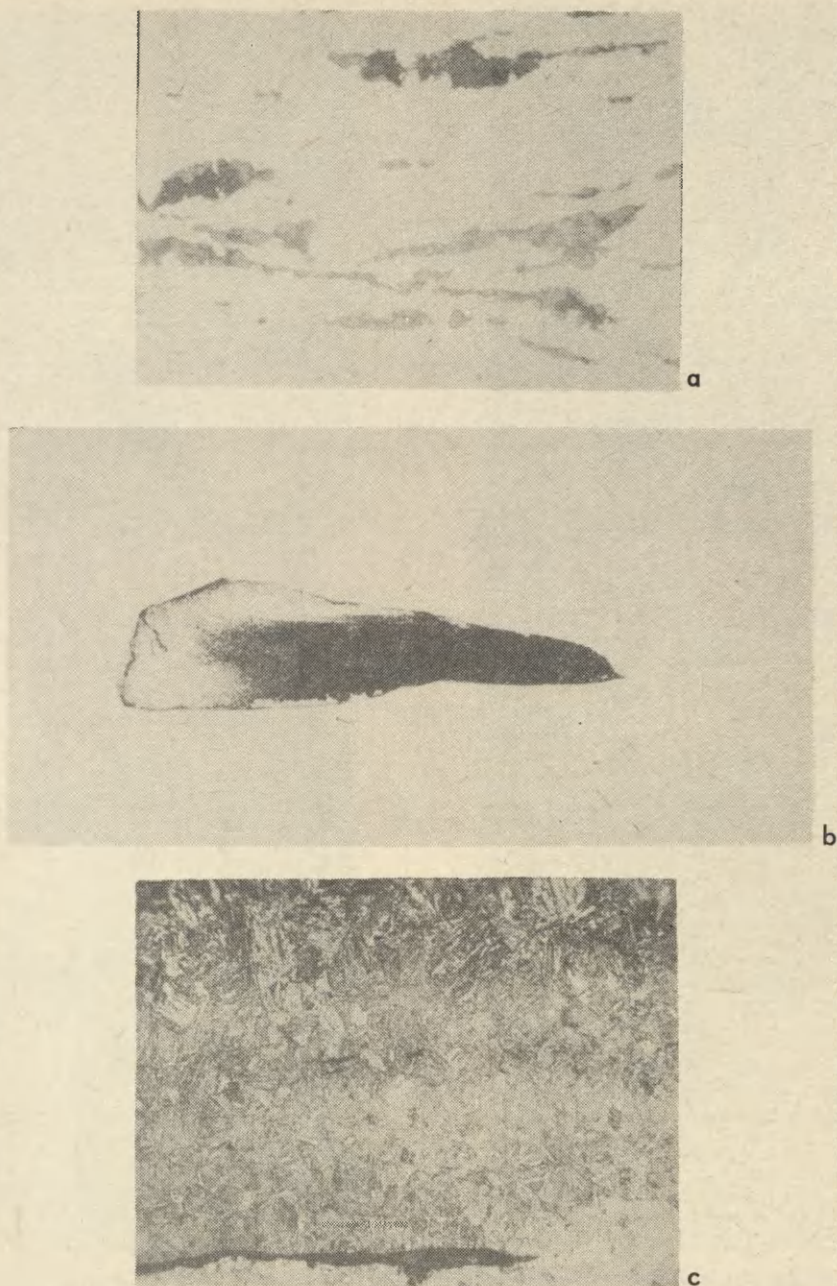
a — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 8x; b — struktura części stalowej, pow. 500x; c — struktura części żelaznej, pow. 100x. Wszystkie próbki traw. azotalem

Knife no. 2:

a — structure on the cross-section, x 8; b — structure of the steel part, x 500; c — structure of the iron part, x 100. All samples were nital etched

Technologia wykonania noża nr 4 była trudna do ustalenia. W pobliżu ostrza wystąpiło również silniejsze nawęglenie (ryc. 7 a-c), podczas gdy w części grzbietowej obserwowano strukturę ferrytyczną (ryc. 8 a). Pomiedzy tymi częściami — podobnie jak w nożu nr 2 — nie zaobserwowano żadnych zjawisk strukturalnych wskazujących na zgrzewanie żelaza i stali, zmiana zawartości węgla następowała powoli (mały gradient zawartości węgla)⁹. W tej sytuacji nie można uznać, że nóż był wykonany przez zgrzewanie pręta żelaznego i stalowego jak nóż nr 2

⁹ Zjawiska strukturalne świadczące o zgrzewaniu lub nawęglaniu przedstawiono w pracy: J. Piaskowski, *Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego*, APolski, t. 17: 1972, s. 7. Por. także dalej przyp. 30.

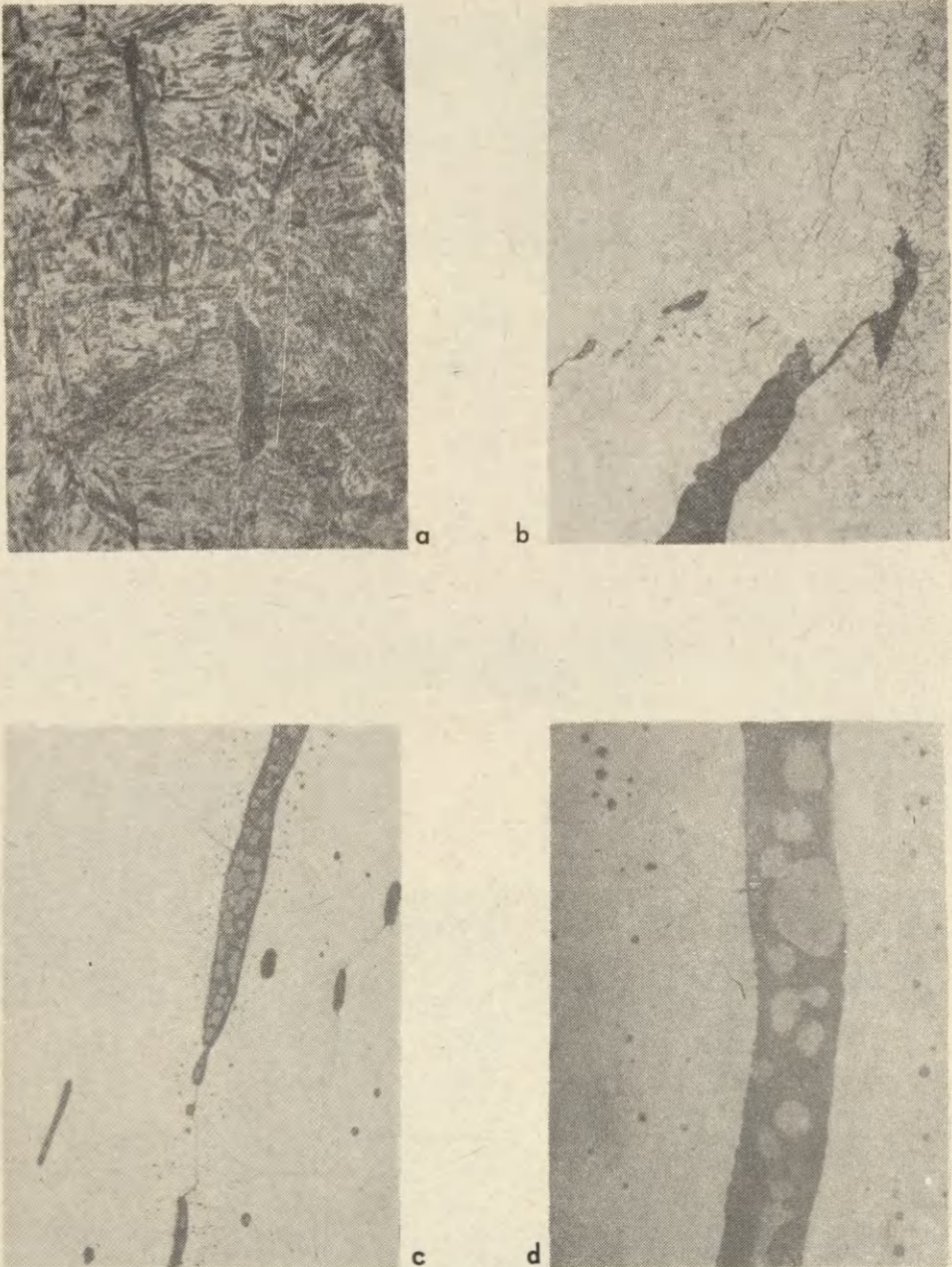


Ryc. 5. Kraków-Dębniaki. Struktury metalograficzne noży:

a — wtrącenia żużla w nożu nr 2, nietraw., pow. 500x; *b* — struktura na poprzecznym przekroju noża nr 3, traw. azotalem, pow. 8x; *c* — struktura na przejściu pomiędzy warstwą nawęgloną a częścią o strukturze ferrytycznej noża nr 3, traw. azotalem, pow. 100x

Metallographic structures of the knives:

a — slag inclusions in knife no. 2, 2, unetched, x 500; *b* — structure on the cross-section of knife no. 3, nital etched, x 8; *c* — structure of knife no. 3 at the transition point between the carburized part and the part with ferritic structure, nital etched, x 100

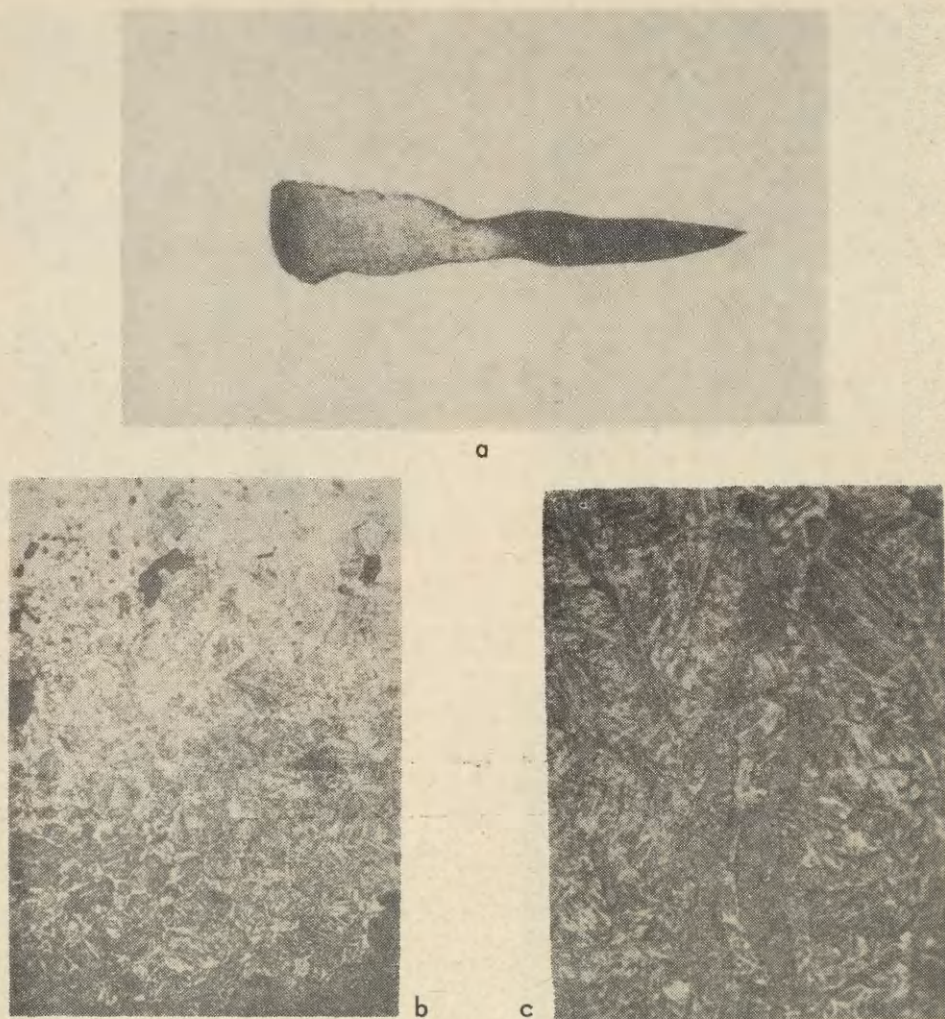


Ryc. 6. Kraków-Dębniaki. Struktury metalograficzne przedmiotów:

a — struktura części nawęglonej noża nr 3 pod większym powiększeniem traw. azotalem, pow. 500x; *b* — struktura części prawie nie nawęglonej noża nr 3, traw. azotalem, pow. 100x; *c* — struktura toporka, traw. azotalem, pow. 100x; *d* — wtrącenia żużla w toporku, nietraw., pow. 500x

Metallographic structures of the objects:

a — structure of the carburized part of knife no. 3, largely magnified, nital etched, x 500; *b* — structure of the hardly carburized part of knife no. 3, nital etched, x 100; *c* — structure of the axe, nital etched, x 100; *d* — slag inclusions in the axe, unetched, x 500



Ryc. 7. Kraków-Dębniki. Nóż nr 4:

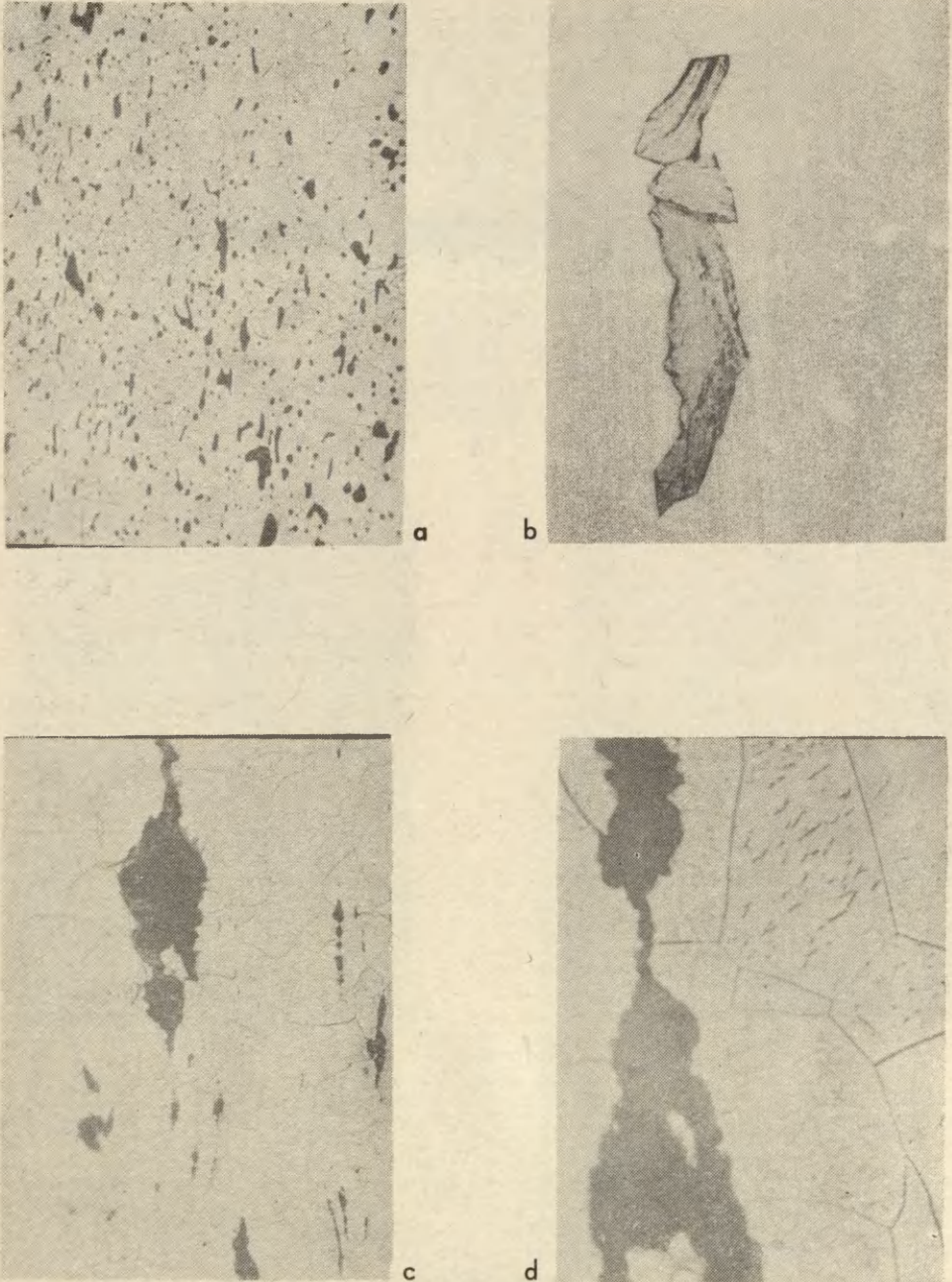
a — strukturą na poprzęcznym przekroju, pow. 8x; *b* — struktura na przejściu pomiędzy warstwą nawęgloną a częścią o strukturze ferrytycznej, pow. 100x; *c* — struktura części nawęglonej pod większym powiększeniem, pow. 500x. Wszystkie próbki traw. azotalem

Knife no. 4:

a — structure on the cross section x 8; *b* — structure at the transition point between the carburized part and the part with ferritic structure, x 100; *c* — structure of the carburized part, largely magnified, x 500. All samples were nital etched

i nóż nr 6. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia jasne (typ C) oraz wtrącenia zawierające zaokrąglone wydzielania jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1). Nóż nr 4 był poddany obróbce cieplnej, najprawdopodobniej hartowaniu zwykłemu w wodzie lub w innej cieczy podobnie działającej.

Ostroga wykazała ferrytyczną strukturę żelaza; wystąpiło w niej także miejsce nieznacznie nawęglone (ryc. 8 b). W ferrytycznej strukturze wystąpiły bardzo drobne wydzielania. (ryc. 8 c, d). Strukturę pasma o nieznacznym nawęgleniu



Ryc. 8. Kraków-Dębniki. Struktury metallograficzne przedmiotów:
a — struktura części grzbietowej noża nr 4, pow. 100x; *b* — struktura na poprzecznym przekroju ostrogi, pow. 8x; *c* — struktura ostrogi, pow. 100x; *d* — struktura ostrogi pod większym powiększeniem, pow. 500x. Wszystkie próbki traw. azotalem

Metallographic structures of the objects:
a — structure of the back part of knife no. 4, x 100; *b* — structure on the cross-section of spur, x 8; *c* — structure of the spur, x 100; *d* — structure of the spur, largely magnified, x 500. All samples were nital etched

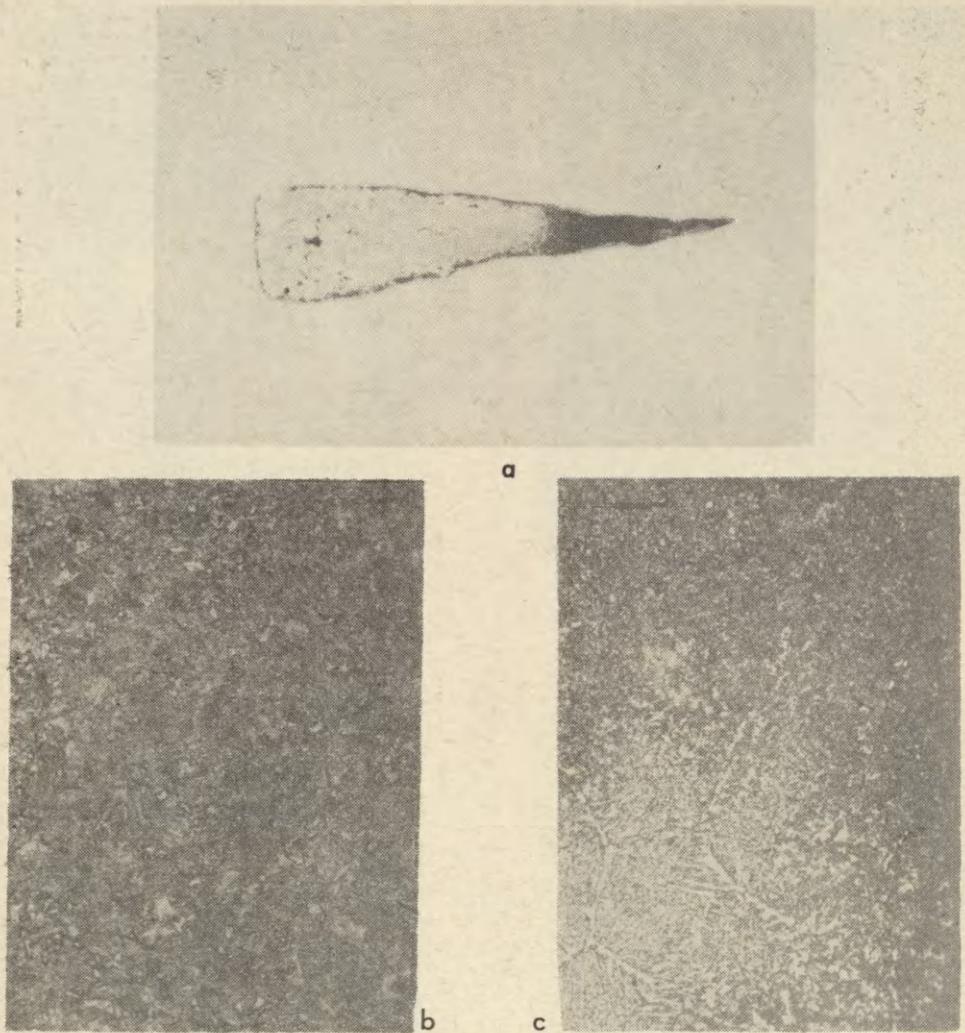


Ryc. 9. Kraków-Dębniki. Struktury metalograficzne przedmiotów:

a — struktura ostrogi w części nieznacznie nawęglonej, traw. azotalem, pow. 100x; *b* — struktura wtrąceń żużla w ostrodze, nietraw, pow. 500x; *c* — struktura noża nr 5, traw. azotalem, pow. 100x; *d* — struktura części nawęglonej noża nr 5 pod większym powiększeniem, traw. azotalem, pow. 500x

Metallographic structures of the objects:

a — structure of the spur in the slightly carburized part, nital etched, x 100; *b* — structure of slag inclusions in the spur, unetched, x 500; *c* — structure of knife no. 5, nital etched, x 100; *d* — structure of the carburized part of knife no. 5, largely magnified, nital etched, x 500



Ryc. 10. Kraków-Dębniki. Struktury metalograficzne noża nr 6:

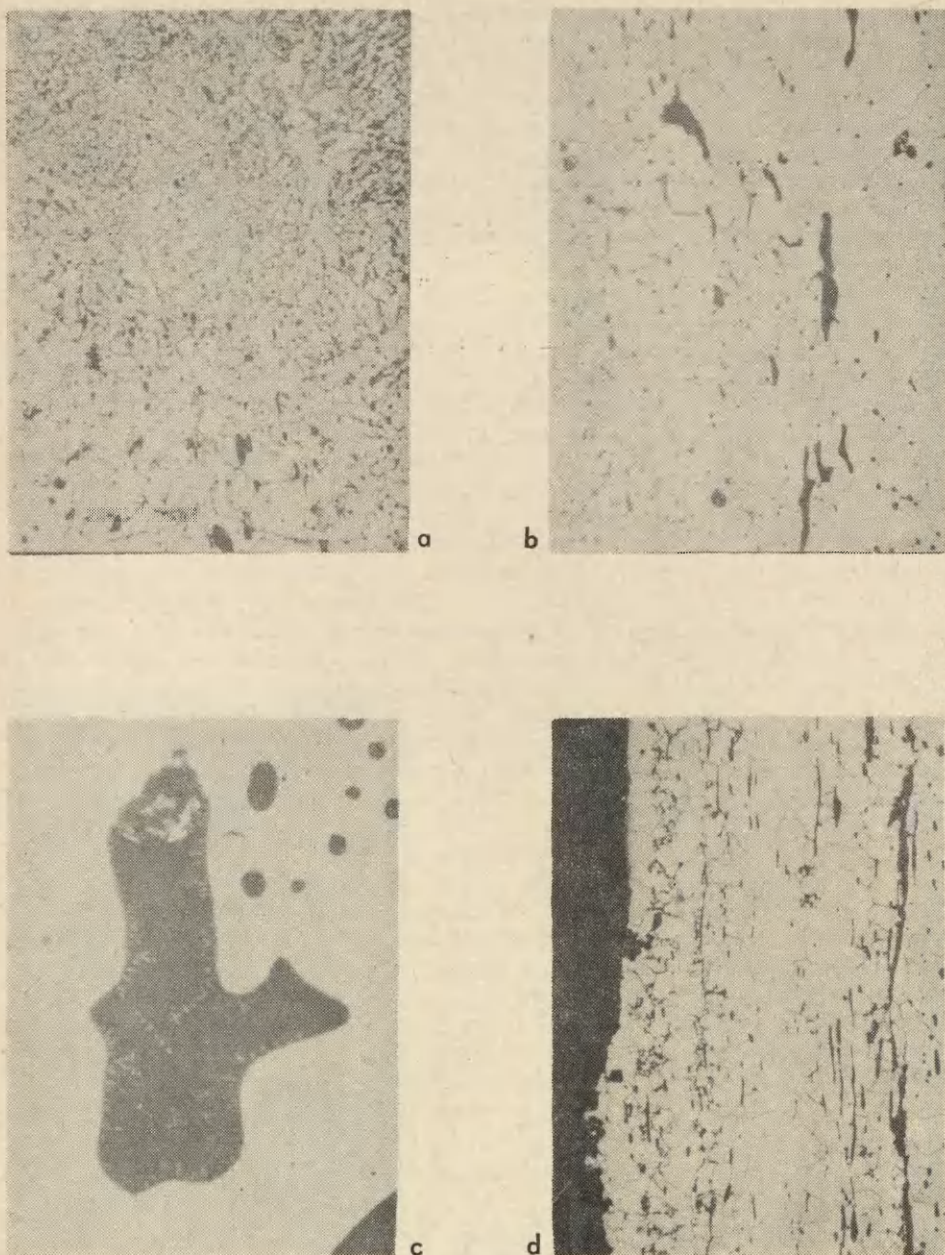
a — struktura na poprzecznym przekroju, pow. 8x; b — struktura w części stalowej, pow. 500x; c — struktura w części stalowej w pobliżu części żelaznej, pow. 100x. Wszystkie próbki trawione azotalem

Metallographic structures of knife no. 6:

a — structure on the cross-section, x 8; b — structure in the steel part, x 500; c — structure in the steel part near the iron part, x 100. All samples were nital etched

przedstawiono na ryc. 9 a. Zawartość fosforu w metalu była dość wysoka. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia o bardziej złożonej strukturze, a mianowicie zawierające liczne zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy na ciemnym tle (typ D2). Możliwe, że w niektórych wtrąceniach żużla struktura była trójfazowa (typ E?) — ryc. 9 b.

Nóż nr 5 wykuty został ze stali o nierównomiernym nawęgleniu. Struktura metalu — charakterystyczna dla metalu o podwyższonej zawartości fosforu — składała się z martenzytu i skupień ziarn ferrytu (ryc. 9 c, d). Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), występowały też drobne wtrącenia

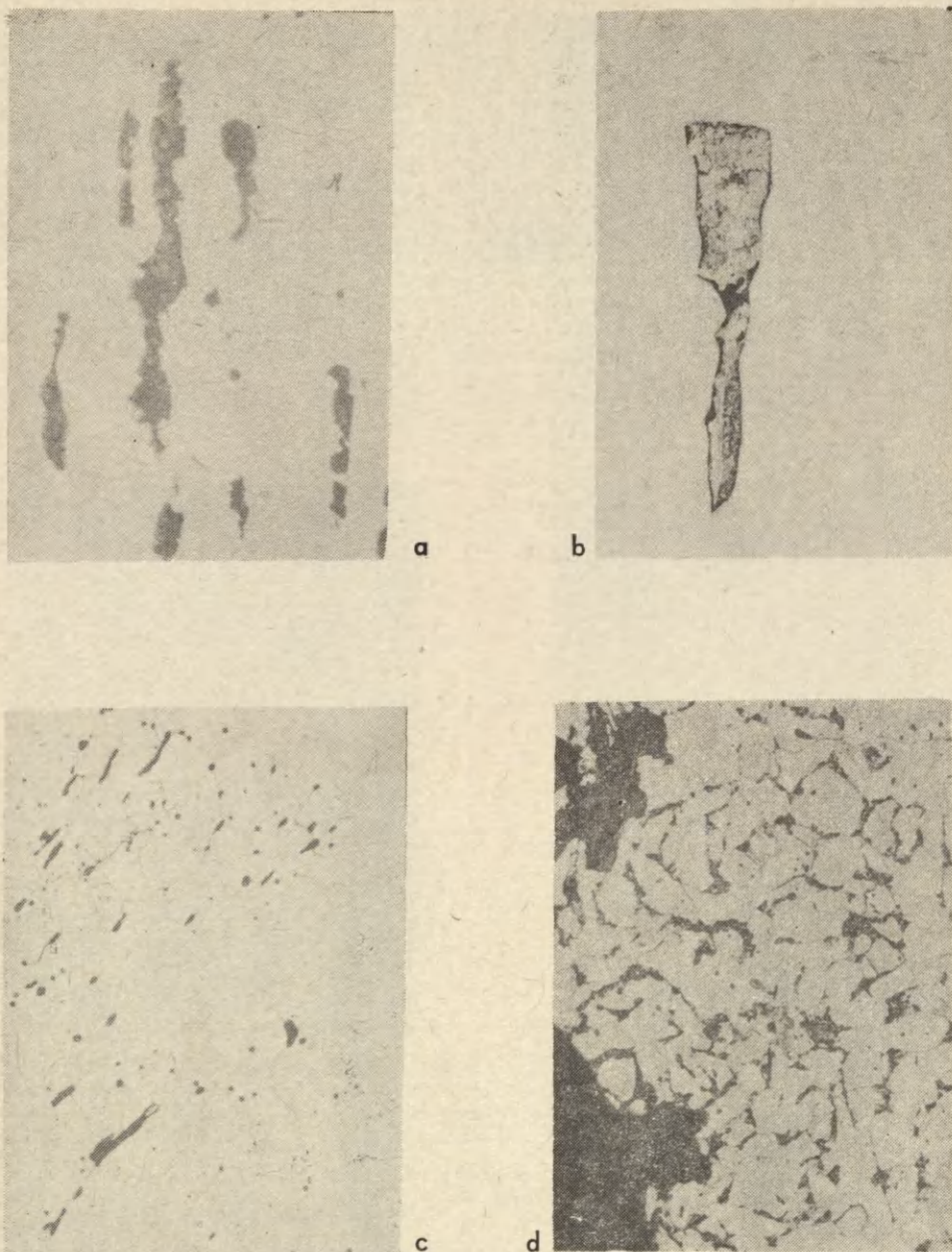


Ryc. 11. Kraków-Dębniaki. Struktury metalograficzne noży:

a — struktura części żelaznej noża nr 6 w pobliżu części stalowej, traw. azotalem, pow. 100x; *b* — struktura części żelaznej noża nr 6, traw. azotalem, pow. 100x; *c* — struktura wtrąceń żużla w nożu nr 6, nietraw., pow. 500x; *d* — struktura noża nr 7, traw. azotalem, pow. 100x

Fig. 11. Kraków-Dębniaki. Metallographic structures of the knives:

a — structure of the iron part of knife no. 6 near the steel part, nital etched, x 100; *b* — structure of the iron part of knife no. 6, nital etched, x 100; *c* — structure of slag inclusions in knife no. 6, unetched, x 500; *d* — structure of knife no. 7, nital etched, x 100



Ryc. 12. Kraków-Dębniki. Struktury metalograficzne noży:

a — struktura wtrąceń żużla w nożu nr 7, nietraw., pow. 500x; *b* — struktura na poprzecznym przekroju noża nr 8, traw. azotalem, pow. 5x; *c* — struktura części gruboziarnistej noża nr 8, traw. azotalem, pow. 100x; *d* — struktura części drobnoziarnistej, nieznacznie nawęglonej noża nr 8, traw. azotalem, pow. 100x

Metallographic structures of the knives:

a — structure of slag inclusions in knife no. 7, unetched, x 500; *b* — structure on the cross-section of knife no. 8, nital etched, x 5; *c* — structure of the coarse-grained part of knife no. 8, nital etched, x 100; *d* — structure of the fine-grained slightly carburized part of knife no. 8, nital etched, x 100

jasne (typ C). Nóż nr 5 poddany był obróbce cieplnej, przypuszczalnie hartowaniu zwykłemu w wodzie lub innej podobnie działającej cieczy.

Nóż nr 6 reprezentuje tę samą technikę wykonania jak nóż nr 4. Wykonano go zgrzewając pręt stalowy (ostrze) z prętem żelaznym (część grzbietowa) — ryc. 10 a. Zawartość fosforu (średnia dla obu warstw) była stosunkowo wysoka (0,48% P), zatem żelazo, a najprawdopodobniej i stal uzyskane były z rudy wysokofosforowej. W ostrzu wystąpiła drobnoiglasta struktura martenzytyczna (ryc. 10 b), z tym że w pobliżu części grzbietowej pojawiały się coraz większe ilości ferrytu (ryc. 10 c). W części grzbietowej, w pobliżu zgrzeiny widoczne było nieznaczne nawęglenie (ryc. 11 a), dalej struktura metalu była czysto ferrytyczna (ryc. 11 b). Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia wielofazowe, a mianowicie zawierające jasne wydzielenia o kształcie dendrytów na ciemnym, być może nawet dwufazowym tle (typ D31 lub D32) — ryc. 11 c. Nóż nr 6 poddano obróbce cieplnej, najprawdopodobniej hartowaniu zwykłemu w wodzie lub w innej podobnie działającej cieczy.

Nóż nr 7 wykuty został z żelaza o strukturze ferrytycznej, przy czym obok ziarn drobnych (klasa 7) występowały ziarna nieco większe (klasa 5) — ryc. 11 d. W części drobnoziarnistej występowały śladowe ilości perlitu. Możliwe, że nóż był zgrzewany z paru części, jakkolwiek wyraźnych śladów tego procesu nie stwierdzono. Wtrącenia żuźla posiadały na ogół strukturę wielofazową i zawierały zaokrąglone jasne wydzielenia na ciemnym tle (typ D1) — ryc. 12 a. Nóż nie był poddany procesom utwardzania.

Nóż nr 8 wykuty był z żelaza o strukturze ferrytycznej, przy czym obok dużych (klasa 2) występowały ziarna mniejsze (klasa 5) — ryc. 12 b, c. W części o mniejszym ziarnie obserwowano śladowe ilości perlitu jako wynik nieznacznego lokalnego nawęglenia pierwotnego (ryc. 12 d). W części nieznacznie nawęglonej wystąpiły niewielkie ilości wydzieleni bardzo drobnej fazy (określonej w pracach autora jako faza B), przypuszczalnie związku żelaza z azotem α'' -Fe₁₆N₂. Tak identyfikowali podobne wydzielenia we współczesnej stali G. R. Booker, J. Norbury, A. L. Sutton¹⁰. Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia o bardziej złożonej strukturze w postaci pasm o popielatym zabarwieniu na ciemnym tle, nieco zbliżone do wtrąceń żuźla typu F. Zawartość fosforu w metalu była wysoka. Nie udało się ustalić, czy małe pasemko metalu silnie nawęglonego powstało już podczas wytopu żelaza w dymarce (nawęglenie pierwotne), czy też jest wynikiem zgrzewania pręta żelaznego i stalowego. Bardzo słabe nawęglenie oraz małe wymiary pasemka świadczą przeciw tej ostatniej ewentualności. Stąd należy raczej uznać — przynajmniej na podstawie wykonanych badań — że w nożu wystąpiło nawęglenie pierwotne. Nóż nr 8 nie był poddany obróbce cieplnej, która zresztą przy tak słabym nawęgleniu nie miałaby skutku.

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Przeprowadzone badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Krakowie-Dębnikach pozwoliły na określenie poziomu technologicznego tych materiałów, pomimo stosunkowo małej ilości poddanych badaniom okazów. Nie można było jednak dokładniej poznać techniki wykonania poszczególnych wyrobów (poza nożami), aczkolwiek dzięki badaniom materiałów z innych wczesnośredniowiecznych stanowisk — techniki te są ogólnie znane.

¹⁰ G. R. Booker, J. Norbury, A. L. Sutton, *Investigation of Nitride Precipitation in Pure Iron and Mild Steel*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 187; 1951, s. 208.

W każdym razie można stwierdzić, że zbadane okazy z Krakowa-Dębnik, choć nieliczne, charakteryzują technologię żelaza w tamtejszej osadzie.

Przed wszystkim zbadane przedmioty tworzą jeden zbiór, na podstawie czego można uznać, że są one — lub przynajmniej przeważająca ich większość — wyrobami miejscowymi albo pochodzącymi z pobliskich terenów. Przedmioty nie wykazują wyraźnych różnic zawartości fosforu, a okazy zawierające mniej tej domieszki, mianowicie noże nr 3, 4, 5, nie mogą być wyodrębnione, gdyż przeciętnie zawierają więcej węgla aniżeli pozostałe; ewentualnie można było jedynie zastanawiać się, czy nóż nr 1 nie był importem.

Tak więc zbadane przedmioty żelazne z Krakowa-Dębnik, zarówno z żelaza, jak i stali (na ogół niezbyt równomiernie nawęglonej), zostały wykonane z metalu o podwyższonej zawartości fosforu (0,06-0,57‰ P). Jest to wynik zgodny z licznymi analizami żużła z terenu Krakowa (Nowa Huta-Mogiła, Wawel, rejon kościoła Św. Andrzeja i Mariackiego, Skarpa), które wykazały, że miejscowi hutnicy eksploatowali rudę darniową lub bagienną odznaczającą się dość wysoką zawartością fosforu.

Technika wytopu nie została określona, kształt znalezionych fragmentów żużła pozwala sądzić, że wytop prowadzony był w ogniskach lub niewielkich wgłębieniach (kotlinach)¹¹. Uzyskiwano w ten sposób niezbyt duże ilości metalu, które jednak mogły wystarczać na potrzeby miejscowej ludności.

Pełniejsze wiadomości o technologii żelaza we wczesnośredniowiecznej osadzie w Krakowie-Dębnikach, dały badania noży, które zawsze dostarczają najwięcej takich informacji. Wśród zbadanych noży reprezentowane są następujące technologie:

a) Najprostszą technologię zastosowano przy wyrobie noża nr 7 (XI w.) i prawdopodobnie noża nr 8 (XI-XII w.), które wykuto z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu nie stosując utwardzania metalu. Noże żelazne, nie poddane utwardzaniu, występują dość często w materiałach z VI do X w., np. w Szeligach, woj. Płock (VI-VIII w.)¹², i Czerchowiu, woj. Łódź (IX-X w.)¹³. Można je spotkać także i w materiałach późniejszych, m. in. w Tumie pod Łęczycą (XII-XIII w.)¹⁴ i w Sieradzu (XIII w.)¹⁵.

b) Prostą technologię wykazują także noże wykute ze stali o podwyższonej zawartości fosforu, odznaczającej się niezbyt równomiernym nawęglaniem. Należą tu noże: nr 5 i przypuszczalnie nr 3 (z IX-X w) oraz nr 4 z X w., nie jest jednak wykluczone, że przy wyrobie tego ostatniego zastosowano nawęglenie wtórne (cementację). Wszystkie one były poddane obróbce cieplnej, prawdopodobnie hartowaniu zwykłemu w wodzie lub w innej podobnie działającej cieczy.

Noże stalowe (prawie zawsze poddane obróbce cieplnej) występują dość często w materiałach z VI do X w., m. in. w Szeligach, woj. Płock (VI-VIII w.)¹⁶, Cze-

¹¹ Proces ten opisano w pracy: J. Piaskowski, *W wytopianiu żelaza w ogniskach dymarskich na ziemiach Polski*, Kwart. HKM, t. 18: 1970, s. 37.

¹² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużła z Szelig i Cekanowa, pow. Płock, oraz z Cieślina, pow. Sierpc*, [w:] W. Szymański, *Szeligi pod Płockiem na początku wczesnego średniowiecza*, Wrocław—Warszawa—Kraków 1967, s. 295; por. także J. Piaskowski, *Untersuchungen der frühmittelalterlichen Eisen und Stahltechnologie der Slaven in den Gebieten zwischen Weichsel und Oder*, A Polonia, t. 15: 1974, s. 67.

¹³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania uczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych na przykładzie zabytków z Łęczycy, Czerchowa i Buczka*, Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa, t. 3: 1959, s. 70.

¹⁴ Tamże, s. 26.

¹⁵ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych i żużła z Sieradza*, Prac. Mat. Łódź, t. 7: 1962, s. 230.

¹⁶ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużła z Szelig...*, s. 395.

ładzi Wielkiej, woj. Leszno (starsza faza, VI-VIII w.)¹⁷, Czerchowie, woj. Łódź (IX-X w.)¹⁸, i Naszacowicach, woj. Nowy Sącz¹⁹. Rzadziej spotyka się noże stalowe w materiałach późniejszych, np. w Lutomierniku, woj. Łódź (XI w.)²⁰, i Piekarach, woj. Kraków (XIII w.)²¹.

c) Noże zgrzewane z żelaza i stali (z prostą nakładką stalową), tj. noże nr 2 (IX-X w.) i nr 6 (X-XI w.) reprezentują technologię najczęściej stosowaną na ziemiach Polski w okresie wczesnego średniowiecza. Występuje ona już w VI-VIII w. (Szeligi, woj. Płock²², Czeladź Wielka, woj. Leszno²³, Łazy, woj. Kielce²⁴, oraz Naszacowice, woj. Nowy Sącz²⁵), jednak bardziej się rozpowszechniła na przełomie X/XI w.

Na bliższe omówienie zasługuje technika wykonywania narzędzi tnących z nawęglonej części łupki, tak aby z metalu silniej nawęglonego kształtować ostrze, a z części słabiej nawęglonej — część grzbietową. Wydaje się, że technikę tę zastosowano przy wyrobie noża nr 3 z Krakowa-Dębniak, nie wykluczając jednak możliwości przypadkowego wystąpienia tego rodzaju struktury w tym nożu. Niemniej jednak proces taki był stosowany na ziemiach Polski we wczesnym średniowieczu, chociaż — m. in. w początkowych pracach autora — uważano tego rodzaju strukturę za wynik zgrzewania (umieszczanie wkładki stalowej pomiędzy częściami żelaznymi) lub nawęglania wtórnego (cementacji)²⁶. Badania liczniejszej grupy takich wyrobów (topory) w przedmiotach żelaznych kultury bałtyjskiej pozwoliły stwierdzić²⁷, że narzędzia o takiej strukturze nie wykazują żadnych śladów zgrzewania, a gradient zawartości węgla w metalu wskazuje, iż struktura taka nie może być wynikiem nawęglania wtórnego (cementacji). Pozostaje — jako jedyna możliwość — przyjęcie, że kowal orientując się, która część łupki jest silniej nawęglona, przy wykonywaniu narzędzia kształtował z niej ostrze narzędzia. Kowale bałtyjscy technikę tę stosowali przy wyrobie toporów już w okresie wczesnorzymskim, jednak topory wykonywane w ten sposób występują także na wczesnośredniowiecznych stanowiskach słowiańskich na ziemiach Polski, np. topór z Czerchowa²⁸. Topory wykonane w opisany sposób występują także wśród ma-

17 J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czeladzi Wielkiej, pow. Góra, „Silesia Antiqua”*, t. 8: 1966, s. 154.

18 Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 75.

19 J. Piaskowski, *Analizy metaloznawcze zabytków żelaznych z grodzisk w Naszacowicach, Wietrzno-Bóbrce, Jadownikach Podgórnych, Zagórowej i Akmanicach*, AAC, t. 11: 1969, s. 331.

20 J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych*, [w:] A. Nadolski, A. Abramowicz, T. Poklewski, *Cmentarzysko z XI wieku w Lutomierniku pod Łodzią*, Łódzkie Tow. Naukowe, Łódź 1959, s. 121.

21 Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąży...*, s. 76.

22 Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużla z Szeligi...*, s. 385.

23 Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czeladzi Wielkiej...*, s. 153.

24 J. Piaskowski, *Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Łazach, pow. Kielce*, Spraw. Arch., t. 18: 1966, s. 380.

25 Piaskowski, *Analizy metaloznawcze zabytków żelaznych z grodzisk w Naszacowicach...*, s. 331.

26 Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 66.

27 J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z Miezan i Sudaty (ZSRR)*, WA, t. 31: 1965, s. 370.

28 Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 66.

teriałów z Wielkich Moraw²⁹, jakkolwiek R. Pleiner, który badania te przeprowadził, uważał, że są to wyroby „pakietowane”, tj. zgrzewane z kawałków metalu o różnej zawartości węgla. Ta identyfikacja technologii wielkomorawskich narzędzi była tematem dyskusji pomiędzy autorem niniejszej pracy a R. Pleinerem³⁰.

Toporek z Krakowa-Dębnik (IX-X w.) reprezentuje niski poziom techniczny, wykuty został z żelaza o wysokiej zawartości fosforu i nie był poddany utwardzaniu, reprezentuje więc tę samą technologię jak nóż nr 7, a przypuszczalnie także i nóż nr 8. Tego rodzaju technologię wykazują również toporki z Szeligów, pow. Płock (VI-VIII w.)³¹, Szczaworyża, woj. Kielce (VII-1 poł. IX w.?)³², i z Biskupina, woj. Bydgoszcz³³. Natomiast topory z Lutomska, woj. Sieradz³⁴, z połowy XI w., jak również siekiery z Tumu pod Łęczycą (XII-XIII w.)³⁵ posiadały ostrza utwardzone.

Prawdopodobnie z żelaza wykuta została również ostroga (X-1 poł. XI w.); znaczenia technicznego warstewki nawęglonej nie udało się ustalić, mogło być ono skutkiem jakiegoś zjawiska przypadkowego. W każdym razie ostrogi wykonywano we wczesnym średniowieczu najczęściej z żelaza, m.in. na Wawelu (IX w.). Tylko jedna ze zbadanych ostróg z Piekar pod Krakowem (XIII w.)³⁶ wykuta była ze stali.

Ogólnie można stwierdzić, że przedmioty żelazne z osady w Krakowie-Dębnikach reprezentują wszystkie charakterystyczne cechy wczesnośredniowiecznej technologii słowiańskiej, typowej dla ziem Polski.

TECHNOLOGIA ŚREDNIOWIECZNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH NA TERENIE KRAKOWA

Jak wspomniano na wstępie, zbadano już poważną ilość wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych znalezionych na terenie Krakowa i najbliższych okolic.

Najdawniejsze zbadane żelazne materiały pochodzą z osady na terenie Nowej Huty-Mogily; pochodzą one z okresu od VI w. do 1 połowy X w., a więc są wcześniejsze od zbadanych przedmiotów z Krakowa-Dębnik. Wyniki tych badań wykazują nieco inną technologię oraz udział wyrobów miejscowych.

²⁹ R. Pleiner, *Die Technologie des Schmiedes in der grossmährischen Kultur*, Slov. Arch., 1967: t. 15, z. 1, s. 77.

³⁰ Por. J. Piaskowski, *Technologie der Eisenherstellung im Grossmährischen Reiche (Folgerungen aus den Forschungen von R. Pleiner)*, AAC, t. 11: 1969, s. 111; R. Pleiner, *Zur Schmiedetechnologie des Grossmährischen Reiches (Jerzy Piaskowski und die Deutung der metallografischer Befunde von Eisenfundstücken)*, AAC, t. 12: 1971, s. 107; J. Piaskowski, *Über die Kennzeichen der Zementation und des Schweissens an den frühmittelalterlichen eisernen Gegenständen (Diskussion mit R. Pleiner)*, AAC, t. 12: 1971, s. 127; R. Pleiner, *Nochmals zu J. Piaskowski's Erkennungsmerkmalen der alten Schmiedetechnik*, AAC, t. 14: 1974, s. 151; J. Piaskowski, *Schlussbemerkungen zur Diskussion mit R. Pleiner in Frage der Identifikationskriterien in Hinsicht auf die Technologie altertümlischer, eiserner Gegenstände*, AAC, t. 14: 1974, s. 155.

³¹ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużla z Szeligów...*, s. 370.

³² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania materiałów żelaznych z wczesnośredniowiecznego grodziska w Szczaworyżu, pow. Busko*, Spraw. Arch. t. 26: 1974, s. 231.

³³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych ze stanowiska 4 w Biskupinie, pow. Znín, WA*, t. 32: 1966, s. 203.

³⁴ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych*, s. 116.

³⁵ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 47.

³⁶ Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąży...*, s. 60.

Wprawdzie w osadzie w Nowej Hucie-Mogile już w VI w. wytapiano żelazo, a przypuszczalnie równocześnie i stal, z wysokofosforowej rudy darniowej lub bągiennej, jednak udział wyrobów miejscowych był niewielki i można go oszacować średnio na ok. 25%. Nie stwierdzono procesów utwardzania narzędzi przez nawęglenie wtórne (cementację) lub zgrzewanie żelaza i stali; może to jednak być wynikiem zbyt małej ilości zbadanych wyrobów miejscowych.

Natomiast większość przedmiotów używanych przez ludność osady w Nowej Hucie-Mogile, w tym także zgrzewanych z żelaza i stali (noże nr 13 i 15 z 1 poł. X w.), była wykonana z metalu o niskiej zawartości fosforu, należy więc uznać je za importowane. Pochodzenie tych przedmiotów nie zostało ustalone, być może pewna ich część pochodzi z terenu Czechosłowacji³⁷. Należy tu dodać, że niskofosforowe żelazo lub stal występują — jak dotąd — wyłącznie w materiałach z kurhanów ciałopalnych (Kornatka, woj. Kraków, Trzebiesławice i Winiary, woj. Tarnobrzeg)³⁸.

Jak z tego widać, technologia wyrobów żelaznych (a także sposób zaopatrzenia w te wyroby miejscowej ludności) była w osadzie w Nowej Hucie-Mogile odmienna aniżeli w Krakowie-Dębnikach. Można to chyba wyjaśnić różnicą datowania tych okazów i przyjmując, że materiały z Nowej Huty-Mogily reprezentują okres wcześniejszy i na przełomie IX/X w. nastąpiły pewne zmiany i postęp w miejscowej produkcji żelaza, a także rozwój produkcji hutniczej.

Potwierdzeniem tego przypuszczenia są wyniki badań przedmiotów żelaznych z południowo-zachodniej części wzgórza wawelskiego (rejon X), pochodzących z okresu od X do XIII w.³⁹ Wyniki te są całkowicie zbieżne z analizami materiałów z Krakowa-Dębnik, z tym że niektóre przedmioty żelazne z Wawelu reprezentują szczególnie wysoki poziom techniczny. Można przypuszczać, że dotyczy to okazów importowanych z dalszych terenów, możliwe że spoza zachodniej granicy Polski.

Importem jest przypuszczalnie grot włóczni z Wawelu, zgrzewany, jak można sądzić, z trzech płatów metalu o różnej zawartości węgla. Nie wiadomo natomiast, czy importami były trzy noże nr 3, 6 i 9, dziwerowane („damasceńskie”), z których najstarszy pochodzi z XI-XII w., najmłodszy z XII-XIII w.

Pozostałe noże z Wawelu reprezentują techniki dość często spotykane na ziemiach Polski we wczesnym średniowieczu. Noże nr 1 (X-XI w.) i nr 4 (XI-XII w.) z Wawelu posiadały wkładkę stalową umieszczoną pomiędzy dwoma warstwami żelaza. Ta technika występuje w niektórych wczesnośredniowiecznych osadach na ziemiach Polski (Szeligi, woj. Płock⁴⁰, Biskupin, woj. Bydgoszcz⁴¹), a jest bardzo pospolita na terenie Rusi (do XII w.)⁴²; na terenie Krakowa na technikę — poza okazem z Wawelu — nie natrafiono.

Natomiast technikę najczęściej występującą na ziemiach Polski, przynajmniej począwszy od XI w., zastosowano przy wyrobie noża nr 2 z Wawelu (XI-XII w.), zgrzanego z prostego pręta stalowego i żelaznego; nóż ten może być uznany za wyrób miejscowy. Tę samą technikę wykazują noże nr 2 (IX-X w.) i nr 6 (X-

³⁷ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużła z wczesnośredniowiecznej osady w Nowej Hucie-Mogile*.

³⁸ J. Piaskowski, *Wyniki badań metaloznawczych pięciu noży z wczesnośredniowiecznych kopców z terenu Małopolski*, Spraw. Arch. t. 19: 1968, s. 477.

³⁹ Piaskowski, *Technologia wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych ze wzgórza wawelskiego...*

⁴⁰ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużła z Szeligi...*, s. 195.

⁴¹ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych ze stanowiska 4...*, s. 195.

⁴² B. A. Kolcin, *Cornaja metallurgija i metalloobrabotka w drevnej Rusi*, MIA (MMA), t. 32: 1953, s. 74.

-XI w.) z Krakowa-Dębnik, które również były najprawdopodobniej wyrobami miejscowymi.

Zarówno na Wawelu, jak i w Krakowie-Dębnikach występują noże żelazne nieutwardzane, a mianowicie nóż nr 5 z Wawelu (XI-XII w.) oraz noże nr 7 i prawdopodobnie nr 8 (XI-XII w.) z Krakowa-Dębnik, a także noże stalowe: nr 8 z Wawelu (XII-XIII w.), nr 1 (IX-X w.) i nr 5 (X-XI w.) z Krakowa-Dębnik. Możliwe, że do tej grupy należy zaliczyć noże nr 3 i 4 (IX-X w.) z Krakowa-Dębnik, które wykazały silniejsze nawęglenie w pobliżu ostrza.

Tak więc technologia wyrobów żelaznych z Krakowa-Dębnik jest praktycznie identyczna jak na Wawelu. Na obu stanowiskach natrafiono na ślady wytopu żelaza — a równocześnie i stali — z wysokofosforowej rudy bagiennej. Jest to typowa technologia plemion słowiańskich, zamieszkujących ziemie Polski, stosowana na terenach na północ od Krakowa już od VI-VIII w. Jediną różnicą w technologii tej najstarszej fazy wczesnego średniowiecza jest mniejszy udział narzędzi zgrzewanych z żelaza i stali.

Z wynikami tymi pokrywają się zasadniczo analizy przedmiotów żelaznych, znalezionych w Krakowie na Skarpie (wykopy III i IV), które zbadała E. M. Nosek⁴³, jakkolwiek występują pewne mniej istotne różnice.

Przedmioty żelazne z wykopu III na Skarpie pochodzą z okresu od 1 poł. X w. do połowy XIII w., a mianowicie 9 okazów, z czego 6 noży wykutych zostało — podobnie jak i okazy z Krakowa-Dębnik oraz Wawelu — z żelaza lub stali o podwyższonej zawartości fosforu (0,07-0,33% P); analizę fosforu przeprowadzono dla 5 przedmiotów, średnia arytmetyczna wynosi 0,174% P. Cztery noże (nr 1, 2, 4 i 5) wykuto z żelaza bez stosowania procesów utwardzania, w dwóch pozostałych miały występować bliżej nie określone ślady zgrzewania, brak szczegółowszej dokumentacji nie pozwala dokładnie zorientować się w technologii. Należy tu dodać, że E. M. Nosek niejednorodności struktury, jak np. warstwy drobnych lub grubych ziarn ferrytu, interpretowała jako wynik „pakietowania”; które — zdaniem autora — są wynikiem nierównomiernego składu chemicznego żelaza dymarskiego, a przede wszystkim rozłożenia fosforu.

Z wykopu IV na Skarpie E. M. Nosek zbadała 27 przedmiotów żelaznych, z czego 15 okazów (w tym 2 noże i 1 półkosek) z wczesnego okresu, tj. z 2 połowy IX w. do 2 połowy XII w. Metal zawierał znacznie więcej fosforu (0,32—0,53% P, średnia 0,46% P). Oba noże i półkosek miały być utwardzane przez nawęglenie, jednak bez stosowania obróbki cieplnej, natomiast nie stwierdzono w tych materiałach procesów zgrzewania żelaza i stali.

Procesy nawęglania były stosowane przez wczesnośredniowiecznych kowali na ziemiach Polski. Poza nożem nr 7 z Wawelu (o ile istotnie był on poddany nawęgleniu) nawęglone noże wystąpiły w Szeligach, woj. Płock⁴⁴, Łazach, woj. Kielce⁴⁵, Międzywiciu, woj. Bielsko-Biała⁴⁶, Czerchowie, woj. Łódź⁴⁷, Naszacowicach, woj. Nowy Sącz⁴⁸, i in.

⁴³ E. M. Nosek, *Badania metalograficzne i chemiczne żużli...*, s. 315; te same, *Badania metalograficzne żużla...*, s. 184.

⁴⁴ Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużla z Szelig...*, s. 395.

⁴⁵ Piaskowski, *Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Łazach...*, s. 380.

⁴⁶ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych i próbek żużla z Górnego Śląska*, *Spraw. Arch.*, t. 24: 1972, s. 444.

⁴⁷ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 74.

⁴⁸ Piaskowski, *Analizy metaloznawcze zabytków żelaznych z grodzisk w Naszacowicach...*, s. 332.

Tak więc na podstawie dotychczasowych materiałów można sądzić, że hutnicy na terenie obecnego Krakowa wytapiali w okresie od VI w. żelazo z rudy darniowej lub bagiennej o podwyższonej zawartości fosforu. Uzyskiwali oni zarówno żelazo, jak i stal najprawdopodobniej w jednej łupce, a następnie odłamywali części silniej nawęglone (stalowe), które wykorzystywali głównie do wyrobu narzędzi (noże).

Jak można sądzić na podstawie zbadanych materiałów z Nowej Huty-Mogily, w początkowym okresie, tj. od VI do I połowy X w., udział miejscowej produkcji w stosunku do ilości przedmiotów żelaznych używanych przez ludność tamtejszej osady była niewielka (rzędu 25%), resztę stanowiły wyroby z innych, dalszych okolic.

Do takich okazów należałoby zaliczyć także przedmioty z kurhanów (Kornatka, woj. Kraków, Trzebiesławice i Winiary, woj. Tarnobrzeg) ⁴⁹.

Nie stwierdzono w tym okresie stosowania przez miejscowych kowali lub hutników zgrzewania i nawęglania, jakkolwiek może to być również wynikiem nie dość licznych analiz.

Począwszy od IX-X w. miejscowa produkcja żelaza rozwinęła się poważnie, pokrywając prawie w całości potrzeby miejscowej ludności. Możliwe też, że dopiero w tym czasie rozpowszechniła się na terenie Krakowa znajomość zgrzewania żelaza i stali, a przypuszczalnie także nawęglania. Szerokie zastosowanie znalazła również obróbka cieplna utwardzonych narzędzi. Wówczas umiejętności techniczne hutników (kowali) z terenu Krakowa pokrywały się całkowicie z poziomem innych ośrodków hutniczych na pozostałych ziemiach Polski.

Instytut Odlewnictwa w Krakowie

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF EARLY MEDIEVAL IRON OBJECTS FROM KRAKÓW-DĘBNIKI

A group of objects comprising 8 knives, 1 axe, 1 spur, found at a Slav settlement at Kraków-Dębniiki, dating from the 9th to 12th century, was subjected to metallographic investigations. In the investigations metallographic observations with the classification of grain size, the microhardness measurements of the structural component and the hardness measurements by Vickers methods were employed. Quantitative analysis and qualitative (spectrographic) chemical analysis were also carried out.

Knives nos. 1, 3 and 5, the axe and the spur were made of iron produced in a primitive smelting furnaces. No hardening process was employed. Knife no. was made of steel, and knife no. 7 was forged from bloom, its edge being shaped from the more carburized part of metal. This technique may have been also applied to knife no. 8, though it is possible that the knife was forged and submitted to carburization for the purpose of hardening.

⁴⁹ Piaskowski, „Wyniki badań metaloznawczych pięciu noży...”, s. 477.

Knives nos. 4 and 6 (9th to 11th cent.) were made by welding a straight steel bar, which formed the edge, with an iron bar of which the back part was made; this method was commonly used in making knives in early medieval Poland.

The examined objects were made of iron or steel with a fairly high phosphorus content (0.06-0.57 % P).

The similarity of attributes indicates that all objects or their majority were made by local smiths. They represent a technology typical of iron objects used by the Slav tribes inhabiting Poland, notably since the 11th century.