

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA STAROŻYTNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH I PRÓBEK ŻUŻLA Z GÓRNEGO ŚLĄSKA I ZIEMI CZĘSTOCHOWSKIEJ

Badania późnorzymskich przedmiotów żelaznych z Górnego Śląska i ziemi częstochowskiej wypełniają pewną lukę w dotychczasowych pracach. Z tego terenu zbadano dotychczas jedynie 12 okazów, nieco zresztą wcześniejszych z Wąsosa Górnego, pow. kłobucki. Lepiej znana jest technologia żelaza na terenie pobliskiego Śląska Opolskiego, skąd zbadano 32 okazy z okresu rzymskiego¹, a W. Hołubowicz opisał hutnictwo i kowalstwo we wczesnośredniowiecznym Opolu (X—XII w.)² w oparciu o badania mgr. inż. R. Haimanna z Politechniki Wrocławskiej. Szczegółowe wyniki analityczne nie zostały jednak opublikowane, a opis W. Hołubowicza pozwala tylko ogólnie zorientować się w technice hutnictwa i kowalstwa opolskiego.

Dla dokładniejszego poznania technologii żelaza na terenie Górnego Śląska i ziemi częstochowskiej w okresie późnorzymskim zbadano wyroby żelazne i fragmenty żużla z Olsztyna, pow. częstochowski³, i Choruli, pow. krapkowicki (stanowisko 8), pochodzące z Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu. Za udostępnienie materiałów do badań autor składa podziękowanie dyrekcji Muzeum oraz kierownikowi Działu Archeologii dr. J. Szydłowskiemu, który okazy wybrał i przygotował do badań.

Przeprowadzone analizy materiałów późnorzymskich miały szczególnie duże znaczenie. Ilość zbadanych dotychczas przedmiotów żelaznych z tego okresu była niewielka, co utrudniało prześledzenie daleko sięgających zmian technologii żelaza na ziemiach Polski (a ściślej, pomiędzy Wisłą i Odrą), jakie w tym okresie nastąpiły. Należy tu wymienić zbadane okazy z Choruli, pow. krapkowicki (stanowisko 8), a więc z osady uznanej przez archeologów za przejściową pomiędzy okresem staro-

¹ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z osady w Wąsoszu Górnym, pow. Kłobucki*, „Wiadomości Archeologiczne”, t. 28: 1962 z. 3, s. 218; J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego z okresu wpływów rzymskich*, „Przegląd Archeologiczny”, t. 15: 1963, s. 134.

² W. Hołubowicz, *Opole w wiekach X—XII*, Katowice 1956, s. 146.

³ Datowanie materiałów z Olsztyna podano w następujących pracowniach archeologicznych: J. Szydłowski, *Cmentarzysko typu dobrodzieńskiego w Olsztynie, powiat Częstochowa*, Śląski Instytut Naukowy, Biuletyn nr 11, Katowice 1959, s. 24; tenże; *Ein neues Gräberfeld des Dobrodzień-typus in Olsztyn, Kreis Częstochowa*, „Archaeologia Polona”, t. 4: 1962, s. 306.

żytnym, a wczesnośredniowiecznym⁴. Drugim tego typu stanowiskiem miała być osada w Kościelisku, pow. oleski⁵. Materiały żelazne z tego stanowiska zbadano uprzednio⁶.

Zbadane materiały dostarczają także danych o rozpowszechnieniu wyrobów „świętokrzyskich” i „opolskich” na Górnym Śląsku.

Zestawienie zbadanych materiałów

Ogółem zbadano 18 przedmiotów żelaznych, przy czym jeden ciężarek z Choruli, pow. krapkowicki (stan. 8), składał się z dwóch części. Były to: dwa noże i dwa okucia, grot włóczni, szydło (?), igła, zapinka, gwóźdź, umbo, imacz, sprzączka, kabłąk (?) z Olsztyna, pow. częstochowski (IV—V w.n.e.)⁷, dwa noże, krój (?), nożyce (fragment kabłąka) i ciężarek ze stanowiska 8 w Choruli, pow. krapkowicki.

Wymienione okazy były przed badaniami konserwowane. W przeważającej części znajdowały się one w stanie poważnie uszkodzonym przez korozję, co w niektórych przypadkach utrudniało identyfikację niektórych cech metalu, m. in. analiz.

Ponadto przeprowadzono ilościową analizę chemiczną 4 próbek żużla (w tym fragmentu żużla z ciężarka) z Choruli, pow. krapkowicki.

Metody badań i sposób zestawienia wyników

Metody opisanych badań i sposób zestawienia wyników były identyczne jak w innych podobnych pracach autora⁸. Badania obejmowały ilościową i jakościową (spektrograficzną) analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna (według normy PN-56/H-04507), pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych, przeprowadzone przy użyciu mikrotwardościomierza Hannemanna, oraz badania twardości sposobem Vickersa (według normy PN/H-04360).

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi stosowanymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą wagową lub miareczkową, jeśli zaś zawartość tej domieszki była niska — metodą fotometryczną. Przy oznaczeniu zawartości manganu stosowano metodę miareczkową, a zawartość siarki oznaczano przez spalanie. Metodę fotometryczną stosowano przy oznaczeniach zawartości niklu i miedzi. Zawartość węgla oceniano w przybliżeniu na podstawie obserwacji metalograficznych.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzano metodą spektrograficzną przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy dwiema próbkami tego samego materiału. Podając wyniki analizy jakościowej (tabele 1 i 3) pominięto zawartość podstawowych składników i domieszek Fe, C, Si, P i S oraz Al, Ca, Mg, które występowały we wszystkich próbkach. Znak „+” określa wyraźnie

⁴ J. Kostrzewski, *Zagadnienie ciągłości zaludnienia ziem polskich w pradziejach*, Poznańskie Tow. Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Archeologicznej, t. 4: 1961 z. 3, s. 23.

⁵ Tamże, s. 24.

⁶ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z Sobociśka, Nowej Cerekwi i Kościelisk* (w opracowaniu).

⁷ Datowanie Ornośląskiego oparte na danych dostarczonych przez dr. J. Szydłowskiego z Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu.

⁸ Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku*, „Przegląd Archeologiczny”, t. 12: 1960, s. 125.

stwierdzoną obecność domieszki, natomiast znak „o” świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka.

Obserwacje metalograficzne prowadzono przy użyciu powiększenia 100 i 500x, trawiąc próbki 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Przy pomiarach mikrotwardości stosowano obciążenie 50 gramów w ciągu 15 sek.; każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów.

Badania twardości żelaza i stali nie hartowanej prowadzono przy obciążeniu 10 kG, trwającym 15 sek.; przy badaniu stali hartowanej obciążenie wynosiło 30 kG. Każdy wynik jest średnim z 2—3 pomiarów.

Analizę ilościową próbek żużła przeprowadzono zgodnie z metodami stosowanymi przy analizie rud żelaza. Oznaczenie temperatury mięknięcia i topienia żużła wykonywano przy użyciu aparatu firmy W. Feddeler (Essen)⁹.

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

Wyniki badań

Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z Olsztyna, pow. częstochowski, i Choruli, pow. krapkowicki (stan. 8), podano na ryc. 1, a ich technologię wykonania na ryc. 2. Poza tym wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej zestawiono w tabeli 1, a wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych i twardości metalu — w tabeli 2.

Wyniki obserwacji metalograficznych i analiz pozwoliły na ustalenie technologii okazów. Opis rozpoczęto od materiałów z cmentarzyska w Olsztynie.

Nóż nr 1 wykonany z niskofosforowego żelaza o silnym nawęgleniu, sięgającym w niektórych miejscach do ok. 1% C, o czym świadczą wydzielenia cementytu nad-eutektoidalnego, występujące obok ziaren sorbitu (ryc. 3a). Wtrącenia żużła posiadały jednofazową strukturę, na zglądzie obserwowano jednolite czarne zabarwienie tych wtrąceń. Były to więc wtrącenia typu A, według klasyfikacji autora¹⁰.

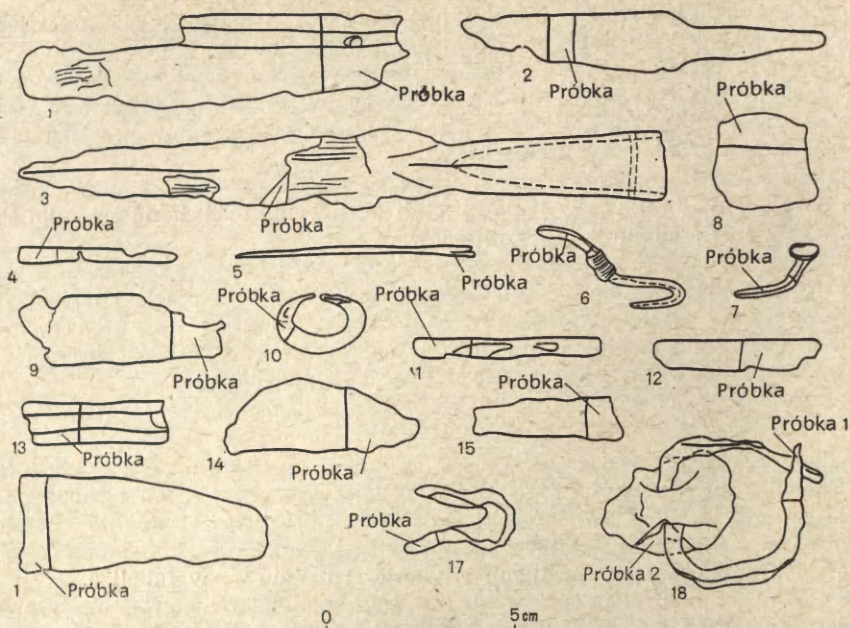
Nóż nr 2 wykazał strukturę bardzo miękkiej stali o nierównomiernym nawęgleniu (zawartość węgla dochodziła do 0,1% C). Wtrącenia żużła posiadały także jednolite czarne zabarwienia (typ A — ryc. 3b). Zawartość fosforu w metalu była również niska.

W grocie włócznie obserwowano również nierównomierne nawęglenie, sięgało ono jednak od ok. 0,1% C (ryc. 3c) do ok. 0,4% C. Wtrącenia żużła posiadały także jednolite czarne zabarwienia (typ A), w dwóch wtrąceniach jedynie wystąpiła struktura dwufazowa (drobne wydzielenia dendrytyczne jaśniejszej fazy na czarnym tle osnowy). Zawartość fosforu w metalu była bardzo niska. Natomiast bardzo wysoką zawartość fosforu zawierał pręt nazwany szydłem. W strukturze metalu wystąpił gruboziarnisty ferryt oraz drobne wtrącenia żużła o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) — ryc. 3d.

Igła wykazała strukturę bardzo miękkiej stali (ok. 0,1% C); obok ziaren ferrytu występowały w nieznacznych ilościach ziarna perlitu. Wtrącenia żużła były bardzo drobne i trudno było określić ich strukturę; obok wtrąceń o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały nieliczne wtrącenia zawierające wydzielenia jaś-

⁹ Metodę pomiaru temperatury topienia próbek żużła przy użyciu aparatu firmy W. Feddeler, Essen, opisano dokładniej w pracy: W. Sedlak, J. Piaskowski, *Znalezienie tupek żelaza świętokrzyskiego oraz ich charakterystyka metalograficzna*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, t. 9: 1961 z. 1, s. 93.

¹⁰ J. Piaskowski, *Dalsze badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach polskich w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, t. 11: 1963 z. 1, s. 3.



Ryc. 1. Zestawienie zbadanych przedmiotów żelaznych z Olsztyna i z Choruli:

1 — nóż nr 1 (fragm.); 2 — nóż nr 2; 3 — grot włóczni; 4 — mydło (?); 5 — igła; 6 — zapinka (fragm.); 7 — gwóźdź; 8 — umbo (fragm.); 9 — imacz (fragm.); 10 — sprzączka; 11 — kablak (fragm.); 12 — okucie nr 1 (fragm.); 13 — okucie nr 2 (fragm.) z Olsztyna, pow. częstochowski; 14 — nóż (?) nr 1 (fragm.); 15 — nóż nr 2 (fragm.); 16 — krój (fragm.); 17 — nożyce (fragm.); 18 — ciężarek z Choruli, pow. krapkowicki

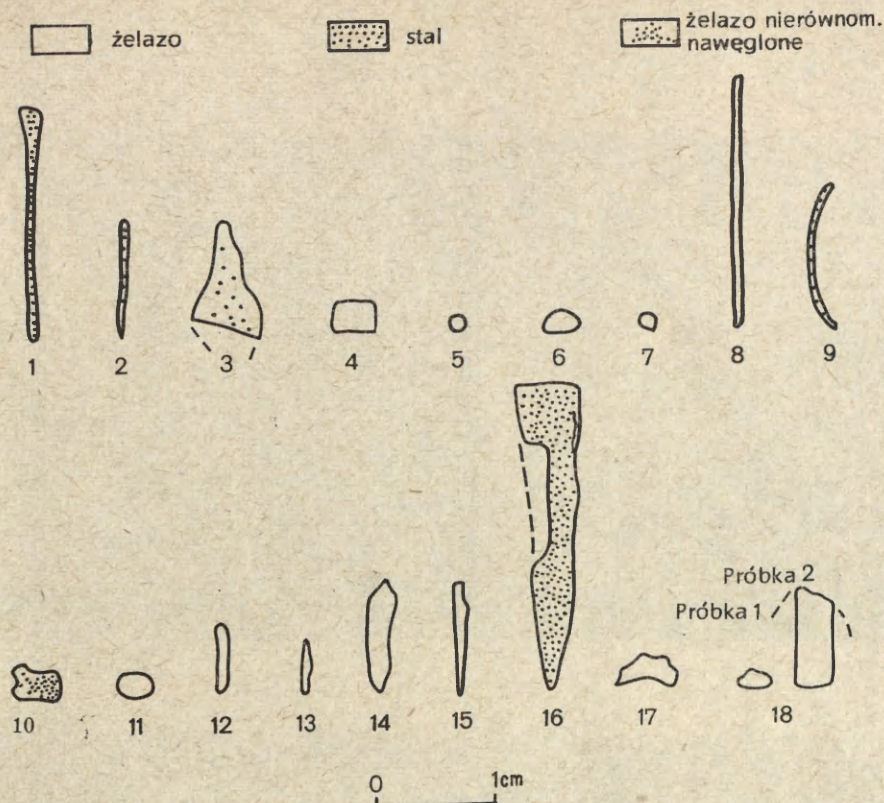
niejszej fazy na ciemnym tle (typ B). W metalu wystąpiły iglaste wydzielienia fazy A (γ — Fe_3N ?), długości ok. 0,05 mm, i drobnej fazy B (α'' — Fe_4N_2 ?)¹¹, długości ok. 0,001mm (ryc. 4a).

Metal wykazał niską zawartość fosforu (świadczy o tym zresztą także niska mikrotwardość), choć analiza jest tu mniej dokładna z powodu bardzo małej próbki przeznaczonej do analizy chemicznej.

Ferrytyczną strukturę żelaza dymarkowego wykazała zapinka (ryc. 4b). Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) występowały także wtrącenia dwufazowe, zawierające zaokrąglone wydzielienia jaśniejszej fazy na ciemnym tle (typ B lub — możliwe — typ C) — ryc. 4c.

Struktura ferrytyczna wystąpiła także w gwoździu (ryc. 4d). Oprócz wtrąceń o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) natrafiono na duże wtrącenie o bardziej złożonej strukturze wielofazowej, możliwe jednak, że struktura ta jest zjawiskiem przypadkowym, nie związanym z rodzajem rudy użytej do wytopu.

¹¹ W ten sposób zidentyfikowane zostały podobne wydzielienia występujące w obecnie wytapianych stopach żelaza (G. R. Booker, J. Norbury, A. L. Sutton, *Investigation of nitride precipitation in pure iron and mild steel*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 187: 1957 z. 3, s. 205).



Ryc. 2. Technologia zbadanych przedmiotów żelaznych z Olsztyna i z Choruli:

1 — nóż nr 1 (fragm.); 2 — nóż nr 2; 3 — grot włóczni; 4 — szydło (?); 5 — igła; 6 — zapinka (fragm.); 7 — gwóźdź; 8 — umbo (fragm.); 9 — imacz (fragm.); 10 — sprzączka; 11 — kabląk (fragm.); 12 — okucie nr 1 (fragm.); 13 — okucie nr 2 (fragm. z Olsztyna, pow. częstochowski); 14 — nóż (?) nr 1 (fragm.); 15 — nóż nr 2 (fragm.); 16 — krój (fragm.); 17 — nożyce (fragm.); 18 — ciężarek z Choruli, pow. krapkowicki

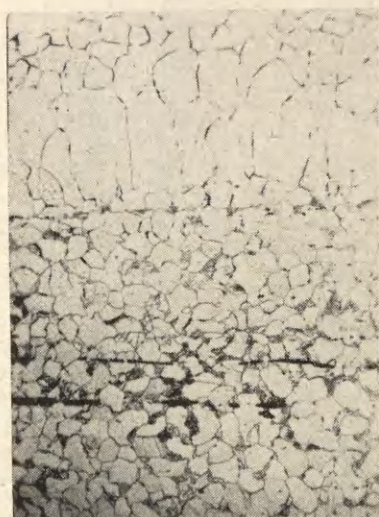
Zarówno zapinka, jak i gwóźdź zawierały niewiele fosforu.

Podobny typ metalu użyto do wyrobu umbu, posiadającego strukturę ferrytyczną (ryc. 5a). Wtrącenia żużla były bardzo drobne, tak że trudno było określić ich strukturę. Wydaje się, że oprócz wtrąceń o jednolitym czarnym zabarwieniu występowały także wtrącenia dwufazowe typu B lub C.

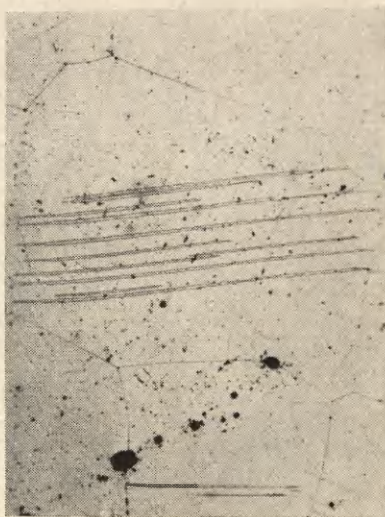
Imacz wykonano z niskofosforowej miękkiej stali, zawierającej ok. 0,3% C (ryc. 5b). Obok wtrąceń żużla o jednolitym czarnym zabarwieniu (typ A) wystąpiły wtrącenia dwufazowe (podobne do typu B) i nieliczne wtrącenia jasne (typ C).

Sprzączka wykazała strukturę stali (niskofosforowej) o nierównomiernym nawęgleniu od ok. 0,1% do ok. 0,7% C (ryc. 6a). Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Ferrytyczną strukturę żelaza dymarkowego wykazał pręt zwany kabląkiem (ryc. 6b). Wtrącenia żużla posiadały w wielu przypadkach strukturę dwufazową (typ B), wielkość wtrąceń posiadała jednolite czarne zabarwienie (typ A). Zawartość fosforu była niezbyt wysoka.



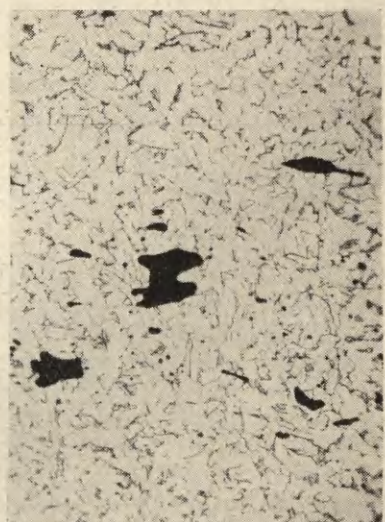
b



d



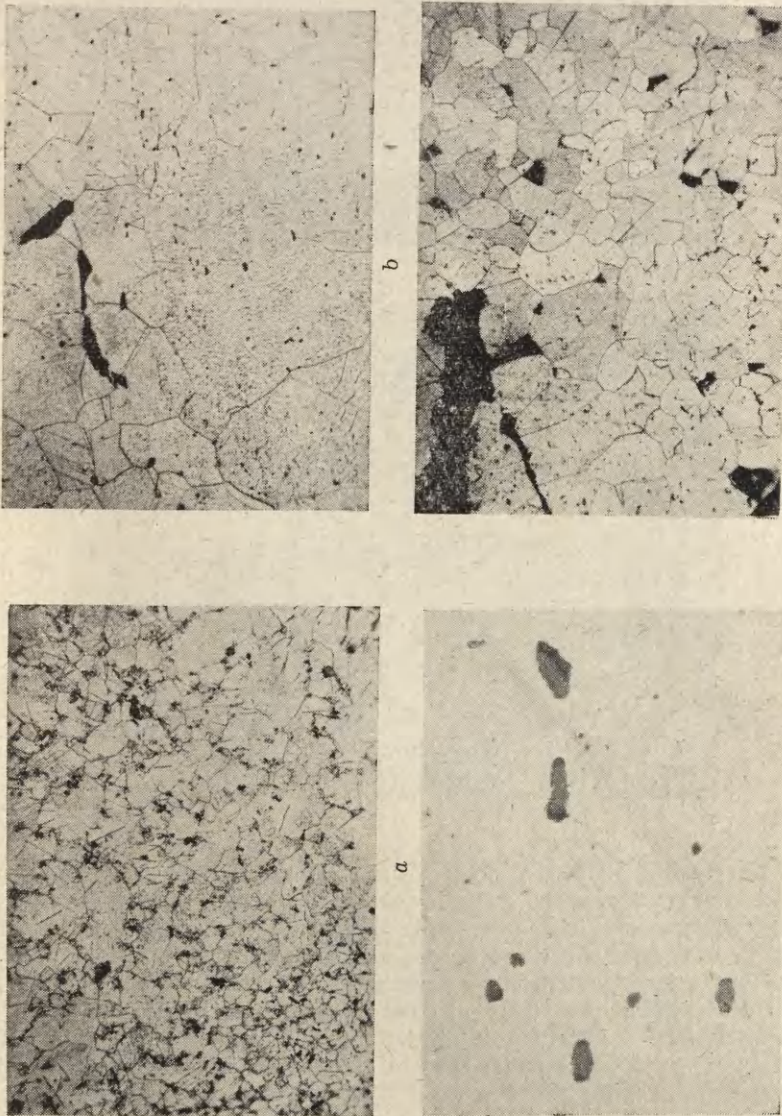
a



c

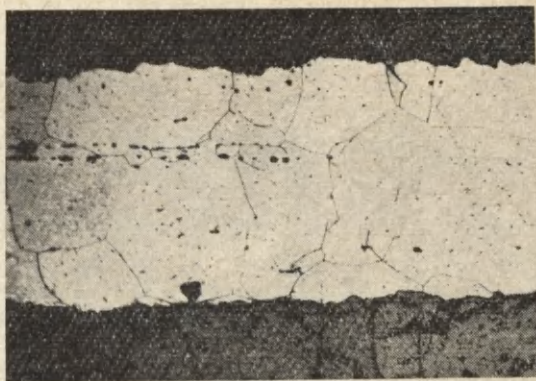
Ryc. 3. Olsztyn, pow. Częstochowa:

a — struktura noża nr 1: sorbit wydzielenie cementytu nadeutektoidalnego i wtrącenia żuzła, traw. azotalem, pow. 500 x; b — struktura noża nr 2: ferryt, perlit i wtrącenia żuzła, traw. azotalem, pow. 100 x; c — struktura słabszej nawęglonej części grota włóczni: ferryt, perlit i wtrącenia żuzła, traw. azotalem, pow. 100 x; d — struktura szydła (?): ferryt i wtrącenia żuzła, traw. azotalem, pow. 100 x

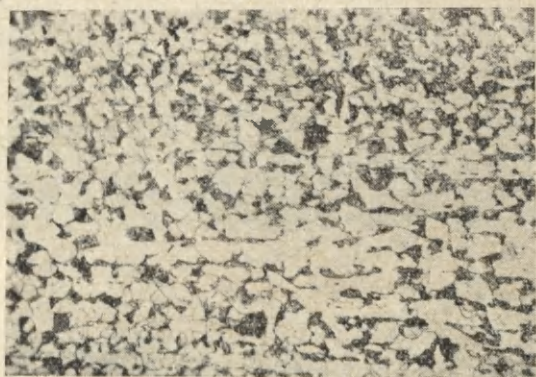


Ryc. 4. Olsztyn, pow. Częstochowa:

a — Struktura igły: ferryt, wydzielanie faz A (γ' — Fe_4N ?) i B (δ' — Fe_{16}N_2 ?) oraz wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; b — struktura zapinki: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; c — wtrącenia żużla w zapince, nietraw. pow. 500 x; d — struktura gwoźdźca: ferryt, wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x



a



b

Ryc. 5. Olsztyn, pow. Częstochowa:

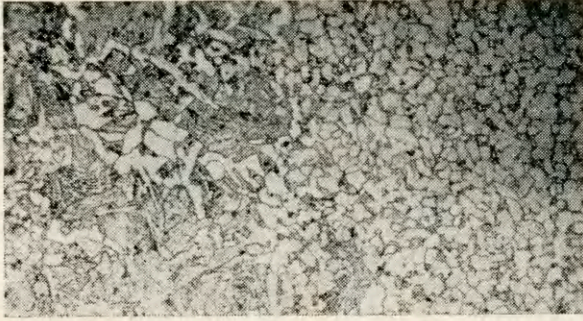
a — struktura umba: ferryt, wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; b — struktura imacza: ferryt, perlit i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x

Podobnie ferrytyczną strukturę obserwowano w okuciu nr 1 (ryc. 6c) oraz w okuciu nr 2. Struktura wtrąceń żużla w okuciu nr 1 była niezbyt wyraźna, przypuszczalnie występowały także wtrącenia o strukturze dwufazowej (typ B, ewentualnie D ?). W drugim okuciu na bardzo niewielkiej powierzchni zglądu metalograficznego wystąpiły bardzo drobne i nieliczne wtrącenia, których struktury nie udało się zidentyfikować. Ponieważ wielkość naważki była bardzo mała, oznaczenie zawartości fosforu w okuciu nr 2 nie jest zbyt dokładne, jednak niska mikrotwardość ferrytu wskazuje, że metal zawiera niewiele tej szkodliwej domieszki.

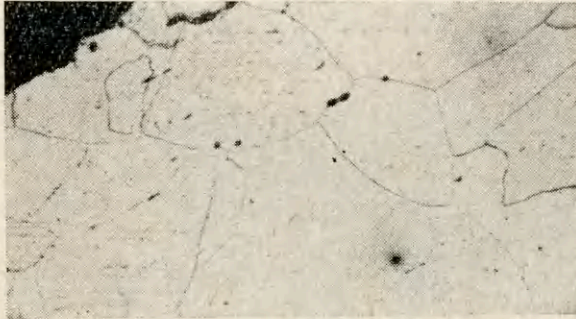
Badania przedmiotów żelaznych z osady w Choruli (stanowisko 8) dały następujące wyniki:

Pręt zwany nożem (?) nr 1 wykazał gruboziarnistą strukturę żelaza (ryc. 7a) o bardzo wysokiej zawartości fosforu. Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A); zaobserwowano także większe strącenie zawierające dość liczne zaokrąglone wydzielania jasnej fazy na ciemnym tle (typ D1).

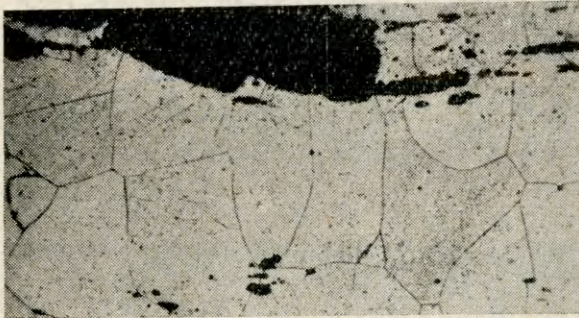
Technologia noża nr 2 sprawiała pewne trudności przy jej określeniu. W me-



a



b



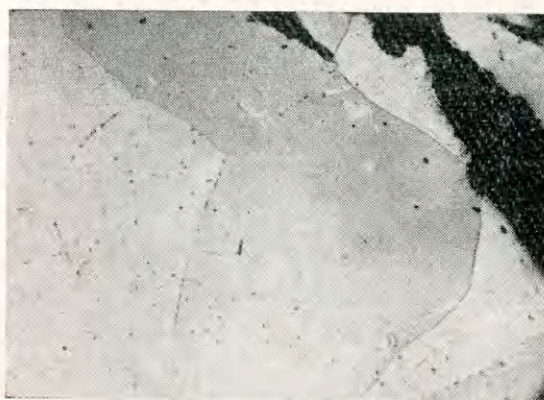
c

Ryc. 6. Olsztyn, pow. Częstochowa:

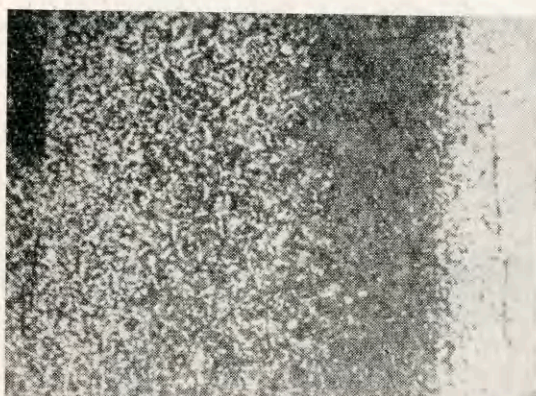
a — struktura sprzączki: ferryt i perlit, traw. azotalem, pow. 100 x; b — struktura kabląka: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 x; c — struktura okucia nr 1: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 x

talu wystąpiły części o różnym, dość silnym nawęgleniu — w części centralnej obserwowano pasmo silnie nawęglone (co mogłoby świadczyć o istnieniu wkładki stalowej). Podobne nawęglenie wystąpiło przy krawędzi tnącej (co ewentualnie mogłoby wskazywać na nawęglenie wtórne). Taki rozkład nawęglenia mógł oczywiście wystąpić także w metalu o nierównomiernym nawęgleniu (pierwotnym) — ryc. 7d.

Trudniej byłoby wyjaśnić zaobserwowany rozkład nawęglenia jakąś celową technologią. Jeśli bowiem nóż zawierał wkładkę stalową (zgrzewaną), to nie potrzebne było nawęglenie ostrza i przeciwnie, jeśli ostrze utwardzono przez nawę-



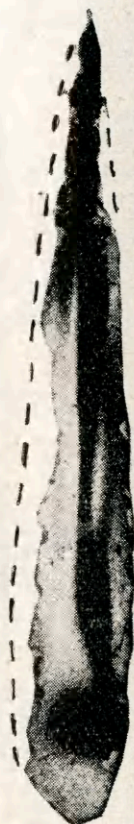
a



b



c



d

Ryc. 7. Chorula, pow. Krapkowice:

a — struktura noża (?) nr 1: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; b, c — struktury noża nr 2: troostyt i ferryt, wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; d — makrostruktura na poprzecznym przekroju noża nr 2. Miejsca nawęglone uległy zaciemnieniu. Traw. azotalem, pow. 11 x

glenie, niecelowe byłoby stosowanie wkładki stalowej. Przemawiało to więc za nawęglaniem nierównomiernym, jakie powstało podczas wytopu metalu w dymarce.

Problem technologii noża nr 2 miał jednak bardzo poważne konsekwencje. Mógł decydować o powiązaniu materiałów ze starożytnością lub z wczesnym średniowieczem. Dlatego przeprowadzono szczególnie dokładne obserwacje, a ponadto wycięto dwie dalsze próbki i wykonano zglądy metalograficzne.

Te wszystkie obserwacje dały jednoznaczny wynik: nie natrafiono na żadne ślady zgrzewania, jakie zwykle występują w postaci szeregu drobnych wtrąceń żuźla w zgrzeinie. Struktura wykazała zmiany koncentracji węgla, będące wynikiem nierównomiernego nawęglania pierwotnego (ryc. 7b, a zwłaszcza ryc 7c). Podobny wynik dały badania metalu w pobliżu krawędzi tnącej.

Opisany wyżej przypadek wskazuje, że w niektórych przypadkach identyfikacja technologii może być trudna; wtedy dla uzyskania bardziej wyraźnego obrazu strukturalnego zalecone jest wycięcie drugiej lub nawet i trzeciej próbki.

Wtrącenia żuźla zawarte w nożu nr 2 z Choruli (stan. 8) posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A). Nóż poddano obróbce cieplnej, prawdopodobnie hartowaniu zwykłemu, przy czym szybkość chłodzenia była dość duża.

Fragment ostrza, zwanego krojem, wykazał strukturę twardej stali (ok. 0,8% C) o bardzo niskiej zawartości fosforu. W pobliżu ostrza obserwowano strukturę martenzytyczno-troostytyczną (ryc. 8a), a w dalszej odległości — sorbit oraz wtrącenia żuźla (ryc. 8b). Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A) natrafiono jednak na wtrącenie o bardziej złożonej strukturze.

Krój (?) poddano obróbce cieplnej, a mianowicie hartowaniu miejscowemu. Polegało ono na zanurzeniu w cieczy chłodzonej tylko krawędzi tnącej narzędzia, która w ten sposób została utwardzona.

Fragment kabłąka nożyc wykazał ferrytyczną strukturę żelaza dymarkowego (ryc. 8c). Obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu wystąpiły znaczne ilości wtrąceń żuźla o strukturze dwufazowej (typ B, może D).

Struktura niewiele mówi o technologii nożyc, gdyż próbkę wycięto z zachowanego kabłąka. Nożyce mogły być wykonane w całości z żelaza i nie poddane zabiegom utwardzającym, mogły też posiadać ostrze nawęglane lub stalowe (nakładkę) lub być wykonane z żelaza o nierównomiernym nawęglaniu.

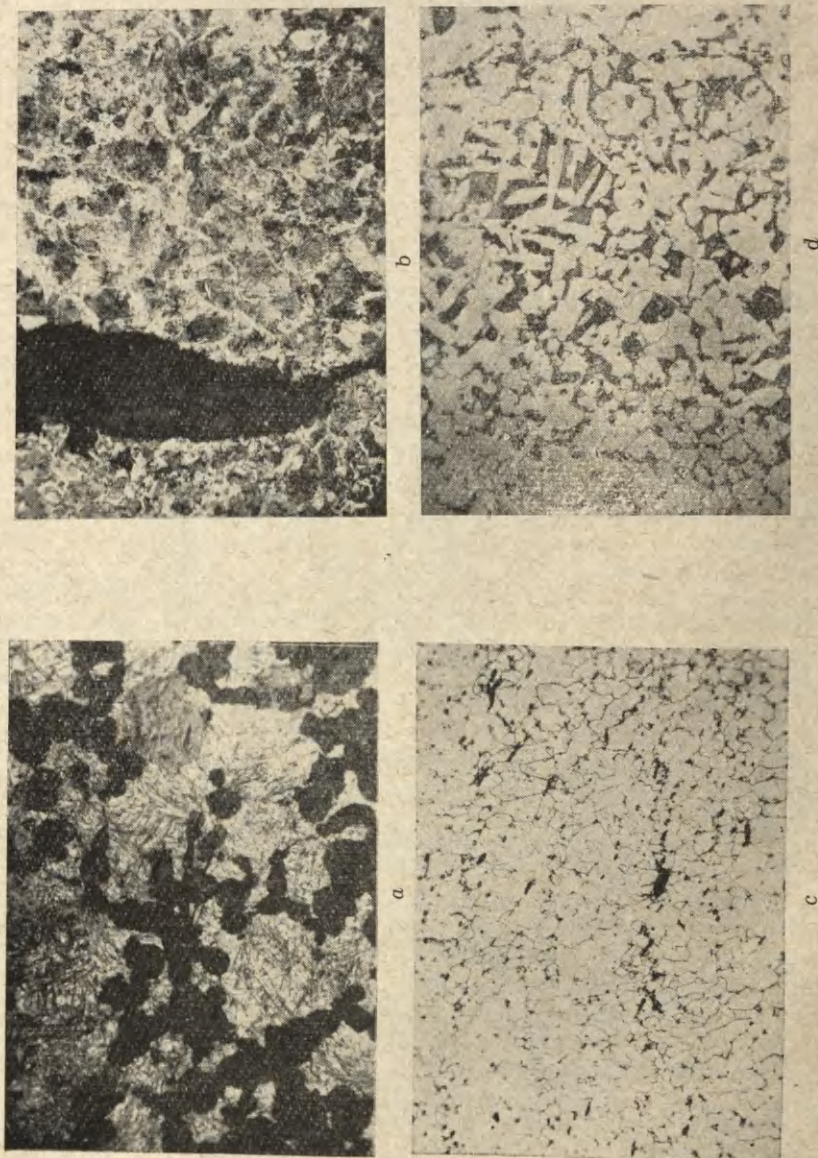
Fragment zwany ciężarkiem składał się z dwóch części: z zagiętego pręta (uchwyty) i z kawałka o okrągłym kształcie (obciążnika ?).

Uchwyt wykazał ferrytyczno-perlityczną strukturę miękkiej stali, o zawartości ok. 0,1% C (ryc. 8d). Zawartość fosforu w metalu była bardzo niska, natomiast dość znaczna była zawartość niklu.

Obciążnik (?) był fragmentem łupki (ewentualnie — stosując terminologię M. Radwana¹² — grapiem), tzn. był to kawałek surowego metalu otoczonego żuźlem, który stanowił poważną część całego fragmentu. Metal wykazał strukturę czysto-ferrytyczną o dość dużym ziarnie (ryc. 9a), przy czym obok wtrąceń żuźla o jednolitym czarnym zabarwieniu obserwowano wtrącenia o strukturze wielofazowej, m. in. zawierające liczne, zaokrąglone wydzielienia jaśniejszej fazy na ciemnym tle osnowy (ryc. 9b).

W tabeli 3 podano wyniki ilościowej analizy chemicznej oraz wyniki pomiarów temperatury mięknięcia i topienia próbek żuźla z Choruli, pow. krapkowicki (stanowisko 8), w tym także żuźla wykruszonego z obciążnika (ciężarka), znalezione w tym stanowisku. Żużel nr 1, zawierający bardzo mało żelaza, a wyjątkowo dużo krzemionki (SiO₂) reprezentuje analizę nietypową. Jest to prawdopodobnie

¹² M. R a d w a n, *Rudy, kuźnice i huty żelaza w Polsce*, Warszawa 1963, s. 59.



Ryc. 8. Chorula, pow. Krapkowice:

a — struktura w pobliżu krawędzi tnącej kroja: martenzyt i troostyt; *b* — struktura dalej od krawędzi tnącej kroju: sorbit, ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 x; *c* — struktura kabłąka nożyc: ferryt i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 x; *d* — struktura uchwytu ciężarka: ferryt, perlit i wtrącenia żuźla, traw. azotalem, pow. 100 x



a



b

Ryc. 9. Chorula, pow. Krapkowice:

a — struktura części metalowej obciążnika-ciężarka: ferryt i wtrącenia żużla, traw. azotalem, pow. 100 x; b — wtrącenia żużla w części metalowej obciążnika-ciężarka, nietraw., pow. 500 x

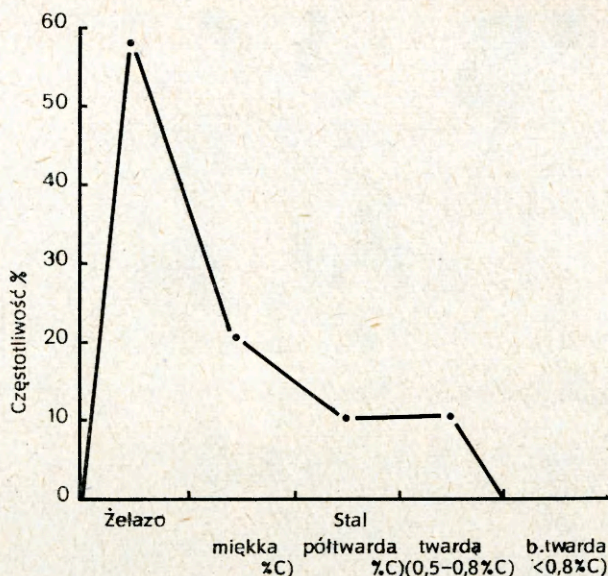
żużel powstały w przeważającej części z obmurna (lub ścianki) pieca hutniczego. Odwrotnie, bardzo mała zawartość krzemionki wystąpiła w żużlu nr 2, co należy traktować również jako zjawisko przypadkowe i skład chemiczny tego żużla odbiega nieco od normalnego składu żużla dymarkowego.

W każdym jednak razie analiza żużli z Choruli (stan. 8) wskazuje, że tamtejsi hutnicy wykorzystywali dwa rodzaje rudy żelaznej: pierwszy — to powierzchniowa ruda darniowa, wykazująca dość znaczną zawartość związków fosforu, a niską zawartość MnO (żużle nr 1 i 2), drugi — to ruda o niskiej zawartości fosforu i wysokiej zawartości MnO (żużle nr 3 i 4). Oba rodzaje rud zawierały stosunkowo duże ilości gliny (Al_2O_3).

Opracowanie wyników

Rozpatrując zbadane przedmioty z Olsztyna i Choruli (stan. 8) należy stwierdzić na wstępie, że reprezentują ten sam typ technologii¹³. Można wśród nich wyróżnić:

¹³ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego...*, s. 136.



Ryc. 10. Wielobok rozkładu nawęglania w zbadanych przedmiotach żelaznych z Olsztyna, pow. Częstochowa, i Choruli, pow. Krapkowice (na podstawie 19 próbek)

a) przedmioty z żelaza (tj. wykazujące strukturę ferrytyczną), do których należą: zapinka, gwóźdź, umbo, kabłąk, okucia nr 1 i 2 z Olsztyna oraz nożyce (kabłąk) i obciążnik ciężarka z Choruli, wykonane z metalu o niskiej zawartości fosforu, oraz szydło z Olsztyna i nóż nr 1 z Choruli, wykazujące podwyższoną zawartość tej domieszki (ogółem 10 okazów, tj. 2,6%);

b) przedmioty z miękkiej stali, o niskiej zawartości fosforu: nóż nr 2, grot włócznie, igła i imacz z Olsztyna oraz uchwyt ciężarka z Choruli (razem 5 okazów, tj. 26,4%);

c) przedmioty ze stali półtwardej, zawierające także niską zawartość fosforu: sprzączka z Olsztyna i nóż nr 2 z Choruli (razem 2 okazy, tj. 10,5%). Oba okazy właściwie wykazują bardzo nierównomierne nawęglanie, zaklasyfikowano je przyjmując średni stopień nawęglania;

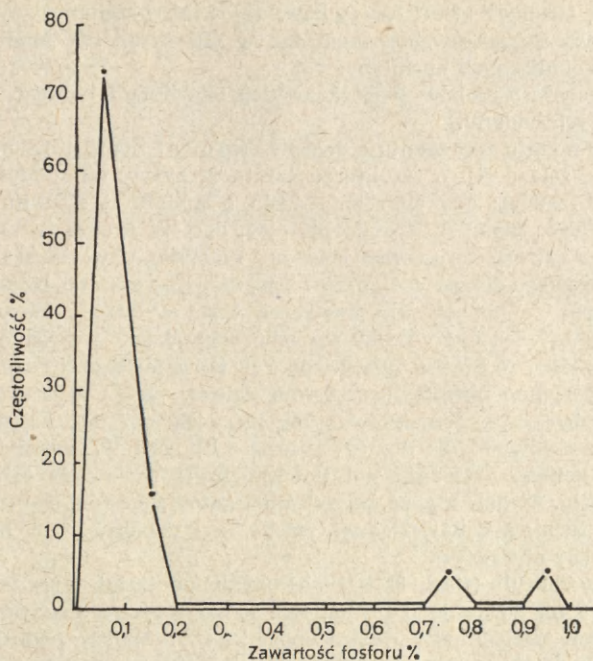
d) przedmioty ze stali twardej, o niskiej zawartości fosforu: nóż nr 1 z Olsztyna i krój z Choruli (razem 2 okazy, tj. 10,5%).

Wielobok nawęglania zbadanych przedmiotów żelaznych z Olsztyna i Choruli (na podstawie 19 oznaczeń) podano na ryc. 10. Z przeprowadzonych badań i podanego wykresu widoczne jest, że hutnicy wytapiający metal nie panowali nad procesem nawęglania w dymarce, a kowale nie klasyfikowali metalu, przeznaczając np. do wyrobu narzędzi metal silniej nawęglony.

Drugą cechą charakterystyczną zbadanych materiałów z Olsztyna i Choruli (stan. 8) poza różnym i niekiedy wyraźnie nierównomiernym nawęglaniem jest niska zawartość fosforu (ryc. 11). Ilość analiz poniżej 0,1% P wynosi 14 (tj. 73,7%), a poniżej 0,2% wynosi 16 (tj. 84,2%).

Wśród zbadanych materiałów występują wyraźnie okazy wykazujące cechy „wyrobów świętokrzyskich”¹⁴, choć niewielkie rozmiary próbek, jakie można było

¹⁴ Zestawienie cech „wyrobów świętokrzyskich” opublikowano szczegółowo w pracy: J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produ-*



Ryc. 11. Wielobok rozkładu zawartości fosforu w zbadanych przedmiotach żelaznych z Olsztyna, pow. Częstochowa, i Choruli, pow. Krapkowice (na podstawie 19 analiz)

wyciąć z niektórych silnie skorodowanych przedmiotów, utrudniały identyfikację cech metalu. Do „wrobów świętokrzyskich” należą przede wszystkim przedmioty z niskofosforowego żelaza o różnym stopniu nawęglenia, zawierające wtrącenia żużla typu A; są to: noże nr 1 i 2, gwóźdź (?) oraz sprzączka z Olsztyna, a także nóż nr 2 i krój z Choruli, a więc 6 przedmiotów, tj. 33,3%. Jest także prawdopodobne, że do wrobów świętokrzyskich należy zaliczyć zapinkę (z uwagi na wtrącenia żużla typu B), grot włóczni, umbo, imacz, kabłak (?) oraz — być może — okucie nr 1 z Olsztyna lub też przynajmniej część tych okazów. Wtedy udział „wrobów świętokrzyskich” byłby wyższy, możliwe nawet, że o dalsze 33,3%.

Obecność wrobów z żelaza świętokrzyskiego na terenie ziemi częstochowskiej w okresie rzymskim jest zjawiskiem zrozumiałym, gdyż — jak wykazały badania metaloznawcze — przedmioty z tego ośrodka docierały nawet na Dolny Śląsk¹⁵. Można tu jeszcze dodać, że analizy licznych żużli dymarkowych z terenów ziemi częstochowskiej¹⁶ wykazały fakt przetapiania tam w dawnych wiekach powierzchniowych rud żelaza o podwyższonej zawartości fosforu. Wprawdzie materiały te pochodzą z nieco późniejszego okresu, jednak wskazują na rodzaj rud, którymi dyspo-

kowanych 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. 27.

¹⁵ Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wrobów żelaznych...*, s. 32.

¹⁶ J. Zimny, *Rozwój wielkopiecownictwa w częstochowskim zagłębiu rudonośnym (1610—1816)*, „Hutnik” t. 30: 1963, nr 6, s. 188.

nowa! hutnik na terenach ziemi częstochowskiej. Stąd przedmioty wykute z niskofosforowego żelaza dymarkowego znalezione w Olsztynie nie mogły być dziełem miejscowych lub okolicznych hutników.

Również obecność wyrobów świętokrzyskich w Choruli pokrywa się z wynikami dotychczasowych badań¹⁷.

Odrębny typ metalu reprezentuje żelazny fragment nożyc z Choruli. Należy dodać, że nożyce z żelaza (tj. o strukturze czysto ferrytycznej) o dość znacznej zawartości fosforu, zawierające wtrącenia żużla o podobnej strukturze, pochodzące z okresu rzymskiego, znamy z Krapkowic, pow. opolski (metal ten jednak zawierał znacznie mniejszą zawartość fosforu¹⁸, a także z Zadowic, pow. kaliski¹⁹).

Z niskofosforowego żelaza o słabym nawęgleniu wykonano ponadto igłę i okucie nr 2 z Olsztyna, jednak struktury wtrąceń żużla w metalu nie udało się zidentyfikować, mogły to więc być wyroby zarówno pochodzące z ośrodka w rejonie Gór Świętokrzyskich, jak i ze Śląska Opolskiego (lub też z jakiegoś innego ośrodka hutniczego, gdzie przetapiano niskofosforową rudę żelaza, raczej poza granicami Polski), z tym że najbardziej prawdopodobny byłby pierwszy ośrodek hutniczy.

Na oddzielne omówienie zasługuje ciężarek z Choruli. Przeznaczenie tego przedmiotu nie jest pewne, obciążnik był bowiem bryłą surowego żelaza, otoczonego pewną ilością żużla. Wydaje się, że gdyby to był gotowy wyrób, powinien być oczyszczony lepiej od żużla. Z drugiej jednak strony tego rodzaju bryła metalu z żużłem mogła spełniać rolę obciążnika.

Obciążnik z Choruli (stan. 8) był najprawdopodobniej wyrobem miejscowym, o czym świadczy nie tylko jego forma, lecz także i cechy strukturalne, pokrywane się z cechami starożytnego „żelaza opolskiego”²⁰. Należy podkreślić, że analiza fragmentów żużla ze stanowiska 8 w Choruli wykazała analogiczny skład chemiczny (wysoka zawartość MnO i Al₂O₃) jak fragmenty żużla z Groszowic, pow. opolski, i Opola-Gosławic²¹.

Należy tu podkreślić, że starożytni hutnicy w Choruli eksploatowali — jak można sądzić na podstawie analiz — dwa rodzaje rud żelaza. Pierwszy — typowa ruda darniowa o dość wysokiej zawartości związków fosforu (P₂O₅), zawierająca także dużą domieszkę gliny (Al₂O₃), natomiast niewiele MnO (żużel nr 1 i 2); drugi (żużel nr 3, ewentualnie nr 4) — to właśnie ruda niskofosforowa o wysokiej zawartości MnO i M₂O₃, stosowana także przez hutników opolskich, znana z analiz próbek żelaza z wymienionych wyżej stanowisk.

W obecnej chwili trudno wyjaśnić, dlaczego hutnicy w Choruli (stan. 8) eksploatowali obok rudy niskofosforowej także rudę wysokofosforową, z której uzyskany metal był znacznie gorszej jakości. Może w miejscu eksploatacji oba te rodzaje rud trudno było oddzielić. Być może miejscowi hutnicy nie rozróżniali dość dokładnie cech uzyskiwanego metalu lub nie uświadamiali sobie związku pomiędzy cechami tego metalu i rodzaju rudy użytej do wytopu.

Odrębną grupę stanowią przedmioty z żelaza o bardzo wysokiej zawartości fosforu. Należą tu: szydło z Olsztyna oraz nóż (?) nr 1 z Choruli (2 okazy, tj. 11,1%).

¹⁷ Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego...*, s. 134.

¹⁸ Por. Piaskowski, *op. cit.*, s. 138.

¹⁹ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z cmentarzyska ciałopalnego w Zadowicach, pow. Kalisz* (w opracowaniu).

²⁰ Zestawienie cech „wyrobów opolskich” opublikowano w pracy: Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych i próbek żużla ze Śląska Opolskiego...*, s. 155.

²¹ Tamże, s. 136.

Tabela 1. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej przedmiotów żelaznych z Olsztyna, pow. częstochowski, i Choruli, pow. krapkowicki (stan. 8)

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Numer inwentarza	Ciężar okazu zużycia G	Zawartość %					Analiza jakościowa*															
					Mn	P	Ni	S	Cu	Ag	As	Ba	Bi	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn	
1	nóż nr 1 (fragm.)	Olsztyn, pow. częstochowski	B 22/625:59	16,9	0,029	0,16		śl.	O?	O?	O	O	O?	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	O?		
2	nóż nr 2		B 22/619:59	7,5	0,03	0,05	0,03		O	O	O	O	O?	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	O?	
3	grot włóczni			75,4	0,00	0,11	0,009																		
4	szydło (?)		B 22/512:59	2,4	0,03	0,10			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
5	igła		B 22/519:59	1,0	0,00	0,065(?)			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
6	zapinka (fragm.)		B 22/820:59	3,0	0,00	0,077			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
7	gwoździ		B 29/974:59	1,0	0,02	0,078			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
8	umbo (fragm.)		B 22/581:59	4,3	0,00	0,031	0,07		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
9	imacz. (fragm.)		B 22/607:59	3,9	śl.	0,025	0,18			O	O	O	O	+	+	+	+	+	+	+	+	O	+	+	
10	sprzączka		B 22/721:59	4,5	0,03	0,087	0,10	0,02		O	O	O	O	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+	
11	kabłak (?) (fragm.)		B 22/658:59	3,1	0,00	0,13	0,19			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+	
12	okucie nr 1 (fragm.)		B 22/672:59	2,4	śl.	0,06				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+	
13	okucie nr 2 (fragm.)		B 22/675:59	4,0	0,00	0,075(?)				O	O	O	O	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+	
14	nóż nr 1 (?) (fragm.)		Chorula, pow. krapkowicki, stan. 8	B 306:56	15,3	0,03	0,05	0,01	0,00	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+	
15	nóż nr 2 (fragm.)			B 265:55	2,8	0,00	0,033	0,05			O?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+
16	krój (fragm.)			B 25/6:55	36,5		0,017	0,00	0,04		O?	O	O	O	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+
17	nóżyce (fragm. kabłąka)			B 271:55	6,0	śl.	0,215	0,03			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	+	+
18	cieżarek a) uchwyty b) obciążnik	B 276:56		51,0	0,16	0,011	0,31	0,00		O?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O?	O?	O?	

* Ponadto Fe, C, Si, Mn, C i S oraz Al, Ca, Mg, które występowały we wszystkich próbkach

Tabela 2. Wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości i twardości przedmiotów żelaznych z Olsztyna, pow. częstochowski, i Choruli, pow. krapkowicki (stan. 8)

Lp.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
1	nóż nr 1	Olsztyn, pow. częstochowski	sorbit 2 feryt 19 1 cementyt		323 210 —	—
2	nóż nr 2		feryt perlit 7	6 8	154 251	} 128,4
3	grot włóczni		feryt perlit	7 5	131 184	
4	szydło (?)		feryt	1	208	215
5	igła		feryt perlit	6 8	145	—
6	zapinka		feryt*	4	122	87,6
7	gwóźdź		feryt	6	140	93,6
8	umbo		feryt	4	154	—
9	imacz		feryt perlit	7 7	164	—
10	sprzączka		feryt perlit**	7 6	139 303	} 189
11	kabłak		feryt*	3	154	
12	okucie nr 1		feryt	3	144	98,9
13	okucie nr 2		feryt	4	126	85,8
14	nóż (?), nr 1	Chorula, pow. krapkowicki, stan. 8	feryt	1	207	209
15	nóż nr 2		2 martenzyt feryt 2 troostyt	7	518 179 507	} 258—185
16	krój		martenzyt troostyt sorbit feryt		918 618 323 216	
17	nożyce (kabłak)		feryt	7	210	221
18	ciężarek 1) uchwyt		feryt perlit	7 6	179 263	} 145,5
	2) obciążnik		feryt	4	120	

* Ponadto jak się wydaje, wydzielenia iglastej fazy (γ' -Fe₄N?) i drobnej fazy B.

** Sorbityczny

Podobnie wysoką zawartość fosforu stwierdzono uprzednio w sprzączce ze Szczedrzyka, pow. opolski, i w grocie włóczni z Popielowa, pow. opolski²². Dotychczas nie wiadomo, w którym ośrodku (raczej pobliskim) wytapiano żelazo z wysokofosforowej rudy darniowej.

²² Tamże, s. 138.

Tabela 3. Wyniki ilościowej analizy chemicznej oraz temperatura mięknięcia i topienia próbek żużla z Choruli, pow. krapkowicki (stan. 8)

Lp.	Próbka	Numer inwentarza	Ciężar okazu G	Zawartość (%)								Temperatura (°C)			
				Fe*	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	mięknięcia	topnienia	
1	żużel nr 1	B 250:55	11,5	3,81	1,40	3,80	74,70				0,20	2,02	17,40		
2	żużel nr 2	B 251:55	181,9	58,20	48,60	29,20	2,95	1,23	0,18	0,07	1,67	12,60	1040	1250	
3	żużel nr 3	B 311:56	61,7	37,81	39,10	10,70	24,00	1,89	0,37	5,70	0,62	16,60	1055	1080	
4	żużel nr 4**	B 276:56									0,80				

* Obliczone na podstawie zawartości FeO i Fe₂O₃

** Żużel wykruszony z obciążnika (ciężarka)

Wśród zbadanych narzędzi (były to przede wszystkim noże) nie natrafiono na stosowanie procesu utwardzania przez nawęglanie lub zgrzewanie żelaza ze stałą.

W ten sposób zbadane materiały z Olsztyna i Choruli reprezentują wszystkie typowe cechy dla wyrobów żelaznych, występujących na ziemiach pomiędzy Wisłą i Odrą przed okresem wędrówek ludów. Z tym też okresem wiążą się one wyraźnie. Identyczny wynik zresztą dały także badania materiałów z Kościelisk, pow. oleski²³ (przynajmniej jeśli chodzi o materiały z jam), natomiast wśród zbadanych okazów znalezionych luźno wystąpiły tam dwa przedmioty, które należało wiązać z wczesnym średniowieczem (nawęglany sierp i ostroga).

Tak więc — według danych technologicznych, dotyczących technologii żelaza — zarówno osada w Choruli, pow. krapkowicki, jak i osada w Kościeliskach, pow. oleski, wiążą się zdecydowanie i całkowicie ze starożytnością, a więc z późnym okresem rzymskim, a ściślej, z materiałami kultury przeworskiej nie wykazując żadnych cech charakterystycznych dla technologii wczesnośredniowiecznej.

Rozpatrując nieco dokładniej technologię zbadanych, niezbyt wprawdzie licznych, przedmiotów żelaznych z Kościelisk i Choruli, można byłoby widzieć w nich pewne cechy specyficzne. Na stanowiskach tych nie występują już masowo (jak nawet na Dolnym Śląsku) „wyroby świętokrzyskie”. Okazy z obu tych stanowisk, które można byłoby nawiązać strukturalnie do „żelaza świętokrzyskiego”, są na ogół mniej liczne (mogły być także wtórnie przerobione na miejscu). Równocześnie pojawiają się dość liczne wyroby miejscowych lub okolicznych hutników, prymitywne zarówno pod względem techniki wytopu i przeróbki metalu, jak i formy. Jeżeli rozpatrzmy bowiem łącznie przedmioty żelazne z Choruli i Kościelisk (razem 12 szt.), to „wyroby świętokrzyskie” stanowią 33,3—41,7%, a wyroby miejscowe z żelaza wysokofosforowego lub „opolskiego” — 50,0%.

Widocznie mieszkańcy obu osad, wobec ograniczonego dopływu „wYROBÓW świętokrzyskich”, spowodowanego częściowym upadkiem tego ostatniego ośrodka (całkowity upadek nastąpił w okresie wędrówek ludów), rozwijali miejscowe hutnictwo, rozwinęły je zresztą w niewielkim stopniu i tylko ilościowo, bo technika

²³ P i a s k o w s k i, *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z Sobociska...*

pozostała niezmieniona, rozwój ten następował wyłącznie na bazie dotychczasowej, typowej dla okresu starożytnego i w niczym nie nawiązującej do techniki wczesnośredniowiecznej.

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF ANCIENT IRON OBJECTS AND
IRON SLAG FROM UPPER SILESIA AND FROM THE CZĘSTOCHOWA
REGION

The examined group included 13 ancient iron objects from Olsztyn, distr. Częstochowa and 5 objects from Chorula, distr. Krapkowice (site 8) together with 4 samples of bloomery slag from the latter site. In the investigations of iron objects metallographic observations, the microhardness measurements of the structural components with the Hanemann apparatus, and the hardness measurements of metal by the Vickers method were employed. Quantitative analysis and qualitative (spectrographic) analysis were also carried out. The investigations of slag involved quantitative chemical analysis and determination of the point of softening and smelting.

Six objects (i.e. 33.3%) were made of iron with different, usually irregular carburization and with slag inclusion uniformly black in colour (type A). The phosphorous content was low. These were knives nos. 1 and 2, a nail (?) and a belt-buckle from Olsztyn, and knife no. 2 and a coulter from Chorula. This type of metal is shown by iron objects produced in the big metallurgical centre in the Świętokrzyskie Mountains. Six other objects (i.e. 33.3%) also seem attributable to this group. They include a fibula, a spearhead, a shield boss and grip, a bucket-handle (?) and perhaps mount no. 1 from Olsztyn.

The upper part of the shears from Chorula was made of iron with ferritic structure and a low phosphorous content. The structure of the missing cutting part is not known.

A weight (?) from Chorula consisted of an iron grip and a lump of metal strongly contaminated with slag. It was probably of local make, because the metal showed features typical of Upper Silesian production.

Composition of this kind (low contents of P_2O_5 and high amount of MnO and Al_2O_3) is shown by some slag samples of Chorula. Two samples show that the ores with high content of P_2O_5 — Al_2O_3 and low MnO content were also smelted on the spot.

Iron with low phosphorous content and weak carburization was used to the production of a needle and mount no. 2 from Olsztyn. The structure of slag inclusions could not be identified.

An awl from Olsztyn and a knife (?) no. 1 from Chorula (2 specimens, i.e. 11.1%) were made of iron with high phosphorous content.

The examined finds from Olsztyn and Chorula (site 8) show all features typical of iron production attested in the territory of Poland before the Migration period.