

JERZY PIASKOWSKI (Kraków)

## METALOZNAWCZE BADANIA STAROŻYTNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH Z OKOLIC KOSZALINA

Badania starożytnych przedmiotów żelaznych z terenu Pomorza Zachodniego, a zwłaszcza z okresu późnolateńskiego i wczesnorzymskiego są już dość znacznie zaawansowane. Zbadano 20 przedmiotów żelaznych z 6 stanowisk kultury jastoforskiej (Ognica i Długie koło Stargardu oraz z terenu Niemieckiej Republiki Demokratycznej: Grünz i Radekow, okr. Angermünde, Mühlenhagen, okr. Dommin i Treptow, okr. Altentreptow), 55 przedmiotów z 12 stanowisk kultury oksywskiej (Brzeźniak koło m. Łobuz, Głobino i Podole Małe koło Słupska, Włocibórz koło Kołobrzegu, Kopaniewo koło Lęborka, Warszkowo koło Sławna, Widuchowa i Żeliszawiec koło Gryfina, Parsęcko koło Szczecinka, Buczek koło Białogardu, Drawsko oraz Oleszno koło tej miejscowości) oraz 7 przedmiotów z 3 stanowisk grupy lubuskiej (Tantow i Hohen-selchow, okr. Angermünde i Krackow okr. Pasewalk, Niem. Rep. Demokratyczna); wśród tych materiałów poważną część stanowią części uzbrojenia (m. in. miecze i groty włóczni) oraz narzędzia (noże) i charakterystyczne dla tego terenu kłamy<sup>1</sup>.

Uzupełnieniem tych prac było zbadanie nieco wcześniejszych 6 szpil i zapinek z Krzecka koło Białogardu, Strzelęcina koło Lęborka, Wąwelnicy koło Szczecina, Marianowa koło Stargardu oraz z Radekow, okr. Angermünde i Pasewalk (Niemiecka Rep. Demokratyczna) oraz — późniejsze okazy, jeden sierp z cmentarzyska późnolateńskiego i 8 okazów z późnorzymskiej osady w Lubieszewie koło Gryfina<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> J. Piaskowski, *Badania technologii przedmiotów żelaznych na Pomorzu Zachodnim w okresie od I w. p.n.e. do II w.n.e.*, Polska Akademia Nauk — Oddział w Krakowie, Prace Komisji Metalurgiczno-Odlewniczej 1971, Metalurgia, z. XVII, s. 151; tenże, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych kultury jastoforskiej i grupy lubuskiej wczesnego okresu rzymskiego*, Mat. Zachpom. t. XVIII, 1972, s. 59. Por. J. Piaskowski, *Metallkundliche Untersuchungen an archäologischen Eisengegenständen der vor-römischen Eisen — und der römischer Kaiserzeit aus dem Nordosten der DDR*, Ethnographisch-Archäolog. Zeitschrift t. 34, 1969, z. 3 - 4, s. 332.

<sup>2</sup> J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów z okresu halsztackiego i lateńskiego, znalezionych na Pomorzu i Mazowszu*, Wiad. Arch. t. 26, 1960, s. 273; tenże, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych z Pomorza Zachodniego*, Mat. Zachpom. t. XIX, 1973, s. 173.

Należy tu również wspomnieć o badaniach wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Kołobrzegu<sup>3</sup>.

Na podstawie tych badań można było wstępnie opracować technologię wyrobów żelaznych na terenie Pomorza Zachodniego w okresie późnolateńskim i rzymskim<sup>4</sup>.

Jak wynika z tego zestawienia dla okresu późnolateńskiego i wczesnorzymskiego, liczba zbadanych przedmiotów żelaznych z Pomorza Zachodniego jest dość znaczna, bardziej ograniczona jest liczba okazów z okresu środkowo- i późnorzymskiego.

Uzupełnieniem dotychczasowych prac były więc badania przedmiotów żelaznych z okolic Koszalina, a mianowicie z Bogucina koło Kołobrzegu oraz Rogowa i Dębczyna koło Białogardu. Z tych trzech miejscowości, a ponadto także z Białogardu oraz Dzierżęcina koło Sławna przeznaczono do badań próbki żużla dymarskiego.

Za udostępnienie materiałów do badań autor składa podziękowanie prof. dr. hab. Janowi Żakowi, kierownikowi Katedry Archeologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, skąd pochodziły zbadane okazy.

#### ZESTAWIENIE ZBADANYCH OKAZÓW

Przeprowadzono badania 13 przedmiotów żelaznych, a mianowicie: zapinki i noża z Rogowa koło Białogardu, zapinki, 2 noży i wędzidła z Bogucina koło Kołobrzegu oraz kroju, 3 fragmentów o nieokreślonym przeznaczeniu, noża, ogniwa i grotu strzały z osady w Dębczynie koło Białogardu, datowanej na III — IV w.n.e.

Dwa noże z Bogucina były konserwowane przed badaniami, pozostałe okazy badano przed konserwowaniem.

Ponadto do badań przeznaczono 12 próbek żużla żelaznego z Białogardu, Bogucina koło Kołobrzegu, Dębczyna koło Białogardu, Dzierżęcina koło Sławna i Rogowa.

#### METODY BADAŃ

Metody opisanych badań oraz sposób zestawienia wyników były identyczne jak w innych podobnych pracach autora<sup>5</sup>. Dlatego pominięto ich szczegółowy opis, podając tylko w skrócie, że badania obejmowały: ilościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna, po-

<sup>3</sup> W. Łosiński, *Kowalstwo we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, w: W. Łosiński, E. Tabaczyńska, *Z badań nad rzemiosłem we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, Prace Komisji Archeologicznej IV/1,1-2, Poznań 1959, s. 9 - 48; J. Piaskowski, *Technologia wczesnośredniowiecznych noży w Kołobrzegu na podstawie badań powierzchniowych*, ibidem, s. 48 - 54.

<sup>4</sup> J. Piaskowski, *Technologia żelaza na Pomorzu Zachodnim w okresie późnolateńskim i rzymskim*, Mat. Zachpom. t. XVIII, 1972, s. 81.

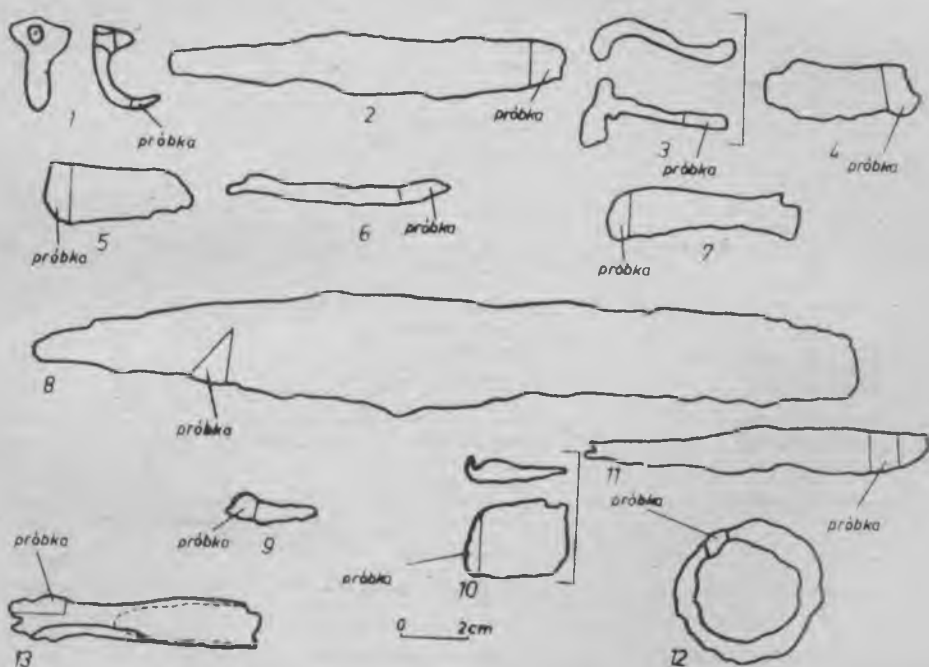
<sup>5</sup> Por. J. Piaskowski, *Metody metaloznawcze w badaniach zabytków archeologicznych*, Spr. Arch. t. III, 1957, s. 284.

miary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz pomiary twardości metalu.

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

Przy badaniach metalograficznych stosowano trawienie 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu etylowym (azotalem). Dla ujawnienia rozłożenia fosforu w metalu stosowano trawienie próbek odczynnikiem Oberhoffera. Wielkość ziarna składników strukturalnych określano zgodnie z polską normą PN-56/H-04507. Pomiar mikrotwardości przeprowadzono przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemanna, pomiar twardości — metodą Vickersa (polska norma PN/H-04300).

Wyniki mikrotwardości składników struktury noży, zestawiono w tabeli 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.



Ryc. 1. Szkice zbadanych przedmiotów żelaznych z zaznaczeniem miejsc pobrania próbek 1 — zapinka, 2 — nóż nr 1, 3 — zapinka, 4 — nóż nr 2, 5 — nóż, 6 — wędzidło, 7 — fragment nr 1, 8 — krój, 9 — fragment nr 2, 10 — fragment nr 3, 11 — nóż, 12 — ogniwo, 13 — grot strzały, 1, 2, 4, 6 — z Bogucina koło Kołobrzegu, 3, 5 — z Rogowa koło Białogardu, pozostałe z Dębczyna koło Białogardu.

Fig. 1. Liste des objets en fer étudiés: 1 — épingle; 2 — couteau no 1; 3 — épingle; 4 — couteau no 2; 5 — couteau; 6 — mors; 7 — fragment no 1; 8 — coutre; 9 — fragment no 2; 10 — fragment no 2; 11 — couteau; 12 — maillon; 13 — pointe de flèche.

Wyniki badań przedstawiono — podobnie jak w innych pracach autora — w dwóch tabelach (tab. 1 i 2) i na dwóch rycinach (ryc. 1 i 2), uzupełnionych mikrofotografiami struktur metalu (tabl. I - V).

## WYNIKI BADAŃ

Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z Bogucina koło Kołobrzegu oraz Rogowa i Dębczyna koło Białogardu, lokalizację tych przedmiotów oraz wyniki ilościowej analizy chemicznej metalu podano w tabeli 1. Wyniki

Tabela 1.

Wyniki ilościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Lokalizacja	Nr inw.	Ciężar g	Zawartość, %	
						P	Ni
1	Zapinka	Bogucin koło Kołobrzegu (stanowisko 6)	ar 13, ćw. A, warstwa II	Bg 6/30/70	6,7	0,12	0,01
2	Nóż nr 1		ar 23, ćw. A, warstwa II	Bg 6/22/71	8,3	0,53	0,01
3	Nóż nr 2		ar 23, ćw. A, warstwa II	Bg 6/22/71	15,2	0,52	0,01
4	Wędzidło		z paleniska nr 24		8,0	0,72	0,00
5	Zapinka	Rogowo koło Białogardu	warstwa IIb	Rg 4/20/74	5,0	0,27	0,07
6	Nóż		półziemianka z piecem dymarskim	Rg 4/155/176	23,0	0,44	0,03
7	Krój	Dębczyna koło Białogardu (stanowisko 3)	obiekt 81 (półziemianka)	D 3/81/72	474,5	0,13	0,02
8	Fragment nr 1		ar 16, ćw. C, budynek naziemny słupowy nr 7	D 3/261/72	9,7	0,39	0,02
9	Fragment nr 2		ar 35, ćw. D obiekt 81 (półziemianka 9)	D 3/83/72	3,0	0,14	0,01
10	Fragment nr 3		ar 23, ćw. A/B, C/D, obiekt 91 (półziemianka 10)	D 3/225/72	6,6	0,45	0,00
11	Nóż		półziemianka 22		10,0	0,04	0,06
12	Ogniwo		półziemianka 22		34,0	0,13	0,02
13	Grot strzały	półziemianka 22		19,0	0,07	0,06	

obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości metalu zestawiono w tabeli 2.

Szkie zbadanych przedmiotów żelaznych z określeniem miejsca pobrania próbki do badań podany został na rycinie 1.

Rycina 2 przedstawia technologię wykonania zbadanych przedmiotów, a ściślej określenie rodzaju metalu (stopnia nawęglania) na poprzecznym przekroju przedmiotu. Wyniki badań były następujące:

Zapinka z osady z I w.n.e. w Bogucinie koło Kołobrzegu (stanowisko 6, ar 13, ćw. b, warstwa II, nr inw. 30/71) wykazała strukturę żelaza o nierówno-

Tabela 2

Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości i twardości przedmiotów żelaznych

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Składniki	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość kG/mm <sup>2</sup>	Twardość Vickersa kG/mm <sup>2</sup>
1	Zapinka	Bogucino koło Kołobrzegu	ferryt	8	155	} 151,4
			perlit	7	213	
2	Nóż nr 1		ferryt	4	327	} 264
			ferryt	7	210	
3	Nóż nr 2	ferryt	1	257	} 232	
		bałnit (?)		264		
4	Wędzidło		ferryt	4	307	} 245
			ferryt	7	240	
			perlit*	ślady		
5	Zapinka	Rogowo koło Białogardu	ferryt	6	225	} 164
			perlit	7	300	
			ferryt	8	198	
6	Nóż		ferryt	3	212	216
7	Krój	Dębezyno koło Białogardu	perlit	5	216	} 160
			ferryt	**	188	
8	Fragment nr 1		ferryt	4	220	} 170
			ferryt	8	220	
			perlit	ślady		
9	Fragment nr 2		ferryt	5	242	} 170
			ferryt	8	204	
			perlit	ślady		
10	Fragment nr 3		ferryt	2	289	} 245
			ferryt	7	257	
11	Nóż	ferryt	6	155	} 148,8	
		sorbit	7	274		
12	Ogniwo	ferryt***	8	113	} 107,1	
		ferryt	5	164		
		ferryt	8	113		
		perlit	ślady			
13	Grot strzały	ferryt	5	190	} 160	
		ferryt	8	179		
		perlit	8	254		

\* zdegenerowany,

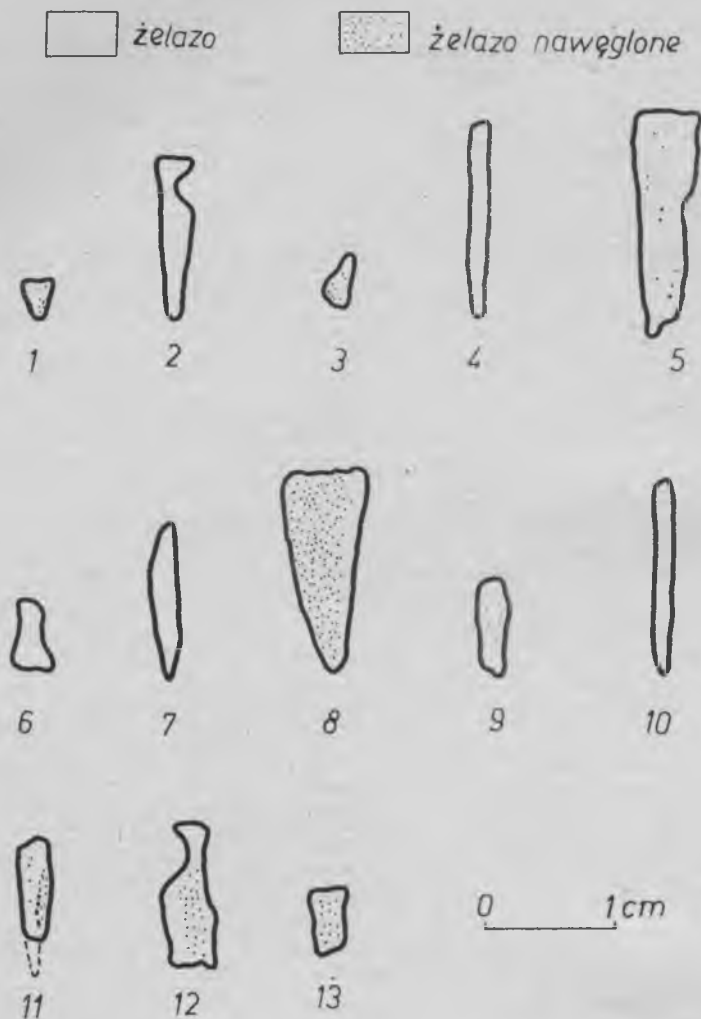
\*\* na granicach ziarn,

\*\*\* wydzielenia fazy A( $\gamma'$ -Fe<sub>3</sub>N<sub>7</sub>).

miernym nawęgleniu. W metalu występowała drobnoziarnista struktura ferrytyczna, przy powierzchni zawartość węgla sięgała do około 0,3% i w strukturze występowały niewielkie ilości perlitu (tabl. Ia). Wtrącenia żużła miały jednolite czarne zabarwienie (typ A według klasyfikacji autora<sup>6</sup>).

Nóż nr 1 z osady w Bogucinie koło Kołobrzegu z I. w.p.n.e. — I w.n.e. (stanowisko 6, ar 23, ów. A, warstwa II, nr inw. Bg. 6/22/71) wykazał gruboziarnistą strukturę ferrytyczną żelaza o wysokiej zawartości fosforu. W pobliżu niektórych wtrąceń żużła obserwowano nieco drobniejsze ziarna ferrytu oraz

<sup>6</sup> J. Piaskowski, *Klasyfikacja struktury wtrąceń żużła i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych*, Kw. HKM t. XVII, 1969, z. 2, s. 61.



Ryc. 2. Technologia wykonania zbadanych przedmiotów żelaznych na poprzecznym przekroju.

1 — zapinka, 2 — nóż nr 1, 3 — zapinka, 4 — nóż nr 2, 5 — nóż, 6 — wędzidło, 7 — fragment nr 1, 8 — krój, 9 — fragment nr 2, 10 — fragment nr 3, 11 — nóż, 12 — ogniwo, 13 — grot strzały. 1, 2, 4, 6 — z Bogucina koło Kołobrzegu, 3, 5 — z Rogowa koło Białogardu, pozostałe z Dębczyna koło Białogardu.

Fig. 2. Technologie des objets en fer étudiés: 1 — épingle; 2 — couteau no 1; 3 — épingle; 4 — couteau no 2; 5 — couteau; 6 — mors; 7 — fragment no 1; 8 — coutre; 9 — fragment no 2; 10 — fragment no 3; 11 — couteau; 12 — maillon; 13 — pointe de flèche.

śladowe ilości perlitu (tabl. Ib). W metalu wystąpiło pasmowe rozłożenie fosforu (tabl. Ic). Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały wtrącenia wielofazowe, m.in. zawierające nieliczne zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ B — tabl. Id).

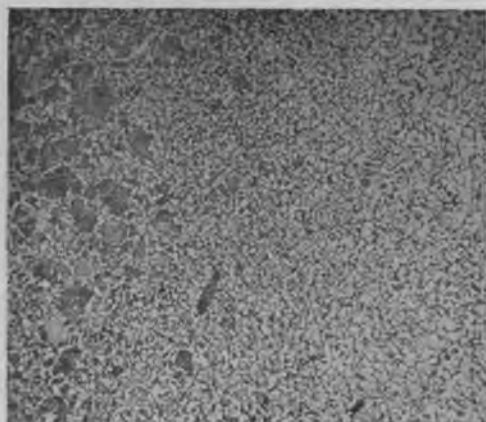
Nóż nr 2 z Bogucina, znaleziony obok noża nr 1 wykazał również gruboziarnistą strukturę ferrytyczną żelaza wysokofosforowego (tabl. IIa). Obok wtrąceń żużla obserwowano nawęglenie pierwotne w niewielkich ilościach (ziarna bainitu?) — tabl. IIb. W miejscach silniej nawęglonych zawartość fosforu była mniejsza (tabl. IIc). W metalu występowały stosunkowo duże ilości wtrąceń żużla bądź o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A), bądź o złożonej strukturze (zaokrąglone wydzielenie na popielato-ciemnym tle, typ E) — tabl. IIId.

Wędzidło (?) znalezione w palenisku nr 2 w osadzie w Bogucinie wykazało strukturę ferrytyczną, przy czym obok ziarn dość dużych (klasa 4) występowały skupienia ziarn bardzo drobnych (klasa 7) — tabl. IIIa. W tych miejscach zawartość fosforu była mniejsza (tabl. IIIb). Wtrącenia żużla, niekiedy duże, wykazywały jednolite czarne zabarwienie (typ A). Wędzidło wykute było z żelaza o wysokiej zawartości fosforu.

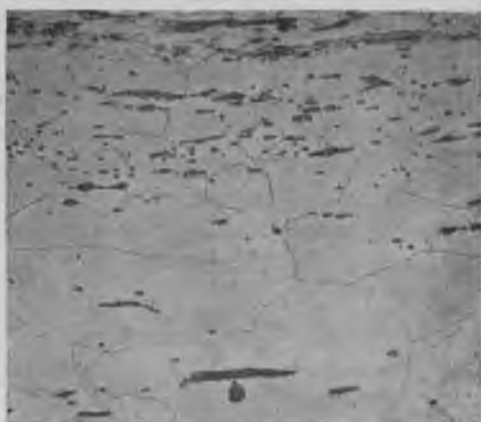
Zapinka z Rogowa koło Białogardu, znaleziona w warstwie IIb datowana na okres rzymski (faza B1 do początku C1) wykonana — została z wysokofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu od około 0,1 do 0,6%C. Struktura metalu składała się z perlitu o dość dużej dyspersji i ferrytu w ilościach zależnych od lokalnej zawartości węgla (tabl. IIIc). Trawienie odczynnikami Oberhoffera wykazało, że w miejscach silniej nawęglonych zawartość fosforu jest niższa, co zgodne jest z podstawowymi wiadomościami o odwrotnej korelacji pomiędzy zawartością fosforu i węgla w żelazie dymarskim. Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Nóż znaleziony w półziemiance z piecem dymarskim w Rogowie, datowany na okres rzymski (faza B1 — B2) wykazał gruboziarnistą strukturę ferrytyczną (klasa wielkości ziarna 3), charakterystyczną dla żelaza dymarskiego o wysokiej zawartości fosforu — tabl. IIIId. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały w metalu bardzo liczne wtrącenia o strukturze dwufazowej, zawierające dość liczne zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ E) — tabl. IVa.

Krój z osady z III - IV w.n.e. w Dębczynie koło Białogardu (stanowisko 3, obiekt 81 — półziemianka, nr inw. D3/81/72) wykonany był ze stali o nierównomiernym nawęgleniu; zawartość węgla wahała się w granicach 0,1 - 0,5%. Struktura metalu składała się z ziarn ferrytu i sorbitu w ilościach zależnych od lokalnej zawartości węgla, rozłożonych w postaci pasm (tabl. IVb). Struktura pasmowata wynikała z rozłożenia fosforu w metalu (tabl. IVc). Wtrącenia żużla posiadały bądź zabarwienie jasne (typ C — tabl. IVd), bądź popielatawo-czarne (zaokrąglone wydzielienia popielatawej fazy na ciemnym tle — Typ D21) — tabl. Va. Ponadto występowały w metalu wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A).



a



b



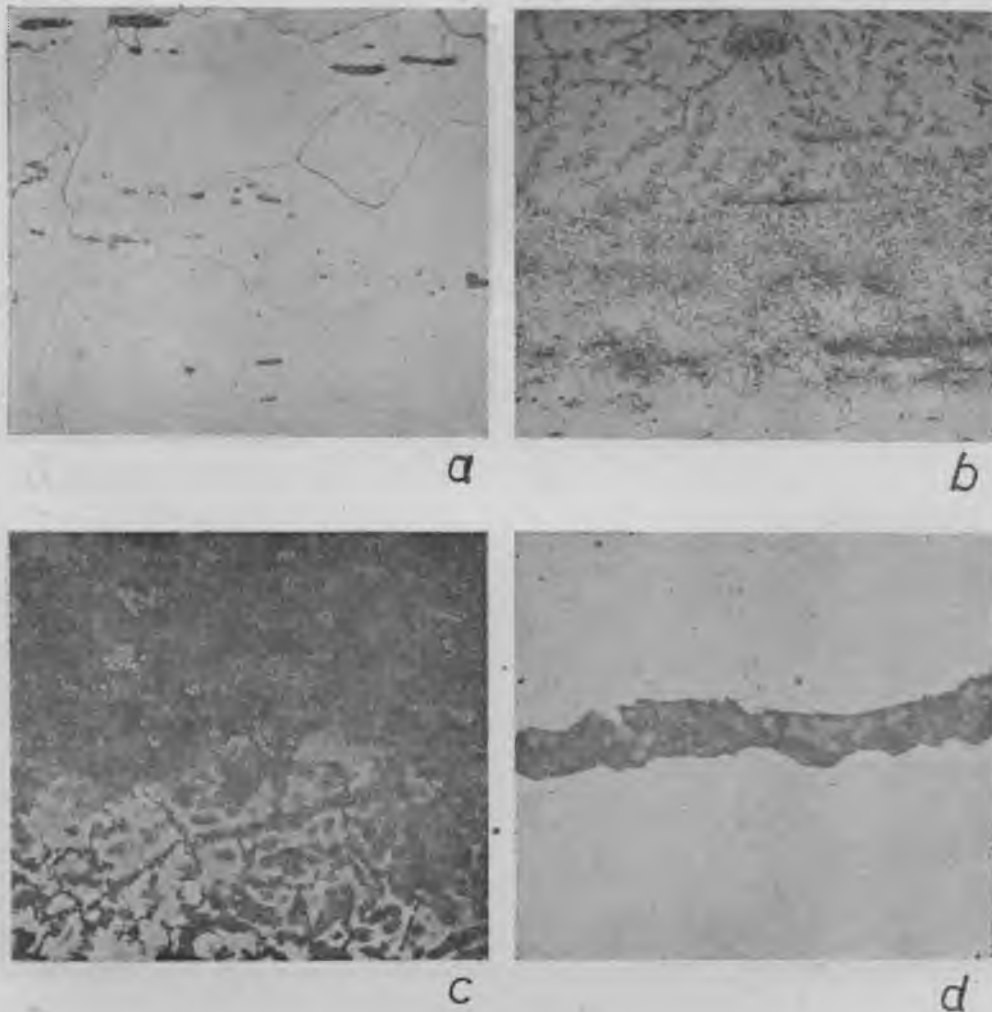
c



d

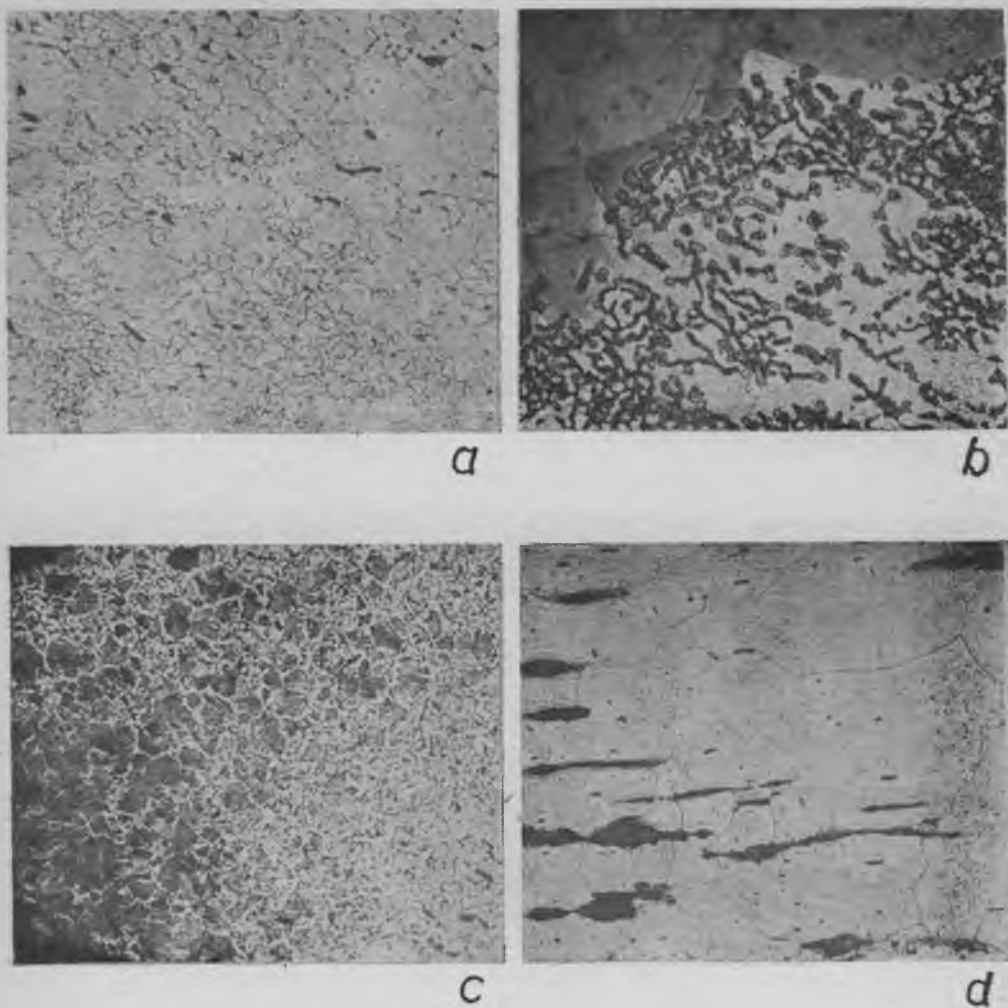
Tablica I: Bogucino koło Kołobrzegu. Zapinka: a) struktura, traw. azotalem. pow. 100x; Nóż nr 1: b) struktura, traw. azotalem, pow. 100x, c) rozłożenie fosforu, traw. odczynnikami Oberhoffer'a, pow. 100x, d) wtrącenia żużla, nietraw, pow. 500x

Planche I: Bogucino près de Kołobrzeg. Epingle: a) structure, décap. au nital, gross. 100x; Couteau no 1: b) structure, décap. au nital, gross. 100x, c) distribution du phosphore, décap. au réactif Oberhoffer, gross. 100x, d) inclusions de scorie, non décapé, gross. 500x.



Tablica II: Bogucino koło Kołobrzegu. Nóż nr 2: a) struktura, traw. azotalem, pow. 100x, b) struktura w miejscu silniej nawęglonym, traw. azotalem, pow. 100x, c) rozłożenie fosforu, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 100x, d) wtrącenia żużla, nietraw., pow. 500x

Planche II: Bogucino près de Kołobrzegu. Couteau no 2: a) structure, décap. au nital, gross. 100x, b) structure à l'endroit à carburation plus intense, décap. au nital, gross. 100x, c) distribution du phosphore, décap. au réactif Oberhoffer, gross. 100x, d) inclusions de scorie, non décapé, gross. 500x

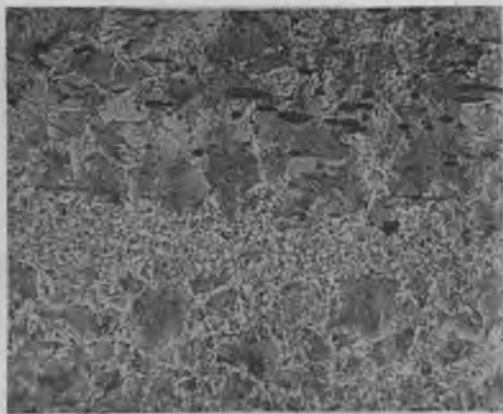


Tablica III: Bogucino koło Kołobrzegu. Węzidło: a) struktura, traw. azotalem, pow. 100x, b) rozłożenie fosforu, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 100x; Rogowo koło Kołobrzegu. Zapinka: c) struktura, traw. azotalem, pow. 100x; Nóż: d) struktura, traw. azotalem, pow. 100x

Planche III: Bogucino près de Kołobrzeg. Mors: a) structure, décap. au nital, gross. 100x. b) distribution du phosphore, décap. au réactif Oberhoffer, gross. 100x; Rogowo près de Kołobrzeg. Epingle: c) structure, décap. au nital, gross. 100x; Couteau: d) structure, décap. au nital, gross. 100x



a



b



c



d

Tablica IV: Rogowo koło Kołobrzegu. Nóż: a) wtrącenia żużla, nietraw., pow. 500x; Dębczyno koło Białogardu. Krój: b) traw. azotalem, pow. 100x, c) rozłożenie fosforu, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 100x, d) wtrącenia żużla, nietraw., pow. 500x

Planche IV: Rogowo près de Kołobrzeg. Couteau: a) inclusions de scorie, non décapé, gross. 500x; Dębczyno près de Białogard. Coutre: b) décap. au nital, gross. 100x, c) distribution du phosphore, décap. au réactif Oberhoffer, gross. 100x, d) inclusions de scorie, non décapé, gross. 500x

Fragment nr 1 znaleziony w budynku naziemnym słupowym nr 7 (ar 16, ów. C) na stanowisku 3 w Dębczynie koło Białogardu, datowany na IV w.n.e. miał strukturę dosyć złożoną. Wykazały to badania próbki po wytrawieniu odczynnikiem Oberhoffera, które ujawniły występowanie pasm o różnej zawartości tej domieszki (tabl. Vb). Obok pasm dość dużych ziarn ferrytu (klasa 4) występowały pasma (tabl. Vc) lub nawet skupienia (tabl. Vd) ziarn bardzo drobnych (klasa 8), nie zaobserwowano jednak zjawisk strukturalnych, świadczących o zgrzewaniu różnych kawałków żelaza. Również obserwacje próbki — po wytrawieniu odczynnikiem Oberhoffera i ujawnieniu rozłożenia fosforu, przeprowadzone przy większym powiększeniu nie wykazały struktury świadczącej o zastosowaniu zgrzewania (tabl. VIa). Przeprowadzone badania fragmentu nr 1 nie wykazały śladów zgrzewania, możliwe jest co najwyżej, że nastąpiło połączenie różnych rozgałęzień tej samej łupki podczas jej przerabiania na gotowy wyrób. W każdym razie tego rodzaju zgrzewanie nie miałyby żadnego uzasadnienia technologicznego. Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (typ A), niektóre nieliczne wtrącenia wykazywały jednak bardziej złożoną strukturę (typ D21 lub E?). Zawartość fosforu we fragmencie nr 1 była wysoka.

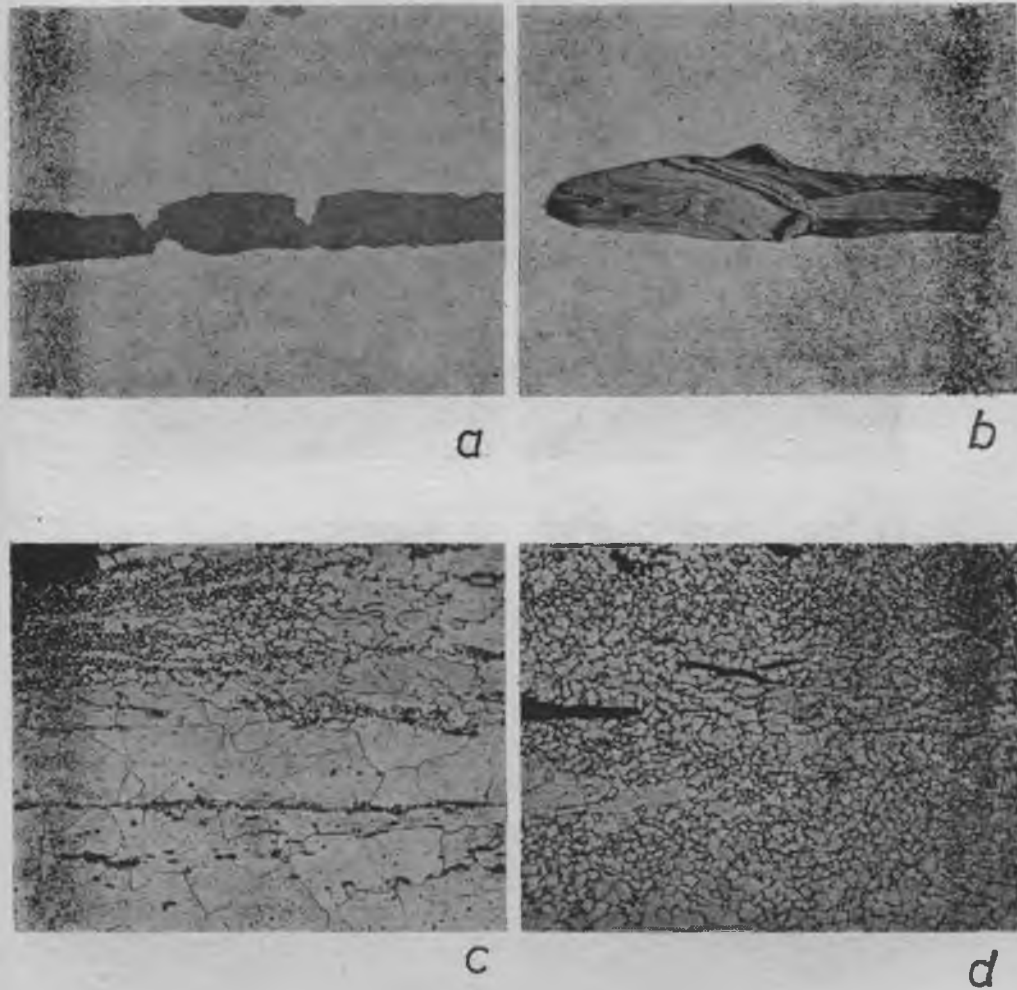
Fragment nr 2 z Dębczyna koło Białogardu z IV w.n.e. (stanowisko nr 3, ar 25, ów. D, obiekt 81 — półziemianka 9, nr inw. D3/83/72) wykonano także z żelaza o wysokiej zawartości fosforu. Struktura metalu ferrytyczna (tabl. VIb) ze śladowymi ilościami perlitu w niektórych miejscach, będących wynikiem nieznacznego (śladowego) nawęglenia pierwotnego (tabl. VIc). W tych miejscach występowała struktura o bardzo drobnym ziarnie.

Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (typ A), niektóre jednak miały bardziej złożoną strukturę, bądź wykazywały jasne zabarwienie (typ C), bądź zawierały zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym lub popielatawo-ciemnym tle (typ D21 i E).

Fragment nr 3 z Dębczyna koło Białogardu z IV w.n.e. (stanowisko 3, ar 23, ów. A/B, C/D, obiekt 91 — półziemianka 10) wykazał strukturę ferrytyczną żelaza o wysokiej zawartości fosforu (tabl. VIId). Obok dużych ziarn (klasa 2) występowały skupienia ziarn drobnych (klasa 7). Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały w metalu wtrącenia wielofazowe, zawierające wydzielienia jasnej fazy na popielatawo-ciemnym tle (typ E).

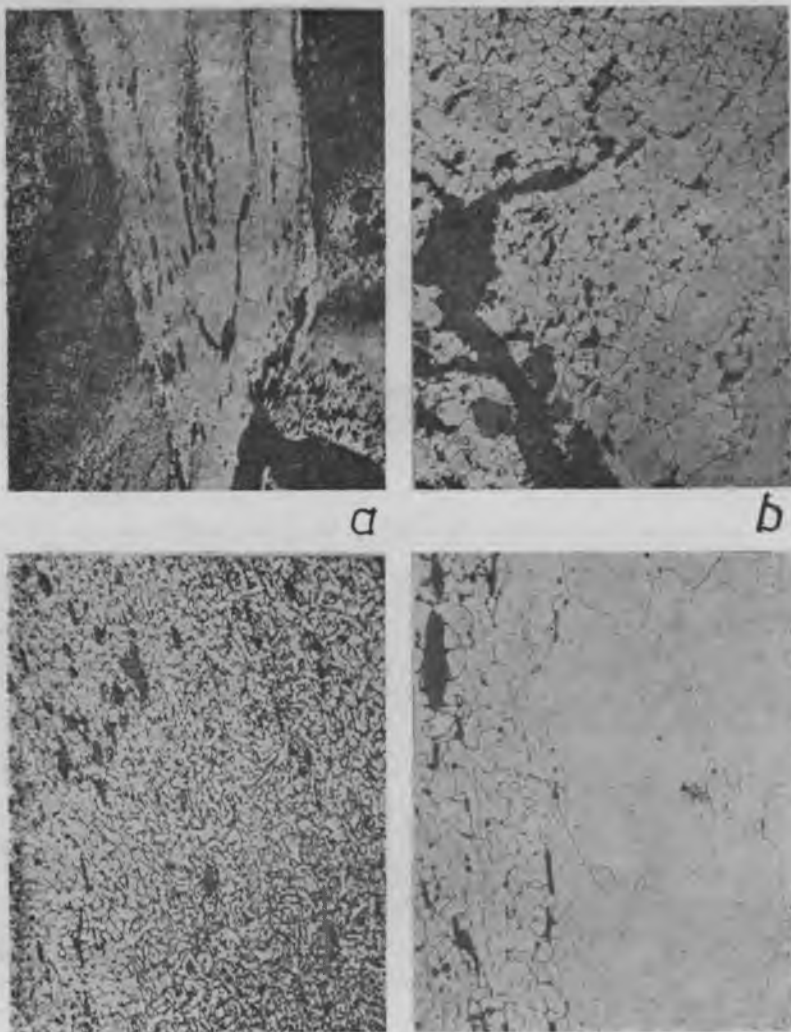
Nóż z półziemianki 22 w osadzie w Dębczynie koło Białogardu (stanowisko 3), datowany na początek V w.n.e. wykonany był z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęgleniu, od śladów do około 0,5% C (tabl. VIIa). Struktura noża składała się z perlitu o dużej dyspersji sorbitu i ferrytu (tabl. VIIb), w ilościach zależnych od lokalnej zawartości węgla. Struktura wskazuje na zastosowanie obróbki cieplnej, którą jednak trudno dokładnie określić. Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Ogniwo, znalezione także w półziemiance 22 w Dębczynie koło Białogardu (stanowisko 3, osada) wykazało strukturę pasmowatą, podobnie jak



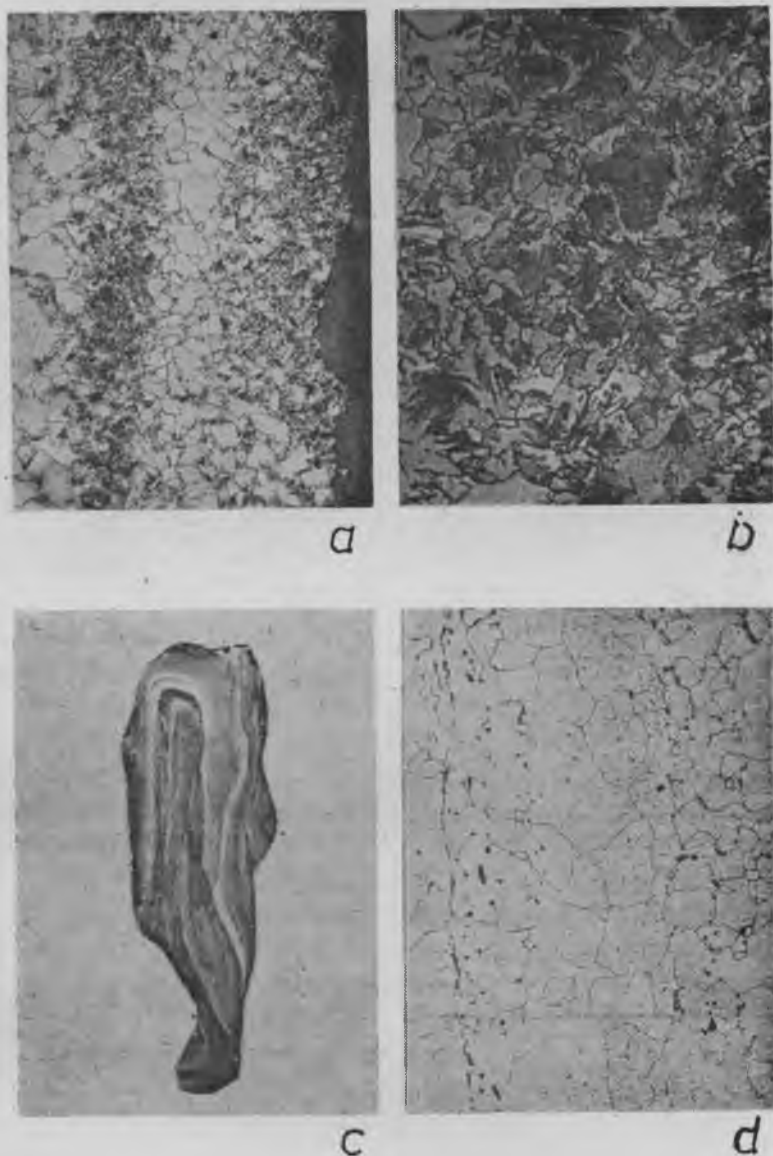
Tablica V: Dębczyno koło Białogardu. Krój: a) wtrącenia żużla, nietraw., pow. 500x; Fragment nr 1: b) rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, traw. odczynnikiem Oberhoffera; c) struktura, traw. azotalem, pow. 100x, d) struktura części drobnoziarnistej, traw. azotalem, pow. 100x

Planche V: Dębczyno près de Białogard. Coutre: a) inclusions de scorie, non décapé, gross. 500x; Fragment no 1: b) distribution du phosphore sur la coupe transversale, décap. au réactif Oberhoffer; c) structure, décap. au nital, gross. 100x, d) structure de la partie à grains fins, décap. au nital, gross. 100x



**Tablica VI:** Dębczyno koło Białogardu. Fragment nr 1: a) rozłożenie fosforu, traw. odczynnikami Oberhoffer, pow. 100x; Fragment nr 2: b) struktura, traw. azotalem, pow. 100x, c) struktura części drobnoziarnistej, nieznacznie nawęglonej, traw. azotalem, pow. 100x; Nóż: d) struktura, traw. azotalem, pow. 11x

**Planche VI:** Dębczyno près de Białogard. Fragment no 1: a) distribution du phosphore, décap. au réactif Oberhoffer, gross. 100x; Fragment no 2: b) structure, décap. au nital, gross. 100x; c) structure de la partie à grains fins très peu carburée, décap. au nital, gross. 100x; Couteau: d) structure, décap. au nital, gross. 11x

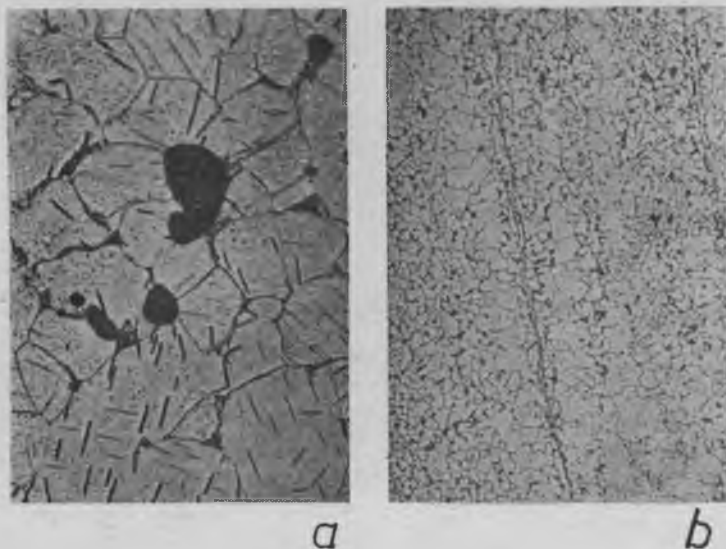


**Tablica VII:** Dębczyno koło Białogardu. Nóż: a) struktura, traw. azotalem, pow. 100x, b) struktura pod większym powiększeniem, traw. azotalem, pow. 500x; Ogiwo: c) rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 11x, d) struktura, traw. azotalem, pow. 100x

**Planche VII:** Dębczyno près de Białogard. Couteau: a) structure, décap. au nital, gross. 100x; b) structure plus grossie, décap. au nital, gross. 500x; Maillon: c) distribution du phosphore sur la coupe transversale, décap. au réactif Oberhoffer, gross. 11x, d) structure, décap. au nital, gross. 100x.

fragment nr 1 (tabl. VIIc); zawartość fosforu w ogniwie była jednak dość niska. Struktura metalu była ferrytyczna, drobnoziarnista; w nawęglonych pasmach (do ok. 0,1% C) obserwowano śladowe ilości perlitu (tabl. VIId). Obserwacje struktury po wytrawieniu odczynnikami Oberhoffera, przeprowadzone przy większym powiększeniu nie wykazały śladów zgrzewania.

W ogniwie zaobserwowano ponadto drobne wydzielenia (o długości dochodzącej do 0,02 mm) iglastej fazy, określanej przez autora jako faza A (tabl. VIIla). Jest to najprawdopodobniej związek żelaza z azotem  $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ , który posiada taką właśnie postać<sup>7</sup>. Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały nieliczne wtrącenia o bardziej złożonej



Tablica VIII: Dębczynno koło Białogardu. Ogniwo: a) azotki w ziarnach ferrytu, traw. azotalem, pow. 100x; Grot strzały: b) struktura, traw. azotalem, pow. 100x

Planche VIII: Dębczynno près de Białogard. Maillon: a) Nitrures dans les grains de ferrite, décap. au nital, gross. 100x; Pointe de flèche: b) structure, décap. au nital, gross. 100x.

strukturze, zawierające zaokrąglone wydzielenia jasnej fazy na ciemnym tle (typ B lub D1).

Grot strzały, pochodzący również z pólziemianki 22 z osady w Dębczynnie koło Białogardu (stanowisko 3) i datowany na początek V w.n.e. wykonany był z drobnoziarnistego żelaza (klasa 8), wykazującego w niektórych miejscach nieznaczące nawęglenie (do ok. 0,1% C) i strukturę pasmową. Struktura metalu ferrytyczna, z nielicznymi ziarnami perlitu (tabl. VIIIb). Zawartość fosforu w grocie strzały była niska. Wtrącenia żużla miały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

<sup>7</sup> W ten sposób określili analogiczne wtrącenia G. R. Booker, J. Norbury, A. L. Sutton, *Investigations of Nitride Precipitation in Pure Iron and Mild Steel*, Journal of the Iron and Steel Institute, t. 187, 1957, s. 211.

Poza przedmiotami żelaznymi, których wyniki zostały przedstawione, przeprowadzono także ilościową analizę chemiczną próbek żużla żelaznego z okolic Koszalina. Były to próbki żużla z Białogardu i Rogowa koło Białogardu, datowanego na okres późnolateński i wczesnorzymski (I w.p.n.e. — I w.n.e.) oraz podobnie datowane (I w.p.n.e. — II w.n.e.) żużle z Dzierżęcina koło Sławna, a następnie żużel z Bogucina koło Kołobrzegu (I w.n.e.) i z Dębczyna koło Białogardu (III — IV w.n.e.).

Wyniki ilościowej analizy chemicznej wymienionych próbek żużla podano w tabeli 3. Z fragmentu żużla z Rogowa (nr inw. Rg 4/12/74) pobrano dwie próbki do analizy, celem oceny rozrzutu składu chemicznego w jednym fragmencie.

Wśród zbadanych próbek żużla znalazło się kilka fragmentów zawierających — jak można sądzić — znaczną ilość nadtopionego wymurowania kotliny ogniska (lub pieca?). Świadczy o tym niska zawartość tlenków żelaza (w sumie — poniżej 40% Fe), a wysoka ilość krzemionki (33,09 - 65,60% SiO<sub>2</sub>). Żużle te również zawierają znacznie większą ilość Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6,25 - 7,76%) od pozostałych (1,12 - 3,43%), co wskazuje, że wymurowanie zawierało w znacznej ilości glinę.

Do takich fragmentów stopionego żużla z wymurowaniem należą żużel z Bogucina koło Kołobrzegu oraz żużel nr 2 i nr 4 z Dzierżęcina koło Sławna. Tego rodzaju skład chemiczny nie może charakteryzować rudy użytej do wytopu i nie jest reprezentatywny dla żużla.

Pozostałe próbki żużla charakteryzują się dość wysoką zawartością fosforu (0,58 - 3,56% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, średni wynik — 2,03% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na ogół niska jest zawartość MnO, chociaż w niektórych próbkach (żużle z Białogardu i Dębczyna, żużel nr 5 z Dzierżęcina koło Sławna i żużel nr 2 z Rogowa) ilość tego składnika jest wysoka (3,28 - 12,05% MnO). Analizy wykazały także bardzo duże różnice zawartości MgO w badanych próbkach.

Na podstawie przeprowadzonych analiz trudno jest orzec, czy różnice te są wynikiem eksploatacji dwóch odmian rudy różniącej się ilością MnO, czy też jest to jeden rodzaj rudy odznaczający się tak nierównomiernym rozłożeniem związków manganu.

W chwili obecnej należy zaakceptować raczej tę ostatnią ewentualność, wymagającą jednak w przyszłości potwierdzenia przez badania geologiczne.

Zawartość gliny w rudzie była niska, zawartość Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> w żużlu mieści się w granicach 1,17 - 3,43%.

Zgodnie z klasyfikacją autora<sup>8</sup> zbadane próbki żużla, a stąd i używanej rudy, charakteryzują się dość wysoką zawartością związków fosforu, a niską zawartością Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; zawartość manganu waha się w dość szerokich granicach.

Są to wyniki podobne do uzyskanych podczas badań próbek żużla ze Szczecina-Pogodna, Lubieszowa koło Gryfina, Ognicy koło Stargardu, Chosz-

<sup>8</sup> J. Piaskowski, *Klasyfikacja dawnego żużla dymarskiego, występującego na ziemiach Polski w świetle statystycznej analizy składu chemicznego*, Kw. HKM t. XIV, 1966, z. 2, s. 335.

Tabela 3

## Wyniki ilościowej analizy chemicznej próbek żużla

Lp.	Rodzaj próbki	Stanowisko	Lokalizacja	Nr inw.	Zawartość, %								
					Fe*	FeO	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	Żużel	Białogard	zn. powierzchni.	129/73	42,03	54,68	3,90	18,24	5,18	4,70	12,05	3,39	2,12
2	Żużel nr 1a	Rogowo, st. 4	obiekt – pale- nisko 2	Rg 4/12/74	50,53	50,69	15,70	27,06	2,52	0,60	0,12	0,58	2,53
3	Żużel nr 1b				60,60	70,3	8,18	14,14	1,64	0,10	0,26	2,52	2,12
4	Żużel nr 2		wykop IV, ob. 3 jama	Rg 4/24/74	59,52	68,80	8,37	10,64	2,52	1,20	6,00	0,75	1,17
5	Żużel nr 3		obiekt – pale- nisko 6	Rg 4/64/74	40,46	43,62	9,20	38,42	1,96	0,45	1,12	1,12	3,43
6	Żużel nr 1	Dzierżęcín koło Sławna, st. 3	wykop, 7 jama 9	Dz. 3/247/72	64,92	71,2	13,4	9,14	1,22	0,10	0,65	3,02	1,62
7	Żużel nr 2		wykop 8, ćw. A/B piec 2	Dz. 3/66 C/73	11,94	3,81	12,81	65,60	2,38	1,35	0,15	0,56	6,75
8	Żużel nr 3		wykop 9, półzie- mianka 1	Dz. 3/106C/73	55,09	62,5	9,06	22,19	1,05	0,20	0,65	0,70	2,05
9	Żużel nr 4		wykop 8, ćw. F/G półziemian- ka 2	60/73	13,33	9,21	8,79	64,54	2,38	1,30	0,25	0,85	7,76
10	Żużel nr 5		wykop, 3 jama 6	100	45,01	34,40	25,97	14,99	4,06	4,30	10,92	3,56	1,87
11	Żużel	Bogucino koło Kołobrzegu	zn. powierzchni.	189	38,82	38,09	13,61	38,08	1,26	1,10	0,12	0,22	7,15
12	Żużel	Dębezyno koło Białogardu, st.3	ar. 153, ćw. A	851/74	51,58	49,07	19,01	20,74	2,56	1,20	3,28	2,62	1,45

\* Obliczono na podstawie zawartości FeO i Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

czna-Kwiatowa i Konikowa koło Koszalina. Te ostatnie wykazały także wysoką zawartość fosforu (0,73 - 4,71%  $P_2O_5$ ), zawierały natomiast nieco więcej związków manganu (2,3 - 14,21%  $MnO$ ) i gliny (0,94 - 9,80%  $Al_2O_3$ )<sup>9</sup>.

W ten sposób opisane badania fragmentów żużla pokrywają się z poprzednio przeprowadzonymi analizami wskazującymi, że ludność Pomorza Zachodniego w starożytności, podobnie zresztą jak i we wczesnym średniowieczu wykorzystywała miejscowe rudy darniowe, bągienne itp., odznaczające się wysoką zawartością fosforu<sup>10</sup>.

#### OPRACOWANIE WYNIKÓW

Liczba zbadanych przedmiotów żelaznych z Bogucina koło Kołobrzegu oraz Rogowa i Dębczyna koło Białogardu jest niewielka (13 sztuk), jednak wyniki badań całkowicie pokrywają się z rezultatami wcześniejszych prac autora.

Analizy żużli potwierdzają wniosek, że hutnicy na Pomorzu zachodnim w okresie późnolateńskim i rzymskim eksploatowali występującą na tym terenie wysokofosforową rudę żelaza. Kształt zachowanych fragmentów żużla wskazuje, że metal wytapiany był w prymitywnych ogniskach — kotlinach, wylepionych masą ogniotrwałą, składającą się głównie z gliny<sup>11</sup>.

Zawartość  $P_2O_5$  w zbadanych próbkach żużla wynosi 0,58 - 3,56%, średnio — 2,03%, stąd — opierając się na wyznaczonej przez autora<sup>12</sup> zależności pomiędzy zawartością fosforu w uzyskanym metalu i  $P_2O_5$  w żużlu — wyliczono, że żelazo wytapiane przez miejscowych hutników w okolicach Koszalina mogło zawierać 0,08 - 1,10% P.

Istotnie, wśród zbadanych przedmiotów żelaznych z Bogucina, Rogowa i Dębczyna, przeważająca liczba wykonana została z żelaza wysokofosforowego i większość takich okazów — jeśli nie wszystkie — może być uznana za wyroby miejscowe.

Tak więc do wyrobów miejscowych należy zaliczyć noże nr 1 i 2 oraz wędzidło z Bogucina, nóż z Rogowa, fragmenty nr 1, 2 i 3 i ogniwo z Dębczyna (ogółem 8 okazów). Nie jest natomiast pewne, czy do tej grupy należy zapinka z Rogowa, zawierająca wiele fosforu, jednak zawartość niklu (0,07% Ni) jest wyraźnie wyższa aniżeli w pozostałych przedmiotach uznanych za wyroby miejscowe.

<sup>9</sup> J. Piaskowski, *Technologia żelaza...*, s. 109; tenże, *Dalsze badania metaloznawcze*, s. 185.

<sup>10</sup> Por. J. Piaskowski, *Technologia żelaza...*, s. 123.

<sup>11</sup> Por. J. Piaskowski, *O wytapianiu żelaza w ogniskach dymarskich na ziemiach Polski*, Kw. HKM t. XVIII, 1970, z. 1, s. 37.

<sup>12</sup> J. Piaskowski, *Correlation between the Phosphorus content in Iron Ore or Slag and that in Bloomery Iron*, Arch. Polona t. 7, 1965, 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.

Oznaczałoby to, że starożytni hutnicy w okolicach Koszalina wytapiali z miejscowych rud darniowych, bagiennych itp. żelazo niskiej jakości, zawierające 0,13 - 0,72% P, w którego strukturze występowało nieznaczne śladowe nawęglenie (pierwotne).

Żelazo wytapiane przez starożytnych hutników w okolicach Koszalina zawierało ponadto śladowe ilości niklu (do 0,02% Ni, ewentualnie wyjątkowo — do 0,07% Ni). Domieszka taka nie ma praktycznie wpływu na własności metalu.

W żelazie miejscowym, obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały w miejscowym żelazie wtrącenia o bardziej złożonej strukturze (najczęściej typu D21 i E); wtrącenia takie zaobserwowano w większości (87,5%) okazów uznanych za wyroby miejscowe.

Natomiast nie jest pewne czy do wyrobów miejscowych można zaliczyć krój z Dębczyna. Zawiera on dość wysoką zawartość fosforu (zwłaszcza uwzględniając nawęglenie), niewiele niklu i wtrącenia żużla o złożonej strukturze (typ D21). Jednak w pozostałych wyrobach miejscowych zawartość węgla jest nieznaczna, większa ilość węgla wystąpiła w zapince z Rogowa, zawierającej wiele fosforu (0,27% P), jednak nie jest pewne czy była ona wyrobem miejscowym (zawartość niklu).

Poza tym trzy noże, uznane za wyroby miejscowe wykonane były z żelaza, a nie ze stali. Jednak liczba zbadanych noży jest mała.

Reasumując, w obecnej sytuacji trudno ustalić, czy do miejscowych wyrobów należy zaliczyć wyroby stalowe, jak na przykład krój z Dębczyna. Konieczne są dalsze badania narzędzi z tej części kraju. Jeśli okaże się, że wystąpi w nich stal o podwyższonej zawartości fosforu, nie zawierająca prawie niklu i charakteryzująca się wtrąceniami żużla o złożonej strukturze (np. typ D21 i E), wówczas można będzie uznać, że hutnicy w okolicach Koszalina świadomie wytapiali w starożytności (i wykorzystywali) — obok żelaza także stal. Chwilowo należy wstrzymać się przed przyjęciem tego bardzo odpowiedzialnego stwierdzenia, a tym samym na razie nie należy włączać kroju z Dębczyna do wyrobów miejscowych.

Poza tym istnieje grupa przedmiotów z żelaza niskofosforowego, które należy uznać za wyroby obcego pochodzenia lub za metal pochodzący z innego ośrodka produkcyjnego. Należy do nich zapinka z Bogucina, nóż z Dębczyna, a najprawdopodobniej także grot strzały z tego ostatniego stanowiska.

Wśród tych ostatnich mogły znajdować się wyroby „świętokrzyskie” (uwzględnić należy wszakże możliwość przypadkowej zbieżności cech w indywidualnych przypadkach)<sup>13</sup>. Warto przypomnieć, że metal świętokrzyski

<sup>13</sup> Charakterystykę cech żelaza „świętokrzyskiego” opublikowano w pracach: J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I - IV w. n.e.)*, Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa t. VI, 1963, s. 9; tenże, *Dalsze badania metaloznawcze starożytnych przedmiotów żelaznych z ziemi Kieleckiej*, Rocznik Muzeum Święto-

był szczególnie odpowiedni do wyrobu zapinek<sup>14</sup> i zapinki z tego metalu dość często występują na Pomorzu (m.in. zapinki z żelaza „świętokrzyskiego” wystąpiły licznie na stanowisku kultury oksywskiej w Rumii koło Wejherowa)<sup>15</sup>.

Identyfikacja jednak obcego ośrodka (lub ośrodków) hutniczego skąd pochodziły przedmioty żelazne stosowane przez ludność Pomorza w okresie późnolateńskiego i rzymskiego jest jeszcze tematem badań, które utrudnia fakt, że ośrodek taki najprawdopodobniej mieścił się poza granicami Polski.

Przeprowadzone badania starożytnych przedmiotów żelaznych z okolic Koszalina, a także znalezionych na tym terenie próbek żużla żelaznego potwierdzają w pełni wyniki dotychczasowych prac.

Miejscowi hutnicy eksploatowali jedynie rudy darniowe lub bagienne o dość wysokiej zawartości fosforu. Z rudy tej wytapiali żelazo niskiej jakości, nie stwierdzono — przynajmniej do chwili obecnej — aby potrafiliby oni kierować świadomie nawęglaniem metalu i uzyskiwać stal. Nie stwierdzono też umiejętności nawęglania wtórnego (cementacji) narzędzi stalowych oraz zgrzewania żelaza i stali.

Żelazo, wytapiane przez starożytnych hutników na Pomorzu Zachodnim, odznaczające się niską jakością (kruche) nie nadawało się do wyrobu części uzbrojenia, takich jak miecze i groty włóczni. W dotychczasowych badaniach nie stwierdzono stosowania na miecze żelaza zawierającego powyżej 0,20% P, a groty włóczni z takiego metalu występują bardzo rzadko. Dlatego ludność Pomorza Zachodniego w starożytności nie mogła wyrabiać broni z własnego metalu i musiała korzystać z broni (lub metalu) zakupywanej lub zdobywanej.

W świetle przeprowadzonych badań jest więc zrozumiały zwyczaj zabezpieczenia broni u Sujanów zamieszkujących wybrzeża Bałtyku, opisany przez Tacytą w *Germanii*.

„Z kolei idą gminy Sujanów, już na samym Oceanie, które prócz wojowników i broni mają też silne floty [...] Broni nie pozostawia się tam jak u reszty Germanów do ogólnej dyspozycji, lecz trzyma się zamkniętą pod strażą i to niewolnika. Wszak od nagłych napadów nieprzyjacielskich chroni ich Ocean, a dłonie ludzi uzbrojonych w czasie pokoju. Łatwo wyzbywali się dyscypliny. Przeto zaiste nie leży w interesie króla oddawać w zarząd zbrojowni ani szlachcicowi, ani wolno urodzonemu, ani nawet wyzwolencowi”<sup>16</sup>.

Przeprowadzone badania starożytnych przedmiotów żelaznych z okolic Koszalina pozwoliły określić rodzaj wytapianego na miejscu metalu i dokonać wstępnej oceny technologii; poziom tej technologii był stosunkowo niski i nie

---

krzyskiego t. V, 1968, s. 151. Por. także: J. Piaskowski, *Wyroby żelazne kowali świętokrzyskich w okresie późnolateńskiego i rzymskiego, ich rozpowszechnienie i ocena jakości*, Rocznik Świętokrzyski t. III, 1972, s. 245.

<sup>14</sup> J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zapinek celtyckich znalezionych na ziemiach Polski*, Arch. Polski t. XV, 1970, s. 387.

<sup>15</sup> J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania starożytnych przedmiotów żelaznych z omentarzystyka ciałopalnego w Rumii, pow. Wejherowo* (w przygotowaniu do druku).

<sup>16</sup> Tacyt, *Germania* 44 (tłum. Hamera), t. II, Warszawa 1957, s. 288.

różnił się od poziomu drobnych ośrodków hutniczych kultury oksywskiej i przeworskiej (z wyjątkiem ośrodków z Polski południowej i — oczywiście — ośrodka „świętokrzyskiego”).

Dla potwierdzenia uzyskanych wyników konieczne są jednak dalsze badania narzędzi, a zwłaszcza noży występujących na Pomorzu na stanowiskach archeologicznych z okresu lateńskiego i rzymskiego.

## ETUDE METALLOGRAPHIQUE DES OBJETS EN FER ANTIQUES PROVENANT DE LA REGION DE KOSZALIN

par

JERZY PIASKOWSKI (Kraków)

### Résumé

Une étude métallographique de treize objets en fer de la période romaine, trouvés dans la région de Koszalin, a été faite. Elle a consisté en analyse chimique, en examen métallographique, en évaluation de la grosseur du grain, en détermination de la microdureté des éléments micrographiques et en mesure de la dureté du métal faite selon la méthode de Vickers.

On a en outre effectué une analyse chimique quantitative de douze échantillons de scorie provenant des localités suivantes: Bogucino, Dębczyno, Białogard, Dzierżęcino près de Sławno et Rogowo. La scorie était caractérisée par une haute teneur en phosphore (0,58 - 3,56% de  $P_2O_5$ ), sa teneur en aluminium étant faible (1,17 - 3,43% de  $Al_2O_3$ ) et celle en manganèse assez élevée (3,28 - 12,05% de MnO). Les caractéristiques rapportées ci-dessus ne tiennent pas compte des résultats de l'analyse de la scorie mêlée de fragments fondus de la maçonnerie des fours.

La scorie provenait de la fusion du minerai de fer des marais contenant une dose fort élevée de phosphore et qu'on rencontre dans la Poméranie de l'Ouest. Dans ces conditions, seuls les objets à haute teneur en phosphore ont été considérés comme produits locaux.

Dans la catégorie des produits locaux ont été rangés les objets obtenus par forgeage du fer à haute teneur en phosphore: couteaux nos 1, 2 et mors (tous deux de Bogucino près de Kołobrzeg), couteau de Rogowo près de Białogard, fragments nos 1, 2 et 3 ainsi que maillon de Dębczyno près de Białogard. Il est possible que l'épingle de Rogowo appartienne, elle aussi, à cette catégorie.

Par contre, on a pas établi l'origine du couteau de Dębczyno, fabriqué avec du fer forgé et irrégulièrement carburé. Parmi les objets en fer à faible teneur en phosphore (épingle de Bogucino, couteau et pointe de flèche de Dębczyno) pouvaient figurer des produits provenant de la région des Montagnes de la Sainte-Croix.

Les résultats de l'étude métallographique confirment les constatations antérieures de l'auteur, selon qui dans la période de La Tène tardive et dans la période romaine la population occupant la Poméranie de l'Ouest savait déjà fondre le minerai de fer des marais pour en obtenir du fer à haute teneur en phosphore et de mauvaise qualité, alors que la technologie de la fabrication d'acier ne lui était probablement pas connue. Ni la technique de carburation secondaire (cémentation) ni celle de soudage du fer sur l'acier n'ont été non plus observées.