

# Piaskowski, Jerzy

---

## Sprawozdanie z metaloznawczych badań dawnych przedmiotów żelaznych w latach 1955-1962

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 8/1, 77-86

---

1963

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

## SPRAWOZDANIE Z METALOZNAWCZYCH BADAŃ DAWNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH W LATACH 1955—1962

Badania metaloznawcze dawnych przedmiotów żelaznych<sup>1</sup> znalezionych na ziemiach Polski, przez autora niniejszego sprawozdania prowadzone w ramach prac Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN, zostały podjęte w drugiej połowie 1955 r.<sup>2</sup> Dzięki poparciu dyrekcji Instytutu Odlewnictwa w Krakowie,

<sup>1</sup> Pierwsza notatka, zawierająca wyniki metaloznawczych badań dawnych przedmiotów żelaznych, ukazała się w końcu XIX w. (Hallbauer, „Stahl und Eisen”, nr 12 1894), dalsze publikacje pojawiły się jednak dopiero w 1912 r. (H. Bell, *Notes on a bloom of roman iron found at Corstopitum (Corbridge)*, „Journal of the Iron and Steel Institute, 1912, s. 118; R. Hadfield, *Sinhalese iron and steel of ancient origin*, tamże, s. 134). Pierwsze publikacje dotyczące badań metaloznawczych wyrobów żelaznych znalezionych w Polsce pojawiły się w 1953 r. Były to prace: K. Kapitańczyk, *W sprawie hutnictwa wczesnośredniowiecznego w Biskupinie (dane analityczne i technologiczne)*, „Studia Wczesnośredniowieczne”, 1953, t. 2, s. 127; A. Krupkowski, T. Reymań, *Badanie metaloznawcze nad przekutym półfabrykatem żelaza z Witowa, pow. Pińczów i żużłem dymarkowym z Igołomi, pow. Proszowice*, „Sprawozdania Państwowego Muzeum Archeologicznego w Warszawie”, nr 1—2 1953.

<sup>2</sup> Z pozostałych członków Zespołu doc. W. Różański opublikował wyniki badań metalograficznych dwóch przedmiotów żelaznych z Opatowa (W. Różański, *Badania przedmiotów metalowych, pochodzących z grobów ciałopalnych w Opatowie Częstochowskim*, „Studia z Dziejów Górniczo-Hutniczych”, 1958, t. 2, s. 99) oraz kilku fragmentów łupek (W. Różański, *Badania metaloznawcze fragmentów żelaznych pochodzących ze stanowiska 4 w Jeleniowie*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, nr 4 1960). Ponadto badania kilkudziesięciu przedmiotów żelaznych przeprowadzono na Politechnice Poznańskiej, jednak tylko pewna część tych materiałów została opublikowana (K. Kapitańczyk, op. cit., K. Kapitańczyk, Z. Głowacki, Z. Kurzawa, M. Miedziński, *Możliwości poznawcze badań chemicznych, fizyko-chemicznych i metaloznawczych w odniesieniu do materiałów archeologicznych*, „Archeologia Polski”, 1957, t. 1, s. 126; W. Łosiński, *Kowalstwo we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, „Prace Komisji Archeologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk”, 1959, t. 4, s. 9; Z. Głowacki, W. Łosiński, *Badania metaloznawcze noży z wczesnośredniowiecznego cmentarzyska w Młodzikowie, pow. Środa*, „Fontes Archaeologici Posnanienses”, 1960, t. 11, s. 166). Podobne badania przeprowadzono także na Politechnice Łódzkiej (A. Zbierski,

a w szczególności naczelnego dyrektora prof. P. Januszewicza, polegającym przede wszystkim na udostępnieniu aparatury i materiałów laboratoryjnych, można było prowadzić badania na szeroką skalę.

Materiałów dostarczyły wszystkie nieomal muzea archeologiczne w kraju, a w szczególności muzea w Krakowie, Łodzi, Poznaniu i Wrocławiu, a także Instytut Historii Kultury Materialnej PAN. Na szczególne podkreślenie zasługuje poparcie, jakie badaniom tym udzielili dr S. Buratyński, prof. S. Nosek, prof. R. Jamka, prof. K. Jażdżewski, prof. J. Kostrzewski, prof. Z. Rajewski i doc. B. Kostrzewski. W ten sposób uzyskano potrzebne do badań materiały archeologiczne.

Rozpoczynając prace, przyjęto następujące zasady:

Po pierwsze, badania mają objąć wyroby żelazne od czasów najdawniejszych aż do XIII—XIV w. Badania materiałów późniejszych — jakkolwiek również konieczne — umieszczono na razie na dalszym planie.

Po drugie, badania muszą być kompleksowe, tj. objąć wszystkie potrzebne metody metaloznawcze, od ilościowej i jakościowej analizy chemicznej i obserwacji metalograficznych aż do pomiarów mikrotwardości i twardości metalu oraz badań defektoskopowych.

Po trzecie, należy zastosować jednolitą metodykę wszystkich badań a także ich opracowywania, aby zapewnić całkowitą porównywalność wyników.

Liczba zbadanych dawnych przedmiotów żelaznych stale wzrasta; do dnia 31 grudnia 1962 r. zbadano ogółem 920 okazów z 170 stanowisk archeologicznych<sup>3</sup>. Szczególnie zaawansowane są prace nad okresem halsztackim i wczesnolateńskim (VIII—I w. p.n.e.), które objęły 216 przedmiotów z 86 stanowisk archeologicznych z całej Polski (z wyjątkiem Lubelszczyzny) 46 dalszych przedmiotów znajduje się w trakcie badań<sup>4</sup>. Znaczną

*Wczesnośredniowieczne górnictwo i hutnictwo w świetle materiałów z grodziska łączyckiego*, „Studia Wczesnośredniowieczne”, 1955, t. 3, s. 298), a także na Politechnice Wrocławskiej, z tych ostatnich badań opublikowano tylko ogólne wyniki bez szczegółowych danych analitycznych (W. Hołubowicz, *Jak polscy kowale w XI w. imitowali stal damasceńską*, „Dawna Kultura”, nr 3 1954; tenże, *Opole w wiekach X—XII*, Katowice 1956, s. 146).

<sup>3</sup> Dla porównania można podać, że wyniki badań największej liczby okazów opublikował dotychczas B. A. Kołczin w pracy *Czornaja metalurgija i metallobrobótka w driewniej Rusi*, „Materiały i Issledowanija po Archeologii SSSR”, 1953, t. 32, s. 5 (286 przedmiotów z 32 miejscowości z wczesnośredniowiecznej Rusi) i w pracy *Żelezoobrabotywaszczuje riemiesło Nowgoroda Wielikogo*, tamże, 1959, t. 65, s. 7 (276 przedmiotów wczesnośredniowiecznych z Nowogrodu). Poza tym badania 260 przedmiotów z 32 stanowisk opisał A. Anteins, *Dzelzs un tēraudz izstrādājumu struktūras, ipašibas un izgatavošanas tehnologija . senajā Latvijā* (Udz. 13 gs), „Archeologija un etnografija”, 1960, t. 2, s. 3, a badania 62 przedmiotów z 28 miejscowości — R. Pleiner, *Staré evropské kovařství*, Praha 1962, s. 9.

<sup>4</sup> Por.: J. Piaskowski, T. Różycka, *Badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach Polski w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*. „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej” nr 3/1959; J. Piaskowski, *Dalsze badania technologii wy-*

część tych materiałów przygotowała mgr. T. Różycka z Wrocławia, opracowująca od strony archeologicznej zagadnienie produkcji żelaza na ziemiach Polski w okresie halsztackim.

Zbadano też poważną liczbę materiałów z okresu późnolateńskiego i rzymskiego (z I w. p.n.e. — IV w.): 279 przedmiotów z 55 stanowisk; brak tu jeszcze badań okazów z Pomorza, Lubelszczyzny i wschodnich terenów Podkarpacia, należałoby także zwiększyć liczbę zbadanych materiałów z Dolnego Śląska.

Okres wędrówek ludów stanowi pewną przerwę w badaniach z powodu braku odpowiednich materiałów a także pewnych trudności w datowaniu. Dla wczesnego średniowiecza (VII—XIII w.) zbadano 389 przedmiotów z 16 miejscowości, były to przy tym stanowiska o szczególnie dużym znaczeniu dla archeologii (m. in. Gdańsk, Tum pod Łęczycą, wzgórze wawelskie w Krakowie, Biskupin, Sieradz)<sup>5</sup>. Pozostałe okazy pochodzą z różnych okresów i głównie spoza ziem Polski (przede wszystkim z zachodnich terenów ZSRR).

Pod względem zakresu stosowanych metod opisywane badania przewyższały inne prace polskie, dorównując najbardziej szczegółowym badaniom zagranicznym<sup>6</sup>. Badania autora objęły więc m.in. ilościowe oznaczenie podstawowych domieszek żelaza dymarkowego: fosforu a często także krzemu, manganu, niklu, miedzi i siarki, przy zastosowaniu metody przewidziane przez polskie normy dla stopów żelaza. W ostatnich latach metody klasyczne stopniowo zastępowano metodami fotometrycznymi (oznaczanie P, Ni, Cu). Ponadto przeprowadzano analizę jakościową przy użyciu spektrografu o średniej dyspersji ISP-22, wbudzając łuk pomiędzy dwiema próbkami tego samego materiału lub pomiędzy próbką a elektrodą węglową. Przy badaniach metalograficznych przyjęto jako zasadę wykonywanie zglądu na powierzchni prostopadłej i równoległej do kierunku procesów technologicznych. Określano w przybliżeniu zawartość węgla w metalu, sposób nawęglenia i jego rozmieszczenie, składniki struktury, wielkość ziarna (według polskiej normy PN-56/H-04507), wtrącenia obcych faz, strukturę wtrąceń żużla itp. Ponadto wykonywano pomiary mikrotwardości składników strukturalnych przy użyciu aparatu Hanemanna oraz pomiary twardości metalu sposobem Vickersa (polska norma PN/H-04360). Dla niektórych okazów (np. siekierki z tuleją) zastosowano badanie defektoskopowe przy użyciu promieniotwórczego izotopu kobaltu Co<sup>60</sup>.

*robów żelaznych na ziemiach Polski w okresie halsztackim i wczesnolateńskim, tamże nr 1/1963.*

<sup>5</sup> Pewną, nieznaczną liczbę materiałów zbadano poza pracami w ramach Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej (np. na zlecenie Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi). W zestawieniach uwzględniono wszystkie zbadane okazy.

<sup>6</sup> Większość autorów dotychczasowych publikacji ogranicza się do obserwacji metalograficznych, uwzględniając inne metody badań (np. analizę chemiczną) tylko w niektórych przypadkach i to zwykle w sposób bardzo niesystematyczny.

Poza wymienionymi, znanymi w praktyce metaloznawczej metodami zastosowano oryginalną metodę pozwalającą na ujawnienie przebiegu warstw nawęglonych lub stalowych w wyrobach wielowarstwowych, konieczną dla ustalenia technologii przedmiotu. Metoda polega na trawieniu wyszlifowanej powierzchni przedmiotu na przemian w rozcieńczonym i stężonym kwasie azotowym<sup>7</sup>. Sposób ten daje lepsze i szybsze wyniki aniżeli wytrawianie w kwasie siarkowym zaproponowane przez B. A. Kołczina<sup>8</sup>.

Szeroki zakres systematycznie stosowanych metod badawczych umożliwiał także pewną kontrolę dokładności pomiarów polegającą na wykorzystaniu zaobserwowanej korelacji pomiędzy strukturą metalu, zawartością fosforu i mikrotwardością.

Metodyce badań poświęcono zresztą wiele pracy, w szczególności doświadczalnie określono rozrzut i segregację zawartości fosforu jako podstawowej domieszki żelaza i stali pochodzenia dymarkowego. Równoległe przeprowadzone pomiary pozwalają na określenie średnich błędów, np. mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych. Badano także szczegółowo zmiany struktury i właściwości metalu w poszczególnych przedmiotach, wycinając — w pierwszej fazie badań — po kilka (do 7) próbek metalograficznych z jednego okazu<sup>9</sup>.

Dla uzupełnienia przeprowadzono także ilościowe analizy chemiczne próbek rudy i żuźla dymarkowego, ogółem zbadano 141 takich próbek pochodzących z 72 miejscowości i stanowisk archeologicznych. W niektórych przypadkach przeprowadzono także spektrograficzną analizę jakościową żuźla oraz pomiary temperatury topienia.

Opracowano także pewien jednolity, jak najbardziej zwięzły sposób zestawienia danych analitycznych oparty o dwa rysunki i dwie tablice. Schemat dwóch rysunków przyjęto w całości z prac B. A. Kołczina<sup>10</sup>, uważając sposób ten za najlepszy. Obejmuje on wykonany w skali szkic przedmiotu z oznaczeniem miejsca wycięcia próbek oraz schematyczne przedstawienie technologii przedmiotu. Oryginalnym rozwiązaniem jest natomiast zestawienie tablicowe, obejmujące w pierwszej tablicy archeologiczne dane o przedmiocie (pochodzenie, miejsce znalezienia itd.) oraz wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej, a w tablicy drugiej — wyniki obserwacji metalograficznych, klasyfikację wielkości ziarna metalu, wyniki pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa.

W tekście sprawozdań analitycznych przedstawiano dokładny opis

<sup>7</sup> Por.: J. Piaskowski, *Prosta metoda ustalania technologii i datowania wyrobów metalowych*, „Z otchłani wieków”, nr 4/1958.

<sup>8</sup> B. A. Kołczin, *Żelazoobrobkowyuszczaje riemiesto...*, s. 9.

<sup>9</sup> Por.: J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąża, Igołoni, Jądownik Mokrych i Piekar*, „Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa”, 1958, t. 2, s. 59.

<sup>10</sup> B. A. Kołczin, *Czarna metalurgia...*, s. 73 i in.

struktury metalu (wraz z odpowiednią dokumentacją w formie mikrografii) i technologii przedmiotu oraz wynikające stąd uogólnienia. Poważna już liczba zbadanych materiałów pozwala od 1960 r. coraz częściej opierać wnioski o ilościową analizę statystyczną<sup>11</sup>.

Równoległe z badaniem i metaloznawczymi dla określenia procesów technologicznych stosowanych przy wytopie i przeróbce żelaza i stali prowadzono studia źródeł pisanych, wykorzystując m. in. także dzieła mało znane historykom techniki lub nawet dotychczas nie wykorzystane<sup>12</sup>. Wyzyskiwano także w pełni ostatnie prace nad tymi procesami publikowane w kraju i za granicą.

Wynikiem badań jest stale wzrastająca liczba publikacji, zawierających wszystkie wyniki analiz, oraz opracowania oparte na tych wynikach, np. opis rozwoju niektórych procesów technologicznych, jak nawęglanie żelaza, zgrzewanie żelaza i stali, obróbka cieplna, technologia wyrobów dziwerowanych zwanych także damasceńskimi itp. Łącznie liczba publikacji wynosi 57 artykułów (dalszych 14 prac jest obecnie w druku), w tym 7 publikacji w wydawnictwach zagranicznych (ZSRR, Stany Zjednoczone, Anglia, Francja, Włochy, Czechosłowacja)<sup>13</sup>.

Omawiane badania metaloznawcze dawnych przedmiotów żelaznych pozwoliły dokładniej poznać stopy żelaza, stosowane w dawnych wiekach, określić podstawowe cechy żelaza i stali pochodzenia dymarkowego i — w znacznym stopniu — także podobnych stopów pochodzenia fryszerskiego.

Stwierdzono m.in., że podstawowymi domieszkami żelaza i stali pochodzenia dymarkowego jest fosfor oraz węgiel (przy różnych sposobach i rozłożeniu nawęglania) dla określenia zaś pochodzenia przedmiotów istotną rolę może odgrywać niewielka na ogół domieszka niklu i miedzi. Natomiast żelazo i stal pochodzenia fryszerskiego zawiera zwykle znacznie więcej krzemu i manganu, co znajduje wyjaśnienie w stosowanych tu procesach metalurgicznych. Te ostatnie stopy różnią się też w sposób zasadniczy od dawniej, wytwarzanych postacią i rozłożeniem wtrąceń żużla zawartych w metalu. Różnice te nie były dotychczas zidentyfikowane przez autorów podobnych prac<sup>14</sup>.

We wszystkich zbadanych przedmiotach określono rodzaj metalu i sposób produkcji okazu; jedynie w paru przypadkach określenie to nie jest

<sup>11</sup> Por.: J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego w X—XIV wieku na podstawie badań metaloznawczych*, „Gdańskie Towarzystwo Naukowe. Prace Komisji Archeologicznej”, 1960, t. 2, s. 25 i inne.

<sup>12</sup> Np. anonimowy poradnik *Curieuse Kunst- und Werck-Schul*, Nürnberg 1705, *Herrn Perret's Abhandlung vom Stahl*, Dresden 1780.

<sup>13</sup> W zestawieniu tym nie uwzględniono 26 publikacji autora z zakresu historii metalurgii opartych wyłącznie na źródłach pisanych.

<sup>14</sup> Autorzy niektórych prac często np. pomijali oznaczenie zawartości fosforu, najważniejszej domieszki żelaza i stali pochodzenia dymarkowego. Por.: H. H. Coghlan, *A note upon iron as a material for the celtic swords*, „Sibrium” 1956—57, t. 3, s. 135; R. Pleiner, op. cit., s. 245.

jeszcze pewne i wymaga badań innych podobnych okazów. W ten sposób wyraźny jest już obraz technologii żelaza na ziemiach Polski od czasów najdawniejszych aż do XIII—XIV w.<sup>15</sup> Znane więc są już odmiany stopów żelaza, występujących (a częściowo także produkowanych w poszczególnych ośrodkach metalurgicznych) na ziemiach Polski oraz stopniowo pojawiające się sposoby przeróbki metalu. Opisano m.in. sposoby zgrzewania żelaza i stali, nawęglania żelaza, obróbki cieplnej stali, wykonywania słynnych wyrobów dziwerowanych, a także dawnych mieczy<sup>16</sup>. Na tych danych opierać można „datowanie metaloznawcze” dawnych wyrobów żelaznych<sup>17</sup>. W ten sposób zidentyfikowano przedmioty z warstw pomieszanych (np. nóż z cementarzystka w Młodzikowie, pow. Środa) lub okazy o niepewnym pochodzeniu (np. rzekomo awarski grot strzały z Muzeum Archeologicznego w Poznaniu).

W ostatnich latach opisane badania nie ograniczały się tylko do identyfikacji technologii badanych przedmiotów, lecz skierowane były także na określenie cech metalu wytapianego w poszczególnych ośrodkach produkcyjnych na ziemiach Polski oraz stosowanych tam procesów technologicznych. Analiza (głównie statystyczna) zbadanych materiałów wskazała bowiem na pewne różnice w rodzajach metalu wytapianego w poszczególnych ośrodkach hutnictwa żelaznego, będące wynikiem stosowania różnych rodzajów rudy, a także sposobu prowadzenia wytopu. Różnice te polegają głównie na zawartości fosforu, węgla (i sposobie nawęglania), niklu, miedzi w metalu, a w pewnych przypadkach także na strukturze fazowej wtrąceń żużla w metalu. W ten sposób opracowano po raz pierwszy całkowicie oryginalną metodę określenia pochodzenia przedmiotów żelaznych na podstawie badań metaloznawczych<sup>18</sup>.

Oczywiście, nie we wszystkich przypadkach różnice metalu są dostatecznie wyraźne, aby na ich podstawie można było określić pochodzenie

<sup>15</sup> Zarys historii rozwoju technologii żelaza na ziemiach Polski (wymagający już dziś pewnych uzupełnień) opublikowano w artykułach: J. Piaskowski, *Le développement de la technologie d'acier et du fer en Pologne d'après les examinations metallographiques des produits anciens*. „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” (Special Issue), 1957—1958, s. 53; J. Piaskowski, *Metallographic investigations of ancient iron objects from the territory between the Oder and the basin of Vistula river*. „Journal of the Iron and Steel Institute”, 1961, t. 168, s. 263.

<sup>16</sup> Por.: J. Piaskowski, *Technika zgrzewania żelaza i stali w dawnych wiekach*, „Przegląd Spawalnictwa”, nr 11—12/1957; tenże, *Nawęglanie żelaza w dawnych wiekach*, „Przegląd Mechaniczny”, nr 5/1960; tenże, *Obróbka cieplna żelaza i stali w dawnych wiekach*, „Przegląd Mechaniczny” nr 8—9/1958; tenże, *Technika wczesnośredniowiecznych wyrobów dziwerowanych w świetle nowych badań*, „Przegląd Mechaniczny”, nr 15/1959; tenże, *Rozwój technologii mieczy żelaznych od czasów najdawniejszych do XV wieku*, „Muzealnictwo Wojskowe”, 1959, t. 1, s. 149.

<sup>17</sup> Por.: J. Piaskowski, *Prosta metoda ustalania technologii...*

<sup>18</sup> J. Piaskowski, *The method of determination of the characteristic and origin of iron objects on the basis of metallographic examinations*, „Archaeologia Polona” (w druku).

okazów. Tak np. licznym, lecz drobnym ośrodkiem metalurgicznym na ziemiach Polski eksploatującym wysokofosforowe rudy żelazne tylko w pewnych przypadkach można będzie przyporządkować przedmioty jako tam wykonane. Dla określenia pochodzenia okazu można jednak wtedy wykorzystać jego kształt oraz procesy technologiczne stosowane przy jego wykonaniu. Opracowana metoda opiera się przy tym na zasadach prawdopodobieństwa, a więc w stosunku do pewnego pojedynczego przedmiotu można mówić o pewnym większym lub mniejszym — w zależności od wartości poszczególnych cech — prawdopodobieństwie pochodzenia z danego ośrodka produkcyjnego. Opracowano ponadto cały system pozwalający na weryfikację zidentyfikowanych cech, polegający na wycinaniu kilku próbek z jednego okazu, badaniu fragmentów łupek, przedmiotów związanych (tj. wielocłonowych) i przedmiotów o identycznym kształcie.

Na podstawie powyższej metody opracowano cechy metalu gotowych wyrobów pochodzących ze starożytnych ośrodków hutnictwa żelaznego w Górach Świętokrzyskich), na Śląsku Opolskim i w okolicach Krakowa i Nowej Huty<sup>19</sup>.

Identyfikacja cech żelaza świętokrzyskiego wytapianego w okresie wpływów rzymskich miała poważne konsekwencje. Stwierdzono bowiem, że wyroby żelazne o identycznych cechach metalu i technologii występują na ziemiach Polski już w okresie halsztackim (VII—IV w. p.n.e.), wystąpiono więc z hipotezą, że do tego czasu należy przesunąć początki działalności ośrodka świętokrzyskiego<sup>20</sup>.

Uzyskane wyniki badań metaloznawczych dawnych przedmiotów żelaznych zostały wykorzystane także do rozwiązywania pewnych podstawowych zagadnień archeologii. Tak np. wystąpiono z krytyką (ilustrującą przykładami halsztackich siekierok z tuleją i siekierok płaskich) twierdzenia, że podobieństwo kształtu przedmiotów świadczy o wspólności etnicznej wytwórców. Natomiast identyczność kształtu może wskazywać o po-

<sup>19</sup> Por.: J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich*, „Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa” 1962, t. 6 (w druku); części tego opracowania zostały wygłoszone w formie referatu na sesji Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej w Krakowie 26 I 1961, wywołując niezwykle ożywioną dyskusję. Por. także: J. Piaskowski, *Technologia żelaza w Górach Świętokrzyskich w I—IV wieku naszej ery*, „Hutnik”, nr 6/1960; tenże, *Technologia żelaza na Śląsku Opolskim w II—V wieku naszej ery*, „Hutnik” nr 12/1961; tenże, *Technologia żelaza w okolicach Krakowa i Nowej Huty w okresie od I wieku przed naszą erą do IV wieku naszej ery*, „Hutnik” (w druku).

<sup>20</sup> J. Piaskowski, T. Różycka, Hipoteza o początkach działalności ośrodka świętokrzyskiego w okresie halsztackim wywołała sprzeciw niektórych archeologów, powołujących się na brak piecowisk w rejonie Gór Świętokrzyskich datowanych na ten okres. Trudno jednak uwzględnić tego rodzaju argument zważywszy, że dotychczas odsłonięto znikomy jedynie ułamek piecowisk (rzędu 0,1%).



chodzeniu przedmiotów żelaznych z jednego ośrodka produkcyjnego, dopiero jednak wtedy, gdy potwierdzą to badania metaloznawcze. Stąd badania takie powinny być uwzględnione w archeologicznej analizie komparatywnej<sup>21</sup>.

Poza tym wytypowano 20 przedmiotów żelaznych z okresu halsztackiego, reprezentujących typowe cechy wyrobów świętokrzyskich, dla stwierdzenia, czy okazy o identycznym kształcie występują tylko na ziemiach Polski, czy też spotykane są na innych terenach Europy. Pozytywna odpowiedź na pierwsze pytanie byłaby potwierdzeniem hipotezy o działalności ośrodka metalurgicznego w Górach Świętokrzyskich już w okresie halsztackim<sup>22</sup>.

Uzyskano także sporo danych wskazujących na wpływ Celtów na rozwój technologii żelaza na ziemiach Polski<sup>23</sup>, co wiąże się z ważnym dla archeologii zagadnieniem zasięgiem plemion celtyckich. Dane metaloznawcze były też wstępem do wyprowadzonej na podstawie starożytnych źródeł pisanych (głównie *Germanii* Tacyta i *Geografii* Ptolemeusza) identyfikacji starożytnych hutników świętokrzyskich z Kotynami, ludem mówiącym językiem celtyckim<sup>24</sup>.

Przeprowadzone badania wskazały dalej, że w okresie wędrówek ludów występują na ziemiach Polski zasadnicze i niezwykle daleko sięgające zmiany. Zmienia się cały system produkcji i rozpowszechnienia wyrobów żelaznych. Upada nagle, rozwijający się niezwykle intensywnie w III—IV w., ośrodek świętokrzyski oparty o rudy niskofosforowe pozwalające na uzyskanie metalu o najwyższej jakości. Natomiast we wczesnym średniowieczu rozwijają się liczne, lecz drobne ośrodki hutnicze, wykorzystujące rudy powierzchniowe, zwykle wysokofosforowe dające metal o niskiej jakości. Pojawiają się powszechnie nowe — i to w formie całkowicie skończonej — metody wyrobu narzędzi. Zmiany te pozwalają na postawienie hipotezy o przybyciu Słowian właśnie w tym czasie na tereny pomiędzy Wisłą a Odrą. Co więcej, technologia „słowiańska” może wskazać siedziby Słowian a — być może — nawet plemion, które po wędrówce ludów zajęły

<sup>21</sup> J. Piaskowski, *Zastosowanie danych technologicznych w analizie komparatywnej w archeologii*, „Archeologia Polski” (w druku).

<sup>22</sup> Por.: J. Piaskowski, *Dalsze badania technologii żelaza na ziemiach Polski w okresie halsztackim...*

<sup>23</sup> Por. referat autora *Wpływ Celtów na rozwój technologii żelaza na ziemiach polskich w świetle dotychczasowych badań* na sesji Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej w dn. 7 III 1962 (por. sprawozdanie z sesji w nrze 3/1962 „Kwartalnika Historii Nauki i Techniki”).

<sup>24</sup> Podstawy lokalizacji Kotynów w okolicach Gór Świętokrzyskich przedstawiono w pracach: J. Piaskowski, *Starożytne źródła pisane dotyczące lokalizacji Kotynów i ich lokalizacji w Małopolsce*, „Małopolskie Studia Historyczne”, nr 3—4/1961; tenże, *Studia nad lokalizacją starożytnych Kotynów*, „Acta Carpathica”, 1962, t. 3 (w druku). Koncepcja ta wywołała sprzeciw niektórych archeologów. Por. dyskusję: K. Bielenin, „Z otchłani wieków”, nr 2/1961; J. Piaskowski, tamże, nr 3/1961.

ziemi Polski w starożytności, gdyż pewne sposoby wytwarzania noży zdają się być specyficzne dla Polski średniowiecznej<sup>25</sup>.

Przedstawione dane wskazują, że badania metaloznawcze przedmiotów żelaznych na ziemiach Polski po siedmiu latach intensywnej i systematycznych prac są poważnie zaawansowane. Dostarczyły one już wielu bardzo istotnych wiadomości o rozwoju technologii żelaza na ziemiach Polski, a także wiele interesujących materiałów dla archeologii.

#### О МЕТАЛЛОВЕДЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДРЕВНИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЖЕЛЕЗА В 1955—1962 ГГ.

Во время проводимых с 1955 г. систематических исследований древних железных изделий, найденных на территории Польши, были изучены 920 предмета, обнаруженных 170 археологическими раскопками и относящихся по времени к VIII в. д.н.э. — XIV в. н.э. Исследования включали количественный и качественный (спектрографический) химический анализ; металлографические наблюдения, определение размеров зерен, измерение микротвердости структурных элементов с помощью аппарата Ганеманна, а также определение твердости металла по методу Викерса. Обследовано, кроме того, 141 пробу древнего железного шлака, взятого из 72 раскопок.

Произведено большое число опытов для разработки методов исследований, создан также способ сопоставления результатов исследовательских работ.

Полученные результаты исследований позволили определить свойства сыродутного железа, в том числе свойства железа, выплавлявшегося в некоторых древних металлургических производствах, и применявшиеся там способы отверждения металла. Описан ряд технологических процессов, применявшихся в древней металлургии, в частности расплавление железа и стали, науглероживание железа, обработка железа и стали, изготовление знаменитых дамасских изделий. Разработан оригинальный метод идентификации характерных признаков предметов, выполненных в определенных производственных центрах, а также способ верификации этих признаков.

Результаты проведенных исследований опубликованы в 57 статьях (14 дальнейших статей находятся в печати), в том числе 7 статей были напечатаны за рубежом (в СССР, США, Англии, Франции, Италии и Чехословакии).

#### REPORT ON METALLURGICAL RESEARCH ON OLD IRON OBJECTS IN THE YEARS 1955—1962

In the course of the systematic research on iron objects found in Polish territory, carried on since 1955, 920 objects from 170 archaeological stations, dating to the period between the 8th century B.C. and the 14th century A.D., have been examined. The research embraced quantitative and qualitative (spectrographic) chemical analysis, metallographic observations, determination of the size of the grain, measurements of the micro-hardness of structural components with Hanemann's apparatus, and mea-

<sup>25</sup> Por. referat autora *Zagadnienie praojczyzny Słowian w świetle metaloznawczych badań dawnych przedmiotów żelaznych* na p. siedzeniu Komisji Archeologicznej Oddziału PAN w Krakowie w dn. 16 XI 1962. Referat ten wywołał ożywioną dyskusję i sprzeciw niektórych uczestników zebrania.

surements of the hardness of the metal by the Vickers method. Also, 141 samples of old iron slag from 72 sites were examined.

Numerous experiments pertaining to method were made, and a method worked out to compare research results.

The research led to a determination of the properties of iron obtained from bloomery furnaces, including the properties of iron smelted in some ancient metallurgical centres and the methods of metal hardening then used. Several ancient technological processes were described, including welding of iron and steel, carburizing of iron, iron and steel processing, and the production of the famous damascene work. A new method was worked out for the identification of the properties of objects originating from certain production centres, as also methods of verifying those properties.

The research results were published in 57 articles (a further 14 are in the press), 7 of which have appeared in foreign journals (in the Soviet Union, the United States, Britain, France, Italy and Czechoslovakia).