

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH Z WCZESNOŚREDNIOWIECZNEJ OSADY W CZERMNIE-CZERWIENIU, WOJ. ZAMOŚĆ

Liczba zbadanych dotychczas przedmiotów żelaznych z wschodnich ziem Polski pozostaje jeszcze niewielka. Dotychczas opublikowano wyniki analiz 5 przedmiotów żelaznych z cmentarzyska ciałopalnego kultury przeworskiej w Dratowie koło Puław¹, analizy dalszych 3 okazów z Opoki i 3 okazów z Masowa k. Puław, a nadto 8 przedmiotów z Puław-Włostowic znajdujących się w opracowaniu².

Liczniesze są zbadane materiały z okresu wczesnego średniowiecza. Zbadano mianowicie 21 przedmiotów żelaznych i 10 fragmentów żużla z Chodlika (VI-IX w.), 7 przedmiotów żelaznych i 3 fragmenty żużla z Lublina (VIII-XIII w.), 6 przedmiotów żelaznych z Lublina-Czwartku, a ponadto 10 przedmiotów żelaznych z Horodyszcza, woj. Biała Podlaska (XII-XIII w.)³. Są to wprawdzie w sumie 44 przedmioty i 13 fragmentów żużla, jednak narzędzia – w liczbie 26 sztuk – stanowią tylko część tych materiałów. Wynika więc stąd potrzeba dalszych badań wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych, a zwłaszcza narzędzi. Dlatego podjęto badania przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie-Czerwieniu. Materiały te pochodzą z prac wykopaliskowych prowadzonych przez Zakład Archeologii Uniwersytetu im. M. Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Za ich udostępnienie autor składa podziękowanie Kierownictwu Zakładu.

Przeprowadzone analizy zrealizowano w ramach problemu międzyresortowego III.11, koordynowanego przez Instytut Historii Nauki, Oświaty i Techniki Polskiej Akademii Nauk (koordynatorem II stopnia był Instytut Odlewnictwa w Krakowie, gdzie przeprowadzone były analizy).

¹ J. Piaskowski, *Technologie 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.

² J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania starożytnych i wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Opoki, pow. Puławy i Horodyszcza, pow. Chełm* (w przygotowaniu do druku); tenże, *Metaloznawcze badania starożytnych przedmiotów żelaznych z Masowa i Puław-Włostowic* (w przygotowaniu do druku).

³ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych i żużla z wczesnośredniowiecznych stanowisk archeologicznych w Chodliku, woj. lubelskie* (w druku); tenże, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych i żużla z Lublina (VIII-XIII w.)* (w druku); tenże, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Lublina-Czwartku* (w druku); tenże, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Horodyszcza, woj. Biała Podlaska i Masłomęcza, woj. Zamość* (Spraw. Arch., t. 38: 1986, s. 283; tenże, *Metaloznawcze badania starożytnych i wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Polski...* (w przygotowaniu do druku).

ZESTAWIENIE ZBADANYCH PRZEDMIOTÓW

Do badań przeznaczono 9 przedmiotów z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie-Czerwieniu, z trzech stanowisk archeologicznych. Ze stan. 1 zbadano 2 noże (nr 1 i 2), ze stan. 2–6 fragmentów żelaznych nieokreślonego przeznaczenia (fragmenty nr 1 do 6), a ze stan. 3 – jeden fragment okucia (?) (nr 7).

Opracowanie archeologiczne zespołu osadniczego w Czermnie-Czerwieniu opublikowali J. Gurba i L. Gajewski⁴.

METODY BADAŃ I SPOSÓB ZESTAWIENIA WYNIKÓW

Metody opisanych badań i sposób zestawienia wyników były identyczne, jak w innych pracach autora⁵. Badania obejmowały ilościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna (według normy PN-66/H-04507), pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych przeprowadzone przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemanna oraz badania twardości sposobem Vickersa (według normy PN-78/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 absorpcji atomowej stosowano przy oznaczeniach zawartości niklu i miedzi. 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 (nital). Do 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.

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

WYNIKI BADAŃ

Szkic zbadanych przedmiotów z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie-Czerwieniu – wraz z określeniem miejsca wycięcia próbek – przedstawiono na ryc. 1, natomiast technologie ich wykonania (z uwzględnieniem rodzaju tworzywa) – na ryc. 2.

Wyniki ilościowej analizy chemicznej zbadanych przedmiotów z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie podaje tabela 1, a wyniki obserwacji metalograficznych wraz z oceną wielkości ziarna i wynikami pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych, a także wyniki pomiarów twardości metalu sposobem Vickersa – tabela 2.

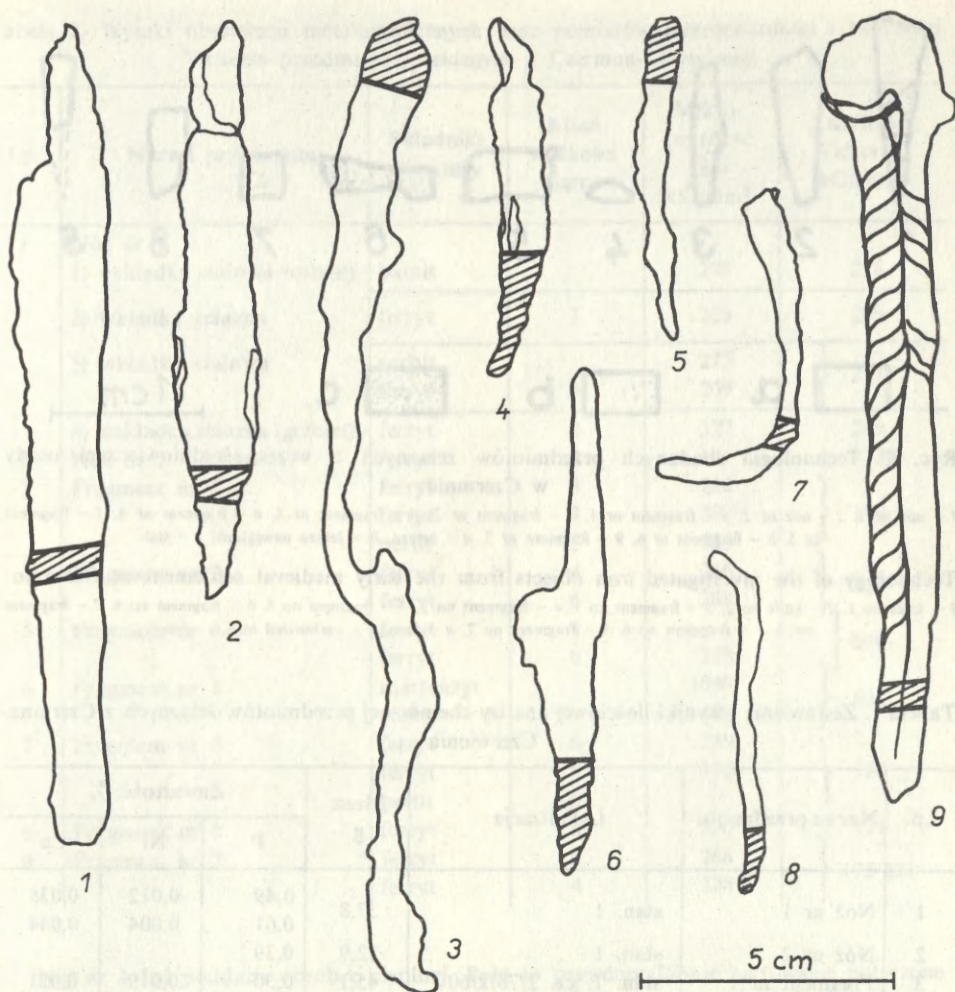
Przeprowadzone badania dały następujące wyniki:

Nóż nr 1 ze stan. 1 wykazał bardzo złożoną technologię, był on bowiem zgrzewany z 4 prętów, 2 stalowych i 2 żelaznych, ułożonych na przemian tak, że ostrze było stalowe, a grzbiet żelazny (ryc. 3a). Trawienie odczynnikiem Oberhoffera wykazało, że części stalowe zawierały mniej fosforu, aniżeli części żelazne (ryc. 3b).

W stalowym ostrzu struktura była bainityczna; ze stalowego ostrza nastąpiła dyfuzja

⁴ J. Gurba, L. Gajewski, *Zespół osadniczy Czermnia-Czerwienia w świetle nowych badań archeologicznych*, „Folia Societatis Scientiarum Lublinensis”, t. 20: 1978, sec. Hum., z. 1-2, s. 3.

⁵ J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego w X-XV wieku na podstawie badań metaloznawczych*, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, „Prace Komisji Archeologicznej”, nr 2, s. 68.



Ryc. 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie:

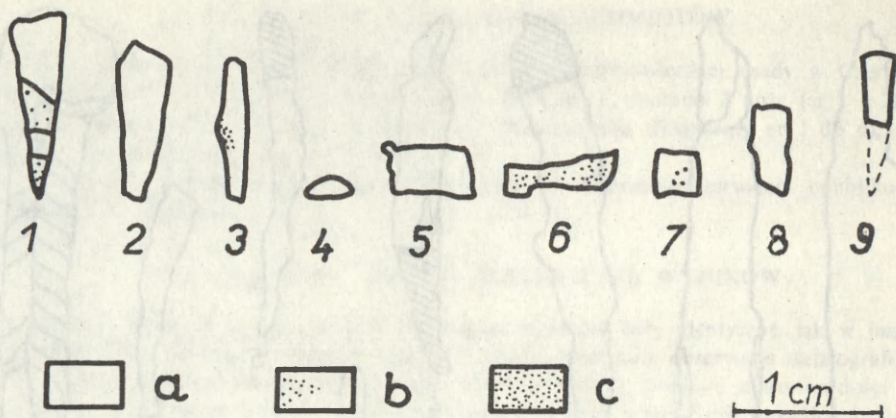
1 – nóż nr 1, 2 – nóż nr 2, 3 – fragment nr 1, 4 – fragment nr 2, 5 – fragment nr 3, 6 – fragment nr 4, 7 – fragment nr 5, 8 – fragment nr 6, 9 – fragment nr 7

Investigated iron objects from the early medieval settlement at Czerarno:

1 – knife no 1, 2 – knife no 2, 3 – fragment no 1, 4 – fragment no 2, 5 – fragment no 3, 6 – fragment no 4, 7 – fragment no 5, 8 – fragment no 6, 9 – fragment no 7

węgla do przylegającej warstwy żelaza (ryc. 3c). Rozłożenie fosforu w miejscu zgrzania stalowej nakładki (ostrze) z częścią (wkładką) żelazną przedstawia ryc. 3d.

Struktura pomiędzy tą wkładką żelazną a wkładką stalową widoczna jest na ryc. 4a, a rozłożenie fosforu w tym miejscu – na ryc. 4b. We wkładce stalowej struktura była sorbityczno (?)-ferrytyczna, drobnoziarnista, a we wkładce żelaznej – gruboziarnista. Podobna była struktura w miejscu zgrzania tej wkładki stalowej z nakładką żelazną (ryc. 4c); w części stalowej zawartość fosforu była niższa aniżeli w nakładce grzbietowej. Strukturę żelaznej nakładki grzbietowej stanowił gruboziarnisty ferryt, charakterystyczny dla żelaza dymarskiego o bardzo wysokiej zawartości fosforu.



Ryc. 2. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czerminie:

1 – nóż nr 1, 2 – nóż nr 2, 3 – fragment nr 1, 4 – fragment nr 2, 5 – fragment nr 3, 6 – fragment nr 4, 7 – fragment nr 5, 8 – fragment nr 6, 9 – fragment nr 7, a – żelazo, b – żelazo nawęglone, c – stal

Technology of the investigated iron objects from the early medieval settlement at Czermino:

1 – knife no. 1, 2 – knife no. 2, 3 – fragment no. 1, 4 – fragment no. 2, 5 – fragment no. 3, 6 – fragment no. 4, 7 – fragment no. 5, 8 – fragment no. 6, 9 – fragment no. 7, a – iron, b – carburized iron, c – steel

Tabela 1. Zestawienie i wyniki ilościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych z Czermina-Czerwienia

Lp.	Nazwa przedmiotu	Lokalizacja	Masa g	Zawartość, %		
				P	Ni	Cu
1	Nóż nr 1	stan. 1	37,8	0,49 0,61	0,012 0,004	0,038 0,044
2	Nóż nr 2	stan. 1	22,9	0,39		
3	Fragment nr 1	stan. 1, cz. 2/76/2/60	45,1	0,30	0,019	0,021
4	Fragment nr 2	stan. 2, cz. 2/76/2/40	7,8	1,12 (?)	0,056	0,039
5	Fragment nr 3	stan. 2, cz. 2/76/2/40	7,9	0,79	0,003	0,043
6	Fragment nr 4	stan. 2, cz. (76/NEC)	12,0	0,02	0,161	0,032
7	Fragment nr 5	stan. 2, cz. 2/76/1/40	8,0	0,24	0,026	0,035
8	Fragment nr 6	stan. 2, cz. 76	15,9	0,70	0,025	0,024
9	Fragment nr 7	stan. 3	50,9	0,86 0,86	0,008 0,012	0,007 0,007

W częściach stalowych wtrącenia żużla były drobne i trudno było określić ich strukturę; przypuszczalnie posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A? według klasyfikacji autora⁶).

We wkładce stalowej zaobserwowano pasemko wtrąceń żużla zawierających zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ B). Duże wtrącenia żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały w obu częściach żelaznych.

⁶ J. Piaskowski, *Klasyfikacja struktury wtrąceń żużla i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych*, *Kwart. HKM*, t. 27: 1969, z. 2, s. 61.

Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa przedmiotów żelaznych z Czerwna-Czerwienia

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikro-twardość Hm kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	Nóż nr 1				
	1) nakładka stalowa (ostrze)	bainit		298	218
	2) wkładka żelazna	ferryt	3	269	209
	3) wkładka stalowa	sorbit ferryt	6	277 209	} 251
4) nakładka żelazna (grzbiet)	ferryt	2	327	249	
2	Nóż nr 2	ferryt	4	171	132,6
3	Fragment nr 1	ferryt	6	266	} 199
		ferryt	8	302	
		perlit	5	325	
4	Fragment nr 2	ferryt	4	266	} 157
		ferryt	6	208	
5	Fragment nr 3	ferryt	4		} 240
		ferryt	6	228	
6	Fragment nr 4	martenzyt		1059	} 631
		sorbit		478	
7	Fragment nr 5	ferryt	6	239	} 159
		ferryt	9	175	
		perlit	9		
8	Fragment nr 6	ferryt	3	280	191
9	Fragment nr 7	ferryt	8	266	} 175-221
		ferryt	4	328	

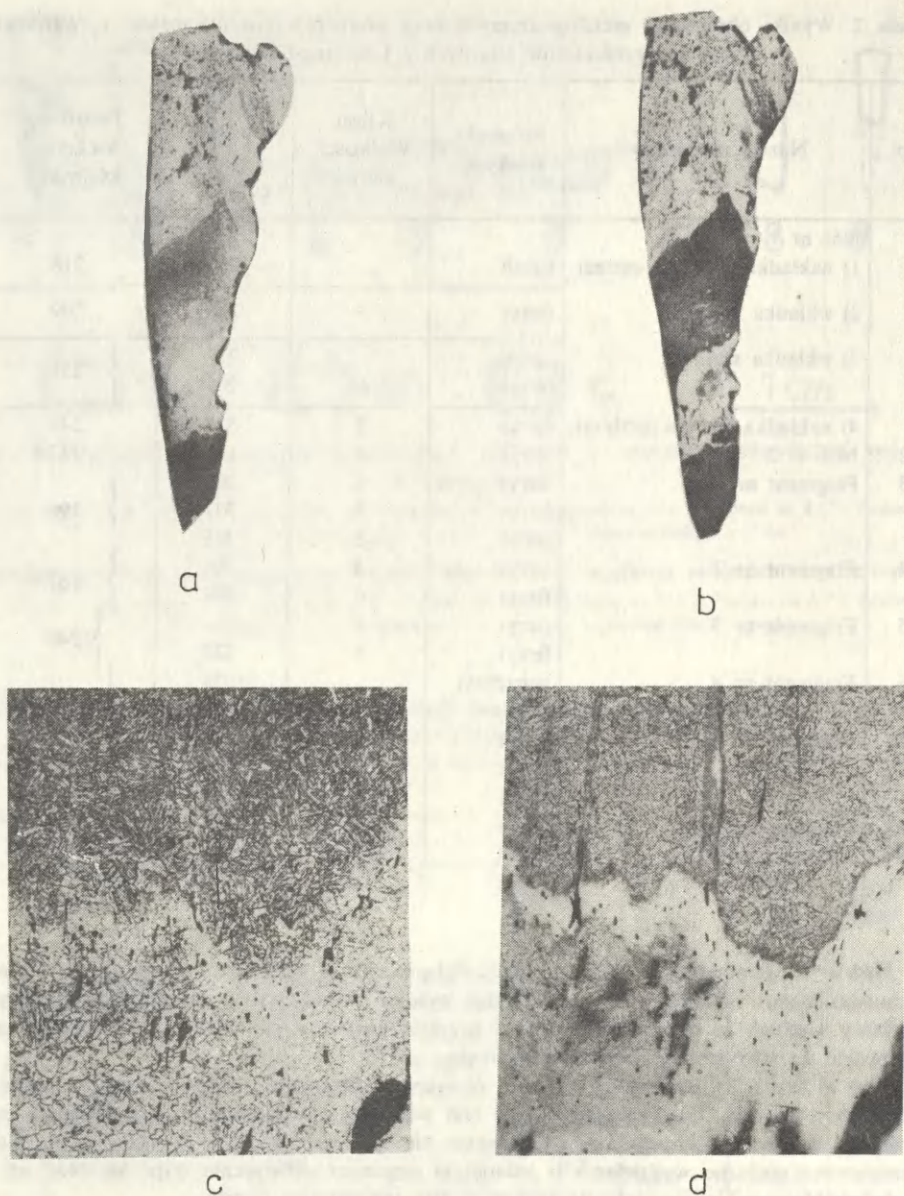
Nóż nr 1 był poddany obróbce cieplnej. Było to prawdopodobnie hartowanie połączone z odpuszczaniem, twardość ostrza nie była zbyt wysoka. Świadczy to o umiejętnościach kuźnika, który wiedział, że przy metalu o dość wysokiej zawartości fosforu przy silniejszym zahartowaniu warstwy stalowe byłyby zbyt kruche.

Nóż nr 2 (stan. 1) był wykuty z żelaza o wysokiej zawartości fosforu. Struktura metalu była ferrytyczna (ryc. 5a), występowały w nim przeważnie wtrącenia żużła zawierające zaokrąglone wydzielania jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1 lub B) – ryc. 5b, obok nich obserwowano nieliczne wydzielania o jednolitym ciemnym zabarwieniu (typ A). Nóż nr 2 nie był poddany zabiegom technologicznym w celu utwardzenia metalu.

Fragment nr 1 ze stan. 2 w Czerwnie-Czerwieniu wykonany był również z żelaza i struktura jego była ferrytyczna, przy czym obok ziarn drobnych występowały ziarna dość duże (ryc. 5c).

Przy powierzchni przedmiotu zaobserwowano dość znaczne nawęglenie dochodzące do 0,7% C i sięgające na głębokość ok. 0,6 mm; w miejscu tym, obok ferrytu, wystąpiły ziarna perlitu (ryc. 5d). Wtrącenia żużła wykazywały przeważnie mniej lub bardziej liczne wydzielania jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1 lub B), identyczne jak w nożu nr 2 (ryc. 5b). Wtrącenia żużła o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) były nieliczne.

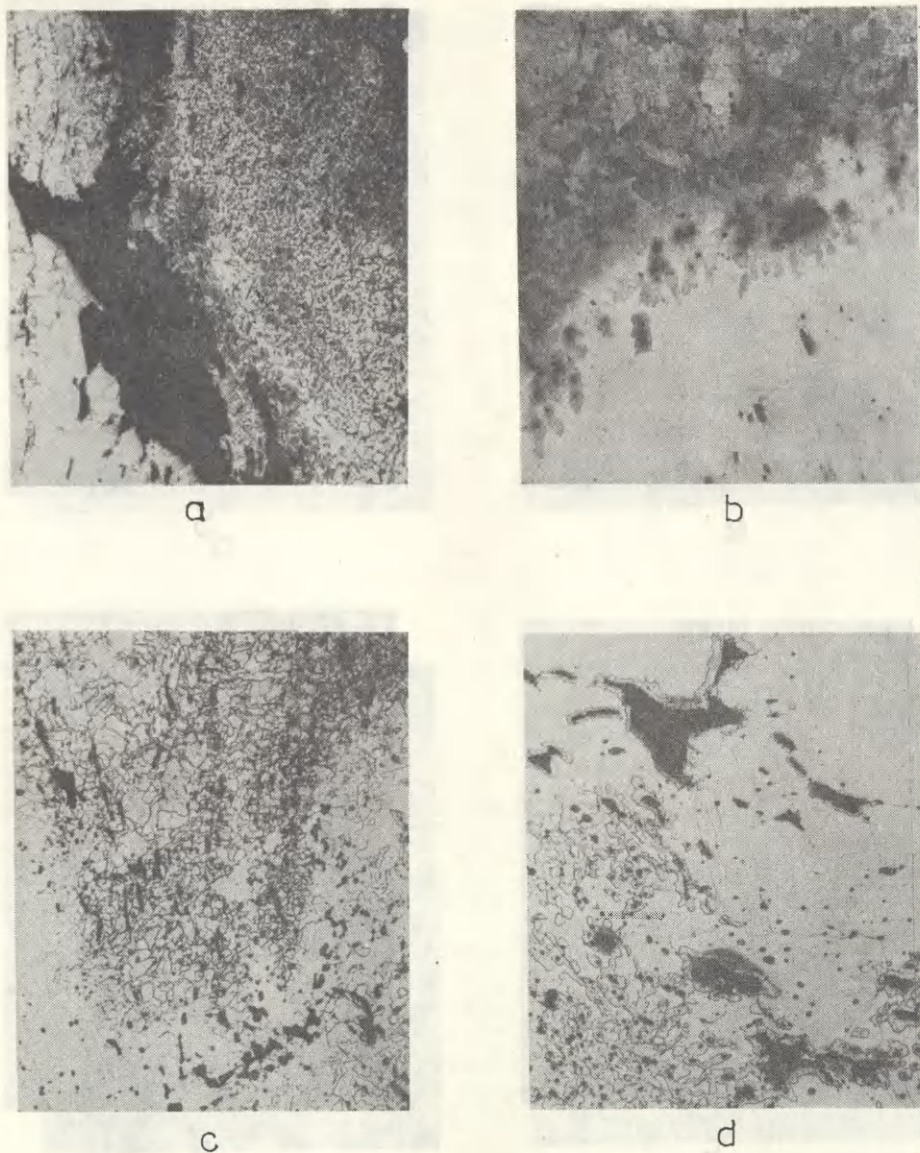
Taką samą strukturę ferrytyczną żelaza dymarskiego o ziarnach różnej wielkości obserwowano we fragmencie nr 2 (ryc. 6a). Wtrącenia żużła miały również podobne zabarwienie (wtrącenia typu D1 i B oraz nieliczne wtrącenia typu A).



Ryc. 3. Nóż nr 1: *a*) makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. $8\times$, *b*) rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju, pow. $8\times$, *c*) struktura w miejscu zgrzania nakładki stalowej z częścią żelazną, pow. $100\times$, *d*) rozłożenie fosforu w miejscu zgrzania nakładki stalowej z częścią żelazną, pow. $100\times$

a,c – trawione nitałem, *b,d* – trawione odczynnikami Oberhoffera

Knife no 1: *a*) macrostructure on the cross-section, $\times 8$, *b*) distribution of phosphorus on the cross-section, $\times 8$, *c*) structure at the welding point of the steel cover-plate with iron part, $\times 100$; *a,c* – nital etched, *b,d* – etched by Oberhoffer reagent

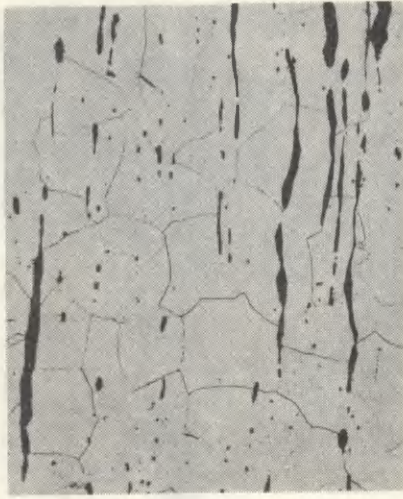


Ryc. 4. Nóż nr 1: a) struktura w miejscu zgrzania wkładki żelaznej z wkładką stalową, pow. 100×, b) rozłożenie fosforu w miejscu zgrzania wkładki żelaznej z wkładką stalową, pow. 100×, c) struktura w miejscu zgrzania wkładki stalowej z nakładką grzbietową (żelazna), pow. 100×, d) struktura nakładki żelaznej grzbietowej, pow. 100×

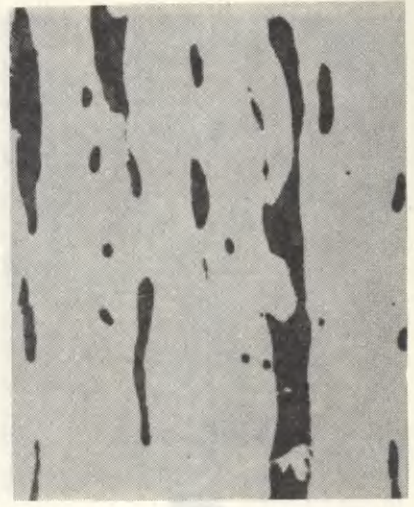
a, c, d – trawione nital, b – trawione odczynnikiem Oberhoffera

Knife no 1: a) structure at the welding point of the iron and steel insert, ×100, b) distribution of phosphorus at the welding point of the iron and steel insert, ×100; c) structure at the welding point of the steel insert and iron cover-plate, ×100, d) structure of the iron cover-plate, ×100

a, c, d – nital etched, b – etched by Oberhoffer reagent



a



b



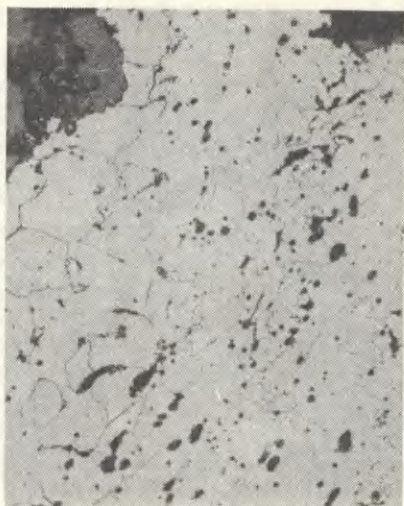
c



d

Ryc. 5. Nóż nr 2: *a*) struktura, pow. 100 ×, *b*) wtrącenia żużla, pow. 500 ×. Fragment nr 1: *c*) struktura, pow. 100 ×, *d*) struktura w miejscu nawęglonym, pow. 100 ×
a,c,d – trawione nitałem, *b* – nietrawione

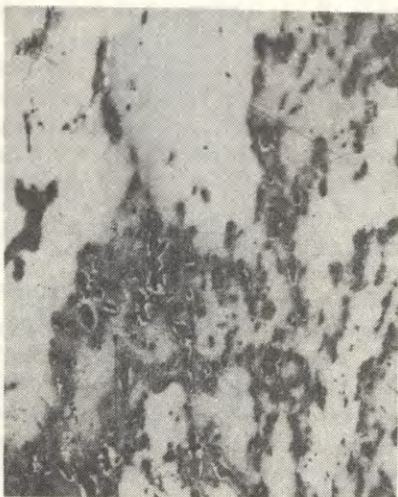
Knife no 2: *a*) structure. ×100. *b*) slag inclusions. ×500. Fragment no 1: *c*) structure, ×100, *d*) structure in the carburized part, ×100
a,c,d – nital etched, † – unetched



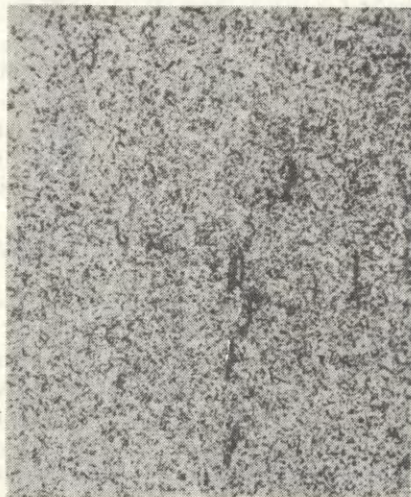
a



b



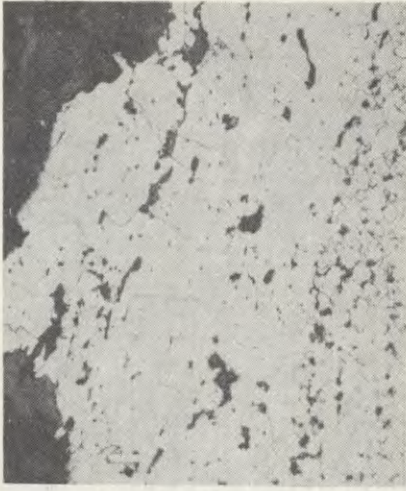
c



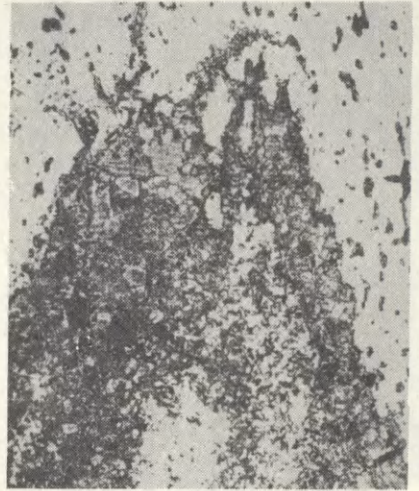
d

Ryc. 6. Fragment nr 2: a) struktura, pow. 100 ×. Fragment nr 3: b) struktura, pow. 100 ×, c) rozłożenie fosforu, pow. 100 ×. Fragment nr 4: d) struktura, pow. 100 ×
a,b,d – trawione nitaliem, *c* – trawione odczynnikiem Oberhoffera

Fragment no 2: a) structure, ×100. Fragment no 3: b) structure, ×100, c) distribution of phosphorus, ×100. Fragment no 4: d) structure, ×100
a,b,d – nital etched. *c* – etched by Oberhoffer reagent



a



b



c



d

Ryc. 7. Fragment nr 5: a) Struktura, pow. 100 ×, b) rozłożenie fosforu, pow. 100 ×. Fragment nr 6: c) struktura, pow. 100 ×. Nóż nr 3 d) makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 10 ×

a,c,d – trawione nitałem, b – trawione odczynnikiem Oberhoffera

Fragment no 5: a) structure, ×100, b) distribution of phosphorus, ×100. Fragment no 6: c) structure, ×100. Knife no 3: d) macrostructure on the cross-section, ×100

a,c,d – nital etched, b – etched by Oberhofer reagent

Podobnie we fragmencie nr 3 wystąpiła struktura ferrytyczna o ziarnach różnej wielkości (ryc. 6b). Fragment ten wykonany był również z żelaza wysokofosforowego, a rozłożenie fosforu ilustruje fotografia (ryc. 6c); na granicach ziarn oraz w częściach metalu. Wtrącenia żuźla zawierały przeważnie mniej lub bardziej liczne wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1 i B); wtrącenia o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) były nieliczne.

Fragment nr 4 wykuty był z bardzo drobnoziarnistej stali o strukturze martenzytyczno-sorbitycznej (ryc. 6d). Przy powierzchni zaobserwowano nieznaczne odwęglenie. Wtrącenia żuźla, podobnie jak w poprzednio opisanych okazach, posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A) lub zawierały zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1 i B).

Fragment nr 5 wykazał strukturę pasmową żelaza z nieznacznym nawęglaniem. Obok pasm ferrytu o dość dużym ziarnie (klasa 4) występowały pasma ziarn bardzo drobnych (klasa 9) – ryc. 7a; w tych ostatnich warstwach obserwowano również małe ziarna perlitu jako wynik lokalnego nawęglania. Pasmowe było także rozłożenie fosforu. W pasmach drobnoziarnistych zawartość tej domieszki była niższa niż w warstwach gruboziarnistych (ryc. 7b). W strukturze nie zaobserwowano żadnych śladów zgrzewania warstw grubo- i drobnoziarnistych. Obok wtrąceń żuźla zawierających zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1 i B) występowały wtrącenia o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A).

Fragment nr 6 wykazał gruboziarnistą strukturę ferrytyczną żelaza dymarskiego o wysokiej zawartości fosforu; świadczy o tym także „relief” powierzchni próbki, widoczny na fotografii struktury (ryc. 7c). Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A). Fragment nr 7 ze stan. 3 wykonany został z żelaza o strukturze ferrytycznej o różnej wielkości ziarna. Rozłożenie warstw gruboziarnistej i drobnoziarnistej na poprzecznym przekroju widoczne jest na fotografii – ryc. 7d (część drobnoziarnista jest nieco ciemniejsza).

Badania próbki odczynnikiem Oberhoffer'a wykazały, że w części drobnoziarnistej zawartość fosforu była niższa (ryc. 8a). Przejście pomiędzy częścią drobnoziarnistą i gruboziarnistą było nieregularne (ryc. 8b) i nie występowały żadne zjawiska wskazujące na zgrzewanie obu części. W części drobnoziarnistej wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A), natomiast w części drobnoziarnistej – obok takich wtrąceń – obserwowano wtrącenia zawierające mniej lub bardziej liczne zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy (typ D1 i B).

OPRACOWANIE WYNIKÓW

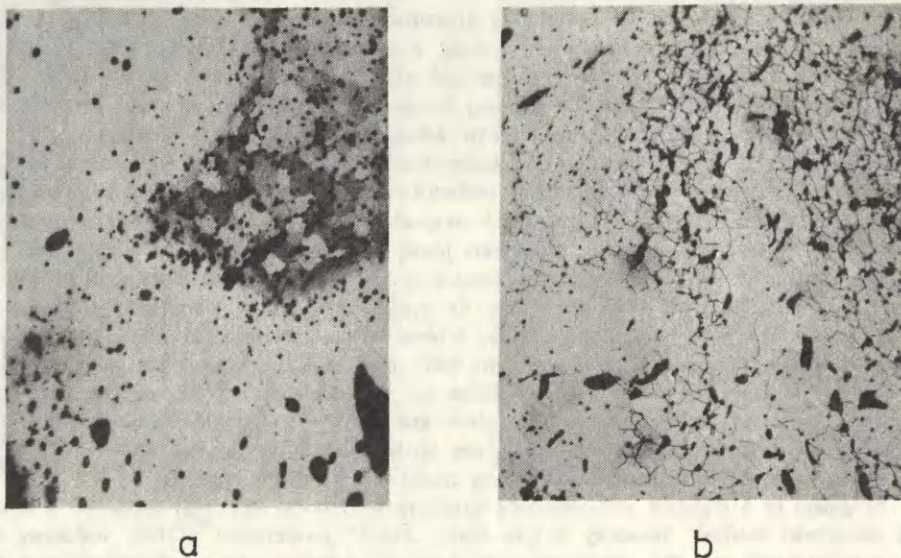
Wśród zbadanych przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie-Czerwieniu na szczególną uwagę zasługuje nóż nr 1 ze stan. 1. Technologia noża, polegająca na zgrzewaniu narzędzia z 4 prętów (2 stalowych i 2 żelaznych) i obróbce cieplnej jest trudna i złożona. We wczesnym średniowieczu, a zwłaszcza od przełomu X/XI w., technologia zgrzewania była często stosowana przy wyrobie noży, ale zazwyczaj łączono ze sobą tylko jeden pręt żelazny grzbiet z jednym prętem stalowym, tworzącym ostrze⁷. Zastosowanie podwojonej ilości zgrzewanych prętów podnosiło jakość narzędzia, ale i komplikowało wykonanie.

Dotychczasowe wyniki badań wczesnośredniowiecznych narzędzi żelaznych (w tym także noży) zdają się wskazywać, że technologia na terenie Lubelszczyzny stała niżej aniżeli na innych obszarach Polski.

Znaleziska narzędzi żelaznych (w tym także noży), przy wyrobie których zastosowano technikę zgrzewania, są stosunkowo rzadkie i obok zbadanego właśnie noża nr 1 z Czermna-Czerwienia można wskazać tylko na nóż nr 2 i grot strzały z Chodlika (VI-VIII w.), krzesiwo z Horodyszca, woj. Białą Podlaska (XII-XIII w.), i noże nr 1-3 z Lublina-Czwartku (XII-XIV w.).

W sumie więc wśród 26 wczesnośredniowiecznych narzędzi (włączono do nich także 3 groty strzał z Lubelszczyzny) tylko przy wyrobie 7 zastosowano zgrzewanie żelaza i stali. co

⁷ J. Piaskowski, *Untersuchungen der frühmittelalterlichen Eisen- und Stahltechnologie der Slaven in den Gebieten zwischen Weichsel und Oder*, APolona, t. 15: 1974, s. 67.



Ryc. 8. Fragment nr 7: a) struktura, pow. 100 \times , b) rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju; pow. 10 \times

a – trawione nitałem, b – trawione odczynnikami Oberhoffera

Fragment no 7: a) structure, $\times 100$, b) distribution of phosphorus on the cross-section, $\times 10$

a – nital etched, b – etched by Oberhoffer reagent

stanowi 26,9% (dla noży – 29,4%), podczas gdy dla ziem Polski położonych na lewym brzegu Wisły i Sanu udział narzędzi zgrzewanych wynosi 55,6% (dla noży – nawet 71,1%)⁸.

Nie udało się jeszcze ustalić, kiedy kuźnicy na terenie Lubelszczyzny opanowali technikę zgrzewania żelaza i stali. Nie jest pewne, czy nóż nr 2 i grot strzały z Chodlika z VI-VIII w. n.e. były wyrobami miejscowymi, czy importami. Gdyby pierwsza ewentualność była słuszna, należałoby oczekiwać większej ilości zgrzewanych narzędzi wśród materiałów z Chodlika.

Następne zgrzewane narzędzia, z Horodyszcza i Lublina-Czwartku, pochodzą dopiero z XII-XIV w. Wszystkie 3 zbadane noże zgrzewane z tego ostatniego stanowiska pozwalają przypuszczać, że technikę zgrzewania opanowali miejscowi kuźnicy. Pozostaje jednak do zbadania, czy technika ta nie była znana na terenie Lubelszczyzny już wcześniej.

Zgrzewany z żelaza i stali nóż nr 1 z Czerwna-Czerwienia wykonany był z metalu wysokofosforowego, jaki pospolicie wytapiano na ziemiach Polski (także na Lubelszczyźnie) w okresie wczesnego średniowiecza. Okaz ten może być więc wyrobem miejscowym.

Podobnie z żelaza wysokofosforowego został wykonany nóż nr 2 z Czerwna-Czerwienia. Przy jego wyrobieniu nie zastosowano żadnego sposobu w celu podwyższenia twardości, czyli jakości narzędzia.

Przy wyrobieniu obu zbadanych noży, a także sześciu fragmentów ze stan. 2 i 3 (fragmenty nr 1-3, 5-7) zastosowano żelazo (lub stal) o wysokiej zawartości fosforu (0,24-1,12 (?)% P), niskiej zawartości niklu (0,003-0,056% Ni) i miedzi (0,007-0,044% Cu).

Niskofosforowa stal występuje w tym okresie bardzo rzadko. Fragment nr 4 z osady w Czerwnie wykonany był właśnie z takiej stali (0,02% P), zawierającej znacznie większą

⁸ J. Piaskowski, *Zagadnienie ciągłości rozwoju hutnictwa żelaza na ziemiach polskich w starożytności i we wczesnym średniowieczu*, „Rocznik Dziejów Społecznych i Gospodarczych”, t. 32: 1971, s. 19-20.

ilość niklu (0,161% Ni) w porównaniu z pozostałymi zbadanymi okazami. Fragment nr 4 pochodzi z jakiegoś niezidentyfikowanego, być może bardziej odległego ośrodka hutniczego.

Reasumując można uznać, że zbadane przedmioty żelazne z wczesnośredniowiecznej osady w Czermnie-Czerwień reprezentują typową dla tego okresu technologię. Prawie wszystkie zostały wykonane z wysokofosforowego żelaza lub stali, a przy tym w jednym okazy (nóż nr 1) stwierdzono stosowanie zgrzewania żelaza i stali, co również jest zjawiskiem typowym dla wczesnośredniowiecznej technologii. Jak już wspomniano, nie udało się jeszcze wykazać, kiedy technika zgrzewania żelaza ze stalą została opanowana przez kuźników na terenie Lubelszczyzny.

*Instytut Odlewnictwa
w Krakowie*

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF IRON OBJECTS FROM AN EARLY MIEVEAL SETTLEMENT AT CZERMNO-CZERWIEŃ, ZAMOŚĆ PROVINCE

Metallographic investigations of seven objects from Czermino-Czerwień included metallographic observations with the classification of the grain size, the measurements of microhardness of structural components, and the hardness measurements of metal by the Vickers method. Quantitative chemical analysis was also carried out.

Knife no 1 from site 1 has a very complex technology. It was welded from 2 steel and 2 iron rods with low and high phosphorus content and submitted to heat treatment (probably quenching and tempering).

Knife no 2 from site 1 was forged in iron with high phosphorus content (0.39 and 0.86% P); no hardening operations were observed.

Similarly, fragments nos 1, 2, 3, 5 and 6 from site 2 and fragment no 7 from site 3 were made of iron with high phosphorus content (0.24-1.12% P); in fragment no 1 accidental (?) carburization of the surface was observed.

On the other hand, fragment no 4 was made of steel with low phosphorus content (0.02% P). The content of nickel was fairly high (0.161% Ni); in the other objects the nickel content did not exceed 0.056% Ni. Copper content in the investigated objects ranged from 0.007 to 0.044% Cu.

Investigation of the metallographic structure of carbon steels... The results of the investigation are shown in the following figures...

The metallographic structure of the steels investigated is shown in the following figures. The results of the investigation are shown in the following figures...

Metallurgical investigations of steel obtained from carbon steels... The results of the investigation are shown in the following figures...

Similarly, fragments nos. 1, 2, 3 and 4 from the 1 and 2 steels... The results of the investigation are shown in the following figures...

The results of the investigation are shown in the following figures... The metallographic structure of the steels investigated is shown in the following figures...

The results of the investigation are shown in the following figures... The metallographic structure of the steels investigated is shown in the following figures...