

Piaskowski, Jerzy

Badania przedmiotów metalowych z grodziska w Zawadzie Lanckorońskiej (pow. Brzesko)

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 1/2, 375-389

1956

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Jerzy Piaskowski

BADANIA PRZEDMIOTÓW METALOWYCH Z GRODZISKA W ZAWADZIE LANCKOROŃSKIEJ (POW. BRZESKO)

Metody metaloznawcze znajdują coraz częściej zastosowanie w badaniach archeologicznych. Pozwalają one — po zebraniu odpowiednio licznych materiałów porównawczych — na odtworzenie dawnej technologii wytwarzania różnych przedmiotów metalowych i określenie ich pochodzenia, a ponadto mogą być podstawą oceny poziomu technicznego rzemieślników, którzy te przedmioty wykonywali.

Dawniejsze prace nie wyczerpywały tych możliwości metaloznawstwa, gdyż miały one przeważnie charakter dorywczy i przyczynkowy. Dopiero dokładne badania B. A. Kołczina¹, przeprowadzone z wielką ilością zabytków, stały się wzorem dla podobnych opracowań.

Takich planowych, długofalowych badań oczekują zabytki archeologiczne znalezione na terenie naszego kraju. Istotne znaczenie miałyby tu ustalenie jednolitej metodyki badań, co bardzo ułatwiłoby porównanie i uogólnienie wyników. Badania metaloznawcze zabytków archeologicznych mają bowiem swoistą specyfikę, różną od podobnych badań metalowych współczesnej nam techniki.

Dlatego też celem niniejszej pracy jest nie tylko przedstawienie wyników badań przedmiotów metalowych z dawnego grodziska w Zawadzie Lanckorońskiej (pow. Brzesko) — te bowiem okazały się dość prymitywnym wyrobem, a brak większej ilości podobnych opracowań uniemożliwiało rozwiązanie niektórych nasuwających się zagadnień. Chodzi tu także o dyskusyjne przedstawienie metodyki

¹ B. A. K o ł c z i n: *Техника обработки металла в древней Руси*, Moskwa 1953.

badan, a więc sposobu pobierania próbek, przeprowadzania prób i opracowania wyników. Dlatego na opis metodyki położono szczególnie nacisk.

1. BADANE PRZEDMIOTY I ICH POCHODZENIE

Grodzisko w Zawadzie Lanckorońskiej składające się z tzw. Zamczyska i Mieściska zostało zbadane w latach 1938—1939 i opisane przez G. Leńczyka². Oprócz tego R. Jamka³ opracował skarb znaleziony na dawnym grodzisku przez F. Łyczkę, obecnego właściciela terenu.

G. Leńczyk podał następującą kolejność zamieszkania wzgórza, na którym położone było Zamczysko:

- a) osada przedgrodowa z końca kultury łużyckiej,
- b) gród prasłowiański otoczony wałem I,
- c) gród wzmocniony wałem II,
- d) mała osada ludności grobów skrzynkowych i podkloszowych,
- e) osada z X—XIII wieku,
- f) dworek z XVII wieku,
- g) zagrody wieśniacze trwające do dziś.

Przedmiotem badań metaloznawczych były trzy przedmioty żelazne o kształcie siekierki oraz ułamek pierścienia z brązu, znaleziony na terenie Zamczyska. Przedmioty żelazne w łącznej ilości 10 sztuk o podobnym kształcie, lecz nieco różnej wielkości znajdowały się w ziemi na głębokości 90 cm poniżej wału ziemno-drzewnego w południowo-wschodniej części grodu, w pobliżu dawniejszych znalezisk wczesnośredniowiecznych. Były one ułożone równolegle, jedno obok drugiego, z ostrzami zwróconymi na zachód. Nad nimi znaleziono kamień oraz — 20 cm pod powierzchnią ziemi — kawałek glinianej skorupy wczesnośredniowiecznej.

Przeznaczenie przedmiotów żelaznych jest trudne do odgadnięcia. Badania wskazują, że najprawdopodobniej były to półfabrykaty służące do dalszej przeróbki.

Ułamek pierścienia znaleziony został podczas robót ziemnych w środkowej części Zamczyska.

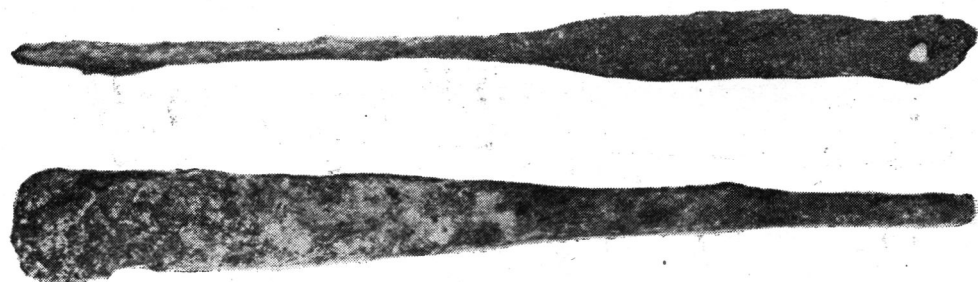
² G. L e ŋ c y k: *Prasłowiański gród nad Dunajcem w Zawadzie Lanckorońskiej*. Polska Akademia Umiejętności, Kraków 1950.

³ R. J a m k a: *Wczesnohistoryczny skarb znaleziony na grodzisku w Zawadzie Lanckorońskiej*. Państwowe Muzeum Archeologiczne, Warszawa 1935.

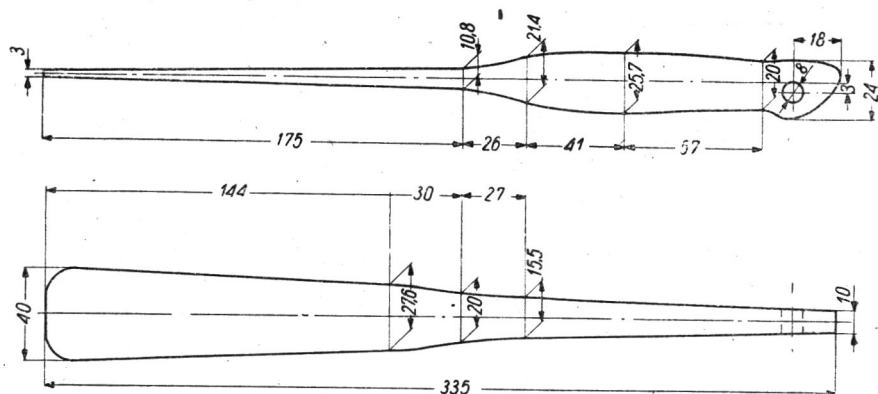
Można przypuszczać, że przedmioty żelazne pochodzą z osady wczesnośredniowiecznej z X — XIII w.⁴; datowanie ułamka pierścienia brązowego jest trudniejsze.

2. KSZTAŁT I WYMIARY PRZEDMIOTÓW ORAZ SPOSÓB POBRANIA PRÓBEK

Pierwszy z trzech badanych przedmiotów żelaznych, oznaczony nr 1, posiada długość 33,5 cm i ciężar ok. 450 gramów; przedstawiono



Rys. 1. Fotografia przedmiotu żelaznego nr 1.



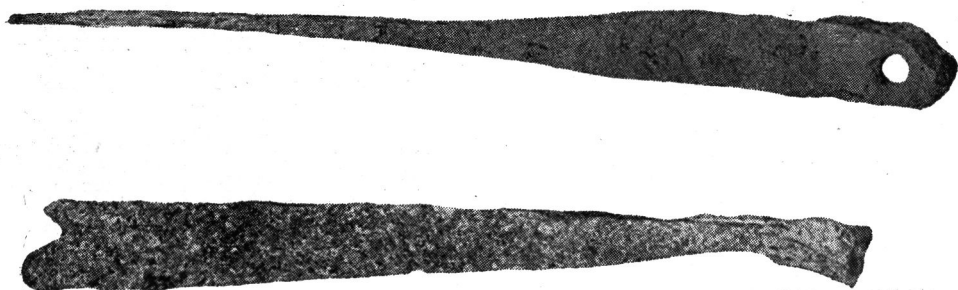
Rys. 2. Wymiary przedmiotu żelaznego nr 1 (w milimetrach).

go na rys. 1 i 2. Podobnie na rys. 3 i 4 podano drugi z kolei przedmiot żelazny (nr 2) o długości 33,7 cm i ciężarze ok. 600 gramów. Przedmiot żelazny nr 3 był szczególnie silnie uszkodzony przez korozję,

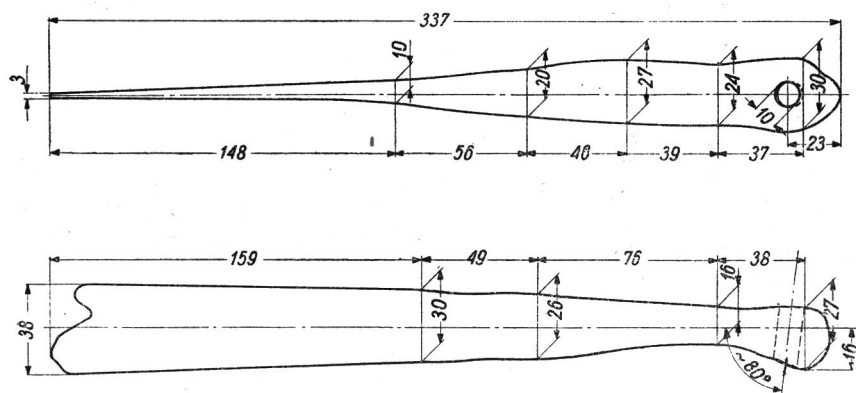
⁴ Według obecnej opinii G. Leńczyka możliwe jest, że osada ta istniała wcześniej.

tak że szkicowanie jego nie jest celowe. Z kształtu podobny był do przedmiotu nr 1 z tym, że był znacznie mniejszy (długość 15,5 cm, ciężar ok. 300 gramów).

Ułamek pierścienia brązowego, ważący 7 gramów, pokazano na rys. 5 i 6.



Rys. 3. Fotografia przedmiotu żelaznego nr 2.



Rys. 4. Wymiary przedmiotu żelaznego nr 2 (w milimetrach).

Dla uzyskania jak największej ilości danych o metodzie wytwarzania badanych przedmiotów konieczne jest ustalenie właściwego sposobu pobierania próbek; nieodpowiedni bowiem sposób bardzo ogranicza możliwości wnioskowania, a nawet może być podstawą mylnych uogólnień.

Badania objęły:

- badania rentgenograficzne,
- jakościową analizę spektralną,
- ilościową analizę chemiczną,

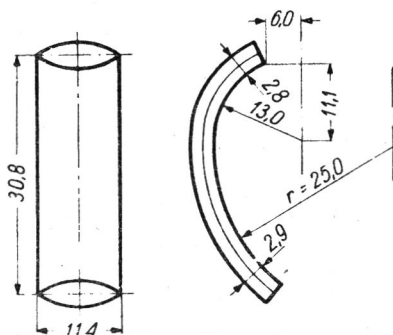
- d) badania metalograficzne,
- e) badania twardości i mikrotwardości.

Przy pobieraniu wiórek do ilościowej analizy chemicznej zwrócić uwagę na nawęglanie niektórych powierzchni żelaznych. Aby zbadać skład chemiczny metalu, usuwano najpierw warstwę powierzchniową, unikając pobierania wiórek z miejsc nawęglonych. Ze względu na bardzo nierównomierny charakter nawęglania w badanych przedmiotach sposób ten nie zawsze okazał się skuteczny.

Wiórka do ilościowej analizy ułamka pierścienia pobrano przez frezowanie, równomiernie na całym przekroju poprzecznym.

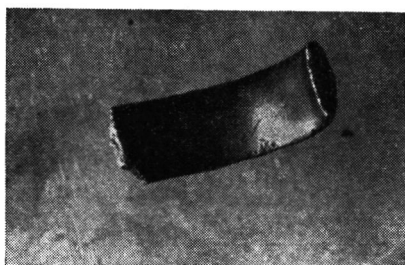
Jako właściwy sposób pobierania próbek do badań metalograficznych przyjęto zasadę wycinania zglądów⁵ prostopadłe i równoległe do przypuszczalnych kierunków procesów technologicznych; do procesów takich zaliczyć można krzepnięcie metalu odlewnego, nawęglanie (w przypadku żelaza), obróbkę plastyczną itp.

Tak np. dla prześledzenia przebiegu krzepnięcia odlewanego przedmiotu lub przebiegu nawęglania żelaza, zachodzących od powierzchni, należy przygotować jeden zgląd metalograficzny na płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni badanego przedmiotu, a drugi równoległy do tej powierzchni (w przypadku powierzchni zaokrąglonych — równoległy do płaszczyzny stycznej do powierzchni). Analogicznie badając przebieg przeróbki plastycznej wykonuje się jeden zgląd na



Rys. 6. Wymiary ułamka pierścienia brązowego (w milimetrach).

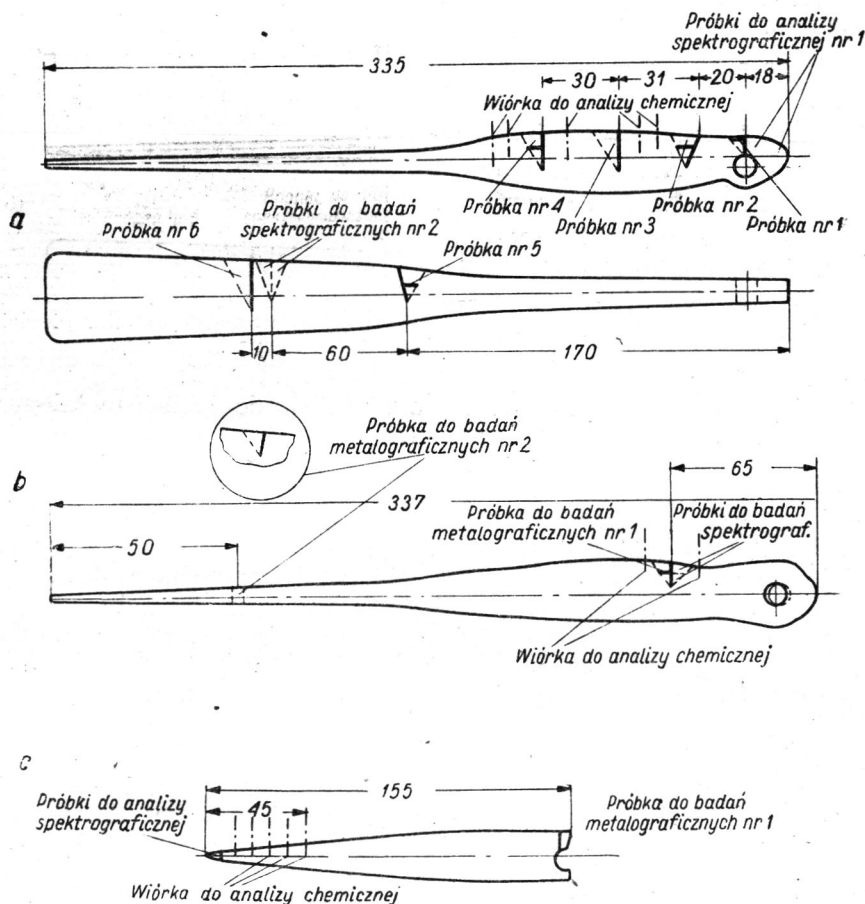
płaszczyźnie prostopadłej, drugi natomiast — na płaszczyźnie równoległej do kierunku tej obróbki.



Rys. 5. Fotografia ułamka pierścienia brązowego.

⁵ Zgląd — płaska powierzchnia próbki wyciętej z badanego okazu, szlifowana na coraz drobniejszych papierach ściernych i polerowana na suknie aż do uzyskania gładkiego, wolnego od rys lustra, które obserwuje się pod mikroskopem w świetle odbitym.

Z przedmiotu żelaznego nr 1 pobrano do badań metalograficznych 6 próbek z różnych miejsc, co pozwoliło na dokładne zbadanie struktury. Dlatego też z przedmiotu nr 2 wycięto tylko dwie duże próbki, a z przedmiotu nr 3 — jedną dla sprawdzenia struktury



Rys. 7. Położenie pobieranych prób: a) przedmiot żelazny nr 1, b) przedmiot żelazny nr 2, c) przedmiot żelazny nr 3.

w sposób wyrywkowy. Miejsca, z którego zostały pobrane zglądy z przedmiotów żelaznych, podano schematycznie na rys. 7. Na tymże rysunku zaznaczono miejsca, z których pobrano wiórka do analizy ilościowej oraz próbki do jakościowej analizy spektralnej. Przy badaniach metalograficznych pierścienia zgląd wykonano na przekroju poprzecznym.

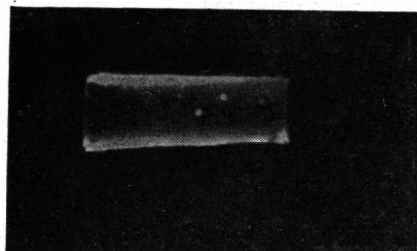
Wycinając próbki badano makroskopowo wielkość ziarna na przełomie, stwierdzając gruboziarnistą strukturę, co potwierdziły badania metalograficzne.

3. BADANIA RENTGENOGRAFICZNE

Przed uszkodzeniem badanych przedmiotów wskutek pobrania próbek poddano je prześwietleniu promieniami Roentgena.

Prześwietlanie przedmiotów żelaznych nie wykazało żadnych interesujących szczegółów; za pomocą tych badań można było określić jedynie grubość warstwy zniszczonej przez korozję.

Natomiast badanie ułamka pierścienia wykazało obecność pęcherzy gazowych (rys. 8), co pozwoliło na stwierdzenie, że pierścień wykonany został przez odlewanie, a nie przez odkucie.



Rys. 8. Rentgenogram ułamka pierścienia brązowego.

4. ANALIZA CHEMICZNA

Badania chemiczne objęły analizę jakościową przeprowadzoną metodą spektralną oraz analizę ilościową wykonaną klasycznymi metodami.

Analiza spektralna przedmiotów żelaznych wykazała we wszystkich próbkach obecność: Fe, C, Si, Mn, As, Al, Ni, Ca, Mg. Nie stwierdzono natomiast obecności Ag, Au, B, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, In, Ir, K, Li, Mo, Na, Nb, Os, Pb, Pd, Pt, Rb, Rh, Ru, Sb, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn, Zr.

Wyniki badań analizy ilościowej narzędzi żelaznych podano w tabl. 1.

W ułamku pierścienia brązowego analiza spektralna pozwoliła na stwierdzenie obecności: Cu, Sn, Si, Fe, Bi, Al, Ca, Cd, Ni, Pb, W. Nie stwierdzono natomiast obecności: Ag, As, C, Ce, Co, Cr, Cs, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, In, Ir, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Os, Pd, Pt, Rb, Rh, Ru, Se, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, Zn, Zr, Y, Yb.

T a b l i c a 1
Skład chemiczny przedmiotów żelaznych⁶

Przedmiot	Z a w a r t o ś ć w ‰							
	Węgiel C	Krzem Si	Man- gan Mn	Fosfor P	Siarka S	Nikiel Ni	Miedź Cu	Chrom Cr
przedmiot nr 1	0,02	0,051	0,06	0,50	0,004	0,00	0,00	0,00
przedmiot nr 2	0,07	0,12	0,04	0,72	0,010	0,00		
przedmiot nr 3	0,03	0,03	0,04	0,77	0,013	0,00		

Analiza ilościowa ułamka pierścienia wykazała 85,70‰ miedzi (Cu), 9,17‰ cyny (Sn), 1,30‰ ołowiu (Pb) — różnica do 100‰ spowodowana jest daleko posuniętą korozją metalu.

5. BADANIA METALOGRAFICZNE

Badania metalograficzne przeprowadzano na przygotowanych zglądach w stanie nietrawionym i trawionym. Próbkę żelaza trawiono 4‰ alkoholowym roztworem kwasu azotowego (azotal). Podobny roztwór o większej zawartości kwasu azotowego (8‰) nie polepszał wyników, a 4‰ roztwór kwasu pikrynowego okazał się za słaby i nie ujawniał wcale struktury.

Próbkę wyciętą z pierścienia brązowego trawiono 10‰ wodnym roztworem chlorku miedziowo-amonowego. Podczas obserwacji mikroskopowych stosowano powiększenie 100 i 500 razy.

Przedmiot nr 1.

Zgląd z próbki nr 1 wycięty w kierunku poprzecznym do osi głównej wykazał drobne wtrącenia żużla w osnowie ferrytycznej⁷. Na zglądzie podłużnym wyraźnie wystąpił żużel w postaci wydłużonej równolegle do osi głównej narzędzia (podobnie jak w próbce nr 2., por. niżej rys. 11) — wskazuje to na kierunek kucia. W pobliżu otworu, podobnie jak w całej próbce, ziarna ferrytu były dość duże

⁶ W tablicy uwzględniono jedynie domieszki, pomijając składnik zasadniczy — żelazo (Fe).

⁷ Ferryt — roztwór nieznacznych ilości węgla, krzemu, manganu, fosforu itd. w żelazie Fe.

(klasa 3 wg normy ASTM-E-19-46, tzn. 64 ziarna na powierzchni 1 mm^2 — rys. 9).

Przy obu powierzchniach próbki, prostopadłych do osi otworu, obserwowano nawęglenie — struktura perlityczna⁸ (rys. 10) przechodziła w odległości 2—3 mm od powierzchni w czysto ferrytyczną.

W próbce nr 2 zarówno na zglądzie poprzecznym, jak i podłużnym występowały wydłużone wtrącenia żużla (rys. 11) o charakterystycznej strukturze kryształów pierwotnych na tle drobnoziarnistej eutektyki (rys. 12). Struktura metalu była tu ferrytyczna, gruboziarnista (klasa 2, tzn. 32 ziarna na mm^2 rys. 13). Wewnątrz ziarn występowały azotki żelaza. Ponadto na zglądach stwierdzono nawęglenie podobne jak w próbce nr 1.

Próbka nr 3 na obu zglądach wykazała również gruboziarnistą strukturę ferrytyczną (klasa 2—3); obok miejsc z niewielkimi wtrąceniami żużla obserwowano niekiedy duże jego skupienia (rys. 14). Próbka nie wykazała procesu nawęglenia.

W próbce nr 4 o gruboziarnistej osnowie ferrytycznej (ziarno klasy 3), zawierającej wtrącenia azotków, nie stwierdzono także nawęglenia. W jednym tylko miejscu znaleziono głęboko sięgające w metal wtrącenie niemetaliczne (być może resztką węgla drzewnego z procesu dymarkowego), naokoło którego wystąpiło wyraźne nawęglenie (rys. 15). Struktura wskazuje, że nawęglenie zachodziło od strony tego wtrącenia.

W próbce nr 5 stwierdzono znaczne spłaszczenie wtrąceń żużla zarówno na zglądzie podłużnym, jak i poprzecznym. Ziarna ferrytu były nieco drobniejsze aniżeli w poprzednio opisanych próbkach (klasa 5, tzn. 256 ziarn na mm^2 — rys. 16). Próbka nie wykazała nawęglenia.

Próbka nr 6 wykazała strukturę ferrytyczną o dość grubym ziarnie (klasa 3). Poza tym przy ostrzu zaobserwowano pozostałości lokalnego nawęglenia (rys. 17), pochodzącego z tej samej powierzchni łupki, co i części nawęglone w próbkach nr 1 i 2.

Przedmiot żelazny nr 2.

W próbce żelaznej nr 1 obserwowano podobną strukturę jak w próbce z przedmiotu nr 1, pobranej w analogicznym miejscu. Żu-

⁸ Perlit — mieszanina (tzw. eutektydalna) ferrytu i węgla żelaza Fe_3C (tzw. cementyt), ułożonych na przemian warstwami.

żel obok wtrąceń o charakterystycznej strukturze, zawierającej kryształy pierwotne (rys. 18), posiadał także wtrącenia o strukturze drobnoziarnistej eutektyki (rys. 19). Osnowę próbki stanowił gruboziarnisty ferryt (klasa 3); nawęglenie wystąpiło w próbce jedynie w postaci inkluzji (rys. 20).

W próbce nr 2 obserwowano ślady nawęglenia, podobnie jak w próbce nr 6 z przedmiotu nr 1. Obok ziarn ferrytu o średniej wielkości (klasa 4, tzn. 128 ziarn na mm^2) obserwowano przy powierzchni próbki ziarno bardzo drobne (klasa 8 tzn. 2048 ziarn na mm^2).

Przedmiot żelazny nr 3.

Próbka nr 1 wykazała obok wtrąceń żuźla strukturę ferrytyczną o dość grubym ziarnie (klasa 2).

Ułamek pierścienia brązowego.

Próbka pierścienia wykazała daleko posunięty proces korozji międzykrystalicznej (rys. 21) — struktura próbki zawierała charakterystyczny dla brązu cynowego roztwór α cyny w miedzi (rys. 22).

6. BADANIA TWARDOŚCI

Badania twardości przeprowadzono przy pomocy mikrodurometru „Alpha” stosując kulkę o średnicy 2,5 mm przy nacisku 62,5 kG w czasie 45 sek. Wyniki badań przedmiotów żelaznych podano w tablicy 2. Każdy wynik jest średnim z trzech pomiarów.

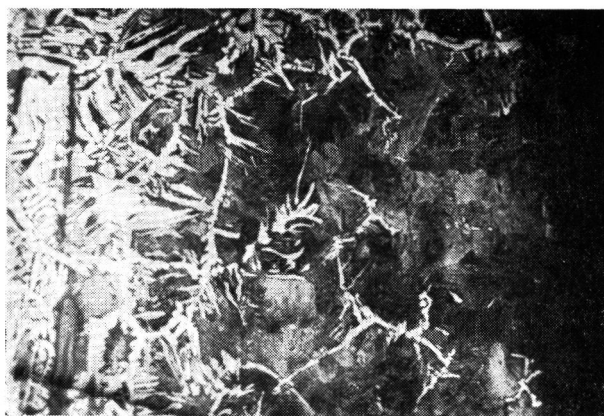
T a b l i c a 2

Twardość przedmiotów żelaznych
oznaczona przy pomocy mikrodurometru „Alpha”

Przedmiot	Próbka	Twardość kG/mm^2
nr 1	nr 3	139
	nr 6	129
nr 2	nr 2	149
nr 3	nr 1	164

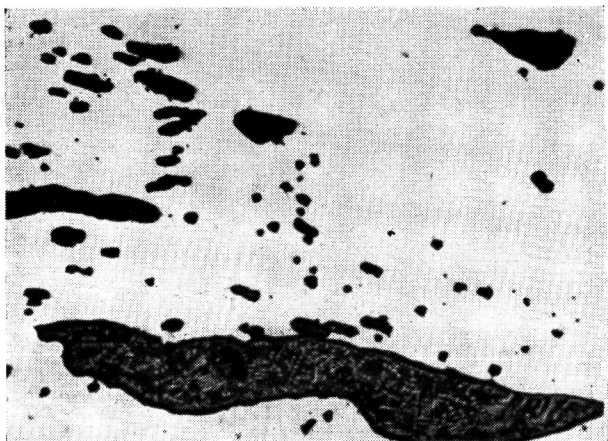


Rys. 9. Struktura obok otworu (próbka nr 1), zgląd poprzeczny wycięty z przedmiotu żelaznego nr 1. Otwór znajduje się z lewej strony mikrofotografii. Na ścianie otworu widoczna warstewka rdzy. Traw. azotol, pow. 100 razy.

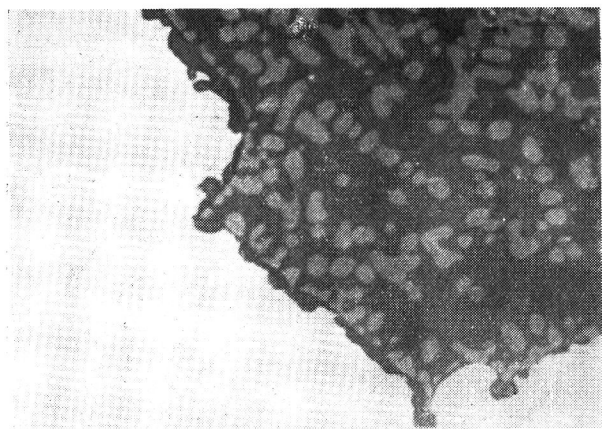


Rys. 10. Struktura perlityczna próbki nr 1 świadcząca o nawęglaniu zachodzącym od powierzchni (od lewej strony mikrofotografii). Zgląd podłużny, traw. azotol, pow. 100 razy.



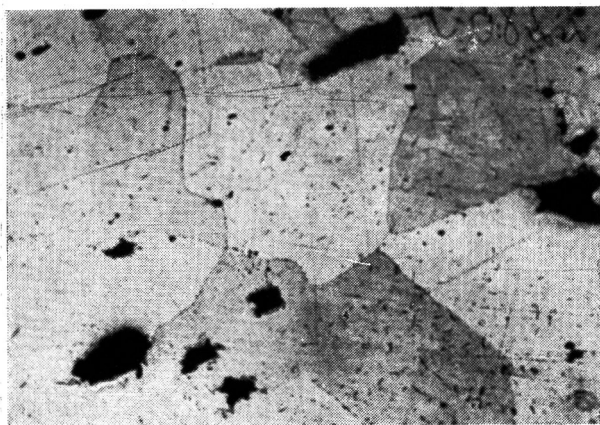


Rys. 11. Wtrącenie żużla w próbce nr 2 (przedmiot żelazny nr 1, zgląd poprzeczny). Nietraw., pow. 100 razy.

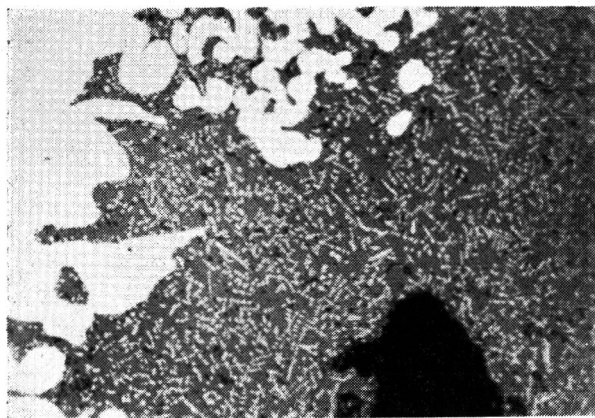


Rys. 12. Wtrącenie żużla w próbce nr 2 pod większym powiększeniem, zgląd poprzeczny. Nietraw., pow. 500 razy.



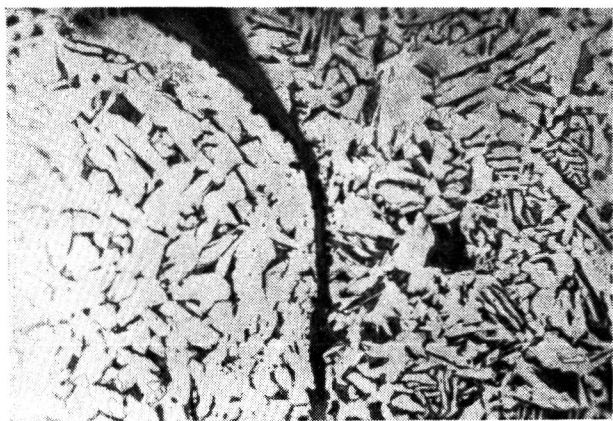


Rys. 13. Gruboziarnista struktura ferrytyczna oraz wtrącenia żużla w próbce nr 2, zgląd poprzeczny. Widoczne azotki żelaza w postaci drobnych kresek. Traw. azotal, pow. 100 razy.



Rys. 14. Duże wtrącenie żużla w próbce nr 3 (przedmiot żelazny nr 1, zgląd poprzeczny). Nietraw., pow. 100 razy.



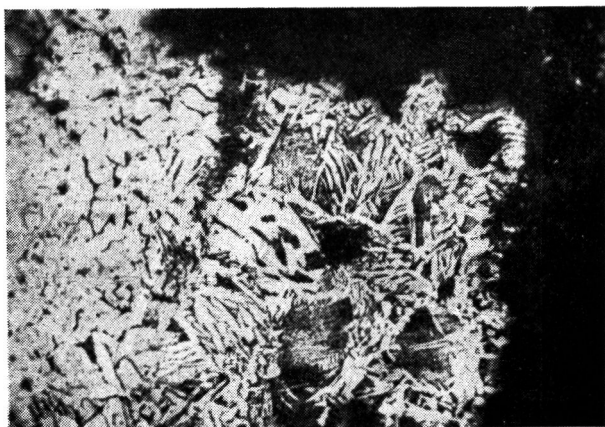


Rys. 15. Nawęglenie obok wtrącenia niemetalicznego, być może resztki węgla drzewnego z procesu dymarkowego (w próbce nr 4, przedmiot żelazny nr 1, zgląd poprzeczny), traw. azotol, pow. 100 razy.

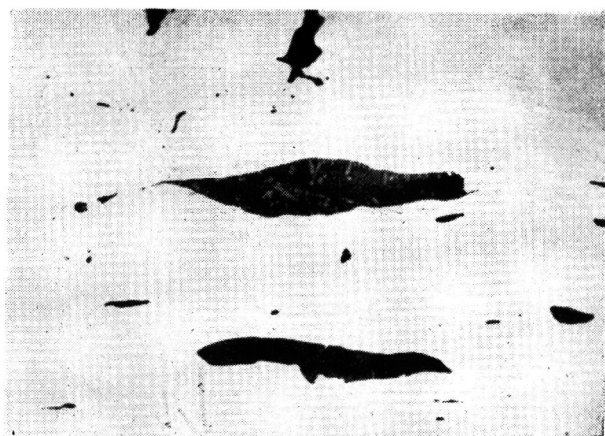


Rys. 16. Struktura ferrytyczna próbki nr 5, zgląd poprzeczny, traw. azotol, pow. 100 razy.



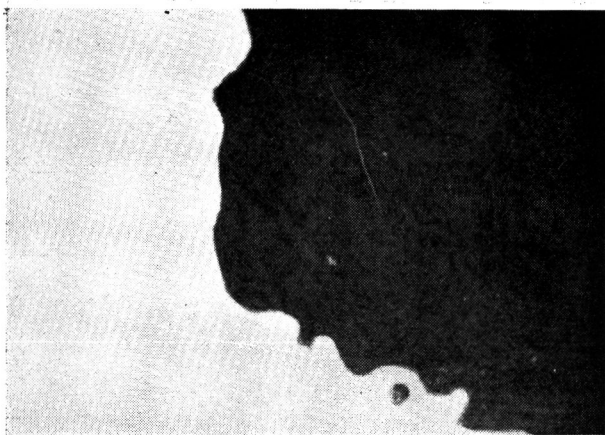


Rys. 17. Lokalne nawęglenie ostrza w próbce nr 6 (przedmiot żelazny nr 1, zgląd poprzeczny), traw. azot., pow. 100 razy.

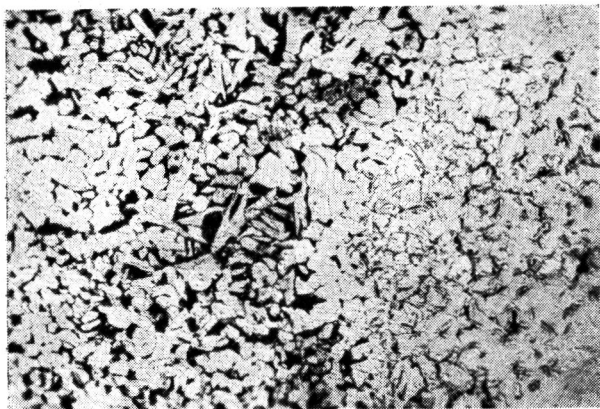


Rys. 18. Żużel w próbce nr 1, wyciętej z przedmiotu żelaznego nr 2 (zgląd poprzeczny), nietraw., pow. 100 razy.



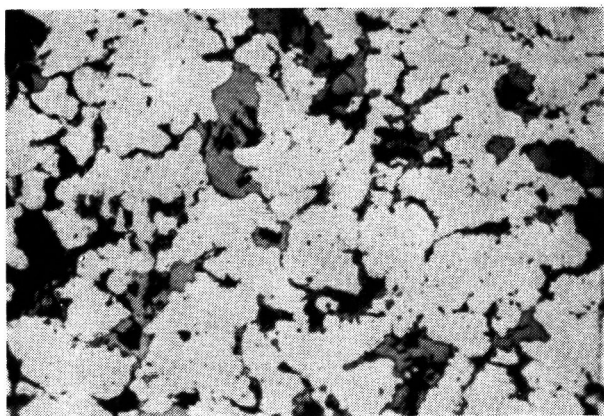


Rys. 19. Żużel o strukturze drobnej eutektyki w próbce nr 1 pod większym powiększeniem, zgląd poprzeczny. Nietraw. pow. 500 razy.

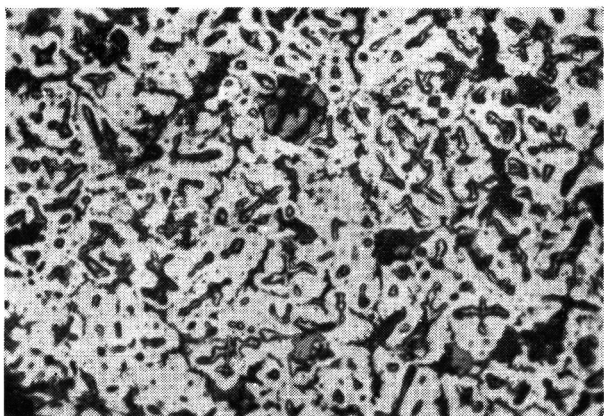


Rys. 20. Nawęglenie w próbce nr 1 (przedmiot żelazny nr 2), zgląd poprzeczny, traw. azot., pow. 100 razy.





Rys. 21. Struktura pierścienia z brązu, nietraw., pow.
100 razy.



Rys. 22. Struktura pierścienia z brązu, traw. chlorek
amonu, pow. 100 razy.



Przeprowadzono także badania mikrotwardości przy pomocy aparatu Hannemanna stosując nacisk 50 G — wyniki badań przedmiotów żelaznych podano w tablicy 3.

T a b l i c a 3

Mikrotwardość przedmiotów żelaznych oznaczona przy pomocy aparatu Hannemanna

Przedmiot	Próbki	Struktura badanego ziarna	Mikrotwardość Hm kG/mm ²
nr 1	nr 1	ferryt	154
		perlit*	207
	nr 2	ferryt	145
		perlit*	216
	nr 3	ferryt	183
	nr 4	ferryt	195
		perlit*	278
	nr 5	ferryt	154
	nr 6	ferryt	174
nr 2	nr 1	ferryt	130
		perlit*	164
	nr 2	ferryt	204
nr 3	nr 1	ferryt	221

* W warstwie nawęglonej.

Pierścień brązowy wykazał mikrotwardość $H_m = 115 \text{ kG/mm}^2$

7. WNIOSKI

Badane przedmioty żelazne wykonane są z miękkiego żelaza uzyskanego sposobem dymarskim. Wysoka zawartość fosforu świadczy o stosowaniu do wytopu rudy darniowej.

Analiza jakościowa wskazuje, że wszystkie przedmioty żelazne uzyskano z tej samej rudy. Opierając się na analizie ilościowej można przypuścić, że przedmioty nr 2 i 3 wykonane zostały z tej samej łupki.

Różnice w zawartości krzemu i węgla nie przeczą temu przypuszczeniu. Zawartość krzemu zależy bowiem od ilości żużla w materiale pobranym do analizy; jak zaś wiadomo, żużel dymarski jest kwaśny i zawiera do 40% SiO_2 , a rozłożenie żużla w próbkach było bardzo nierównomierne.

Podobnie nierównomierny charakter miało w badanych próbkach nawęglenie. Obserwacje wskazują wyraźnie, że proces ten zachodził częściowo także podczas wytwarzania żelaza z rudy, struktura bowiem nawęglenia, widoczna na rys. 15, mogła powstać jedynie w dymarce⁹.

Intensywne nawęglenie zachodzące przy silnie redukującej atmosferze i wysokiej temperaturze mogło doprowadzić nawet do wytopienia w dymarce ciekłej surówki (graglach, ang. pig iron). Jak wiadomo, zjawisko to, bardzo niepożądane dla dawnych hutników, istotnie zdarzało się przy nieumiejętnym prowadzeniu dymarki.

Omawiane przedmioty żelazne wykonane zostały przez odkucie z łupki. Drobnopiezniasta struktura perlitu w nawęglonych miejscach wskazuje, że przedmioty studzono po odkuciu na powietrzu.

Temperatura kucia była wysoka i można ją ocenić w przybliżeniu na ok. 1300°C. Świadczy o tym nieuszkodzona struktura żużla, wskazująca na swobodną krystalizację, a jak można stwierdzić na podstawie układu SiO_2 — FeO , temperatura krzepnięcia żużla dymarkowego jest tego rzędu. Jest to zresztą zrozumiałe, gdyż tylko wtedy można było usunąć żużel z łupki przez kucie, jeśli był on w stanie ciekłym. Wskazuje to równocześnie, że temperatura w dymarce była co najmniej równie wysoka.

⁹ Na zachodzący w dymarce proces nawęglania wskazują dawne źródła. Wniosek taki można wysunąć np. na podstawie następującego fragmentu W. Rożdżeńskiego:

*„Grąpy, które się od łup czasem odłamują
W cyngowaniu albo też gdy żelazo kują,
Ma z pilnością koszytarz zbierać, opatrywać
A do ognia w piec miotać i na dół szmelcować”.*

(W. R o ż d z i e Ń s k i: *Officina ferraria abo huta i warstat z kuźniami szlachetnego dzieła żelaznego*. 1612, Katowice-Wrocław 1948, s. 74). Chodzi tu o zewnętrzną warstwę łupki, która jako bardziej krucha i różniąca się właściwościami od wewnętrznej części podczas przekuwania mogła się kruszyć w postaci „grapów”. Przeróbka „grapów” na dół wskazuje, że chodzi tu o materiał twardszy, a więc nawęglony. Poza tym J. K. Haur następująco pisze o dymarce: „Piec zaś drugi swojskim iest akkomodowany zwyczajem, w którym na łupy, nadymaia, znajduia się przy tym dule kawalce uspođu łupy essentialnego żelaza, które na stal artuia, y na głównie Miecznikom obracaią” (I. K. H a u r: *Ziemiańska Generalna Oekonomika*. Cracoviae 1679, s. 179).

Przeznaczenie badanych przedmiotów żelaznych jest trudne do określenia i nasuwa się wniosek, że mamy do czynienia z półfabrykatem, który służył do dalszej przeróbki.

Przemawia za tym fakt, że gdyby badane przedmioty były używane jako narzędzia, wtedy spłaszczony ich części musiałyby spełniać rolę ostrzy, a do tego celu były one jednak zbyt miękkie. Nawęglenie w części spłaszczonej miało bowiem charakter jedynie lokalny, występowało ono natomiast w pobliżu otworu, a więc w części, która w żadnym razie nie wymagała tego procesu. Można przy tym podkreślić, że obserwowane w próbkach nawęglenie nie było przeprowadzone celowo przez wytwórcę.

Jeśli jednak badane przedmioty żelazne miały być półfabrykatem, wtedy obecność otworu w jednym z końców ograniczała ilość materiału, jaki mógł być wykorzystany przy dalszej przeróbce; być może zresztą, że otwór wykonano w celu ułatwienia transportu. Trudniej jednak wytłumaczyć spłaszczenie tych przedmiotów na znacznej ich długości, które w jeszcze większym stopniu ograniczało możliwość dalszej przeróbki metalu. Dla ewentualnej próby plastyczności żelaza można było spłaszczyć przedmiot na długości znacznie mniejszej.

Powyższe wątpliwości rozwiązywałaby następująca hipoteza: badane przedmioty są narzędziami służącymi do przecinania, nie pochodzą one jednak z XI—XIII wieku, jak początkowo przypuszczano, lecz ze znacznie wcześniejszego okresu, a mianowicie z czasów, gdy sztuka otrzymywania stali z żelaza nie była jeszcze rozpowszechniona. Możliwe, że mamy tu do czynienia z pierwszymi próbami wykorzystania naturalnego nawęglenia żelaza w dymarce, podczas których starano się wykonać ostrze z utwardzonych części łupki.

Badany pierścień wykonany został przez odlanie z brązu cynowego o zawartości ok. 10% cyny z niedużą domieszką ołowiu (1,30%), pochodzącą z rudy miedzi, zawierającej ołów. Zawartość cyny w brązie wskazuje na świadome przygotowanie stopu z miedzi i cyny.

W obecnej chwili trudno jest ustalić pochodzenie opisanych przedmiotów. Możliwe jednak, że po przeprowadzeniu jakościowej analizy chemicznej przedmiotów pochodzących z większej ilości kopalisk można będzie odpowiedzieć i na to pytanie.

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ ИЗ ГОРОДИЩА В ЗАВАДЗЕ ЛАНЦКОРОНСКОЙ (повят Бжеско)

Исследования по металловедению археологических древностей могут дать возможность воссоздания древней технологии производства разных изделий из металла и определить их происхождение. Кроме того, они создают основу для оценки технического уровня ремесленников, изготавливавших эти предметы.

Проведенные до сих пор исследования по металловедению имели главным образом характер материалов, посвященных отдельным предметам. Только лишь труды Б. А. Колчина указали на необходимость вести систематические исследования археологических древностей в целом. Такого рода плановых, продолжительных исследований ожидают памятники старины, найденные в Польше.

Такие исследования требуют определения общей методики исследований, которая позволила бы получить возможно максимальное количество данных об исследуемом предмете и способе его изготовления при возможно минимальном повреждении археологической древности.

Предлагаемая методика была продемонстрирована на примере обследования трех железных предметов в виде узких, продолговатых топорков (из десяти обнаруженных) и обломка кольца из бронзы, найденных в городище в Завадзе Ланцкоронской (повят Бжеско). Эти предметы были обнаружены близ стоянок, находившихся там в период раннего средневековья (I—III в.).

Исследования заключались в просвечивании X-лучами, в качественном спектральном анализе и количественном химическом анализе, металлографическом обследовании и исследовании твердости и микротвердости.

Установлено, что все три обследованных предмета сделаны из железа, выплавленного в домнице из одинаковой руды, причем два предмета по всей вероятности принадлежат к одной отколке. Наличие следов естественного науглероживания на остриях этих металлических предметов позволяет предполагать что они не являлись полуфабрикатом, а режущим инструментом, относящимся к периоду, в котором искусство производства стали при помощи сознательного науглероживания еще не было распространено, следовательно к значительно более раннему периоду, чем в начале предполагалось.

Обследуемое кольцо было изготовлено при помощи отливки из оловянной бронзы, содержащей 9,17% Sn и засорение свинцом (1,30% Pb), находившиеся в руде, которая употреблялась для выплавки металла.

THE RESULTS OF AN EXAMINATION OF METAL OBJECTS
DISCOVERED AT ANCIET-BURGH IN ZAWADA LANCKORONSKA
(BRZESKO DISTRICT)

An examination of the metal composing archeological remains can throw a revelatory light upon the ancient technological processes used in the production of various metal objects, and help to determine their provenience; at the same time, it can also furnish grounds for an estimate of the standards of technique represented by the craftsman by whom the objects were executed.

Until recently, all such investigations had an uncoordinated character of individual contributions dealing with some particular objects. B. A. Kolchin's work was the first to draw attention to the necessity for coordinated and systematic research covering the whole set of archeological remains possessed. The objects discovered in various parts of the country are still waiting to receive the treatment of such coordinated long-term investigations.

It is expedient, for such work, that a basic plan of procedure be fixed beforehand, stipulating investigation methods capable of securing the greatest possible amount of data concerning the objects in question and the manner of its production, with the least possible damage to the objects itself.

This method was demonstrated on the example of three (out of ten discovered) metal objects in the shape of narrow, elongated hatchets and of a fragment of a bronze ring, found at ancient-burgh in Zawada Lanckoronska. They were all found near early medieval (tenth to thirteenth-century) sites.

The examination included X-raying, a qualitative spectral analysis and a quantitative chemical analysis, metallographic tests and tests on hardness and micro-hardness.

The investigation revealed all the three objects to have been made of iron smelted in bloomery fire and obtained from the same ore and, in the case of the objects, probably even from the same lump. The presence of traces of natural carbonization on the blades suggests that the objects were not semi-finished product but actual tools used for cutting, coming from a period when the art of obtaining steel by means of intentional carbonization was not yet widespread, i. e. from a much earlier period than originally believed.

The ring of which the fragment was examined had been cast of tin-bronze, containing 9.17 per cent of Sn and some lead contamination (1.30 per cent of Pb) which got there from the ore used in smelting.