

JERZY PIASKOWSKI

BADANIA METALOZNAWCZE PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH I ŻUŻ- LA Z WCZESNOŚREDNIOWIECZNYCH STANOWISK ARCHEOLOGI- CZNYCH W CHODLIKU, WOJ. LUBLIN

Badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych i żużla ze stanowisk archeologicznych w Chodliku, woj. Lublin, zwłaszcza z grodziska i osady przyrodowej, miały istotne znaczenie dla prac nad rozwojem technologii żelaza na ziemiach Polski.

Zbadane materiały pochodziły ze starszej fazy wczesnego średniowiecza, z VI-IX w. n. e. (okresu stosunkowo mało dotąd jeszcze poznanego). Z okresu tego zbadano dotychczas jedynie 5 przedmiotów żelaznych z Lublina (sierp, kółko, nóż, fragmenty nr 1 i 2); ponadto wykonano analizy 8 późniejszych przedmiotów z Lublina (głównie Lublin-Czwartek)¹.

Badania przedmiotów żelaznych pochodzących ze starszej fazy wczesnego średniowiecza dostarczają bardzo ważnych danych o kształtowaniu się technologii (która swoją w pełni wykształconą i jednolitą formę przyjęła w X lub XI w.); pozwalają one również poznać przebieg przemian, jakie nastąpiły w okresie wędrówek ludów.

Tereny Lubelszczyzny dopiero ostatnio objęte badaniami metaloznawczymi i dlatego również liczba zbadanych okazów z okresu rzymskiego jest jeszcze niewielka. Ponadto dotąd analizowano przedmioty żelazne z 2 stanowisk archeologicznych, z okolic Puław, a mianowicie z Dratowa (5 przedmiotów)² i Opoki (3 przedmioty)³, nie objęto zaś nimi dawnych żużli żelaznych z terenu Lubelszczyzny.

Zespół archeologiczny odkryty w Chodliku, woj. Lublin, ma poważne znaczenie dla archeologii ziem Polski.

Wiadomości o umiejętnościach technologicznych mieszkańców tamtejszego grodziska i osady przyrodowej uzupełniają opracowanie archeologiczne tego zespołu.

Badania archeologiczne na terenie Chodlika były prowadzone przez Zakład Archeologii Polski Uniwersytetu im. M. Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Za udostępnienie materiałów do badań autor składa podziękowanie kierownikowi Zakładu, doc. drowi Janowi Gurbie.

¹ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych (VIII-XIII w.) przedmiotów żelaznych i żużla z Lublina*, „Studia i Materiały Lubelskie”, t. 9: 1982, s. 39; tenże, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Lublina-Czwartku*, „Studia i Materiały Lubelskie”, t. 11: 1986, s. 215.

² J. Piaskowski, *Technologia i pochodzenie wyrobów żelaznych z północnej Małopolski i Mazowsza w okresie wpływów rzymskich, na podstawie badań metaloznawczych*, „Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa”, t. 7: 1962, s. 155.

³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania starożytnych i wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Opoki, pow. Puław. i Horodyszcza, pow. Chełm* — w przygotowaniu do druku.

ZESTAWIENIE ZBADANYCH MATERIAŁÓW

Do badań wybrano 21 przedmiotów żelaznych, a mianowicie 7 przedmiotów z grodziska w Chodliku (w tym 5 z VI-VIII w., 1 z VIII-IX w. i 1 o nieokreślonym datowaniu), 12 przedmiotów z osady przyrodowej (w tym 4 z VI-VIII w., 7 z VII-VIII w. i 1 z VIII w.), a ponadto 2 okazy z IX w. ze stanowiska 4 (Żmijowiska). Do badań przeznaczono również 10 fragmentów żuźla żelaznego, w tym 9 – z Chodlika (6 z Grodziska, 1 – z osady przyrodowej, 1 ze stanowiska 4 „Żmijowiska” i 1 – z warstwy żółtego piasku) oraz 1 fragment żuźla z Kłodnicy, woj. Lublin.

METODY BADAŃ I SPOSÓB ZESTAWIENIA WYNIKÓW

Metody opisanych badań i sposób zestawienia wyników były identyczne z innymi podobnymi pracami autora⁴. Badania obejmowały ilościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna (według normy PN-56-H-04507), pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych przeprowadzone przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemanna oraz badania twardości sposobem Vickersa (według normy PN/H-04360).

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi stosowanymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą wagową lub miareczkową, jeśli zaś zawartość tej domieszki była niska – metodą fotometryczną. Metodę fotometryczną stosowano przy oznaczeniach zawartości niklu. Zawartość węgla oceniano w przybliżeniu na podstawie obserwacji metalograficznych.

Obserwacje metalograficzne prowadzono przy użyciu powiększenia 100 i 500×, trawiąc próbki 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu etylowym (azotal). Dla określenia segregacji fosforu stosowano odczynnik Oberhoffera. Przy pomiarach mikrotwardości stosowano obciążenie 50 gramów w ciągu 15 s; każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów.

Badania twardości żelaza i stali nie hartowanej prowadzono sposobem Vickersa przy obciążeniu 10 kG trwającym 15 s; przy badaniu stali hartowanej obciążenie wynosiło 30 kG. Każdy wynik jest średnim z 2-4 pomiarów.

Analizę ilościową próbek żuźla przeprowadzono zgodnie z metodami stosowanymi przy analizie rud żelaza.

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

WYNIKI BADAŃ PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH

Zestawienie zbadanych wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Chodlika, ich lokalizacja, a także wyniki ilościowej analizy chemicznej metalu, z którego zostały wykonane, podano w tabeli 1. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych oraz twardości metalu zestawiono w tabeli 2. Szkic zbadanych przedmiotów żelaznych z oznaczeniem miejsca wycięcia próbki podany został na ryc. 1. Technologię zbadanych okazów, tj. rodzaj metalu użyty do ich wyrobu, uwidocznił na poprzecznym przekroju przedmiotu (tj. na przekroju próbki – zglądu metalograficznego), przedstawiono na ryc. 2.

Opis wyników badań przedmiotów żelaznych z Chodlika rozpoczęto od okazów najwcześniejszych, datowanych na okres od VI do VIII w. n. e., znalezionych na terenie grodziska i osady przyrodowej.

Nóż nr 1 z rękojeścią z terenu grodziska (ar 788), datowany na okres VI-VIII w., wykazał technologię trudną do zidentyfikowania. W części grzbietowej występowały pasma różniące się

⁴ J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego X-XIV w. na podstawie badań metaloznawczych*, Gdańskie Tow. Naukowe, Prace Komisji Archeologicznej, z. 2: 1960, s. 68.

Tabela 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z Chodlika, ich lokalizacja, ciężar i skład chemiczny

Lp.	Nazwa przedmiotu	Lokalizacja	Datowanie (W)	Ciężar G	Zawartość %	
					P	Ni
1	2	3	4	5	6	7
1	Nóż nr 1 (z rękojeścią)	ar 788	VI–VIII	19	0,17	0,01
2	Nóż nr 2	ar 300/D	—”—	24	0,32	0,01
3	Ostrze (nóż nr 3)	ar 781	—”—	13	0,60	0,03
4	Sierp	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. VI, odc. 4	—”—	13	0,32	0,21
5	Grot strzały nr 1	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. III, odc. 4A	—”—	7	0,32	0,01
6	Fragment nr 1	ar 576	—”—	15	0,26	0,42
7	Błaszka	ar 567/DL	—”—	29	0,02	0,02
8	Sztabka nr 1	st. 2 (osada przyrodowa), wykop III/11	—”—	17	0,05	0,04
9	Sztabka nr 2	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. III/6B	—”—	32	0,09	0,02
10	Fragment nr 2	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. VII/1017 jama 24	VII	7	0,44	0,03
11	Nóż nr 4	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. VII/10–11B, jama 24	VII–VIII	9	0,40	0,02
12	Nóż nr 5	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. VIII/1A, jama 24	—”—	17	0,21	0,06
13	Nóż nr 6	st. 2a (osada przyrodowa), ar 1/C, jama 4	—”—	18	0,10	0,02
14	Kabłak nr 1	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. III/1B, jama 24	—”—	7	0,18	0,05

1	2	3	4	5	6	7
15	Kabłak nr 2	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. III/6B	---	17	0,10	0,04
16	Fragment nr 3	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. VII/11, jama 24	---	9	0,30	0,08
17	Ostroga z uszkami	st. 2 (osada przyrodowa), wyk. I/60, jama 4	VIII	55	0,30	0,01
18	Nóż nr 7	ar 781	VIII-IX	42	0,02	0,05
19	Czekan	st. 4, Żmijowisko	IX	420	0,34	0,05
20	Grot strzały nr 2	st. 4, Żmijowisko, odc. IIa-IIIa, chata nr 2	---	13	0,04	0,08
21	Fragment nr 4	ar 222/c, głęb. 13 cm	?	98	0,02	0,01

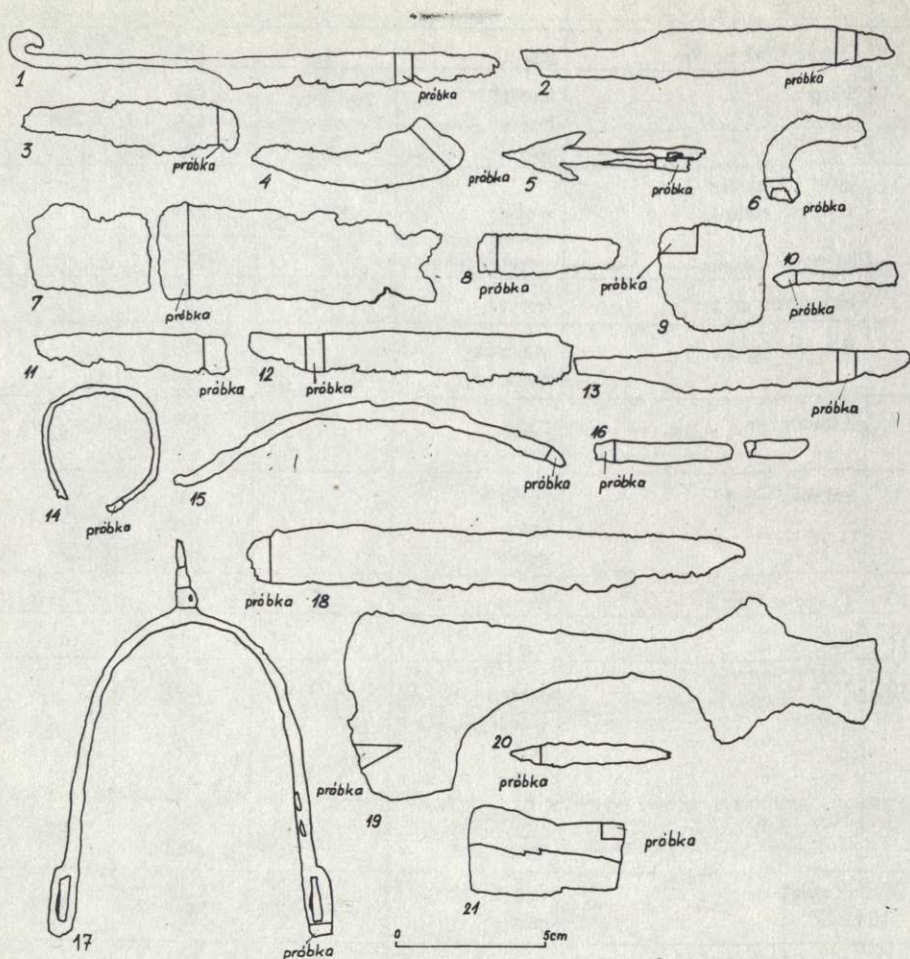
Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości Vickersa przedmiotów żelaznych z Chodlika

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	2	3	4	5	6
1	Nóż nr 1 a) ostrze	feryt jasne pasmo	6	223 287	} 170
		b) część grzbietowa		feryt feryt	
2	Nóż nr 2 a) ostrze (stal 1) b) część żelazna 1 b) wkładka stalowa 2 c) część żelazna 2 b) wkładka stalowa 3 d) część żelazna 3 (grzbiet)	sorbit (?)	4	266	254
		feryt		306	
		sorbit		224	
		feryt	2	273	193
		sorbit	4	288	221
		feryt		227	

1	2	3	4	5	6
3	Ostrze (nóż nr 3)	feryt	1	227	176
4	Sierp	feryt* feryt sorbit	5 7 6	259 156 226	} 228
5	Grot strzały nr 1 a) część stalowa	sorbit	6	289	
	b) część żelazna	feryt	6	231	
6	Fragment nr 1	feryt	5	169	135,5
7	Błaszka (miecz ?)	martenzyt martenzyt		480 319	} 402
8	Sztabka nr 1	perlit feryt	7 *	297	} 251
9	Sztabka nr 2	feryt feryt perlit	5 8	128 131	} 106,6
10	Fragment nr 2	feryt	3	208	135,5
11	Nóż nr 4	feryt	4	194	153
12	Nóż nr 5	martenzyt troostyt sorbit feryt	6 *	680 413 360 253	} 627
13	Nóż nr 6	martenzyt martenzyt		526 488	346
14	Kabłak nr 1	feryt perlit	6 7	215 260	199
15	Kabłak nr 2	feryt feryt perlit	4 7 7	201 156 237	} 139,2
16	Fragment nr 3	feryt feryt perlit	3 7 7	186 173	} 177
17	Ostroga	feryt feryt		207 174	} 181
18	Nóż nr 7	troostyt perlit feryt	6 *	325 300 164	} 292 156**
19	Czekan	feryt feryt perlit	1 7 8	206 130	} 181
20	Grot strzały nr 2	perlit feryt	4 *	299 133	118,9— -228
21	Fragment nr 4	feryt	7	122	97,1

* Na granicach ziarn.

** Miejsce słabo nawęglone.



Ryc. 1. Szkic zbadanych przedmiotów żelaznych z Chodlika, woj. Lublin (z określeniem miejsca wycięcia próbki)

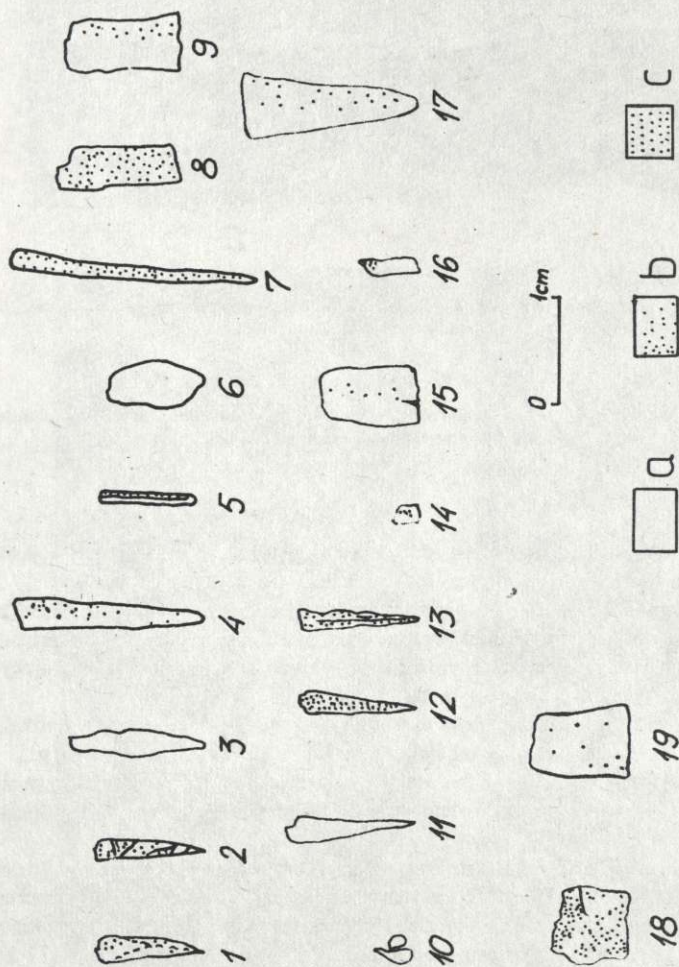
1 – nóż nr 1; 2 – nóż nr 2; 3 – ostrze (nóż nr 3); 4 – sierp; 5 – grot strzały nr 1; 6 – fragment nr 1; 7 – blaszka; 8 – sztabka nr 1; 9 – sztabka nr 2; 10 – fragment nr 2; 11 – nóż nr 4; 12 – nóż nr 5; 13 – nóż nr 6; 14 – kablak nr 1; 15 – kablak nr 2; 16 – fragment nr 3; 17 – ostroga z uszkami; 18 – nóż nr 7; 19 – czekan; 20 – grot strzały; 21 – fragment nr 4

Investigated iron objects from Chodlika, Lublin province (with sample location):

1 – knife no 1; 2 – knife no 2; 3 – blade (knife no 3); 4 – sickle; 5 – arrowhead no 1; 6 – fragment no 1; 7 – plate; 8 – bar no 1; 9 – bar no 2; 10 – fragment no 2; 11 – knife no 4; 12 – knife no 5; 13 – knife no 6; 14 – hoop no 1; 15 – hoop no 2; 16 – fragment no 3; 17 – spur with loops; 18 – knife no 7; 19 – axe; 20 – arrowhead; 21 – fragment no 4

wielkością ziarna i zawartością fosforu, widoczne na poprzecznym przekroju noża nr 1 (ryc. 3a, b). Pasma ferrytyczne o drobniejszym i grubszym ziarnie przedstawiono na ryc. 4a, a rozłożenie fosforu w metalu – na ryc. 4b. Widoczne jest, że w pasmach drobnoziarnistych zawartość fosforu jest niższa.

W pobliżu krawędzi tnącej struktura metalu była również ferrytyczna, drobnoziarnista (występowały jednak także śladowe ilości perlitu); obserwowano tam również niezidentyfikowane pasma o nieco większej twardości (ryc. 4c). Trawienie odczynnikami Oberhoffera pozwala sądzić, że

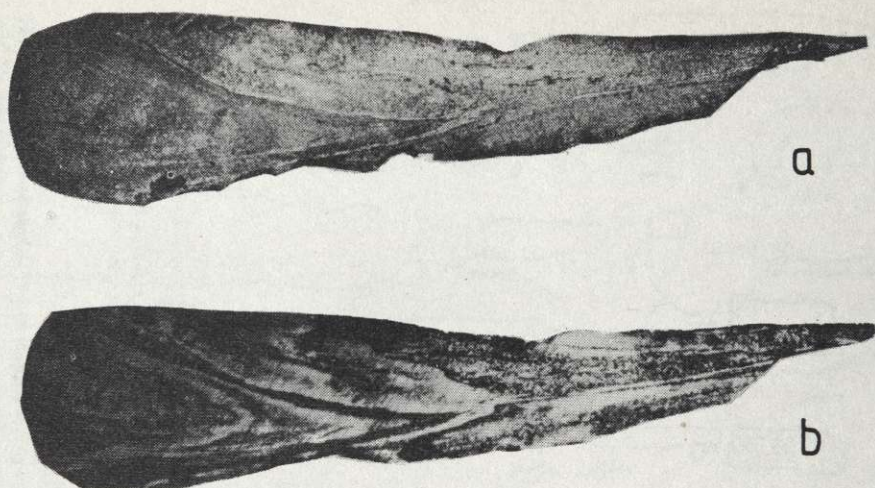


Ryc. 2. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych z Chodlika, woj. Lublin

1 - nóż nr 1; 2 - nóż nr 2; 3 - ostrze (nóż nr 3); 4 - sierp; 5 - grot strzały nr 1; 6 - blaszka; 8 - sztabka nr 1; 9 - sztabka nr 2; 10 - fragment nr 2; 11 - nóż nr 4; 12 - nóż nr 5; 13 - nóż nr 6; 14 - kabłąk nr 1; 15 - kabłąk nr 2; 16 - fragment nr 3; 17 - ostroga z uszkami; 18 - nóż nr 7; 19 - czekani; 20 - grot strzały; 21 - fragment nr 4; a - żelazo, b - żelazo nawęglone, c - stal

Technology of the investigated iron objects from Chodlik, Lublin province:

1 - knife no 1; 2 - knife no 2; 3 - blade (knife no 3); 4 - sickle; 5 - arrowhead no 1; 6 - plate; 8 - bar no 1; 9 - bar no 2; 10 fragment no 2; 11 - knife no 4; 12 - knife no 5; 13 - knife no 6; 14 - hoop no 1; 15 - hoop no 2; 16 - fragment no 3; 17 - spur with loops; 18 - knife no 7; 19 - axe; 20 - arrowhead; 21 - fragment no 4; a - iron, b - carburized iron, c - steel



Ryc. 3. Nóż nr 1:

a – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 10×; *b* – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. 10×;
a – traw. nitałem, *b* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 1:

a – macrostructure on the cross-section, ×10; *b* – distribution of phosphorus on the cross-section, ×10: *a* – nital etched,
b – etched by Oberhoffer reagent

pasma te zawierają większą ilość fosforu (ryc. 4d). Zjawiska tego nie udało się wyjaśnić, zaobserwowano je po raz pierwszy w badanych materiałach.

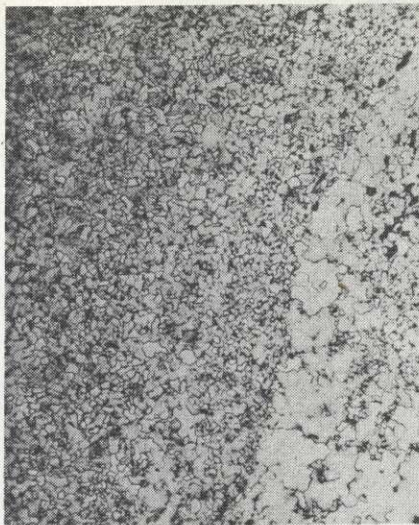
Wtrącenia żużla występujące w nożu nr 1 posiadały najczęściej jednolite czarne zabarwienie (typ A według klasyfikacji autora)⁵, obok nich występowały wtrącenia jasne (typ C); zaobserwowano także parę dużych wtrąceń o bardziej złożonej strukturze, a mianowicie zawierających zaokrąglone wydzieliska jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1).

Złożona, choć łatwiejsza do identyfikacji była technologia noża nr 2, znalezionej również na terenie grodziska (ar 300 D). Nóż wykazywał ślady zgrzewania i prawdopodobnie składał się z 3 warstw żelaza i tyluż warstw stali (ryc. 5a), na co wskazuje również wytrawianie próbki odczynnikiem Oberhoffera, ujawniającym rozłożenie fosforu w metalu. Warstwy stali zawierają mniej tej domieszki (ryc. 5b).

Grzbiet noża stanowiła część żelazna (3) o strukturze ferrytycznej, dalej postępując w kierunku ostrza następowała wkładka stalowa (3) o strukturze sorbitycznej, wkładka żelazna 2 o strukturze ferrytycznej i wkładka stalowa (struktura bainityczna). Zbliżając się do ostrza widzimy wkładkę 1 z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu (podobnie jak i pozostałe części żelazne 2 i 3), natomiast ostrzem była nakładka stalowa 1, zachowana tylko w niewielkim fragmencie, silnie zniszczona przez korozję, a może i przez zużycie.

Strukturę na przejściu pomiędzy częścią stalową i żelazną przedstawia ryc. 6a. Występowanie zgrzewania potwierdza rozłożenie fosforu (ryc. 6b), w części żelaznej występuje wyższa zawartość

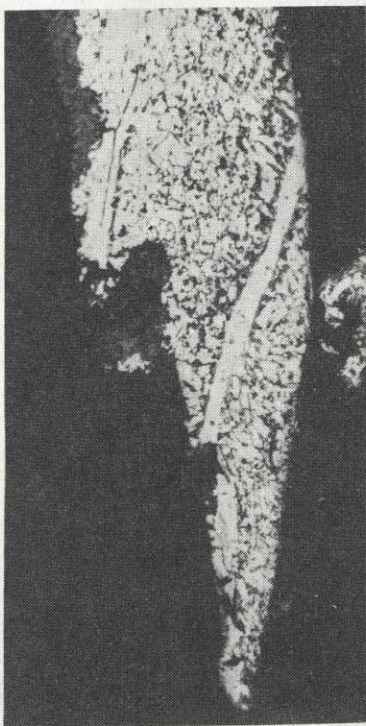
⁵ J. Piaskowski, *Klasyfikacja struktury wtrąceń żużla i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych*, Kwart. HKM, t. 17: 1969, s. 61; tenże, *Classification of the structures of slag inclusions in early objects made of bloomery iron*, APolona, t. 17: 1976, s. 139.



a



b



c



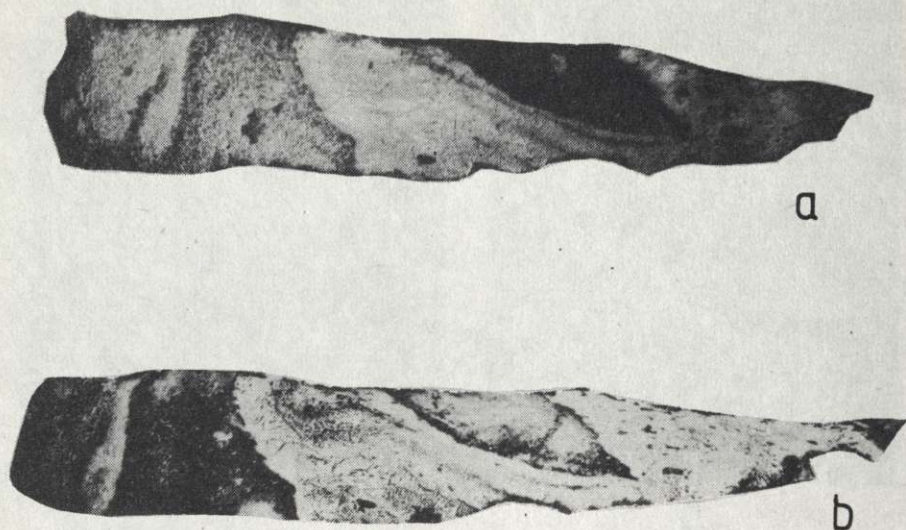
d

Ryc. 4. Nóż nr 1:

a – struktura na przejściu pomiędzy pasem drobno- i gruboziarnistym, pow. 100×; *b* – rozłożenie fosforu w pasmach drobno- i gruboziarnistych, pow. 100×; *c* – struktura w pobliżu krawędzi tnącej, pow. 100×; *d* – rozłożenie fosforu w pobliżu krawędzi tnącej, pow. 100×; *a, c* – traw. nitałem, *b, d* – traw. odczynnikami Oberhoffera

Knife no 1:

a – structure in the transitional area between the fine- and coarse-grained strip, ×100; *b* – distribution of phosphorus in the fine- and coarse-grained bands, ×100; *c* – structure near the cutting edge, ×100; *d* – distribution of phosphorus near the cutting edge, ×100; *a, c* – nital etched, *b, d* – etched by Oberhoffer reagent



Ryc. 5. Nóż nr 2:

a – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 10×; *b* – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. 10×:
a – traw. nitałem. *b* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 2:

a – macrostructure on the cross-section, ×10; *b* – distribution of phosphorus on the cross-section, ×10: *a* – nital etched,
b – etched by Oberhoffer reagent

tej domieszki, aniżeli w części stalowej (zaciemnionej działaniem odczynnika Oberhoffera). Zgrzewanie nakładki stalowej (1) z częścią żelazną (1) widoczne jest na fotografii struktury (ryc. 6c) w postaci pasma wtrąceń żuźla.

Wtrącenia żuźla posiadały na ogół jednolite czarne zabarwienie (typ A), zaobserwowano także pasmo wtrąceń jasnych (typ C).

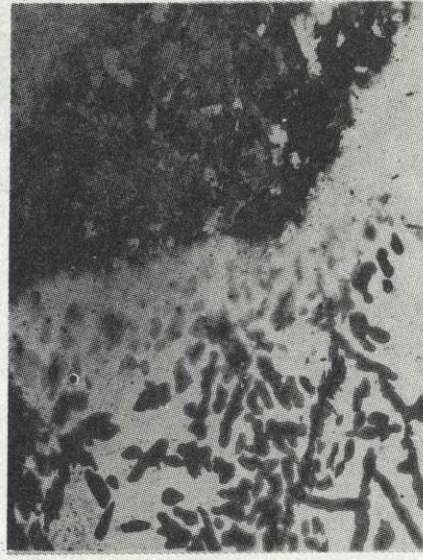
Ostrze z terenu grodziska (ar 781), które można uznać za fragment noża (nr 3), wykute zostało z żelaza wysokofosforowego o bardzo dużym ziarnie (klasa wielkości ziarna 1), charakterystycznym dla tego rodzaju metalu – ryc. 6d. Wtrącenia żuźla w żelazie posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ. A).

Sierp, znaleziony na terenie osady przyrodowej (stanowisko 2, wykop VI, odc. 4), także datowany na VI-VIII w., wykazał bardziej złożoną strukturę. Na poprzecznym przekroju narzędzia zaobserwowano strukturę pasmowatą (ryc. 7a), wynikającą z wysokiej zawartości fosforu w metalu. Obok pasm silniej nawęglonych (do ok. 0,6% C) o strukturze sorbityczno-ferrytycznej (ryc. 7b) występowały pasma słabiej nawęglone o strukturze ferrytycznej bądź o dość grubym (klasa 5), jak i dość drobnym ziarnie (klasa 7) – ryc. 7c. W pasmach silniej nawęglonych oraz w pasmach ferrytycznych, drobnoziarnistych zawartość fosforu była niższa (ryc. 8a). Na granicach tych pasm nie zauważono wtrąceń żuźla pozwalających stwierdzić, że pasma były wynikiem zgrzewania prętów metalu o różnej zawartości węgla lub fosforu, zgodnie z obiektywnymi kryteriami identyfikacji technologii przyjętymi przez autora⁶. Wtrącenia żuźla występujące w sierpnie posiadały jednolite, czarne zabarwienie (typ A).

⁶ Identyfikacja technologii w opracowaniach autora opiera się na kryteriach przedstawionych w pracach: J. Piaskowski, *Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego*, APolski, t. 17: 1972, s. 7; tenże, *Über die Kennzeichen der Zementation und des Schweissens an den frühmittelalterlichen eisernen Gegenständen (Diskussion mit R. Pleiner)*, AAC, t. 12: 1971, s. 127.



a



b



c



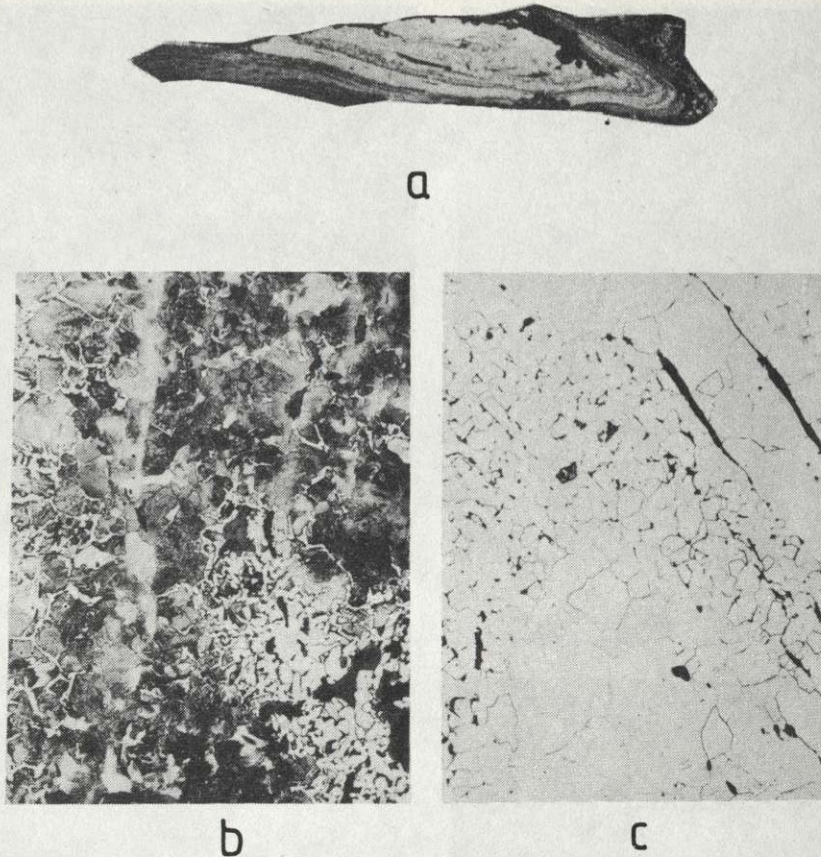
d

Ryc. 6. Nóż nr 2:

a – struktura w miejscu zgrzania części stalowej (na lewo u góry) i żelaznej (na prawo u dołu), pow. 100 ×; *b* – rozłożenie fosforu w miejscu zgrzania części stalowej (na lewo u góry) i żelaznej (na prawo u dołu), pow. 100 ×; *c* – struktura w pobliżu krawędzi tnącej, pow. 100 ×. Ostrze noża nr 3: *d* – struktura, pow. 100 ×; *a, c, d* – traw. nitałem, *b* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 2:

a – structure at the welding point of steel (top left) and iron (bottom right) parts, ×100; *b* – distribution of phosphorus at the welding point of steel (top left) and iron (bottom right) parts, ×100; *c* – structure near the cutting edge, ×100. Blade (knife no 3): *d* – structure, ×100; *a, c, d* – nital etched, *b* – etched by Oberhoffer reagent



Ryc. 7. Sierp:

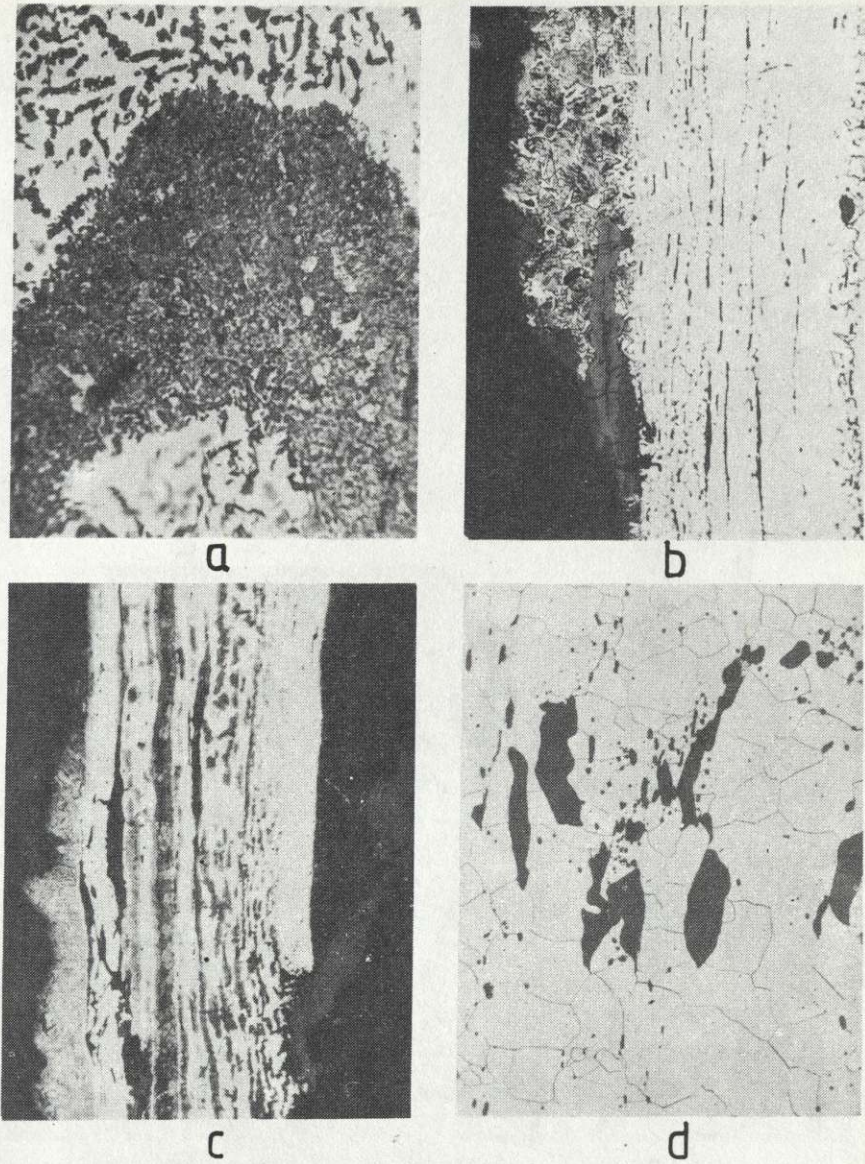
a – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 4×; *b* – struktura części silniej nawęglonej, pow. 100×; *c* – struktura (pasmowata) w części słabiej nawęglonej, pow. 100×; *a, b, c* – traw. nitalem

Sickle:

a – macrostructure on the cross-section, ×4; *b* – structure of the more carburized part, ×100; *c* – structure (banded) in the less carburized part, ×100; *a, b, c* – nital etched

Grot strzały nr 1 z osady przyrodowej (stanowisko 2, wykop III, odc. 4A), pochodzący także z VI-VIII w. był zgrzany z płatu stali o strukturze sorbitycznej i płatu żelaza o strukturze ferrytycznej (ryc. 8b); możliwe, że z drugiej strony tej ostatniej był jeszcze drugi płat stalowy, który został zniszczony przez korozję i zachował się tylko w postaci śladów. Trawienie odczynnikami Oberhoffera wykazało, że w części stalowej zawartość fosforu była niższa niż w części żelaznej, w tej ostatniej występowały także pasemka o niższej zawartości fosforu (ryc. 8c). W każdym razie do wyrobu grotu strzały nr 1 użyto metalu o wysokiej zawartości fosforu. Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Fragment nr 1 z terenu grodziska (ar 576) wykazał ferrytyczną strukturę żelaza dymarskiego o dość wysokiej zawartości fosforu (ryc. 8d). Dość liczne i duże wtrącenia żużla występujące w żelazie posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).



Ryc. 8. Sierp:

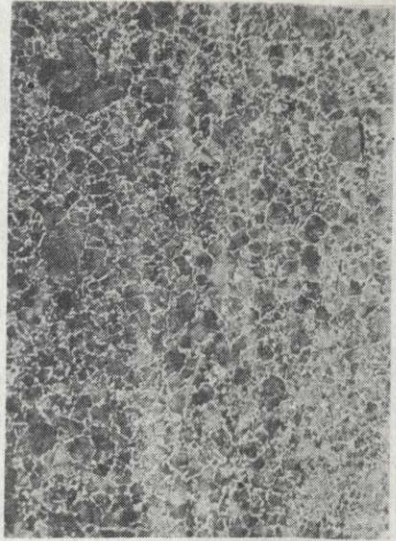
a – rozłożenie fosforu w części słabiej nawęglonej (struktura pasmowata), pow. 100 ×. **Grot strzały nr 1**; *b* – struktura, pow. 100 ×; *c* – rozłożenie fosforu, pow. 100 ×. **Fragment nr 1**; *d* – struktura, pow. 100 ×; *a, c* – traw. odczynnikiem Oberhoffera, *b, d* – traw. nitaliem

Sickle:

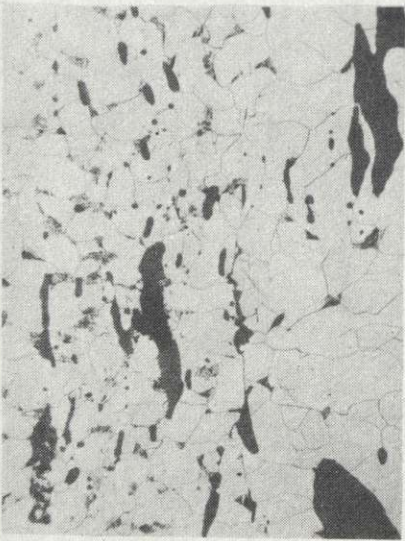
a – distribution of phosphorus in the less carburized part (banded structure), ×100. **Arrowhead no 1**; *b* – structure, × 10; *c* – distribution of phosphorus, ×100. **Fragment no 1**; *d* – structure, ×100; *a, c* – etched by Oberhoffer reagent, *b, d* – nital etched



a



b



c



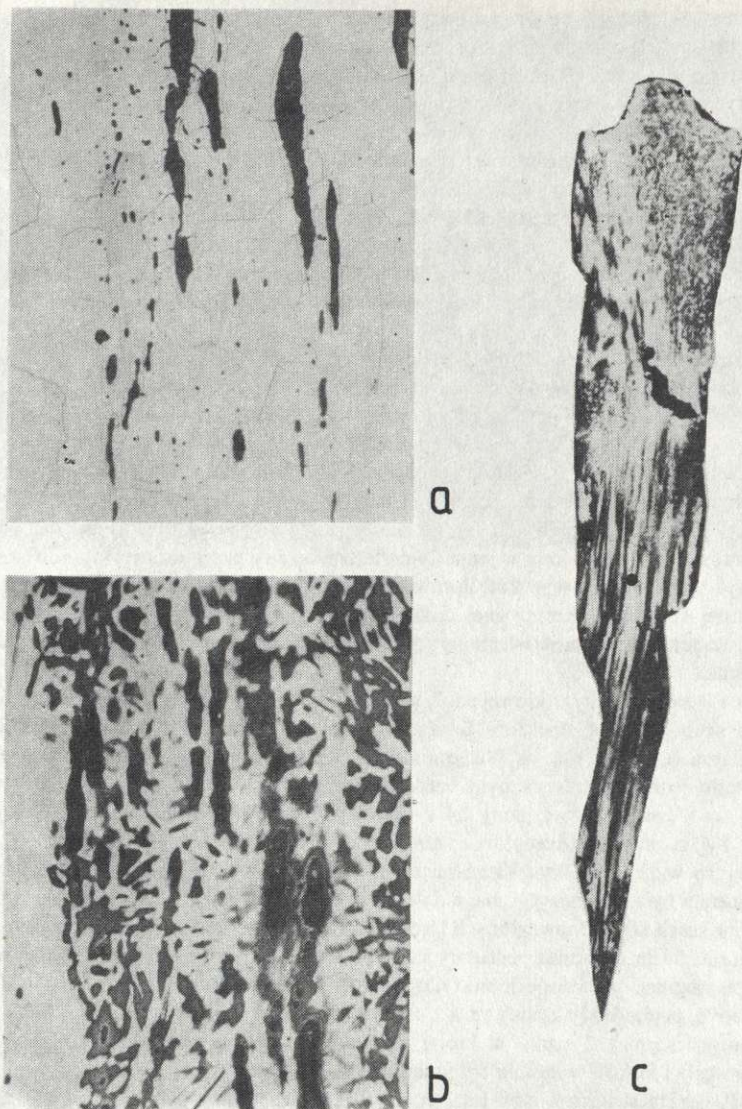
d

Ryc. 9. Blaszka (?):

a – struktura pod większym powiększeniem, pow. 500×. Sztabka nr 1; *b* – struktura, pow. 100×. Sztabka nr 2; *c* – struktura, pow. 100×. Fragment nr 2; *d* – struktura, pow. 100×; *a, b, c, d* – traw. nitałem

Plate (?):

a – structure, largely magnified, ×500. Bar no 1; *b* – structure, ×100. Bar no 2; *c* – structure, ×100. Fragment no 2; *d* – structure, ×100; *a, b, c, d* – nital etched



Ryc. 10. Nóż nr 4 i 5:

nr 4: *a* – struktura, pow. 100×; *b* – rozłożenie fosforu; nr 5: *c* – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. 10×:
a – traw. nitalem, *b*, *c* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 4 and 5:

no 4: *a* – structure, ×100; *b* – distribution of phosphorus no 5: *c* – distribution of phosphorus on the cross-section, ×10:
a – nital etched, *b*, *c*, – etched by Oberhoffer reagent

Przedmiot określony jako fragment blachy, także znaleziony na terenie grodziska (ar 576/D1), a będący prawdopodobnie fragmentem dużego noża lub miecza (?) był wykuty ze stali o bardzo niskiej zawartości fosforu i poddany obróbce cieplnej. Struktura metalu była martenzytyczna (ryc. 9a). Wtrącenia żuźla występujące w metalu były bardzo drobne i wydłużone, posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), zaobserwowano także nieliczne wtrącenia zawierające zaokrąglone jasne wydzielenia na ciemnym tle (typ B).

Sztabka nr 1 znaleziona w wykopie III/11 na terenie osady przygodowej (stanowisko 2) i datowana, podobnie jak poprzednie okazy, na VI-VIII w. wykazała strukturę dość równomiernie nawęglonej stali o zawartości ok. 0,6% C i bardzo drobne i nieliczne wtrącenia żuźla (ryc. 9b). Struktura metalu wskazuje, że sztabka nr 1 jest fragmentem nowożytnej stali, która przypadkowo znalazła się w warstwie kulturowej. Skład chemiczny stali (zawartość fosforu) jest zgodny z taką oceną.

Sztabka nr 2 z wykopu III/6B ze stanowiska 2 (osada przygodowa datowana na VI-VIII w.) wykazała gruboziarnistą strukturę ferrytyczną żelaza dymarskiego (ryc. 9c). W części próbki obserwowano śladowe ilości perlitu, będące wynikiem nieznacznego nawęglenia, jakie nastąpiło podczas wytopu. Dość liczne i duże wtrącenia żuźla posiadały na ogół jednolite, czarne zabarwienie (typ A), w nielicznych zauważono jak gdyby wydzielenia jaśniejszej fazy (typ B). W paru większych wtrąceniach wystąpiły wydzielenia jaśniejszej fazy w postaci dendrytów (typ D32).

Dalsze 7 przedmiotów pochodzących z osady przygodowej datowane były na VII-VIII w.

Fragment nr 2 znaleziony w jamie 24 na terenie osady przygodowej (stanowisko 2, wykop VII/10A) wykonany został z wysokofosforowego żelaza dymarskiego o typowej dla takiego metalu gruboziarnistej strukturze ferrytycznej (klasa wielkości ziarna 3) – ryc. 9d. Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A); obok nich obserwowano liczne ślady postępującej korozji metalu.

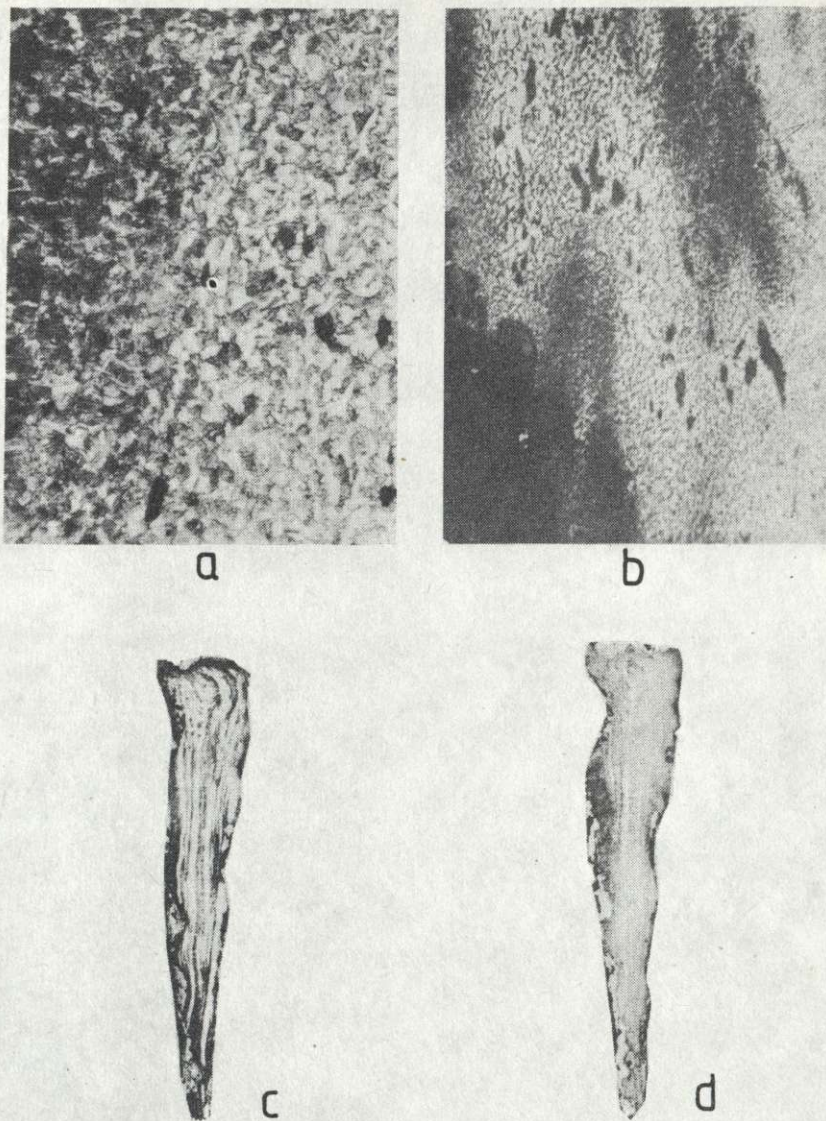
Nóż nr 4 z osady przygodowej (st. 2, wykop VII/10-11B), z jamy 24 wykazał również czysto ferrytyczną gruboziarnistą strukturę żelaza dymarskiego, o wysokiej zawartości fosforu (klasa wielkości ziarna 4) – (ryc. 10a, b). Wtrącenia żuźla posiadały na ogół jednolite czarne zabarwienie (typ A), często jednak struktura była bardziej złożona.

Nóż nr 5 pochodzący z jamy 24 z osady przygodowej (stanowisko 2, wykop VIII/A) wykonany był ze stali o niezbyt równomiernym nawęgleniu (0,5 do 0,8% C), o strukturze pasmowatej, co wiąże się z wysoką zawartością fosforu – ryc. 10c. W pobliżu krawędzi tnącej struktura metalu była martenzytyczna, a dalej – w pobliżu grzbietu – sorbityczna ze skupieniem ferrytu w miejscach słabiej nawęglonych (ryc. 11a). Rozłożenie fosforu było nierównomierne (ryc. 11b). Wtrącenia żuźla w metalu posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A). Nóż nr 5 poddany był obróbce cieplnej, prawdopodobnie hartowaniu miejscowemu.

Nóż nr 6, pochodzący z jamy nr 4 z osady przygodowej (stanowisko 2, ar 1/C) wykuty był z nawęglonego fragmentu łupki, w której występowały wewnętrzne zgrzewania części metalu. Rozłożenie węgla i fosforu w metalu było nierównomierne, stąd występowała struktura pasmowata (ryc. 11c, d). Iglasta struktura stali (martenzyt) wykazuje, że nóż poddany był obróbce cieplnej, najprawdopodobniej hartowaniu zwykłemu, np. w wodzie (ryc. 12a). Wewnętrzne zgrzeiny w pobliżu grzbietu przedstawia ryc. 12b, a rozłożenie fosforu w tym miejscu – ryc. 12c. Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu występowały wtrącenia jasne (typ C).

Kabłąk nr 1 z jamy 24 z osady przygodowej (stanowisko 2, wykop VIII/1B) wykuty był z żelaza dymarskiego o strukturze ferrytycznej, zawierającego dość dużą ilość fosforu. W części próbki obserwowano nieznaczne nawęglenie pierwotne (do ok. 0,2% C), które nastąpiło podczas wytopu metalu. W tej części – obok ferrytu – występowały ziarna perlitu (ryc. 12d). Bardzo drobne wtrącenia żuźla posiadały na ogół jednolite czarne zabarwienie (typ A), w nielicznych zaobserwowano zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy (typ D1 ?) – ryc. 13a.

Kabłąk nr 2 z osady przygodowej (stanowisko 2, wykop III/6B) wykazał bardziej złożoną technologię. Rdzeń żelazny był otoczony z trzech stron płatem z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu dochodzącym do ok. 0,3% C (ryc. 13b). Różnica zawartości fosforu w obu tych częściach była prawdopodobnie niewielka, z tym, że w miejscach silniej nawęglonych było mniej fosforu (ryc. 13c). Strukturę kabłąka w miejscu zgrzewania przedstawia ryc. 13d, a rozłożenie

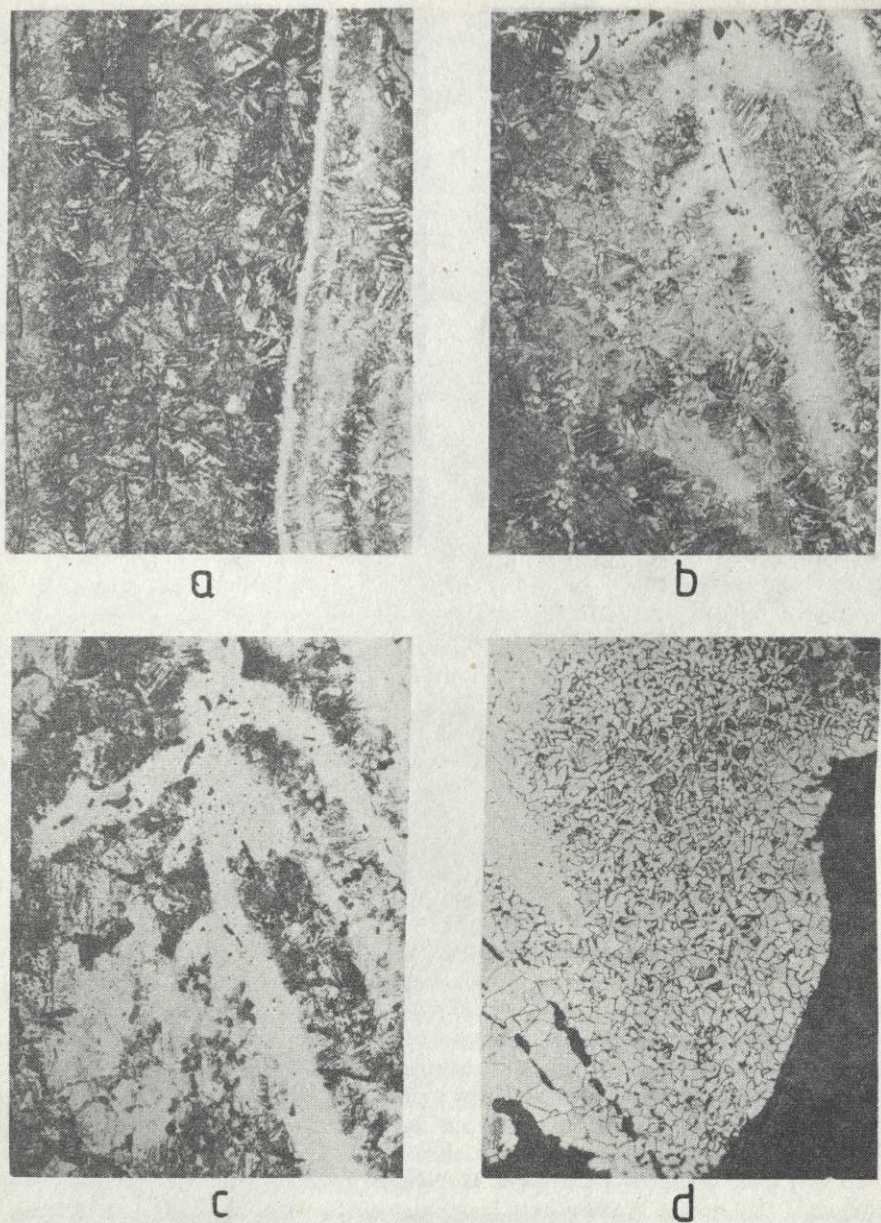


Ryc. 11. Nóż nr 5:

a – struktura na przejściu części silniej i słabiej nawęglonej, pow. 100×; *b* – rozłożenie fosforu, pow. 100×. Nóż nr 6:
c – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 5×; *d* – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. 5×; *a, c* – traw.
 nitałem, *b, d* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 5:

a – structure in the transitional area between the more and less carburized part, ×100; *b* – distribution of phosphorus, ×100.
 Knife no 6: *c* – macrostructure on the cross-section; *d* – distribution of phosphorus on the cross-section, ×5; *a, c* – nital etched, *b, d* – etched by Oberhoffer reagent

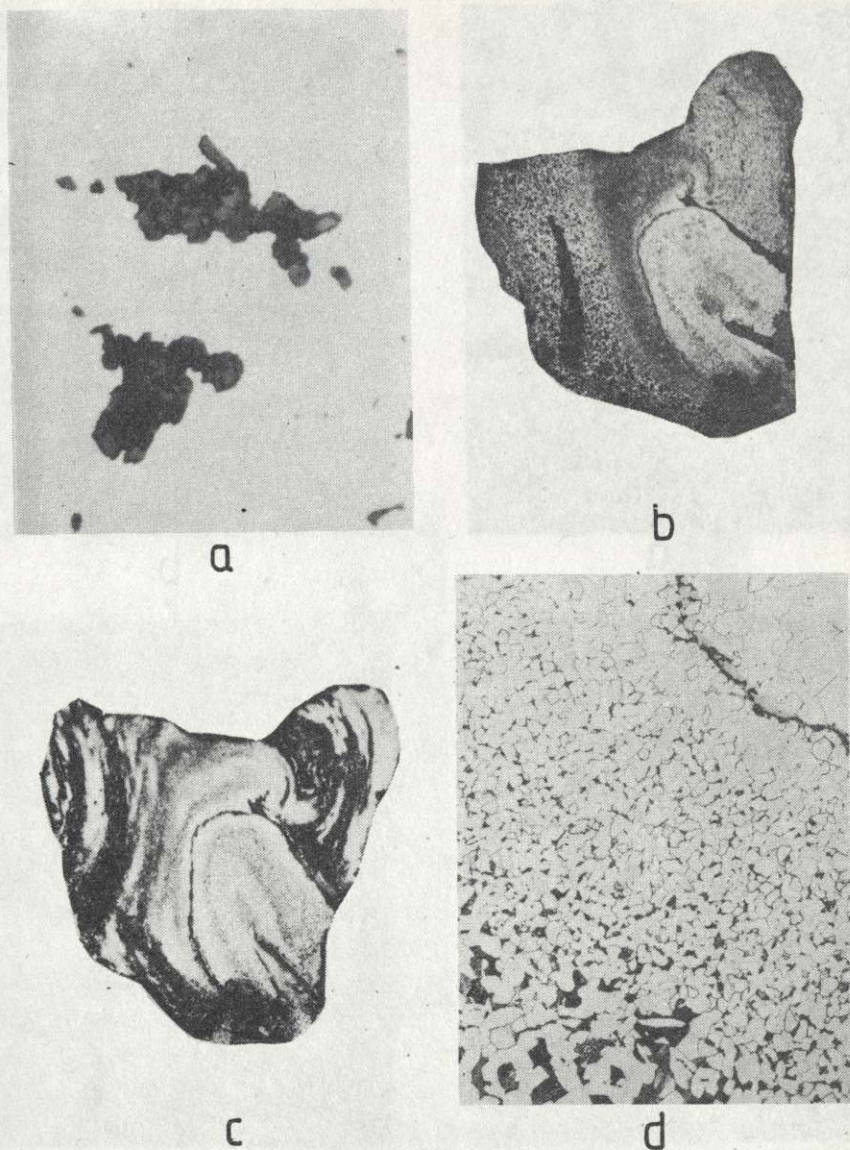


Ryc. 12. Nóż nr 6:

a – struktura (pasmowata) w pobliżu ostrza, pow. 100×; *b* – struktura w części grzbietowej, pow. 100×; *c* – rozłożenie fosforu w części grzbietowej, pow. 100×. **Kabłak nr 1:** *d* – struktura części nawęglonej w pobliżu powierzchni, pow. 100×; *a, d* – traw. nitaliem, *b, c* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 6:

a – structure (banded) near the blade, ×100; *b* – structure in the back part, ×100; *c* – distribution of phosphorus in the back part, ×100. **Hoop no 1:** *d* – structure of the carburized part near the surface, ×100; *a, d* – nital etched, *b, c* – etched by Oberhoffer reagent

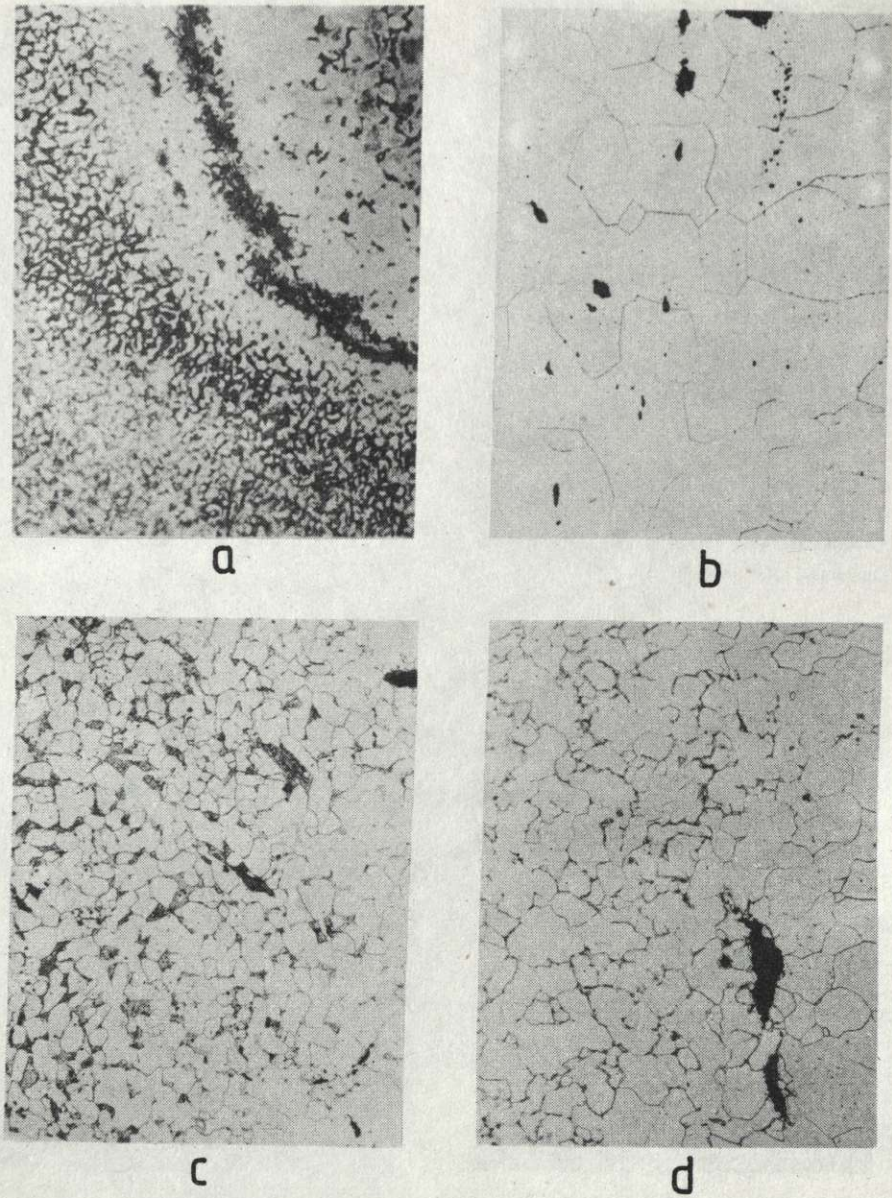


Ryc. 13. Kabłąk nr 1:

a – wtrącenia żużla, pow. 500 ×. **Kabłąk nr 2:** *b* – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 10 ×; *d* – struktura w miejscu zgrzania części stalowej (na lewo u dołu) i żelaznej (na prawo u góry), pow. 100 ×: *a* – nietraw., *b, d* – traw. nitaliem, *c* – traw. odczynnikiem Oberhoffera

Hoop no 1:

a – slag inclusions, ×500. **Hoop no 2:** *b* – macrostructure on the cross-section, ×10; *d* – structure at the welding point of steel (bottom left) and iron (top right) part, ×100; *a* – unetched, *b, d* – nital etched, *c* – etched by Oberhoffer reagent

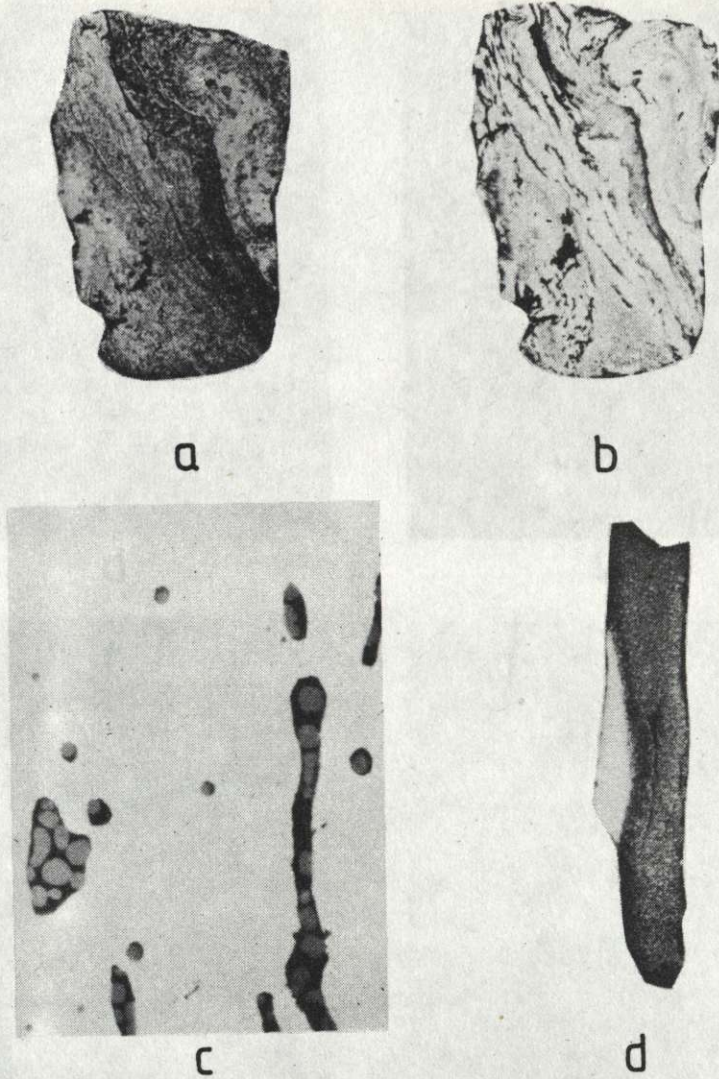


Ryc. 14. Kabłąk nr 2:

a – struktura w miejscu zgrzania części stalowej (na lewo u dołu) i żelaznej (na prawo u góry), pow. 100×. **Fragment nr 3:**
b – struktura części słabiej nawęglonej, pow. 100×; *c* – struktura części silniej nawęglonej, pow. 100×, *ostroga*; *d* – struktura, pow. 100×: *a, b, c, d* – traw. nitałem

Hoop no 2:

a – structure at the welding point of steel (bottom left) and iron (top right) part, ×100. **Fragment no 3:** *d* – structure of the less carburized part, ×100; *c* – structure of the more carburized part, ×100. **Spur:** *d* – structure, ×100; *a, b, c, d* – nital etched

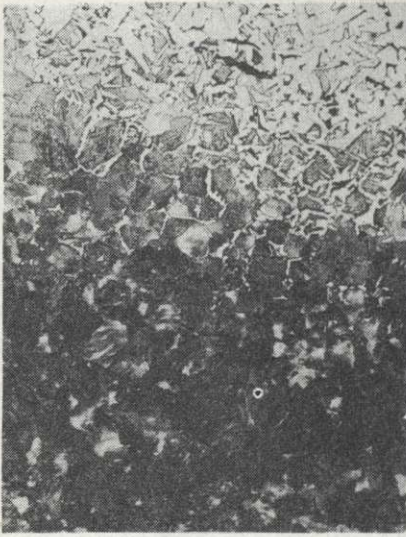


Ryc. 15. Ostroga:

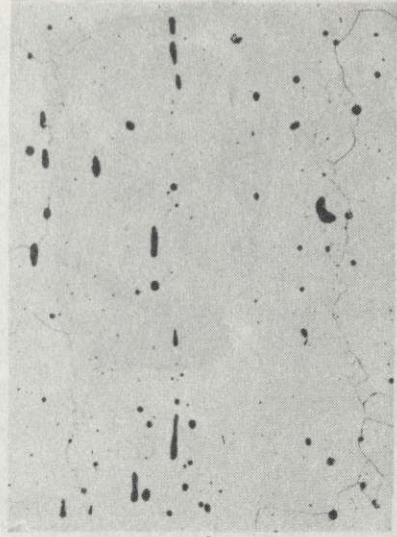
a – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 5×; *b* – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. 5×; *c* – wtrącenia żużla, pow. 500×. Nóż nr 7: *d* – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 4×; *a, d* – traw. nitaliem, *b* – traw. odczynnikami Oberhoffera, *c* – nietraw.

Spur:

a – macrostructure on the cross-section, ×5; *b* – distribution of phosphorus on the cross-section, ×5; *c* – slag inclusions, ×500. Knife no 7: *d* – macrostructure on the cross-section, ×4; *a, d* – nital etched, *b* – etched by Oberhoffer reagent, *c* – unetched



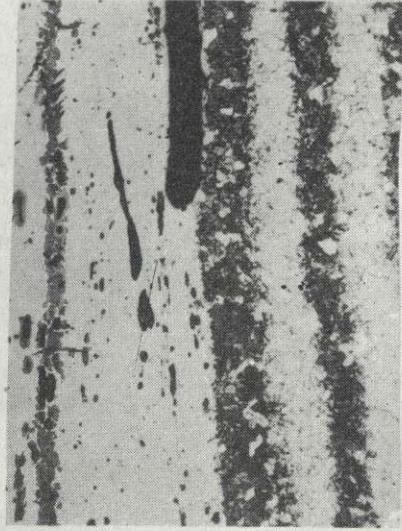
a



b



c



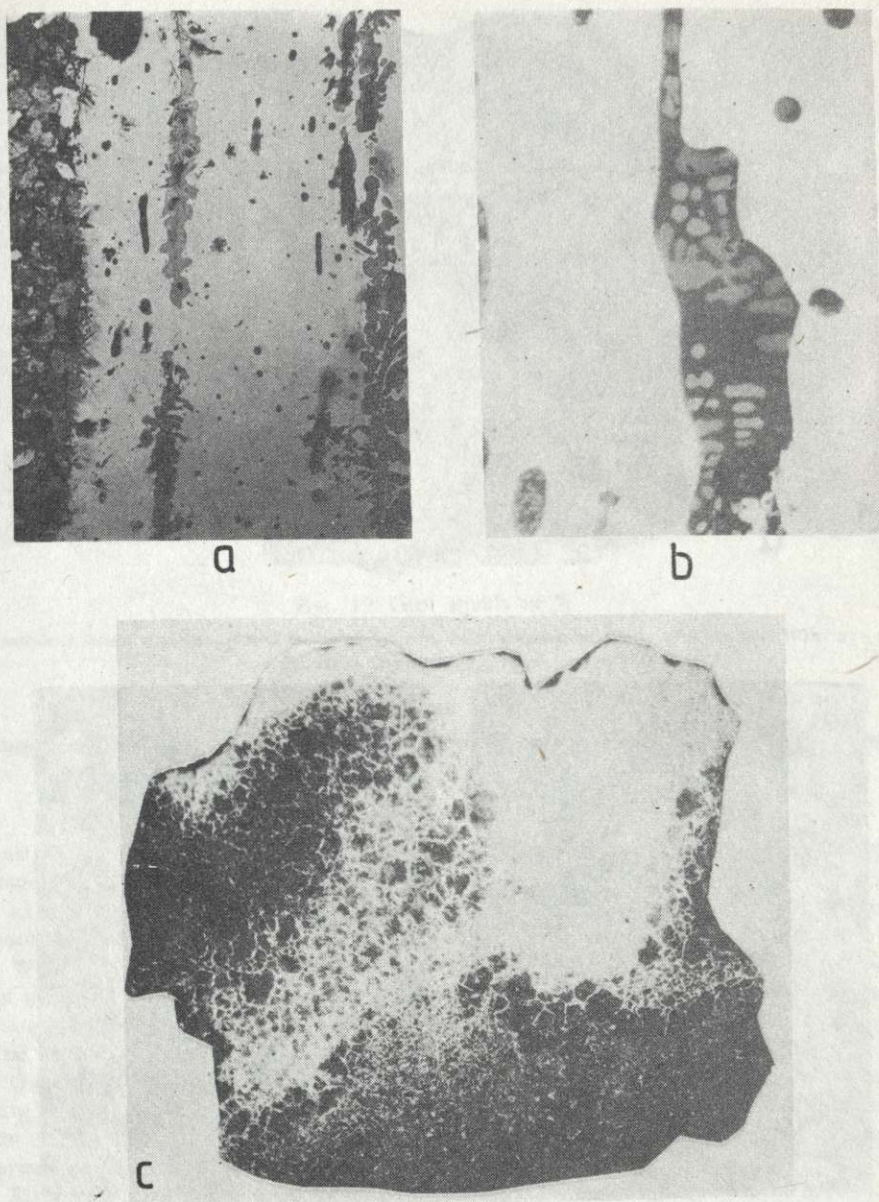
d

Ryc. 16. Nóż nr 7:

a – struktura w pobliżu części odwęglonej, pow. 100×. **Czekan:** *b* – struktura części gruboziarnistej, pow. 100×; *c* – struktura części drobnoziarnistej, pow. 100×; *d* – struktura pasmowata, pow. 100×; *a, b, c, d* – traw. nitalem

Knife no 7:

a – structure near the decarburized part, ×100. **Axe:** *b* – structure of the coarse-grained part, ×100; *c* – structure of the fine-grained part, ×100; *d* – banded structure, ×100; *a, b, c, d* – nital etched

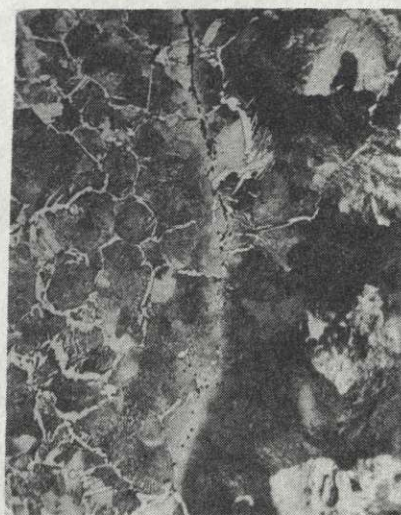
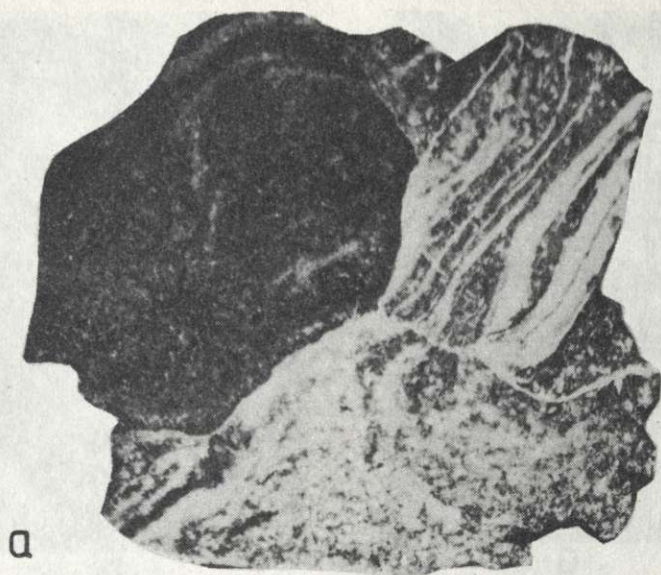


Ryc. 17. Czekan:

a – rozłożenie fosforu w metalu, pow. 100×; *b* – wtrącenia żużla, pow. 500×. **Grot strzały nr 2:** *c* – makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 10×; *a* – traw. odczynnikiem Oberhoffera, *b* – nietraw., *c* – traw. nitałem

Axe:

a – distribution of phosphorus in metal, ×100; *b* – slag inclusions, ×500. **Arrowhead no 2:** *c* – macrostructure on the cross-section, ×10; *a* – etched by Oberhoffer reagent, *b* – unetched, *c* – nital etched



b

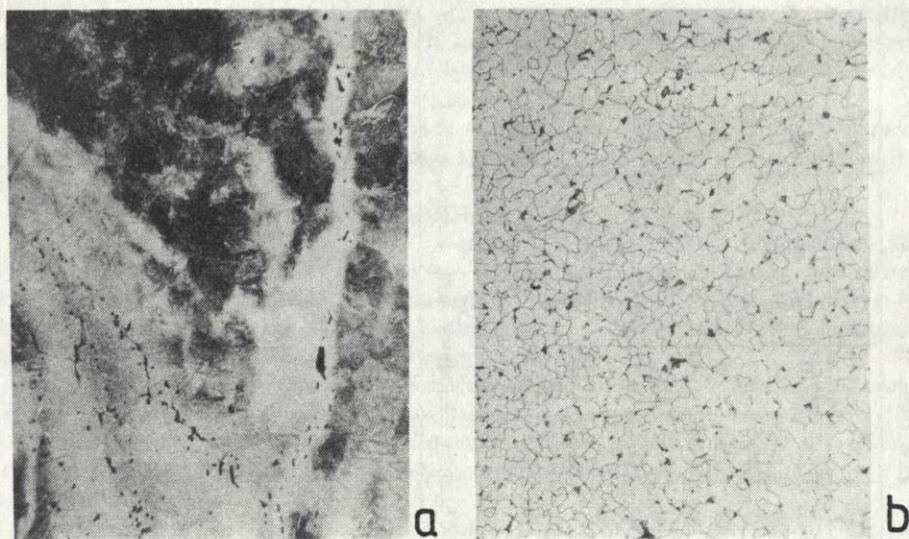
c

Ryc. 18. Grot strzały nr 2:

a – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. 100×; *b* – struktura w części silniej nawęglonej, pow. 100×; *c* – struktura w miejscu zgrzania wewnętrznego, pow. 100×; *a* – traw. odczynnikiem Oberhoffera, *b, c* – traw. nitalem

Arrowhead no 2:

a – distribution of phosphorus on the cross-section, ×100; *b* – structure in the more carburized part, ×100; *c* structure at the inner welding point, ×100; *a* – etched by Oberhoffer reagent, *b, c* – nital etched



Ryc. 19. Grot strzały nr 2:

a – rozłożenie fosforu w miejscu zgrzania wewnętrznego, pow. 100×. **Fragment nr 4:** *b* – struktura, pow. 100×: *a* – traw. odczynnikiem Oberhoffera, *b* – traw. nitaliem

Arrowhead no 2:

a – distribution of phosphorus at the inner welding point, ×100. **Fragment no 4:** *b* – structure, ×100; *a* – etched by Oberhoffer reagent, *b* – nital etched

fosforu w tym miejscu – ryc. 14a. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia jasne (typ C).

Fragment nr 3 z osady przyrodowej (stanowisko 2, wykop VII/11) wykuty został z wysokofosforowego żelaza dymarskiego o dość dużym ziarnie (klasa wielkości ziarna 3) – ryc. 14b. W części tego przedmiotu obserwowano nieznaczne nawęglenie pierwotne (do ok. 0,1% C), które nastąpiło podczas wytopu metalu. W miejscu tym występowała drobnoziarnista (klasa 7) struktura ferrytyczno-perlityczna (ryc. 14c). Drobne i nieliczne wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Ostroga z uszkami, również znaleziona na terenie osady przyrodowej (stanowisko 2, wykop I/60), w jamie 4, datowana na VIII w., wykazała strukturę ferrytyczną o dość dużym ziarnie (klasa 5). W części środkowej wystąpiło pasmo o drobniejszym ziarnie (klasa 6), w którym obserwowano śladowe ilości perlitu (ryc. 14d).

Rozłożenie pasm na poprzecznym przekroju ostrogi przedstawia ryc. 15a. Pasma drobnoziarniste zawierało mniej fosforu ryc. (15d). Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały skupienia licznych wtrąceń jasnych (typ C), obserwowano także wtrącenia żużla zawierające zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy (typ B) – ryc. 15c.

Na okres VIII-IX w. był datowany jedynie nóż nr 7, pochodzący z grodziska (ar 781). Był on wykonany z niskofosforowej stali twardej, wysokowęglowej, o zawartości węgla w granicach 0,6-0,8% C. Struktura noża była sorbityczna, przy powierzchni obserwowano nieznaczne odwęglenie (ryc. 15d, 16a). Nóż poddany był obróbce cieplnej.

Wtrącenia żużla wykazywały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Dalsze dwa zbadane przedmioty z Chodlika datowane były na IX w.

Czekan ze stanowiska 4 (Żmijowiska) wykazał strukturę pasmowatą. Obok pasm ferrytycznych, o grubym ziarnie (klasa 1), charakterystycznych dla żelaza dymarskiego o wysokiej

Tabela 3. Wyniki ilościowej analizy chemicznej próbek żużla z Chodlika (lp. 1-9) i Kłodnicy (lp. 10), woj. Lublin

Lp.	Nr próbki	Lokalizacja	Ciężar fragm.	Zawartość, %									
				Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	S
1	Żużel nr 1	ar 221/D, głęb. 70 cm	240	51,40	57,2	10,4	20,12	1,64	0,10	0,28	0,73	4,35	0,06
2	Żużel nr 2	ar 278/C, głęb. 20-30 cm	90	54,93	61,9	9,5	17,20	1,82	0,56	0,50	0,88	2,53	0,03
3	Żużel nr 3	ar 576/A, głęb. 23 cm	105	25,59	22,4	11,6	49,27	4,97	0,12	0,90	0,87	5,36	0,02
4	Żużel nr 4	ar 788/C	65	49,85	54,4	10,6	22,52	2,03	0,08	0,46	0,97	2,40	0,04
5	Żużel nr 5	ar 808/A, głęb. 30 cm	95	56,21	59,5	14,0	12,30	1,89	0,06	0,40	0,82	2,05	0,05
6	Żużel nr 6	ar 808/A, głęb. 36 cm	125	42,11	47,0	7,78	27,90	4,48	0,28	0,89	1,99	3,76	0,04
7	Żużel nr 7	st. 2 (osada przyrodowa)	135	54,95	53,9	18,44	19,60	1,52	0,09	0,82	0,62	2,00	0,03
8	Żużel nr 8	odc. L, głęb. 8 cm	70	57,04	56,7	18,31	13,52	1,29	0,42	1,16	0,80	2,68	0,02
9	Żużel (?) nr 9	st. 4, Żmijowska	65	3,06	0,57	3,73	82,98	1,46	0,06	0,0	2,17	2,24	0,02
10	Żużel	żółty piasek, głęb. 46-110 cm wytop VI, głęb. 1,4 cm	105	47,64	22,4	43,09	19,05	0,80	0,36	0,0	1,04	3,04	0,07

* Obliczone na podstawie zawartości FeO i Fe₂O₃.

Tabela 4. Charakterystyka statystyczna składu chemicznego żużla dymarskiego z Chodlika i Kłodnicy, woj. Lublin, w %

Składnik	Średnia arytmetyczna	Średnie kwadratowe odchylenie	Wielkość		Rozstęp (X _{max} - X _{min})	Rozrzut (X + 2s) - (X - 2s)
			maksymalna	minimalna		
Fe	51,82	4,750	57,04	42,01	57,04 - 42,01 = 15,03	61,32 - 42,32 = 19,00
FeO	51,63	11,902	61,9	47,0	61,9 - 47,0 = 14,9	*
Fe ₂ O ₃	16,52	10,700	43,09	7,78	43,09 - 7,78 = 35,31	*
SiO ₂	19,03	4,733	27,90	12,30	27,90 - 12,30 = 15,60	18,50 - 9,56 = 8,94
CaO	1,93	1,035	4,48	0,80	4,48 - 0,80 = 3,68	3,00 - 0,86 = 2,14
MnO	0,24	0,177	0,56	0,06	0,56 - 0,06 = 0,50	0,59 - 0,11 = 0,48
MgO	0,56	0,523	1,16	0,0	1,16 - 0,0 = 1,16	*
P ₂ O ₅	0,98	0,397	1,99	0,80	1,99 - 0,80 = 1,19	1,77 - 0,19 = 1,58
Al ₂ O ₃	2,85	0,511	4,35	2,00	4,35 - 2,00 = 2,35	3,87 - 1,83 = 2,04
S	0,042	0,0170	0,07	0,02	0,07 - 0,02 = 0,05	0,076 - 0,008 = 0,068

* Rozkład silnie asymetryczny, daleko odbiegający od normalnego.

zawartości fosforu (ryc. 16b), występowały pasma o drobnym ziarnie (klasa 7), o strukturze ferrytycznej z niewielkimi ilościami sorbitu (?), świadczącymi o nieznacznym nawęgleniu pierwotnym – ryc. 16c. Obserwowano także pasma silniej nawęglone, o strukturze sorbitycznej (ryc. 16d), w miejscach tych zawartość fosforu była niższa (ryc. 17a).

Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ. A) występowały wtrącenia o strukturze złożonej, zawierające zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ B lub D1) – ryc. 17b.

Czekan był poddany prawdopodobnie obróbce cieplnej.

Czworograniasty grot strzały nr 2 z chaty 2 ze stanowiska 4 („Żmijowiska”), (odc. IIA-III A), wykuty był z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu, od śladów do ok. 0,7% C (ryc. 17c); w miejscach silniej nawęglonych zawartość fosforu była niższa (ryc. 18a). Struktura metalu składała się z ferrytu i perlitu o dużej dyspersji (sorbitu ?) w proporcjach zależnych od lokalnej zawartości węgla w metalu (ryc. 18b).

W strukturze grota występowały wewnętrzne zgrzeiny (ryc. 18c), widoczne wyraźniej po wytrawieniu odczynnikiem Oberhoffera ujawniającym rozłożenie fosforu w metalu (ryc. 19a).

Wtrącenia żużla posiadały na ogół jednolite czarne zabarwienie (typ A); w niektórych wtrąceniach występowały mniej lub bardziej liczne zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy (typ B i typ D1).

Fragment nr 4 znaleziony na terenie grodziska (ar 222/C, głęb. 13 cm) o nieokreślonym datowaniu zawierał bardzo nieliczne i drobne wtrącenia żużla. Struktura metalu była ferrytyczna, a ziarno było bardzo drobne (klasa 7) – ryc. 19b. Zawartość fosforu w żelazie była bardzo niska.

Struktura metalu pozwala przypuszczać, że był to metal późnohistoryczny.

WYNIKI BADAŃ PRÓBEK ŻUŻLA

Wyniki ilościowej analizy chemicznej 9 próbek żużla z Chodlika i 1 próbki żużla z Kłodnicy, woj. Lublin, zestawiono w tabeli 3. Próbka nr 9 nie jest żużlem, lecz nadtopionym wymurowaniem kotłiny i dlatego wyłączono ją z dalszego opracowania. Podobnie wyłączono próbkę żużla nr 3 zawierającą aż 49,27% SiO_2 , co świadczy, że żużel zawiera znaczną ilość nadtopionego obmuruza.

Według wcześniejszych studiów autora nad składem chemicznym żużli dymarskich⁷ próbki zawierające powyżej 35% SiO_2 nie mogą być wykorzystane do określenia charakterystyki żużla.

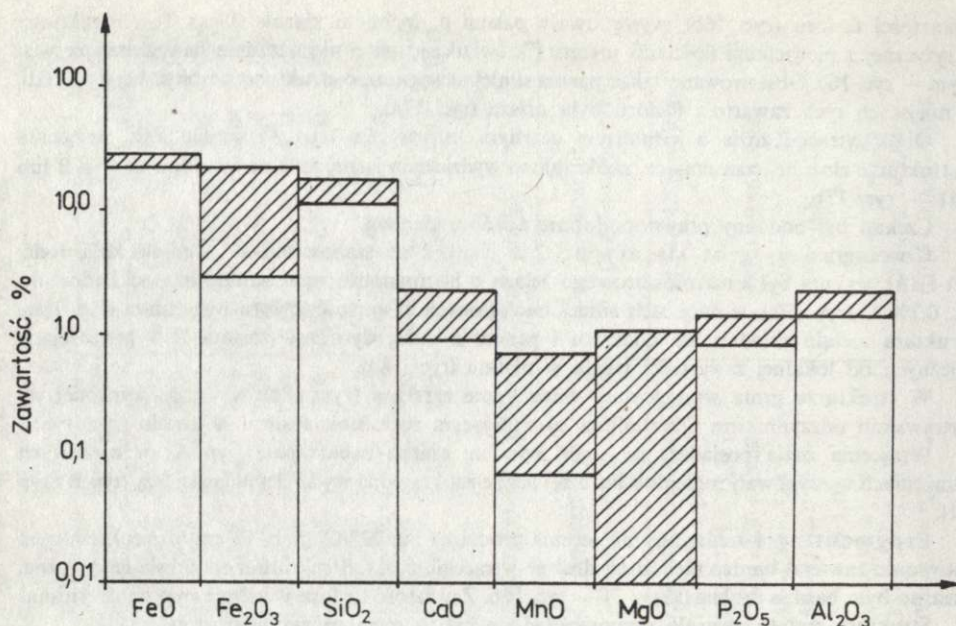
Natomiast włączono do określenia tej charakterystyki próbkę żużla z Kłodnicy, gdyż wszystkie wyniki analizy tej próbki pokrywały się z analizami żużla z Chodlika, można więc uważać, że na obu tych stanowiskach wykorzystywano ten sam rodzaj rudy.

Na podstawie przeprowadzonych analiz próbek żużla (z wyłączeniem próbek nr 3 i nr 9) dokonano obliczeń charakterystyk statystycznych wczesnośredniowiecznego żużla z terenu Chodlika, a w szczególności wielkość średnich \bar{X} , średniego kwadratowego odchylenia s oraz miary rozrzutu. Miarami rozrzutu była różnica wielkości minimalnej i maksymalnej (rozstęp) oraz różnica wielkości $\bar{X}+2s$ i $\bar{X}-2s$ – tabeli 4.

Z obliczeń wynika, że dla Fe, SiO_2 , CaO, MnO, Al_2O_3 i S obie miary rozrzutu pokrywają się, co świadczy o ich reprezentatywności (i normalnym rozkładzie próby). Całkowicie asymetryczny był rozkład dla FeO, Fe_2O_3 i MgO tak, że zrezygnowano z podania wielkości tak zdefiniowanego rozrzutu, ograniczając się do podania rozstępu.

Również i dla najważniejszego składnika, P_2O_5 , trzeba było poprzestać na obliczonym rozstępie (wykorzystując go w dalszych obliczeniach); z powodu asymetrycznego rozkładu obliczona dolna granica ($\bar{X}-2s$) przesunięta była ku zbyt niskim wielkościom. Charakterystykę graficzną składu chemicznego żużla żelaznego z terenu Chodlika przedstawiono na ryc. 20.

⁷ J. Piaskowski, *Klasyfikacja dawnego żużla dymarskiego występującego na ziemiach Polski w świetle statystycznej analizy składu chemicznego*, Kwart. HKM, t. 4: s. 335.



Ryc. 20. Charakterystyka wykreslna składu chemicznego wczesnośredniowiecznego żużla dymarskiego z Chodlika, woj. Lublin

Graphic characterization of the chemical composition of early medieval smelting slag from Chodlik, Lublin province

Według opracowania autora⁸ żużel dymarski, występujący w Chodliku i Kłodnicy, należy zaliczyć do wysokofosforowego, zawiera on natomiast mało Al₂O₃ (2,00-4,35%) oraz MnO (tylko 0,06-0,56%). Żużel ten należy wprawdzie zaliczyć do żużli wysokofosforowych, zawiera niewiele więcej fosforu aniżeli wynosi przyjęta przez autora wielkość graniczna 0,75% P₂O₅, gdyż wyniki analizy mieszczą się w granicach 0,73-1,99% P₂O₅, z tym, że na 8 rozpatrywanych analiz aż 6 wyników nie przekracza 1% P₂O₅. Średnia arytmetyczna zawartości P₂O₅ wynosi 0,98%. Ilości te są nieco niższe aniżeli w żużlach dymarskich z terenu Polski, uzyskiwanych przy przetopie rud darniowych, bagiennych itp., w których zawartość fosforu mieści się zwykle w granicach 1-4% P₂O₅, a czasem i więcej⁹. Wobec niezbyt wysokiej zawartości fosforu w rudzie żelaznej, występującej w okolicach Chodlika i Kłodnicy miejscowi hutnicy mogli uzyskiwać podczas wytopu nawęglenie części łupki, tj. produkować zarówno żelazo, jak i stal.

OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Przystępując do opracowania wyników analiz należy na wstępie wyeliminować dwa okazy późniejsze, a mianowicie fragment nr 4 z grodziska o strukturze żelaza późnohistorycznego (prawdopodobnie żelazo fryszerskie lub pudlarskie) i sztabkę nr 1 z osady przyrodowej, będącej – jak można sądzić – fragmentem nowożytnej stali zlewnej.

⁸ Tamże, s. 355.

⁹ Tamże, s. 351.

Z kolei należy dokonać ogólnej oceny zbadanych materiałów. Otóż liczba okazów z Chodlika poddanych badaniom jest stosunkowo niewielka, nie badano także przedmiotów z innych stanowisk archeologicznych w pobliżu Chodlika z tegoż okresu. W tej sytuacji nie można stwierdzić ewentualnych różnic metalu i technologii w przedmiotach z grodziska (6 przedmiotów) i osady przyrodowej (11 przedmiotów) lub też ze stanowiska 4 – Żmijowiska (2 przedmioty). Nie mając – przynajmniej w chwili obecnej – podstaw do wyodrębnienia jakiejś grupy z zbadanych materiałów (z wyjątkiem wyłączonych już dwóch okazów późniejszych) całość potraktowano jako jeden zbiór. Zbiór ten, ogólnie biorąc, reprezentuje technologię wczesnośredniowieczną, typową dla ziem Polski. Polega ona na wytapianiu z rud powierzchniowych (darniowych, bagiennych, itp.) zazwyczaj o podwyższonej zawartości fosforu, zarówno żelaza, jak i stali (proces ten opisano w odrębnej pracy autora¹⁰).

Wykorzystywana przez wczesnośredniowiecznych hutników na terenie Chodlika ruda żelazna należała wprawdzie do rud wysokofosforowych, jako że uzyskany żużel zawiera ponad 0,75% P_2O_5 , jednak granica ta została nieznacznie przekroczona (żużel z Chodlika zawiera 0,8-1,99% P_2O_5); jak już wspomniano zwykle występujący na ziemiach Polski wczesnośredniowieczny żużel dymarski zawiera więcej, bo 1,0-4,0% P_2O_5 .

Niezbyt wysoka zawartość fosforu w rudzie ułatwiała nawęglenie, tj. uzyskanie stali, stąd też liczba wyrobów stalowych w zbadanych materiałach (10 okazów wobec 19 zbadanych, tj. 52,6%) jest stosunkowo duża.

Na podstawie empirycznie określonej przez autora¹¹ zależności pomiędzy zawartością P w metalu i P_2O_5 w żużlu, według której zawartość fosforu w metalu mieści się w granicach 0,12 do 0,35-krotnej zawartości P_2O_5 w żużlu, obliczono, że zawartość fosforu w żelazie wytapianym w Chodliku wynosiła 0,10 do 0,70% P. W przypadku metalu silniej nawęglonego (stali) można liczyć się z zawartością fosforu przesuniętą nieco ku mniejszej ilości, orientacyjnie do ok. 0,08% P.

Próbując wyodrębnić wyroby, będące dziełem miejscowych hutników, wybrano więc wyroby z żelaza (oraz stali) o podwyższonej zawartości fosforu; poza dwoma wyjątkami (sierp i fragment nr 1) zawierają one tylko śladowe ilości niklu (poniżej 0,08% Ni). Tych dwóch okazów nie włączono do grupy wyrobów miejscowych.

Do grupy wyrobów miejscowych (10-12 okazów, tj. 52,6-63,2%) należą więc:

(a) przedmioty wykonane z żelaza: ostrze (nóż nr 3), fragment nr 2, nóż nr 4, kabłąk nr 1, fragment nr 3, a przypuszczalnie także ostroga i czekan (ogółem więc 5-7 okazów, tj. 50,0-58,3% wyrobów miejscowych);

(b) przedmioty wykonane ze stali: nóż nr 5, nóż nr 6 (2 okazy, tj. 16,7-20,0% wyrobów miejscowych),

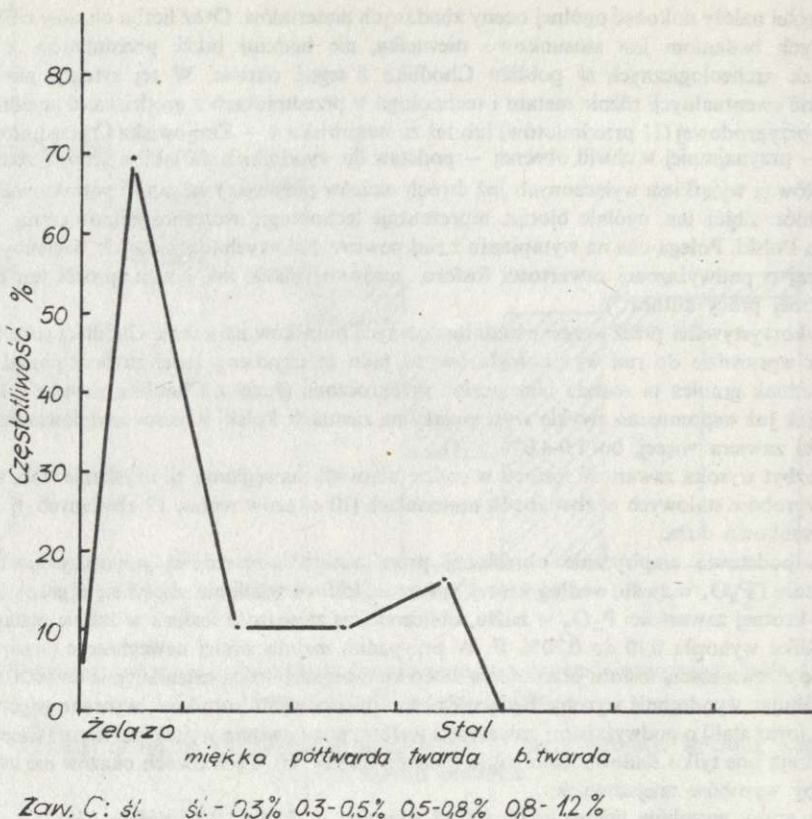
(c) przedmioty zgrzewane z żelaza i stali: nóż nr 2, grot strzały nr 1 i kabłąk nr 2 (3 okazy, tj. 25-30% wyrobów miejscowych).

Jako charakterystykę żelaza (i stali), wytapianego przez wczesnośredniowiecznych hutników na terenie Chodlika, na ryc. 21 przedstawiono wielobok rozkładu zawartości węgla (świadczący o występowaniu dwóch typów metalu: żelaza i stali), a na ryc. 22 wielobok rozkładu zawartości fosforu.

W wyrobach miejscowych występują najczęściej tylko wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A); udział takich przedmiotów stanowi 50-60% wyrobów miejscowych. Ponadto w 25-30% przedmiotów wtrąceniom żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) towarzyszą wtrącenia jasne (typ C). Również w 16,7-20,0% okazów występowały – zawsze obok wtrąceń typu A – wtrącenia żużla, zawierające zaokrąglone wydzieliska jasnej fazy (typ B i D1).

¹⁰ J. Piaskowski, *O pierwotnym sposobie otrzymywania stali u średniowiecznych Słowian*, „Hutnik”, t. 31: 1964, s. 378.

¹¹ Por. J. Piaskowski, *Correlation between the phosphorus content in Iron ore or slag and that in bloomery iron*, APolona, t. 7: 1965, s. 83; tenże, *Zależność pomiędzy zawartością fosforu w rudzie lub żużlu i w żelazie dymarskim*, „Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej”, Seria D, z. 7, 1973: s. 39.



Ryc. 21. Wielobok rozkładu zawartości węgla w wyrobach żelaznych wczesnośredniowiecznych hutników z terenu Chodlika (na podstawie 19 oznaczeń)

Polygon of carbon content distribution in the iron artifacts produced by early medieval metallurgists from Chodlik (on the basis of 19 analyses)

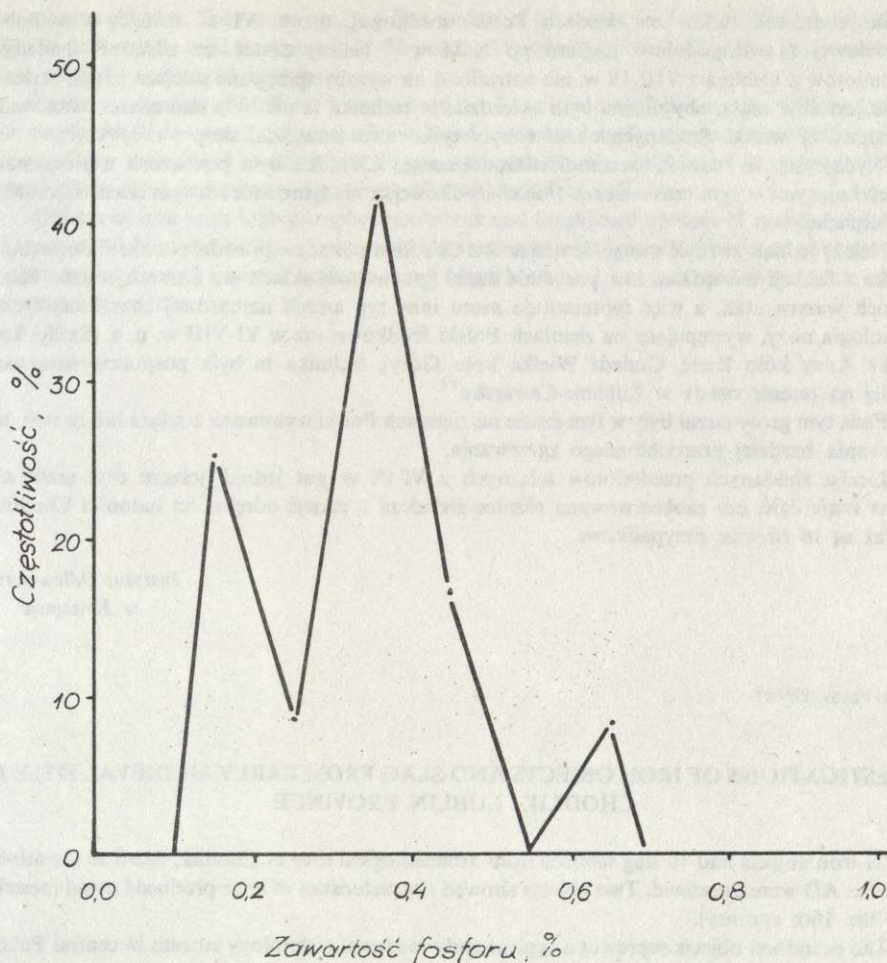
Wszystkie przedmioty stalowe (w tym także żelazny czekan, tylko częściowo nawęglony), zaliczone do wyrobów miejscowych, poddane zostały prawidłowo przeprowadzonej obróbce cieplnej.

Możliwe, że do wyrobów miejscowych należy ponadto nóż nr 1; wystąpienie w nim niespotykanych dotąd zjawisk strukturalnych nie pozwala na przyporządkowanie go do jakiejś określonej grupy.

Natomiast do obcych wyrobów, dotąd o niezidentyfikowanym pochodzeniu, należą oba wspomniane już przedmioty wykute z żelaza o podwyższonej zawartości niklu (0,2-0,4%Ni), tj. sierp i fragment nr 1. Ponadto do wyrobów importowanych należą przedmioty odznaczające się niską zawartością fosforu bądź żelazne (sztabka nr 2), bądź stalowe (blaszka lub fragment miecza, grot nr 7 i grot strzały nr 2).

Ogółem więc udział wyrobów obcego pochodzenia na terenie stanowisk archeologicznych w Chodliku można określić szacunkowo na 31,6-36,8% (6-7 okazów), jest więc dość znaczna w porównaniu z innymi stanowiskami z tego okresu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można więc stwierdzić, że hutnicy na terenie



Ryc. 22. Wielobok rozkładu zawartości fosforu w wyrobach wczesnośredniowiecznych hutników z terenu Chodlika (na podstawie 12 analiz)

Polygon of phosphorus content distribution in the artifacts produced by early medieval metallurgists from Chodlik (on the basis of 12 analyses)

wczesnośredniowiecznego Chodlika wytapiali – obok żelaza – także znaczną ilość stali. Stal tę stosowali przeważnie na narzędzia tnące; wśród 10 zbadanych takich narzędzi (noże, sierp, czepek oraz blaszka, będąca fragmentem jakiegoś narzędzia tnącego) aż 7 wykonano ze stali. Celem dodatkowego utwardzenia tych narzędzi zastosowano prawidłową obróbkę cieplną.

Szczególne znaczenie posiada wystąpienie w materiałach żelaznych z Chodlika przedmiotów zgrzewanych z żelaza i stali (nóż nr 2, grot strzały nr 1, kablak nr 2), ponadto w dwóch przedmiotach (nóż nr 6, grot strzały nr 2) zaobserwowano – jak się wydaje – łączenie drogą zgrzewania mniejszych kawałków surowca.

W świetle dotychczasowych badań technika zgrzewania została zastosowana dopiero po

okresie wędrówek ludów na ziemiach Polski środkowej, tj. ok. VI w. n. e.¹², a w Polsce południowej prawdopodobnie dopiero po X/XI w.¹³ Należy dodać, że wśród 5 zbadanych przedmiotów z Lublina z VIII-IX w. nie natrafiono na wyroby zgrzewane z żelaza i stali, liczba ta jednak jest zbyt mała, aby można było twierdzić, że technika ta nie była tam znana i stosowana (zwłaszcza, że wśród zbadanych okazów były tylko dwa narzędzia, sierp i nóż)¹⁴.

Wydaje się, że ludność wczesnośredniowiecznego Chodlika była powiązana z plemionami zamieszkującymi w tym czasie ziemie Polski środkowej, a nie tymi, które w tym czasie zajmowały Podkarpacie.

Należy jednak zwrócić uwagę, że nóż nr 2 z Chodlika posiada wprawdzie ostrze stalowe (bo to wynika z funkcji narzędzia), lecz pozostała część (grzbietowa) składa się z trzech warstw żelaza i dwóch warstw stali, a więc reprezentuje nieco inny typ aniżeli najbardziej charakterystyczna technologia noży, występująca na ziemiach Polski środkowej już w VI-VIII w. n. e. (Szeligi koło Płocka, Łazy koło Kielc, Czeladź Wielka koło Góry); technika ta była pospolicie stosowana później na terenie osady w Lublinie-Czwartku¹⁵.

Poza tym groty strzał były w tym czasie na ziemiach Polski wykuwane z żelaza lub ze stali, bez stosowania bardziej pracochłonnego zgrzewania.

Liczba zbadanych przedmiotów żelaznych z VI-IX w. jest jednak jeszcze zbyt mała, aby można stwierdzić, czy zaobserwowane różnice świadczą o jakiejś odrębności ludności Chodlika, czy też są to różnice przypadkowe.

*Instytut Odlewnictwa
w Krakowie*

JERZY PIASKOWSKI

INVESTIGATIONS OF IRON OBJECTS AND SLAG FROM EARLY MEDIEVAL SITES AT CHODLIK, LUBLIN PROVINCE

21 iron objects and 10 slag samples from archaeological sites at Chodlik, dated to the 6th-9th centuries AD were examined. Two objects showed characteristics of later produced metal (possibly after the 16th century).

The examined objects represent a typical early medieval technology current in central Poland in the 6th-10th centuries and later employed in other as well.

Most objects (52.6-63.2%) can be regarded as local products. The analysis of slag samples indicates that the metallurgists from the environs of Chodlik exploited iron ore with a heightened

¹² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czeladzi Wielkiej, pow. Góra, „Silesia Antiqua”, t. 8: 1966, s. 150; tenże, Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Łazach, pow. Kielce, Spraw. Arch., t. 18: 1966, s. 375; tenże, Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużla z Szeligi i Cekanowa, pow. Płock, oraz z Cieślina, pow. Sierpc, [w:] S. Szymański, *Szeligi pod Płockiem na początku wczesnego średniowiecza*, Wrocław—Warszawa—Kraków 1967, s. 363.*

¹³ J. Piaskowski, *Wyniki badań metaloznawczych pięciu noży z wczesnośredniowiecznych kopców z terenu Małopolski*, Spraw. Arch., t. 19: 1968, s. 477; tenże, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Krakowa-Dębnik*, Spraw. Arch., t. 32: 1980, s. 247-270; tenże, *Wczesnosłowiańska technologia żelaza na terenie Małopolski*, AAC, t. 25: 1986, s. 149-177.

¹⁴ Piaskowski, *Metaloznawcze badania... z Lublina...*, s. 39.

¹⁵ Technologię tę reprezentują wszystkie trzy noże z Lublina-Czwartku. Piaskowski, *Metaloznawcze badania... z Lublina...*, s. 216.

The first part of the book is devoted to a general history of the United States from its discovery by Columbus in 1492 to the present time. It covers the early years of settlement, the struggle for independence, the formation of the Constitution, and the growth of the nation to its present boundaries. The second part of the book is devoted to a detailed history of the United States from 1789 to the present time. It covers the early years of the Republic, the struggle for the abolition of slavery, the Civil War, and the Reconstruction period. The third part of the book is devoted to a detailed history of the United States from 1865 to the present time. It covers the Reconstruction period, the Gilded Age, the Progressive Era, and the modern history of the United States.