

D Y S K U S J E I P O L E M I K I

W SPRAWIE DOKŁADNOŚCI NIEKTÓRYCH ANALIZ METALOZNAWCZYCH DAWNYCH PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH

(na marginesie badań dr. A. Mazura i mgr inż. E. Nosek)

Znaczenie analiz fizyko-chemicznych materiałów archeologicznych, a w tym także badań metaloznawczych dawnych przedmiotów żelaznych było tematem specjalnego artykułu w pierwszym tomie „Archeologii Polski”¹, należy jednak zwrócić uwagę na zagadnienie dokładności tego rodzaju analiz.

Coraz większe zainteresowanie metaloznawczymi badaniami dawnych przedmiotów żelaznych sprawia, że do badań tych włączają się nowe placówki badawcze i zatrudnieni tam specjaliści. Wzrasta w tych warunkach możliwość błędów i pomyłek, najczęściej wtedy, gdy metaloznawca, przystępując do badań, nie zdaje sobie sprawy z tego, że żelazo dymarskie wytapiane przed wiekami ma swoją specyfikę i różni się wyraźnie niektórymi cechami od produkowanych dziś stopów żelaza, a sposoby przeróbki, jakie stosowano wówczas przy wyrobie narzędzi, od dawna zostały zarzucone.

Na przykład współczesne stopy żelaza charakteryzują się równomiernym rozłożeniem węgla; zawartość węgla we współczesnej stali jest ograniczona przez normy w bardzo wąskich granicach, na przykład 0,1 % C. Tymczasem żelazo dymarskie — szczególnie występujące na ziemiach Polski przed okresem wędrowek ludów — odznacza się bardzo często nierównomiernym nawęglaniem. Jeśli, przypadkowo, silniejsze nawęglenie wystąpi przy powierzchni, metaloznawca, specjalista od obecnie produkowanych stopów żelaza, będzie skłonny uznać tę strukturę za dowód nawęglania wtórnego (przeprowadzonego w celu utwardzenia przedmiotu), a jeśli warstwa nawęglona znajdzie się w części wewnętrznej przedmiotu — określi to jako wkładkę ze stali, zgrzaną od strony zewnętrznej z kawałkami żelaza². Dopiero doświadczenie w badaniach dawnych wyrobów żelaznych pozwoli

¹ K. Kapitańczyk, Z. Głowacki, Z. Kurzawa, M. Miedziński, *Możliwości poznawcze badań chemicznych, fizyko-chemicznych i metaloznawczych w odniesieniu do archeologii*, „Archeol. Pol.”, t. 1: 1957, s. 126.

² Tego rodzaju błędne określenie technologii występuje także w jednej z pierwszych prac autora, gdzie krój i radlica z Igołomi, pow. Proszowice, wykute z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu uznano za narzędzia żelazne, wtórnice nawęglane (J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyścizą, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekar*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2, Wrocław 1958, s. 23). Por. sprostowanie w pracy: J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania dawnych narzędzi rolniczych, znalezionych w Krakowie-Nowej Hucie*, „Wiad. Archeol.”, t. 28: 1962, z. 1, s. 13. Podobnie żelazo o nierównomiernym nawęgleniu pierwotnym określili błędnie jako nawęglenie wtórne A. Krupkowski i T. Reyman, *Badania metaloznawcze nad przekutym pół-fabrykatem żelaza z Witowa, pow. Pińczów, i żużłem dymarkowym z Igołomi, pow. Miechów*, „Spraw. P.M.A.”, t. 5: 1953, z. 1/2, s. 54. Natomiast W. Różański uznał żelazo o nierównomiernym nawęgleniu za metal zgrzewany z kilku warstw żelaza

metaloznawcy rozróżnić — może nie we wszystkich nawet wypadkach — przedstawione wyżej rodzaje technologii.

W chwili obecnej dokładność analiz metaloznawczych i ich dokumentacji ma wyjątkowe znaczenie. Od kilku lat trwa ożywiona dyskusja nad wyprowadzoną przez autora koncepcją starożytnego „żelaza świętokrzyskiego”, wynikającą z ogólnej metody określania pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych na podstawie statystycznej analizy cech. Błędne analizy czy niewłaściwa ocena technologii, niejasności w definicjach i sformułowaniach prowadzą do dezorientacji, a równocześnie dostarczają rzekomych argumentów dla podtrzymania błędnych wniosków i hamują przyjęcie prawidłowych koncepcji. W tej sytuacji konieczne jest zwrócenie uwagi na uchybienia, jakie znalazły się w rozpoczętych przed kilku laty badaniach mgr inż. E. Nosek i dr. A. Mazura i w ogłoszonych niedawno pracach, tym bardziej że wątpliwości budzi tu między innymi dokładność określenia zawartości fosforu, a więc domieszki, mającej wyjątkowe znaczenie dla oceny jakości i pochodzenia dawnych przedmiotów z żelaza dymarskiego³.

Wykonując analizy zawartości fosforu w pięciu fragmentach łupki spod Kowla A. Mazur i E. Nosek⁴ uzyskali bardzo duże różnice wyników, od 0,07 do 1,08% P (tab. 1). Taki rozrzut przekracza znacznie różnice zawartości fosforu w jednym przedmiocie ustalone na podstawie licznych badań autora tej wypowiedzi⁵; nie wyklucza to oczywiście możliwości wystąpienia takich różnic, wskazuje jednak na potrzebę sprawdzenia analiz.

Zastrzeżenia w stosunku do analiz fosforu w pracach A. Mazura i E. Nosek powstają z innych wyników ich badań, a w szczególności z pomiarów mikro-twardości i załączonych zdjęć mikrostruktury metalu.

Trzeba na wstępie zaznaczyć, że struktura fragmentów łupki spod Kowla nie wykazuje żadnych systematycznych różnic osnowy pomiędzy fragmentami o dużej zawartości fosforu (nr 1, 3 i 4) a fragmentami, które miały zawierać niewiele tej domieszki (nr 7 i 9)⁶; mikrotwardość składników strukturalnych jest, praktycznie

i stali sądząc, że odwęglenie metalu występujące przy powierzchni noża z Chmielowa to warstwa żelaza (W. Różański, *Badanie przedmiotów metalowych pochodzących z grobów ciałopalnych*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2, Wrocław 1958, s. 109.

³ Z tego powodu w pracach autora problem oznaczania zawartości fosforu poddano specjalnym badaniom. Określono dokładność trzech metod analizy chemicznej, jakie mogą znaleźć tu zastosowanie: miareczkowej, wagowej i fotometrycznej, por. J. Piaskowski, *Odpowiedź referenta*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 6, Wrocław 1963, s. 141; tenże, *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”, t. 198: 1961, s. 265. Przeprowadzono także badania 74 przedmiotów wykonując 2—10 analiz z jednego okazu (w sumie 232 analizy), co pozwoliło nie tylko ocenić nierównomierność rozłożenia fosforu w metalu, lecz także powtarzalność (dokładność) samej analizy (J. Piaskowski, *O pierwotnym sposobie otrzymywania stali u średniowiecznych Słowian*, „Hutnik”, t. 31: 1964, z. 12, s. 381). Dla bieżącej struktury oznaczeń zawartości fosforu w pracach autora wykorzystuje się obserwacje struktury metalu, a przede wszystkim pomiary mikrotwardości i twardości.

⁴ A. Mazur, E. Nosek, *Metaloznawcze badania starożytnej łupki żelaznej*, „Mat. Archeol.”, t. 6: 1965, s. 111.

⁵ Por. Piaskowski, *O pierwotnym sposobie otrzymywania stali...*, s. 381; tenże, *Correlation Between the Phosphorus Content in Iron ore or Slag and that in Bloomery Iron*, „Archaol. Polona”, t. 7: 1965, s. 95.

⁶ Np. różnice zawartości fosforu są często związane z segregacją węgla: część metalu silniej nawęglonego wykazuje więcej fosforu aniżeli część uboższa w węgiel. Zgodne to jest z teorią procesu (por. E. Schürmann, *Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer*, „Stahl und Eisen”, t. 78: 1958, s. 1297).

biorąc, jednakowa. W wysokofosforowych fragmentach łupki mikrotwardość ferrytu wynosi 289 kG/mm², perlitu 450 kG/mm², a dla fragmentów, które miały zawierać mało fosforu — mikrotwardość ferrytu 289 kG/mm², perlitu 410 kG/mm² lub 540 kG/mm². Z analiz więc A. Mazura i E. Nosek wynika, że mikrotwardość składników strukturalnych ferrytu i perlitu zarówno dla metalu o dużej, jak i o niskiej zawartości fosforu jest praktycznie jednakowa i stosunkowo bardzo wysoka.

Zupełnie inaczej przedstawia się związek pomiędzy zawartością fosforu i mikrotwardością składników strukturalnych w następnej pracy E. Nosek⁷, poświęconej badaniom 5 starożytnych przedmiotów żelaznych z terenu Gór Świętokrzyskich (pow. Opatów). Z tych badań wynika, że składniki strukturalne w metalu o wysokiej jakoby zawartości fosforu (0,54—0,62% P) wykazują niską mikrotwardość: ferryt 160—190 kG/mm², perlit 215—265 kG/mm² (tab. 1).

W rzeczywistości jest jednak właśnie odwrotnie; istnieje bowiem dodatnia korelacja pomiędzy mikrotwardością ferrytu i perlitu (a w warunkach porównywalnych także i twardością metalu mierzoną np. sposobem Vickersa czy Brinella) a zawartością fosforu w metalu⁸. Metal o niskiej zawartości fosforu wykazuje niską mikrotwardość składników strukturalnych: ferrytu i perlitu, która wzrasta wraz z zawartością fosforu w metalu. Zjawisko to można zaobserwować we wszystkich, bardzo licznych, badaniach autora⁹.

Na podstawie tych danych można stwierdzić, że mikrotwardości ferrytu i perlitu, jakie A. Mazur i E. Nosek wykazali dla fragmentów nr 7 i 9 łupki spod Kowla, są charakterystyczne dla żelaza o wysokiej zawartości fosforu, natomiast mikrotwardości starożytnych przedmiotów z Kowalkowic, Skały i Mychowa odpowiadają żelazu niskofosforowemu.

Można byłoby zastanowić się, czy przyczyną tych rozbieżności nie są błędy w pomiarach mikrotwardości. Jednak struktura metalu, szczególnie jeśli chodzi o przedmioty z trzech ostatnio wymienionych miejscowości, jest w świetle doświadczenia autora i obserwacji ponad tysiąca okazów typowa dla metalu o niskiej zawartości fosforu i dlatego błędne są raczej analizy zawartości tej domieszki.

Poza tym więcej niż poważne wątpliwości budzi ocena techniki wykonania przedmiotów żelaznych z Kowalkowic, Skały i Mychowa, jaką podała E. Nosek. Autorka pisze, że grot włóczni z Kowalkowic został prawdopodobnie wykonany „przez zgrzanie ze sobą kilku warstw miękkiego żelaza” (na ryc. 2 uwidoczono tylko dwie warstwy)¹⁰. Tymczasem na zdjęciach struktury nie widać żadnych śladów zgrzewania warstw żelaza i stali. Albo więc autorka mylnie oceniła technologię wykonania grota włóczni, albo zamieściła niewłaściwą dokumentację. Gdyby ta ostatnia ewentualność była aktualna, należałoby dokumentację taką dodatkowo opublikować, grot bowiem z Kowalkowic, datowany archeologicznie na okres

⁷ E. Nosek, *Niektóre zabytki żelazne z terenu Gór Świętokrzyskich w świetle badań metaloznawczych*, „Mat. Archeol.”, t. 7: 1966, s. 181.

⁸ Już E. d'Amico stwierdził, że ze wzrostem zawartości fosforu twardość miękkiej stali zwiększa się znacznie (E. d'Amico, *Ueber den Einfluss des Phosphors auf die Eigenschaften des Flusseisen*, „Ferrum”, t. 10: 1913, z. 10, s. 289).

⁹ W jednej z prac autora wyprowadzono nawet równania regresji dla zależności pomiędzy mikrotwardością ferrytu i twardością żelaza a zawartością fosforu na podstawie badań przedmiotów żelaznych z Tumu pod Łęczycą, por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych na przykładzie zabytków archeologicznych z Łęczycy, Czerchowa i Buczka*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 3, Wrocław 1959, s. 59.

¹⁰ Numeracje rycin wg oznaczeń w omawianych pracach A. Mazura i E. Nosek, wymienionych w przypisach 4 i 7.

rzymski, byłby unikalnym zabytkiem; najwcześniejszy zbadany dotąd grot włóczni z ziem Polski zgrzewany z żelaza i stali pochodzi dopiero z XI w.

Podobnie przedstawia się sytuacja, jeśli chodzi o łopatkę ze Skały. Jak wynika z ryc. 1 : 2 wycięto do badań dwie próbki, a na ryc. 2 : 2 przedstawiono technologię wykonania jednej (nie wiadomo której); z tej ostatniej ryciny wynika, że łopatkę zgrzewano z trzech warstw: dwóch zewnętrznych stalowych i jednej wewnętrznej żelaznej. Ale w tekście przy opisie wyników badań łopatki nie wspomniano ani słowem o zastosowaniu tej techniki, tak rzadko spotykanej w starożytności, a na załączonej dokumentacji metalograficznej, choć pokazano aż 3 zdjęcia, nie widać nigdzie śladów zgrzewania.

Trzeba tu jeszcze wspomnieć o błędach w ocenie struktury łupki z okolic Kowla. A. Mazur i E. Nosek piszą, że obserwowano tam „wydzielenia ledeburytu”; na ryc. 7 ledeburytu nie widać, tylko eutektykę fosforową i perlit kulkowy, na ryc. 6 też nie jest on widoczny, być może z powodu niezbyt udanie wykonanej mikrofotografii. Nie wiadomo, dlaczego struktura na ryc. 9 ma być „typowa dla surówki białej podeutektycznej”, kiedy zawiera tylko „produkty niskotemperaturowego tlenienia ferrytu” i eutektykę fosforową, a brak na niej wydzieleni wolnego cementytu (eutektycznego), tj. właśnie składnika charakterystycznego dla surówki białej.

Podobnie A. Mazur i E. Nosek piszą, że ryc. 10 i 11 przedstawiają „mikrostruktury typowe dla surówki białej nadeutektycznej” (tj. praktycznie zawierającej powyżej 4,26% węgla lub ok. 3,6%, zależnie od ilości innych składników, głównie krzemu), natomiast obraz struktury (ściślej — ilość wolnego cementytu) wskazuje, że jest to stal nadeutektoidalna o zawartości ok. 1,2% C. Aby się o tym przekonać, wystarczy sięgnąć do odpowiedniego atlasu metalograficznego¹¹ lub na podstawie pomiarów określić w przybliżeniu zawartość węgla w metalu.

Zresztą dokumentacja metalograficzna zamieszczona w obu omawianych pracach zawiera wiele niedociągnięć. O ile niewyraźne zdjęcia struktury łupki spod Kowla (ryc. 6—8 i 12) i niezbyt wyraźne granice ziarn (ryc. 4) mogą być ewentualnie wynikiem niedociągnięć w wykonywaniu kliszy i jakości papieru, to zdjęcia struktury zbadanych przedmiotów z terenu Gór Świętokrzyskich wykazują nieporządne przygotowanie zglądów metalograficznych. Na ryc. III 1 widoczne są rysy, na ryc. I 3 i II 2 — nieusunięte zgnioty powstałe podczas polerowania, niektóre próbki są zbyt silnie wytrawione (ryc. I 1, 2, III 1, 2), a granice ziarn nie ujawnione równomiernie (ryc. I 2, II 1, 2). Właściwie tylko dwa zdjęcia struktury nadają się do publikacji (ryc. II 3, III 3).

Poważniejsze konsekwencje mogą mieć uchybienia w terminologii, a mianowicie definicje żelaza i stali, jakie wynikają z określeń A. Mazura i E. Nosek nie tylko różnie od aktualnie przyjętych w literaturze przedmiotu, ale także inne w każdej z omawianych prac. Oczywiście A. Mazur i E. Nosek mogą wprowadzać nową terminologię, powinni jednak wykazać wady dotychczas stosowanej i przedstawić zalety nowej, przede wszystkim jednak uprzedzić o tym czytelnika. Tymczasem w opisie badań łupki spod Kowla, nic o tym nie wspominając, A. Mazur i E. Nosek piszą o stali „czystoferrytycznej”, tzn. nazywają stalą metal o struk-

¹¹ Por. na przykład: L. Habraken, J.-L. de Brouwer, *De Ferri Metallographia*, t. 1, Bruxelles 1966, s. 194. Najwidoczniej w błąd wprowadziła A. Mazura i E. Nosek kolumnowa postać cementytu. Jednak w surówce nadeutektycznej kolumny takie występują na tle ledeburytu przemienionego, zawierającego dodatkowo cementyt w zupełnie innej postaci. Na ryc. 10 i 11 obok kolumn wolnego cementytu występuje tylko perlit, a więc jest to struktura typowa dla stali nadeutektoidalnej. Por. także: K. Wesołowski, *Metaloznawstwo*, t. 1, Warszawa 1957, s. 44.

turze czystoferrytycznej¹². Byłoby to — w zasadzie — zgodne z normą PN-57/H-01000, zalecaną od dnia 1 maja 1958, należy jednak zwrócić uwagę, że norma ta, praktycznie eliminująca pojęcie żelaza, nie dotyczy wcale „stopów żelaza z węglem i innymi pierwiastkami otrzymanych w stanie ciastkowatym lub stałym”, tj. żelaza dymarskiego¹³. Stąd ewentualne powoływanie się na tę normę, obejmującą współcześnie otrzymywane stopy żelaza „w procesach stalowniczych w stanie ciekłym”, byłoby bezpodstawne.

W drugiej natomiast pracy E. Nosek stosuje nazwę „miękkie żelazo”, a nawet definiuje je w przypisie jako metal „o zawartości węgla poniżej 0,3% (dlatego też dalej pisze, że szpilę wykuto z „miękkiego żelaza”, skoro metal miał zawierać 0,15% węgla). Ale na następnej stronie taki sam metal, o zawartości węgla maks. 0,3%, nazywa niskowęglową stałą. Podobnie omawiając technikę wykonania punktaka E. Nosek używa słowa „żelazo” dla określenia metalu o zawartości 0,8% węgla¹⁴, a o parę wierszy dalej metal zawierający nieco mniej węgla nazywa stałą. Widoczne jest, że autorka nie ma jednoznacznej definicji żelaza i stali i w pracy jej ginie sens obu pojęć, powodując dezorientację czytelników archeologów.

Ponadto A. Mazur i E. Nosek podają, że „surówka podeutektyczna — odpowiada żelazu o zawartości węgla powyżej 2,3%”, a „ferryt” to „żelazo o zawartości węgla poniżej 0,1%”. Pomijając, że definicje te nie są dokładne, gdyż określają definiowane pojęcia tylko od jednej strony¹⁵, ale i podane wielkości liczbowe są błędne. Minimalną zawartość węgla w surówce (i w żeliwie) określa punkt E układu stopów żelaza z węglem, poniżej tej zawartości stop nosi nazwę stali; zawartość węgla odpowiadająca temu punktowi wynosi 2,0% (według dawniejszych badań — 1,7% C) i w ten sposób określają pojęcie surówki wszystkie podręczniki metaloznawstwa¹⁶. Skąd pochodzi wielkość 2,3% węgla podana przez A. Mazura i E. Nosek, zupełnie nie wiadomo. Podobnie ferryt jest to żelazo o maksymalnej koncentracji węgla, jaka może znaleźć się w stanie rozpuszczonym (tj. w roztworze) w żelazie; może więc zawierać — jak to zresztą można znaleźć w podręcznikach — 0,006% węgla¹⁷. Przy zawartości 0,05—0,10% węgla struktury stali nie stanowi bynajmniej sam ferryt, lecz mieszanina ferrytu i perlitu¹⁸.

W rozpatrywanych pracach A. Mazura i E. Nosek są jeszcze inne niedokładności i uchybienia. Podają oni na przykład wyniki pomiaru mikrotwardości „ledeburytu przemienionego” (725—1019 H_{v50}). Tymczasem „ledeburyt przemieniony”, jak sami słusznie piszą, składa się w temperaturze otoczenia z perlitu i cementytu i pomiarów mikrotwardości dokonuje się dla każdego z tych składników oddzielnie. Co więc oznacza „mikrotwardość ledeburytu”? Może autorzy pomylili się i chodzi tu właściwie o mikrotwardość cementytu eutektycznego?

Należałoby też zwrócić uwagę, że jeśli badany przedmiot jest zgrzewany z kilku warstw żelaza i stali, należy określić wielkość ziarna i mikrotwardość składników

¹² Zgodnie z obecnie stosowaną terminologią w przedmiotach wykonanych z żelaza dymarskiego metal o strukturze czysto ferrytycznej nazywa się żelazem.

¹³ Sprawę definicji żelaza i stali omówiono pokrótce w pracy: J. Piaskowski, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego X—XIV w. na podstawie badań metaloznawczych*, Gdańskie Tow. Naukowe, Prace Komisji Archeologicznej, nr 2, Gdańsk 1960, s. 22.

¹⁴ Metal taki w każdym razie należało nazwać stałą.

¹⁵ Odpowiednikiem takich określeń byłaby definicja archeologiczna typu: okres halztacki to jest okres istniejący przed X w. n.e., co jest słuszne, ale nie dość dokładnie.

¹⁶ Por. np. Wesołowski, *Metaloznawstwo...*, s. 17, 27.

¹⁷ Tamże, s. 31.

¹⁸ Por. *Atlas metalograficzny struktur Stal*, praca pod redakcją F. Stauba, Warszawa 1964, s. 75.

struktury w każdej z warstw oddzielnie; w ten sposób uzyskuje się dane umożliwiające ocenę poszczególnych warstw. Dokonując badań grota włóczni z Kowalkowic i łopatkki ze Skąły, E. Nosek nie przyjęła tej zasady i nie wiemy, do której warstwy odnoszą się pomiary.

Poza tym z ryc. 1 wynika, że z grota włóczni wycięto do badań 3 próbki, a z łopatkki 2 próbki, natomiast na ryc. 2 przedstawiono tylko po jednej próbce z obu przedmiotów, nie wyjaśniając, o które chodzi (szkoda też, że na ryc. 2 nie umieszczono skali). Z tekstu wynika, że w strukturze punktaka występował ferryt (gdyż w pewnym miejscu E. Nosek zaobserwowała strukturę stali podeutektoidalnej), jednak w tabeli II ten składnik nie został umieszczony i jego wielkość ziarn oraz mikrotwardość nie zostały określone.

Niedokładny jest także opis struktury wtrąceń żużła zawartych w badanych okazach. E. Nosek wspomina o nich — i to tylko bardzo ogólnikowo — przy opisie dwóch przedmiotów stwierdzając, że są „w większości ... dwufazowe”. Ale jakie są poza tym (tj. jeśli chodzi o tę mniejszość) i jaki rodzaj struktur dwufazowych — nie wiadomo. E. Nosek nie posłużyła się tu opublikowaną i chyba znaną jej klasyfikacją autora¹⁹.

Również ogólnikowa wzmianka w końcu pracy, że „wtrącenia niemetaliczne w badanych przedmiotach są przeważnie dwufazowe z dendrytami lub bez, ciemne lub jasne”, nie konkretnego nie mówi i dlatego nie ma żadnej wartości. Z doświadczeń autora tej wypowiedzi wynika, że wtrącenia dwufazowe z dendrytami (tzw. typ D3) występują bardzo rzadko w przedmiotach żelaznych występujących na ziemiach Polski. Gdyby istotnie tak było, jak pisze E. Nosek w swej pracy, należałoby przedstawić odpowiednią dokumentację; to co autorka zamieściła w swej pracy zupełnie nie upoważnia do takiego twierdzenia. Być może, E. Nosek sądziła, że stwierdzenie różnorodności wtrąceń żużła stanowi argument przeciw wprowadzeniu struktury wtrąceń żużła jako jednej z cech charakteryzujących pochodzenie dawnych przedmiotów z żelaza dymarskiego. W rzeczywistości różnorodność struktur wtrąceń żużła jest taką samą cechą, jak występowanie jednego typu wtrąceń żużła.

A już na pewno nie znajduje pokrycia w zbadanych materiałach E. Nosek ogólnikowe twierdzenie, że „kształt przedmiotów nie jest charakterystyczny dla jakiegoś ośrodka produkcyjnego, lecz uwarunkowany jest funkcjonalnością [chyba funkcją? — przyp. J.P.] przedmiotu”. Dla postawienia tego wniosku nie wystarczy zbadanie 5 przedmiotów, reprezentujących najprawdopodobniej jeden typ metalu, których stan zachowania nie pozwala na dokładniejsze określenie formy — trzeba oprzeć się na wynikach wielu dziesiątków przedmiotów różniących się także rodzajem metalu. Gdyby kształt zbadanych przez E. Nosek przedmiotów żelaznych z terenu Gór Świętokrzyskich był lepiej zachowany, można byłoby porównać go z materiałami dotychczas opublikowanymi. Jednakże E. Nosek także i w swej pracy z A. Mazurem w ogóle nie sięgnęła do takich prac. Tymczasem praca badawcza nie kończy się na wykonaniu analiz czy zdjęć metalograficznych, takie może wykonać wprawny laborant. Należy przeprowadzić porównanie uzyskanych wyników z dotychczasowymi badaniami; ocenić zgodność i wskazać, co nowego przeprowadzone badania wnoszą do naszej wiedzy o dawnej metalurgii. Można i trzeba wtedy zastanowić się nad prawidłowością własnych badań, a jeśli zbyt odlegają one od dotychczasowych wyników — poddać próbki powtórnyom analizom dla sprawdzenia.

¹⁹ J. Piaskowski, *Dalsze badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach polskich w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*, „Kwart. HKM”, R. 11: 1963, z. 1, s. 8.

A. Mazur i E. Nosek nie uwzględnili tego w swoich badaniach, nie przeprowadzili żadnych studiów porównawczych. A przecież wyniki badań łupek z terenu Polski opublikował A. Zbierski²⁰, a następnie W. Łoziński i autor tej wypowiedzi²¹; poza tym autor zbadał szereg przedmiotów z rejonu Gór Świętokrzyskich, i to właśnie z okresu rzymskiego²².

A. Mazur i E. Nosek przedstawili tylko rycinę łupki z Łęczycy (ściślej: z Tumu pod Łęczycą) zaczerpniętą z wydanej w Czechosłowacji książki R. Pleinera²³, a analogii technologicznych do starożytnych przedmiotów z rejonu Gór Świętokrzyskich szukała E. Nosek w narzędziach wczesnośredniowiecznych z terenu Rusi opublikowanych przez B. A. Kołczina²⁴.

Warto tu jeszcze zwrócić uwagę na jeden szczegół. Od kilku lat trwa niezwykle ożywiona dyskusja nad wysuniętą i konsekwentnie utrzymywaną przez autora niniejszej wypowiedzi tezą o istnieniu korelacji (tj. zależności typu statystycznego) pomiędzy zawartością fosforu w żelazie i rudzie użytej do wytopu (lub uzyskanym w procesie żużłu)²⁵. Początkowo niektórzy metalurgowie twierdzili, że fosfor w ogóle nie przechodzi do żelaza podczas wytopu w dymarce²⁶, a obecność tej domieszki w żelazie dymarki jest jedynie wynikiem błędu analizy lub obecności wtrąceń żużla²⁷. Do dziś jeszcze niektórzy autorzy nie określają w sposób jasny swojego stosunku do istnienia tej zależności ani do szczegółowych dowodów jej istnienia, na podstawie analiz i źródeł pisanych zestawionych w specjalnej publikacji²⁸.

²⁰ A. Zbierski, *Wczesnośredniowieczne górnictwo i hutnictwo w świetle materiałów z grodziska łączyckiego*, „Studia Wczesnośredniowieczne”, t. 3: 1955, s. 17.

²¹ W. Łosiński, *Kowalstwo we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, [w:] W. Łosiński, E. Tabaczyńska, *Z badań nad rzemiosłem we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu*, Poznańskie Tow. Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Archeologicznej, t. 4, Poznań 1959, z. 1/1—2, s. 26; Piaskowski, *Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych wyrobów żelaznych...*, s. 9; tenże, *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego...*, s. 72.

²² J. Piaskowski, *Technologia i pochodzenie wyrobów żelaznych z północnej Małopolski i Mazowsza w okresie wpływów rzymskich na podstawie badań metaloznawczych*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 7, Wrocław 1962, s. 127.

²³ R. Pleiner, *Stare evropské kovářství*, Praha 1962, s. 134—139.

²⁴ B. A. Колчин, *Чёрная металлургия и металлообработка в древней Руси*, Материалы и исследования по археологии СССР, t. 32, Moskwa 1953, s. 71.

²⁵ Po raz pierwszy w formie przypuszczenia wysunięto tę tezę w pracach J. Piaskowski, *Metalurgia żelaza w okresie lateńskim i rzymskim w dorzeczu górnej Wisły w świetle badań metaloznawczych*, [w:] *Z dziejów starożytnej metalurgii na ziemiach Polski południowej*, Kraków-Nowa Huta 1956, s. 51; tenże, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych...*, s. 47. Dane analityczne uzasadniające tezę o istnieniu korelacji pomiędzy zawartością fosforu w żelazie i w żużlu podano na Sesji Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej PAN w dniu 25 stycznia 1961, por. J. Piaskowski, *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I—IV w.n.e.)*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 6, Wrocław 1963, s. 33.

²⁶ S. Holewiński, M. Radwan, W. Różański, *Z badań nad dymarką świętokrzyską*, „Archiwum Hutnictwa”, t. 5: 1960, z. 3, s. 276.

²⁷ Tak na przykład wypowiadał się S. Holewiński w dyskusji nad referatem na Sesji Zespołu Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej PAN w dniu 25 stycznia 1961 r., jednak po otrzymaniu próbek przedmiotów żelaznych i żużła analizowanych w pracach autora, wycofał te zarzuty i nie uwzględnił ich w dyskusji drukowanej, por. S. Holewiński, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 6, 1963, s. 103 (Problem metalu świętokrzyskiego, dyskusja).

²⁸ Piaskowski, *Correlation Between the Phosphorus Content...*, s. 83.

Z szeregu sformułowań, jakie A. Mazur i E. Nosek zamieścili w swych pracach, wynika, że w zupełności podzielają oni twierdzenie autora w tej sprawie, choć nie kwitują tego żadnym przypisem. Piszą oni m.in., że „wysoka zawartość fosforu w niektórych fragmentach łupki wynika ze stosowania ... rud limonitowych, zawierających pewną ilość tego pierwiastka”²⁹ lub „do otrzymania żelaza o podwyższonej zawartości tego pierwiastka [fosforu — przyp. J.P.] musiano do wytopu zużyć rudę wysokofosforową”³⁰; z dalszych wywodów E. Nosek wynika, że oczekiwała niskiej zawartości fosforu w przedmiotach z żelaza wytopionego z rudy niskofosforowej.

A przecież na tym właśnie polega korelacja (zależność typu statystycznego) pomiędzy zawartością fosforu w żelazie i rudzie użytej do wytopu. Cytowane wyżej sformułowania świadczą jednoznacznie, że A. Mazur i E. Nosek — choć tego nie przyznają w należnym przypisie — w zupełności przyjęli twierdzenie autora o istnieniu tej korelacji.

Reasumując — w obu omawianych publikacjach A. Mazura i E. Nosek jest sporo niedociągnięć, których — należy mieć nadzieję — nie powtórzą w dalszych swych pracach. Konieczne jest również przyjęcie jednoznacznych definicji żelaza i stali, a jeśli będą się różnić od obecnie stosowanych przez wszystkich historyków metalurgii żelaza, nowe propozycje A. Mazura i E. Nosek powinny być odpowiednio uzasadnione.

Tabela 1. Wyniki analiz zawartości fosforu i pomiarów mikrotwardości składników strukturalnych żelaza dymarskiego: ferrytu i perlitu (wg badań A. Mazura i E. Nosek)

Lp.	Nazwa przedmiotu	Pochodzenie	Zawartość fosforu, %	Mikrotwardość kg/mm ²	
				ferryt	perlit
1	łupka	okolice Kowla			
	fragment nr 1		0,78	289	450
	„ nr 3		0,88	322	*
	„ nr 4		1,08	*	*
	„ nr 7		0,08	*	540
	„ nr 9		0,07	289	410
2	grot włóczni	Kowalkowice	0,54	160	250
3	łopatka	Skały	0,57	177	237
4	szpila	„	*	180	215
5	nóż	Mychów	0,62	190	265
6	punktak	„	0,4	*	**

* Nie zbadano.

** Nie występuje w strukturze.

Szczególnie ważna jest sprawa wątpliwych analiz fosforu we fragmentach nr 7 i 9 łupki spod Kowla i w starożytnych przedmiotach z terenu Gór Świętokrzyskich

²⁹ Mazur, Nosek, *op. cit.*, s. 113.

³⁰ Nosek, *Niektóre zabytki żelazne...*, s. 183.

oraz techniki wykonania tych ostatnich. Te należy sprawdzić ewentualnie w innym, bardziej doświadczonym laboratorium, a jeśli zaś okaże się, że analizy są błędne A. Mazur i E. Nosek powinni usprawnić wykonawstwo oznaczeń fosforu, kontynuowanie bowiem błędnych analiz może mieć wyjątkowo niekorzystny wpływ na dalszy rozwój badań nad dawnym hutnictwem żelaza.

Jerzy Piaskowski