

JERZY PIASKOWSKI

SPRAWOZDANIE Z METALIZACJONOWYCH BADAŃ STAROŻYTNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH I ŻUŻLA Z OSAD W DALEWICACH, POW. PROSZOWICE, I WÓLKI ŁASIECKIEJ, POW. ŁOWICZ

Przeprowadzone dotychczas w ramach prac Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN badania metaloznawcze obejmowały głównie materiały z cementarzystych ciałopalnych. Dlatego też poważne znaczenie posiadają opisane niżej badania przedmiotów żelaznych z osad w Dalewicach, pow. Proszowice, i Wólce Łasieckiej, pow. Łowicz, tym bardziej że w osadach tych natrafiono na ślady miejscowego hutnictwa żelaznego.

Produkcja żelaza w wymienionych miejscowościach była zresztą nieznaczna; zarówno w Dalewicach, jak i w Wólce Łasieckiej znaleziono jedynie ułamki żużla, w tym pierwszym stanowisku niezbyt liczne. W Wólce Łasieckiej natrafiono na fragmenty żużla w chatach obok resztek węgla drzewnego¹. Wskazuje to na wytapienie żelaza nie w piecach ziemnych jak w Igołomi, lecz — jak się wydaje — w ogniskach.

Proces taki, zresztą bardzo racjonalnie wykorzystujący ciepło ogniska, opisał W. Saint-Ange². W Wólce Łasieckiej przypuszczalnie przebieg procesu był prymitywniejszy i polegał po prostu na topieniu rudy w ognisku, nad niewielką kotłnią (wglębieniem).

Za udostępnienie opisanych materiałów do badań autor składa podziękowanie mgr. J. Gromnickiemu prowadzącemu prace archeologiczne w Dalewicach oraz mgr. W. Benderowi i mgr. B. Barankiewicz — za okazy z Wólki Łasieckiej. Materiały z Dalewic pochodziły z prac Zakładu Archeologii Polski IHKM w Krakowie, a materiały z Wólki Łasieckiej z prac Zakładu Archeologii Polski IHKM w Warszawie.

Przeprowadzono równocześnie analizę próbek żużla dymarkowego z Dalewic i Wólki Łasieckiej i rudy darniowej z tej ostatniej miejscowości.

Metody badań i sposób zestawienia wyników

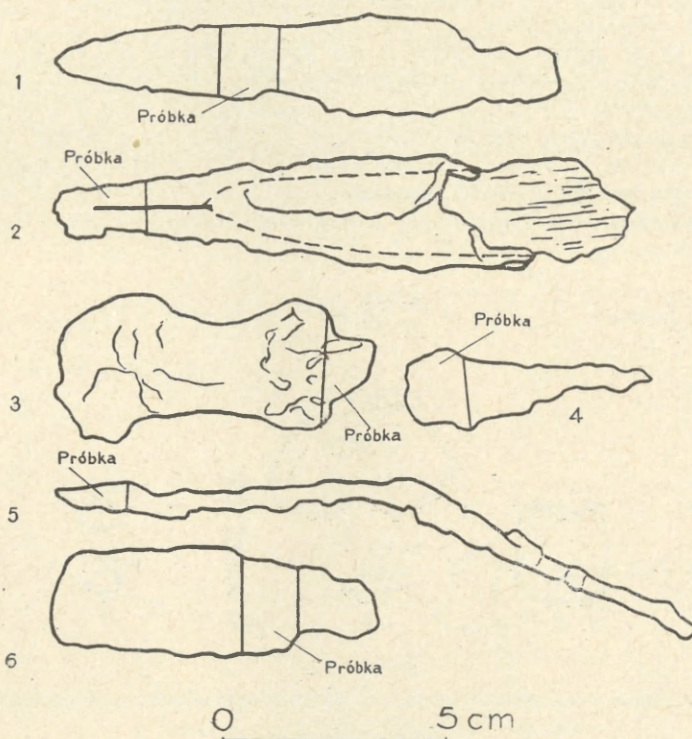
Metody opisanych badań oraz sposób zestawienia wyników były identyczne jak w innych podobnych pracach autora³. Dlatego pominięto ich szczegółowy opis

¹ W. Bender, B. Barankiewicz, *Osada z okresu rzymskiego w Wólce Łasieckiej, pow. Łowicz*, „Archeologia Polski”, t. 7: 1962, s. 21.

² W. de Saint-Ange (deutsch bearbeitet von G. Hartman), *Praktische Eisenhüttenkunde*, t. 2, Weimar 1839, s. 7; por. J. Piaskowski, *W jaki sposób uzyskano w Europie po raz pierwszy żeliwo*, „Przegląd Odlewnictwa”, t. 6: 1956 nr 11, s. 355.

³ Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych na przykładzie zabytków archeologicznych z Łęczycy, Czerchowa i Buczka*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 3, Wrocław 1959, s. 8.

podając tylko w skrócie, że badania obejmowały ilościową i jakościową (spektrograficzną) analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna, pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz pomiary twardości metalu. Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi, stosowanymi przy stopach żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą fotometryczną z wyjątkiem fragmentu nr 1 z Dalewic, przy którym stosowano



Ryc. 1. Dalewice, pow. Proszowice. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z zaznaczeniem miejsc pobrania próbek:

1 — nóż; 2 — grot włóczni (fragment tulei); 3 — nieokreślony fragment nr 1; 4 — nieokreślony fragment nr 2; 5 — drut; 6 — nieokreślony fragment nr 3

metodę miareczkową. Metodę fotometryczną stosowano także przy oznaczaniu zawartości niklu i miedzi w metalu. Przy oznaczaniu zawartości manganu stosowano metodę miareczkową, a zawartość siarki określano przez spalanie. Zawartość węgla oceniano na podstawie obserwacji metalograficznych.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzono metodą spektrograficzną przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy próbkami tego samego materiału. Podając wyniki analizy jakościowej (tabela 1) pominięto obecność podstawowych składników stopów żelaza Fe, C, Si, Mn, P i S oraz Al, Ca, Mg i Ni, które występowały we wszystkich próbkach. Znak „+” określa wyraźnie stwierdzoną obecność domieszki, natomiast znak „0” świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka. Obserwacje metalograficzne prowa-

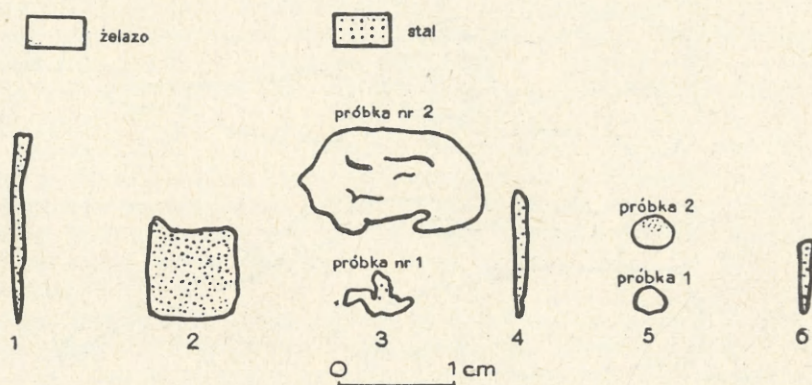
dzono przy użyciu powiększenia 100 i 500 \times , trawiąc próbki 4% rotworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Określano przy tym wielkość ziarna według polskiej normy PN-56/H-04507.

Badania mikrotwardości składników strukturalnych przeprowadzano przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemanna, stosując obciążenie 50 gramów w ciągu 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów. Twardość określano sposobem Vickersa (polska norma PN/H-04360) przy obciążeniu 10 kG, trwającym 15 sek. Każdy wynik jest średnim z 2—3 pomiarów.

Wyniki badań podano, podobnie jak w innych pracach autora, w dwóch tabelach oraz na dwóch rysunkach uzupełnionych mikrografiami struktur.

Przeprowadzono ilościową analizę chemiczną próbki żużla z Dalewic i Wólki Łasieckiej, a także rudy żelaznej znalezionej w pobliżu tej ostatniej miejscowości, stosując metody używane przy analizie rudy żelaznej. Wykonano ponadto pomiary topliwości rudy żelaznej z Wólki Łasieckiej, stosując aparat firmy Feddeler, Essen⁴.

Sposób zestawienia i opracowania wyników był identyczny jak w innych podobnych pracach autora.



Ryc. 2. Dalewice, pow. Proszowice. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych:

1 — nóż; 2 — grot włóczni (fragment tulei); 3 — nieokreślony fragment nr 1; 4 — nieokreślony fragment nr 2; 5 — drut; 6 — nieokreślony fragment nr 3

Zestawienie zbadanych materiałów

Do badań przeznaczono: nóż, grot włóczni (fragment tulei), drut i trzy fragmenty nieokreślone z Dalewic oraz dwa groty włóczni (fragmenty), krzesiwo i siekierę (fragment) z Wólki Łasieckiej, tzn. łącznie 11 przedmiotów. Z wyjątkiem grotu włóczni nr 1 z Wólki Łasieckiej badane okazy nie były konserwowane.

Nóż żelazny z Dalewic, pow. Proszowice, znalezionej został razem z ułamkami żużla (rejon I); występowała tam także ceramika charakterystyczna dla okresu wpływów rzymskich⁵. Nieco wcześniejszy był fragment grotu włóczni (część tulei

⁴ Opis tej metody podano w pracy: W. Sedlak, J. Piaskowski, *Znalezienie łupek żelaza świętokrzyskiego oraz ich charakterystyka metalograficzna*, „Kwart. H. K. M.”, t. 9: 1961 z. 1, s. 93.

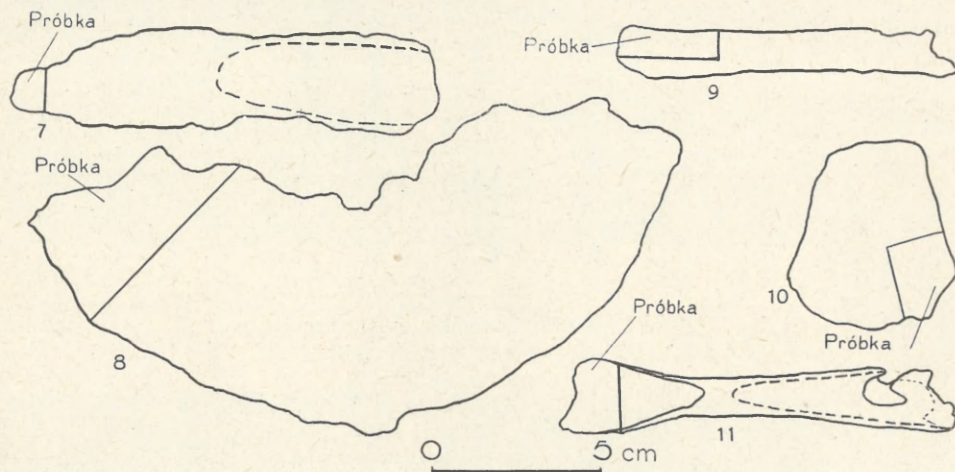
⁵ H. Gromnicki, *Sprawozdanie z badań w Dalewicach, pow. Proszowice*, w 1957 r., „Spraw. Arch.”, t. 7: 1959, s. 26.

wraz z drzewcem) znaleziony w rejonie III wraz z środkowo- i późnolateńską ceramiką celtycką, malowaną i grafitową⁶.

Materiały z Wólki Łasieckiej datowane są na koniec II do III—IV wieku n.e.⁷

Wyniki badań

Wyniki ilościowej i jakościowej (spektrograficznej) analizy chemicznej zbadanych przedmiotów żelaznych z Dalewic, pow. Proszowice, i z Wólki Łasieckiej, pow. Łowicz, podano w tabeli 1, a wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikro-twardości składników strukturalnych oraz pomiarów twardości metalu w tabeli 2. Rysunki zbadanych przedmiotów z Dalewic (z oznaczeniem miejsca wycięcia próbki) przedstawiono na ryc. 1, a technologię ich wykonania na ryc. 2. Rysunki zbadanych przedmiotów oraz oznaczony umownie sposób wykonania okazów z Wólki Łasieckiej przedstawiono na ryc. 3—4.



Ryc. 3. Wólka Łasiecka, pow. Łowicz. Zestawienie badanych przedmiotów żelaznych z zaznaczeniem miejsc pobrania próbek:

7 — grot włóczni nr 1 (fragm.); 8 — okucie rydła (?); 9 — krzesiwo; 10 — siekiera (fragm.); 11 — grot włóczni nr 2 (fragm.)

Nóż z Dalewic, pow. Proszowice, wykazał strukturę twardej stali poddanej obróbce cieplnej. W pobliżu ostrza obserwowano strukturę martenzytyczną (ryc. 5a), dalej od krawędzi ostrza występował troostyt (ryc. 5b), a jeszcze dalej sorbit oraz perlit sorbityczny i — na granicach ziarn — ferryt (ryc. 5c). W metalu — obok wtrąceń żużla o jednolitym, czarnym zabarwieniu — występowały także wydzielenia jasne, otoczone czarnym obrzeżem (ryc. 5d); ten ostatni rodzaj żużla został określony przez autora⁸ jako typ C.

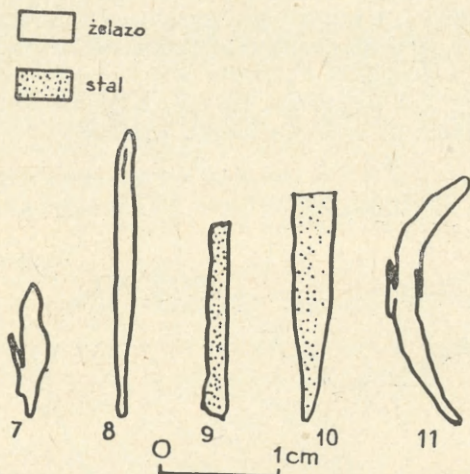
⁶ Tamże, s. 31.

⁷ W. Bender, B. Barankiewicz, *Un village appartenant a la civilisation de Przeworsk en Pologne Centrale (Wólka Łasiecka, district de Łowicz)*, „Archaeologia Polona”, t. 4: 1961, s. 254; Bender, Barankiewicz, *Osada z okresu rzymskiego ...*, s. 65; W. Bender, B. Barankiewicz, *Materiały z badań osady w Wólce Łasieckiej, pow. Łowicz*, „Wiad. Arch.”, t. 31 (w druku).

⁸ J. Piaskowski, *Dalsze badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach polskich w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*, „Kwart. H. K. M.”, t. 11: 1963 nr 1, s. 8. W pracy tej zamieniono w druku ilustracje ryc. 3 i 4.

Można przypuszczać, że nóż z Dalewic poddany był hartowaniu miejscowemu, polegającemu na zanurzeniu w cieczy chłodzącej jedynie krawędzi tnącej⁹.

Grot włóczni, a ściślej fragment zachowanej tulei (mogło to być także dłuto), wykonano także z twardej stali. Przedmiot poddany był obróbce cieplnej. Mikrostrukturę na przekroju poprzecznym podano na ryc. 6a, a strukturę, która składała się z martenzytu, troostytu, sorbitu (obserwowano także w niektórych miejscach ślady ferrytu na granicach ziarn), na ryc. 6b, c.



Ryc. 4. Wólka Łasiecka, pow. Łowicz.
Technologia zbadanych przedmiotów
żelaznych:

7 — grot włóczni nr 1 (fragm.); 8 — okucie
rydla (?); 9 — krzesiwo; 10 — siekiera
(fragm.); 11 — grot włóczni nr 2 (fragm.)

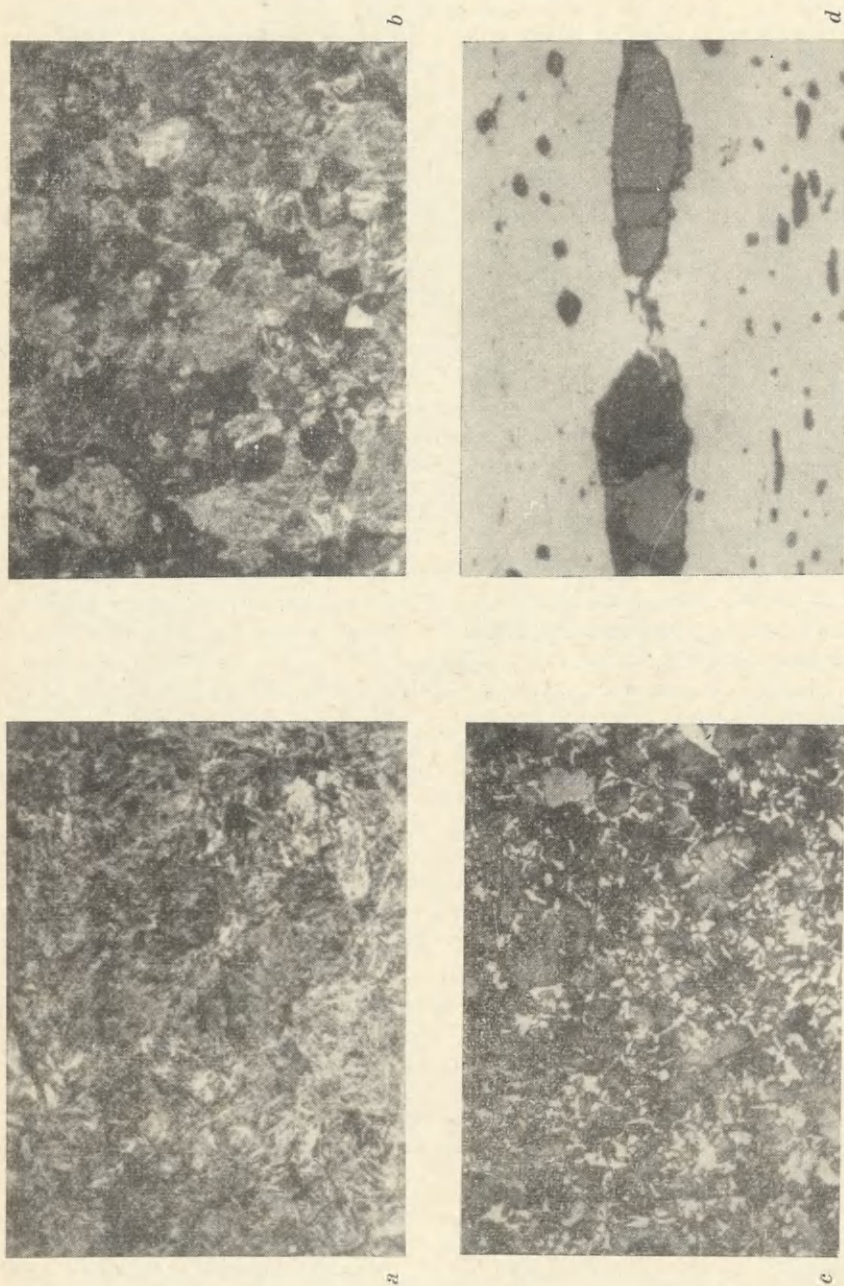
Wtrącenia żuźla w metalu wykazywały jednolite, czarne zabarwienie (typ A).

Dokładniejsze określenie sposobu obróbki cieplnej, zastosowanej przy wyrobie grota włóczni, jest trudne. Najprawdopodobniej było to hartowanie zwykłe, choć mogło tu być zastosowane również hartowanie miejscowe, przy czym utwardzany byłby wtedy liść, który został zniszczony — przypuszczalnie — przez korozję. Oba przedmioty wykuto z twardej stali o bardzo niskiej zawartości fosforu.

Nieokreślony fragment nr 1 (ryc. 2: 3) w kształcie niezbyt foremnego pręta był najprawdopodobniej półfabrykatem. Próbkę nr 1 wycięta tuż w pobliżu krawędzi była silnie zanieczyszczona żużlem; struktura metalu była ferrytyczna o drobnym ziarnie; w jednym miejscu zaobserwowano nieznaczne nawęglenie (do około 0,1% C) w postaci śladów perlitu (ryc. 7a). Próbkę nr 2 wycięta w dalszym miejscu wykazała zwartą masę żelaza o charakterystycznej, gruboziarnistej strukturze żelaza, o wysokiej zawartości fosforu (ryc. 7b). Przez wykruszenie pobrano próbkę żuźla przylegającego do metalu w celu oznaczenia zawartości związków fosforu (por. tabela 3).

Silne nawęglenie obserwowano także w nieokreślonym fragmencie nr 2 (ryc. 2: 4) — zawartość węgla wynosiła 0,6—0,7% C. Na poprzecznym przekroju, w cieńszej części (ostrze?) obserwowano perlit sorbityczny, a w pozostałej części perlit pasem-

⁹ Por. J. Piaskowski, *Obróbka cieplna żelaza i stali w dawnych wiekach*, „Przegl. Mechaniczny”, t. 17: 1958 nr 8—9, s. 427.



Ryc. 5. Dalewice, pow. Proszowice, Nóż żelazny:

a — struktura w pobliżu krawędzi tnącej; martenzyt, traw. azotalem; b — struktura dalej od krawędzi tnącej: martenzyt, troostyt na granicach ziarn, traw. azotalem; c — struktura jeszcze dalej od krawędzi tnącej: sorbit, perlit sorbitowy i ferryt, traw. azotalem; d — wirąca żuźla w nożu, Pow. 500 x

kowy o dość dużej dyspersji; poza tym na granicach ziarn wystąpił ferryt (ryc. 7c). Wtrącenia żużła wykazywały jednolite, czarne zabarwienie (typ A).

Próbka (nr 1) drutu (ryc. 2: 5) wykazała drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną. Wtrącenia żużła posiadały jasne zabarwienie, były otoczone ciemnym obrzeżem (typ C), tak jak w opisanym wyżej nożu (który jednak wykazał silne nawęglenie) — ryc. 8a. Ponieważ ten typ metalu (żelazo niskofosforowe zawierające wtrącenia żużła, typu C) charakteryzuje się nierównomiernym nawęgleniem, wycięto do badań drugą próbkę (nr 2) dla sprawdzenia, czy równomierna struktura ferrytyczna nie jest tu przypadkowa. Istotnie, w próbce nr 2 zaobserwowano niezbyt równomierne nawęglenie i struktura zmieniała się od czysto ferrytycznej do perlityczno-ferrytycznej (przy zawartości węgla dochodzącej do 0,6% C) — ryc. 8b.

Fragment nr 3 wykazał strukturę ferrytyczno-perlityczną miękkiej stali o zawartości 0,2—0,3% C (ryc. 8c). Wtrącenia żużła posiadały jednolite, czarne zabarwienie (typ A).

Grot włóczni nr 1 z Wólki Łasieckiej, pow. Łowicz (nr inw. 59), wykazał strukturę czysto ferrytyczną (ryc. 9a). Wtrącenia żużła posiadały zazwyczaj strukturę dwufazową: zaokrąglone wydzielienia jaśniejszej fazy na ciemnym tle (ryc. 9b), podobną do typu B (lub być może D). Metal zawierał nieznaczną ilość fosforu. Wyższą zawartość fosforu zawierało okucie rydla (? — nr inw. 85); struktura żelaza była czysto ferrytyczna o dość dużym ziarnie (ryc. 9c). Wtrącenia żużła posiadały na ogół jednolite, czarne zabarwienie, w pewnych przypadkach wystąpiła niezbyt wyraźna struktura wielofazowa (?).

Krzesiwo (nr inw. 72) wykute zostało z niskofosforowej twardej stali, zawierającej wtrącenia żużła o jednolitym, czarnym zabarwieniu (typ A). Struktura krzesiwa w pobliżu jego końca była martenzytyczna (ryc. 10a), przesuując się dalej w kierunku ucha obserwowano troostyt na granicach ziarn (ryc. 10b), a jeszcze dalej sorbit (ryc. 10c). Na tej podstawie można stwierdzić, że krzesiwo było poddane hartowaniu miejscowemu.

Siekiera (fragment), nr inw. 74, wykazała strukturę perlityczno-ferrytyczną twardej stali, o niezbyt równomiernym nawęgleniu (ryc. 11a); wtrącenia żużła wykazywały jednolite, czarne zabarwienie (typu A). Zawartość fosforu w metalu była bardzo niska.

Ferrytyczną strukturę gruboziarnistą obserwowano w grocie włóczni nr 2, nr inw. 14 (klasa wielkości ziarna — 3); w niektórych miejscach wystąpiła struktura drobnoziarnista (ryc. 11b). Różnica wielkości ziarna spowodowana jest przypuszczalnie segregacją fosforu. Wtrącenia żużła wykazywały na ogół strukturę dwufazową typu D (ryc. 11c).

W tabeli 3 podano wyniki ilościowej analizy chemicznej fragmentów żużła z Dalewic, pow. Proszowice, oraz rudy i żużła z Wólki Łasieckiej. Temperatura mięknięcia dla rudy z Wólki Łasieckiej wynosiła 1030°C, a temperatura topienia 1210°C.

Opracowanie wyników

Klasyfikując zbadane okazy według typów metalu i technologii na pierwszym miejscu omówiono przedmioty wykazujące cechy starożytnego „żelaza świętokrzyskiego”¹⁰.

¹⁰ Cechy starożytnego „żelaza świętokrzyskiego” szczegółowo omówiono w pracy: J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I—IV w.n.e.)*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 6, Wrocław 1963, s. 9.

Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości przedmiotów żelaznych z Dalewic, pow. Proszowice (lp. 1—6), i Wólki Łasieckiej, pow. Łowicz (lp. 7—11)

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki	Klasa	Mikro- twardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	nóż	martenzyt martenzyt troostyt sorbit ferryt	8	892 763 418 255 194	383
2	grot włóczni	sorbit perlit* martenzyt		382 303 496	342
3	fragment nieokreślony nr 1: a) próbka nr 1 b) próbka nr 2	ferryt perlit ferryt	7 8 1	188 ** 251	198 231
4	fragment nr 2	perlit ferryt	6 ***	251 166	174
5	dрут: a) próbka nr 1 b) próbka nr 2	ferryt ferryt perlit	7 7 5	140 — 284	109,2 135,5
6	fragment nieokreślony nr 3	perlit* ferryt perlit	4 7 4	242 152 219	140
7	grot włóczni nr 1	ferryt	6	156	148
8	okucie rydla (?)	ferryt	3	137	92,8
9	krzesiwo	martenzyt troostyt		719 382	598—294
10	siekiera	perlit ferryt	5 7	255 151	159
11	grot włóczni nr 2	ferryt ferryt	3 6	175 162	160

* Sorbityczny.

** Ślady.

*** Na granicach ziarn.

Tabela 3. Wyniki analiz żuźla dymarkowego z Dalewic, pow. Proszowice, i Wólki Łasieckiej, pow. Łowicz

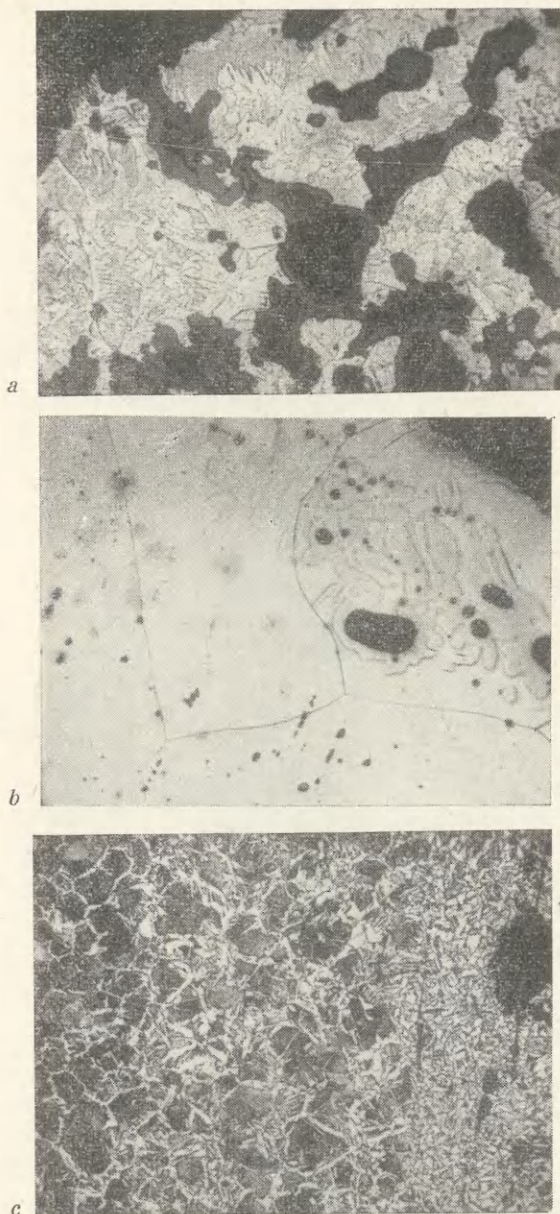
Lp.	Materiał	Stanowisko	Zawartość %									
			Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	
1	żużel	Dalewice	40,86	33,49	21,22	20,40	3,70	0,40	0,43	0,99	17,97	
2	żużel otaczający fragment żelazny nr 1	"								1,65		
3	ruda nr 1	z łąk pomiędzy Wólką Łasiecką i Bolimowem	40,10	1,80	55,30	20,20	4,60	1,20	0,85	2,95	8,70	
4	ruda nr 2		51,80	2,80	68,20	11,30	2,15	1,75	1,60	6,80	2,10	
5	żużel nr 1	Wólka Łasiecka; stan. 2, wykop 1/61, jama 12/61	48,50	40,10	11,90	18,10	1,90	0,15	0,27	1,42	23,30	
6	żużel nr 2	Wólka Łasiecka; stan. 2, wykop 2/60 („Kuznia”)	41,70	58,40	8,80	22,50	1,40	0,15	0,36	0,71	7,10	
7	żużel nr 3	Wólka Łasiecka	46,40	49,30	11,80	22,90	1,60	0,10	0,34	0,65	11,50	

* Obliczone na podstawie zawartości FeO i Fe₂O₃.

*a**b**c*

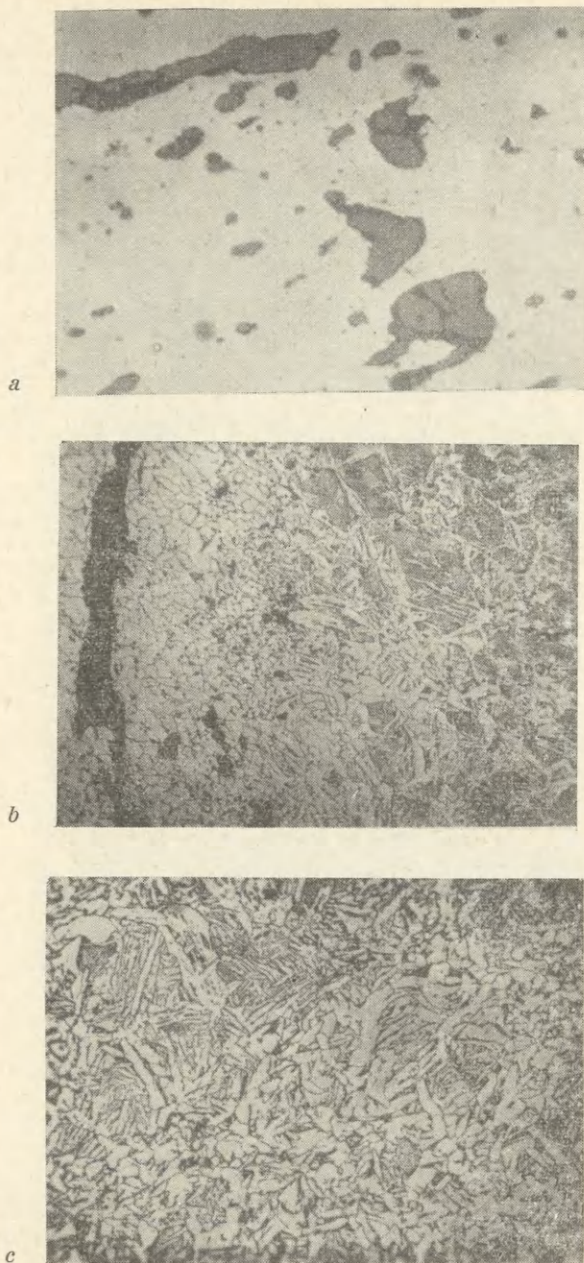
Ryc. 6. Dalewice, pow. Proszowice. Grot włóczni:

a — makrostruktura na poprzecznym przekroju grotu, traw. azotalem, pow. 4 x; *b* — struktura grotu martenzyt, traw. azotalem, pow. 500 x; *c* — struktura grotu: sorbit i ślady ferrytu oraz wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 500 x.



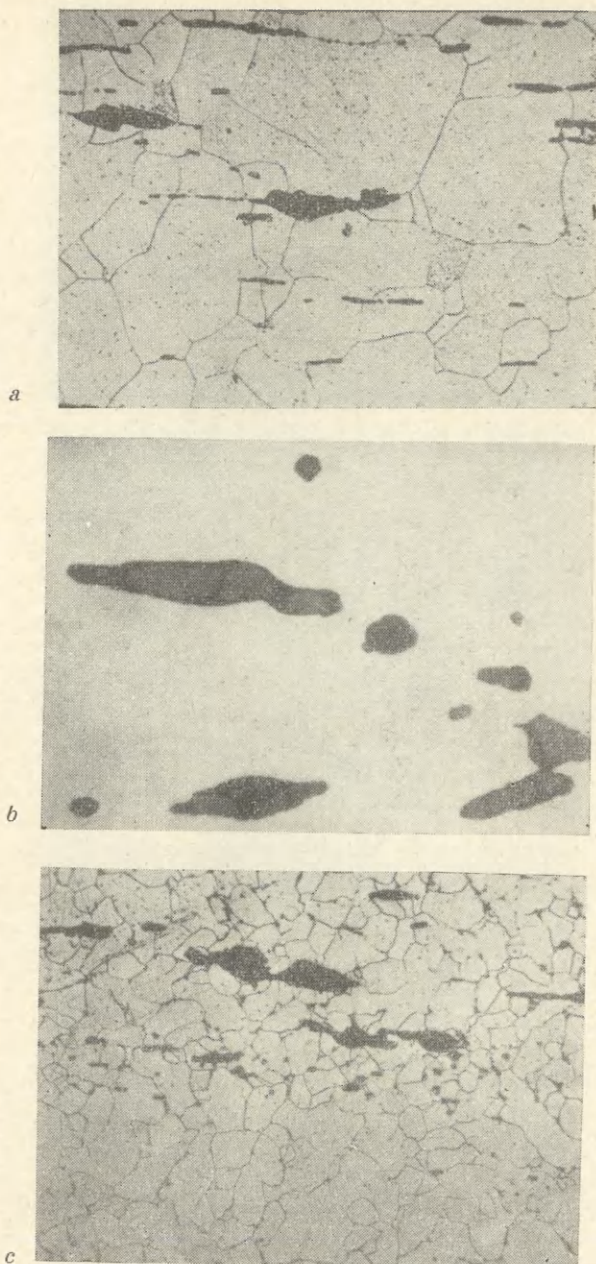
Ryc. 7. Dalewice, pow. Proszowice:

a — struktura w pobliżu powierzchni nieokreślonego fragmentu nr 1 w miejscu nawęglonym (próbka 1): ferryt, perlit oraz duże ilości żużła pomiędzy ziarnami metalu, traw. azotalem, pow. 100 x; *b* — struktura nieokreślonego fragmentu nr 1 (próbka nr 2): ferryt, traw. azotalem, pow. 100 x; *c* — struktura fragmentu nr 2: perlit, ferryt i wtrącenia żużła, traw. azotalem, pow. 100 x.



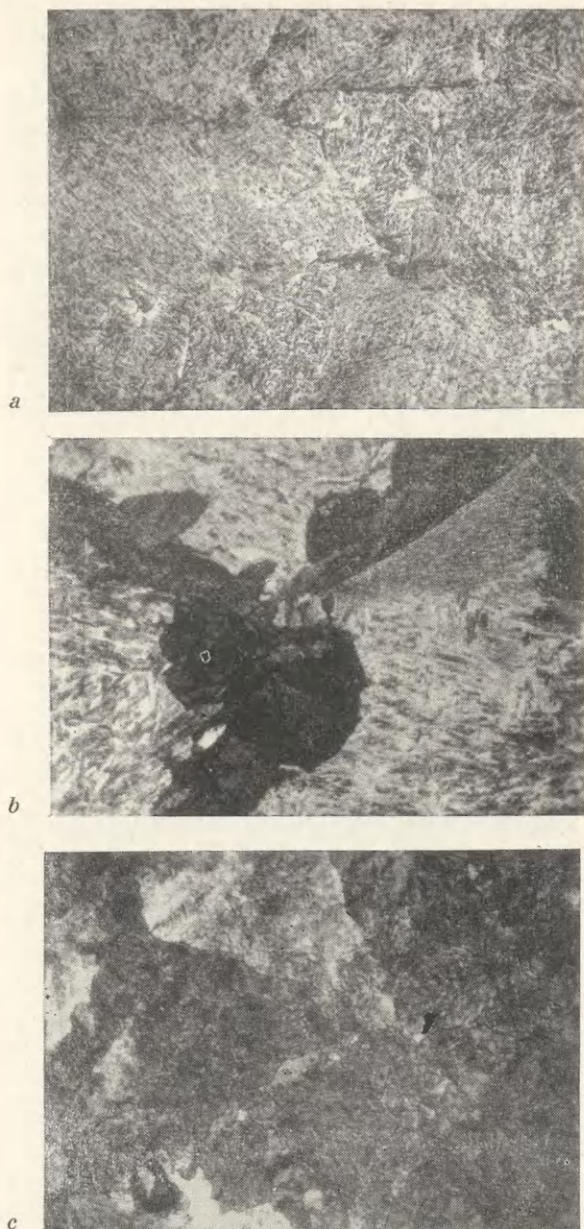
Ryc. 8. Dalewice, pow. Proszowice:

a — wtrącenia żużla w drucie, nietraw., pow. 500 x;
 b — struktura drutu (próbka nr 2): ferryt i wtrą-
 cenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; c — struk-
 tura fragmentu nr 3: perlit, ferryt i wtrącenia żużla,
 traw, azotalem, pow. x



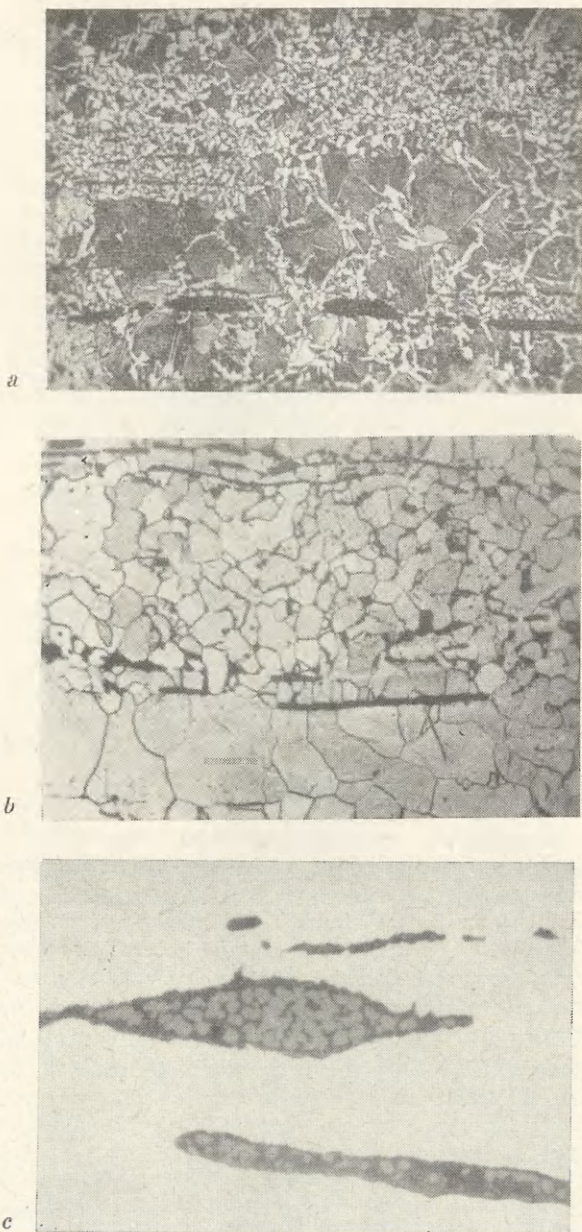
Ryc. 9. Wólka Łasiecka, pow. Łowicz:

a — struktura grotu włośni nr 1: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; *b* — wtrącenia żużla w grotcie włośni nr 1, nietraw., pow. 500 x; *c* — struktura okucia rydla (?): ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x



Ryc. 10. Wólka Łasiecka, pow. Łowicz. Krzesiwo:

a — struktura w pobliżu krawędzi: martenzyt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 500 x; b — struktura dalej od krawędzi: martenzyt i troostyt na granicach ziarn, traw. azotalem, pow. 500 x; c — struktura jeszcze dalej od krawędzi: sorbit, traw. azotalem, pow. 500 x



Ryc. 11. Wólka Łasiecka, pow. Łowicz:

a — struktura siekiery: perlit, ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; b — struktura grotu wióczni nr 2 (miejsce drobnoziarniste): ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; c — wtrącenia żużla w grocie wióczni nr 2, nietraw., pow. 500 x

Do grupy „wyrobów świętokrzyskich” należy zaliczyć grot włóczni z Dalewic oraz krzesiwo i siekierę z Wólki Łasieckiej. Grot włóczni z Dalewic, podobnie jak i krzesiwo z Wólki Łasieckiej, poddany był — po wykuciu — obróbce cieplnej, skutkiem czego był bardzo twardy i sztywny. Stosowanie obróbki cieplnej przy wyrobie grotów włóczni w starożytności stwierdzono dopiero po raz pierwszy, jednak zbadane dotąd groty (poza okazami z Wólki Łasieckiej) pochodziły z cmentarzysk ciepłopalnych (np. Jadowniki Mokre, pow. Dąbrowa Tarnowska, Domaradzice, pow. Rawicz, Wymysłowo, pow. Gostyń), co uniemożliwiało znalezienie śladów tej obróbki.

Należy podkreślić, że przy obróbce cieplnej krzesiwa z Wólki Łasieckiej, podobnie jak i zaliczonego do drugiej grupy noża z Dalewic (oraz — być może — i grota włóczni z tego ostatniego stanowiska) stosowano hartowanie miejscowe. Ten rodzaj obróbki cieplnej, stwierdzony także i przy innych znanych już „wyrobach świętokrzyskich”¹¹, był często stosowany w celtyckich ośrodkach produkcyjnych¹².

Drugą grupę stanowią przedmioty wykonane także z niskofosforowego żelaza o różnym stopniu nawęglenia, zawierające wtrącenia żużla typu C. Zaliczyć tu należy nóż oraz drut z Dalewic. Ten rodzaj metalu występuje na ziemiach Polski już w okresie halsztackim¹³. W obecnej chwili trudno jest określić pochodzenie tych okazów, wykutych z żelaza uzyskanego z przetopu rud niskofosforowych. Ten typ żelaza występuje na ziemiach Polski już w okresie halsztackim, po czym jednak ilość jego nieco obniża się. Porównanie z analizą żużla z Dalewic wskazuje, że nie był to metal wytapiany na miejscu, gdyż ten ostatni powinien zawierać więcej fosforu, ponad 0,20%¹⁴. Jest prawdopodobne, że i te przedmioty pochodziły z ośrodka świętokrzyskiego, a może i z jakiegoś innego, w którym wykorzystywano niskofosforową rudę żelazną, znajdującego się raczej poza granicami Polski.

Najprawdopodobniej wyrobem miejscowym był fragment nr 1 z Dalewic, będący ułamkiem wstępnie przekutej łupki, silnie zanieczyszczonej jeszcze żużlem. Wskazuje on, że miejscowi hutnicy uzyskiwali żelazo wysokofosforowe niskiej jakości przetapiając rudę darniową o dużej zawartości tej szkodliwej domieszki. Świadczy o tym także analiza żużla z Dalewic, choć przypadkowo zawartość fosforu jest niezbyt wysoka. Nieforemny kształt, jaki wykazuje fragment nr 1, nierówne jego powierzchnie wskazują na prymitywną technikę kowalską (np. używanie jakichś prymitywnych narzędzi kowalskich).

Podobnie grot włóczni nr 2 oraz ckucie rydła mogły być dziełem miejscowych hutników i kowali z Wólki Łasieckiej. Na podstawie korelacji pomiędzy zawartością fosforu w żelazie dymarkowym i żużlu¹⁵ można w przybliżeniu określić zawartość tej domieszki w żelazie wytapianym w Wólce Łasieckiej na 0,10—0,70% P, przy czym wartości zbliżone do dolnej granicy dotyczyłyby metalu silniej nawęglonego (gdymy taki był wytapiany na miejscu). Zawartość fosforu w obu wymienionych przedmiotach mieści się właśnie w tych granicach.

¹¹ Np. kilof z Wąsosza Górnego, pow. Kłobuck (por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z osady w Wąsoszu Górnym, pow. Kłobuck*, „Wiad. Arch.”, t. 28: 1952 z. 3, s. 221), oraz dłuta nr 1 i nr 3 z Nowej Huty-Mogily (por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z osady w Nowej Hucie-Mogile, okres wpływów rzymskich*, „Materiały Starożytne”, w druku).

¹² H. Hanemann, *Metallographische Untersuchung einiger altkeltischer Eisenfunde von Steinsburg*, „Praehistorische Zeitschrift”, t. 13/14: 1921 (1922), s. 94.

¹³ Piaskowski, *Dalsze badania technologii ...*, s. 16.

¹⁴ Wskazuje na to wykres podany w pracy: J. Piaskowski, *Metalographic investigations of ancient iron objects from the territory between the Oder and the basin of the Vistula river*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 198: 1961 nr 3, s. 266.

¹⁵ *Tamże*.

Pochodzenie grotu włóczni nr 1 z Wólki Łasieckiej jest trudne do określenia. Na podstawie jego badań nie wiadomo, czy wykonano go z żelaza, prawie nie nawęglonego, czy też mamy tu do czynienia ze strukturą przypadkową. Okaz (lub przynajmniej surowiec użyty do jego wyrobu) może pochodzić z jakiegoś niezidentyfikowanego ośrodka produkcyjnego, znajdującego się poza granicami Polski.

Zarówno w Dalewicach, jak i w Wólce Łasieckiej wytapiano — na niewielką skalę — żelazo z powierzchniowych rud darniowych o dość wysokiej zawartości związków fosforu. Trudno jest orzec, skąd pochodziła ruda używana w tej ostatniej miejscowości. Analiza rud z łąk pomiędzy Wólką Łasiecką a Bolimowem wykazała wyraźnie wyższą zawartość związków fosforu, jednak różnica ta może być przypadkowa, gdyż rudy tego typu charakteryzują się bardzo poważnymi różnicami koncentracji tej domieszki.

W każdym razie w obu miejscowościach produkcja żelaza była nieznaczna i tylko w niewielkim stopniu zaspokajała potrzeby miejscowej ludności. Było to zresztą żelazo (słabo nawęglone) o dość wysokiej zawartości fosforu (zwłaszcza żelazo z Dalewic), a więc niskiej jakości, ustępujące znacznie własnościom żelaza wytapianego np. w rejonie Gór Świętokrzyskich lub na Śląsku Opolskim.

JERZY PIASKOWSKI

REPORT ON THE METALLOGRAPHICAL EXAMINATIONS OF ANCIENT IRON OBJECTS AND BLOOMERY SLAG FROM HABITATION SITES AT DALEWICE, DISTR. PROSZOWICE, AND WÓLKA ŁASIECKA, DISTR. ŁOWICZ

The paper presents results of metallographic examinations of 11 iron objects, ore fragments and bloomery slag, discovered on habitation sites from the late La Tène and Roman periods at Dalewice, distr. Proszowice and Wólka Łasiecka, distr. Łowicz. In the investigations of metal objects metallographic observations, the microhardness measurements of structural components and the measurements of metal hardness were employed. Quantitative and qualitative (spectrographic) analysis was also carried out. Investigations of slag and ore involved quantitative chemical analysis and determination of the point of melting.

The spearhead from Dalewice, the axe and the object for fire-striking from Wólka Łasiecka were made of iron with low phosphorous content, uneven carburization and with inclusion of slag uniformly black in colour (type A). These features are typical of objects produced in the big centre of metallurgical production in the Świętokrzyskie Mountains. Similar type of metal was employed to the production of a strongly carburized knife and a wire, showing ferritic structure from Dalewice; both objects contained inclusion of slag mainly light in colour (type C). Perhaps they were also made in the Świętokrzyskie Mountains centre. The object for fire-striking from Wólka Łasiecka, the knife and probably the spearhead were submitted to local hardening.

Fragment no. 1 from Dalewice (showing ferritic structure) is probably of local origin. It was marked by high phosphorous content (0,65% P) and made of local bog ore with considerable admixture.

Spearhead no. 2 and a spade mount (?) from Wólka Łasiecka, containing about 0,23% P and showing ferritic structure, were produced of iron smelted on the spot from similar ores.

The origin of spearhead no. 1 from Wólka Łasiecka is uncertain. It was made of iron marked by low phosphorous content, by ferritic structure and by inclusion of slag with two-phase structure (type B?).

As shown by analysis, bloomery slags from Dalewice and Wólka Łasiecka had rather high content of phosphorous combination (0,65—1,65% P_2O_5). From this it follows that local smelters used bog iron ores. Two samples of ore from the environs of Wólka Łasiecka contained 2,95% and 6,80% P_2O_5 , respectively. The softening point of that ore was 1030°C and its melting point — 1210°C.