

## Z METODYKI BADAŃ ARCHEOLOGICZNYCH

JERZY PIASKOWSKI

### BADANIA METALOZNAWCZE PRZEDMIOTÓW ŻELAZNYCH Z WCZESNOŚREDNIOWIECZNEGO GRODZISKA W STRADOWIE, WOJ. KIELCE

#### 1. WPROWADZENIE

Badania metaloznawcze wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z terenu województwa kieleckiego mają szczególne znaczenie zarówno dla historii metalurgii żelaza na ziemiach Polski, jak i dla archeologii i to z dwóch względów.

Pierwszym jest problem kontynuacji działalności starożytnego ośrodka hutniczego w Górach Świętokrzyskich, jednego z największych producentów żelaza w tej części Europy, który dostarczał swych wyrobów plemionom zamieszkującym dorzecze Wisły aż po Odrę do okresu wędrówek ludów (V–VI w.n.e.). Dotychczasowe badania wyrobów żelaznych z ziem Polski z VI–X w. (Piaskowski 1973a, 1974a, 1986) wskazują, że wyroby “świętokrzyskie” w tym okresie zanikły. Tak ważny wniosek należało potwierdzić na dalszych materiałach.

Po drugie, ostatnio została wysunięta hipoteza, że nowa technologia żelaza u plemion słowiańskich, które zajęły dorzecze Wisły w V/VI w., stosowana najczęściej przy wyrobie narzędzi tnących (a zwłaszcza noży), została przejęta od rzemieślników skandynawskich (“technologia wikińska”). Rozpowszechnianie tej technologii następowało równocześnie na rozległych obszarach wczesnośredniowiecznej Rusi, a także na północno-wschodnich ziemiach Niemiec.

Dotychczasowe badania wskazują, że w VI–X w. “technologia Wikingów” obejmowała tylko ziemie Polski północnej i środkowej. Występowanie jej wykazały badania metaloznawcze narzędzi tnących z grodzisk w Szeligach koło Płocka (VI–VII w.), Czeladzi Wiel-

kiej koło Góry (VI–VIII w.), Łazach koło Kielc (VI–VIII w.), Brodnie koło Wrocławia (VII–VIII w.), Kołobrzegu (IX w.), Czerchowie koło Łęczycy (IX–XI w.).

Nie stwierdzono dotąd stosowania tej technologii na ziemiach Polski południowej, na stanowiskach archeologicznych w Krakowie – Nowej Hucie-Mogile (VI–X w.), Międzyświeciu koło Cieszyna (VII w.), Tyńcu koło Krakowa (VII–IX w.), Bachórzku koło Przemysła (VII–IX w.), Szczaworyżu (VII–XI w.), Krakowie–Na Skarpie (IX–XI w.), w kopcach – mogiłach w Trzbieśławicach i Winiarach koło Sandomierza (VII w.) oraz w Kornatce koło Myślenic (VII/VIII–IX w.). Dotychczas jedynie wśród noży z grodzisk w Naszaczowicach koło Nowego Sącza (VIII–X w.) natrafiono na okazy (noże nr 1 i 6) reprezentujące “technologię proveniencji wikińskiej”. Technologia ta rozpowszechniła się na tych ziemiach ok. X w., wystąpiła na Wawelu (od najwcześniejszej warstwy kulturowej z X–XI w.) i w Krakowie–Dębnikach (IX–XI w.).

Badania “siekieropodobnych” płacidel z Zawady Lanckorońskiej, Nowej Huty–Mogily (Piaskowski 1976) i z wielkiego “skarbu” z Krakowa–Okołu (Mazur i Nosek 1990) wykazały, że wykonano je z miejscowego wysokofosforowego żelaza (takiego jak m.in. znajdowane na tym terenie radlice i kroje), różnego od metalu używanego do wyrobu tychże “pieniędzy” z tego czasu, znajdujących na terenie Moraw i zachodniej Słowacji. Widocznie okolice Krakowa i sąsiednie ziemie Małopolski należały do państwa Wiślan i zostały włączone okresowo, prawdopodobnie przez Świętopełka, do państwa Wielkomorawskiego tak jak o tym mówi “Legenda panońska”. Włączenie Wiślan do państwa Piastów wiązało się z przejęciem przez nich “technologii wikińskiej”.

Badania 5 noży z wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie miały wykazać, czy w pobliskim ośrodku świętokrzyskim nadal wytapiane było żelazo o cechach metalu sprzed okresu wędrówek ludów i czy do grodziska dotarła “technologia wikińska”.

Badania archeologiczne na terenie grodziska w Stradowie prowadzone były przez Zakład Archeologii Małopolski Instytutu Historii Kultury Materialnej (obecnie: Oddział w Krakowie Instytutu Archeologii i Etnologii) Polskiej Akademii Nauk. Datowanie zbadanych noży oparte było na opracowaniach archeologicznych (Dąbrowska 1973, Maj 1990, Maj i Zoll-Adamikowa 1992).

Za wybór i udostępnienie materiałów oraz potrzebne wyjaśnienia autor składa podziękowanie doc. dr H. Zoll-Adamikowej z Instytutu Archeologii i Etnologii, Oddział w Krakowie.

Analizy metaloznawcze przeprowadzone zostały w laboratoriach Instytutu Odlewnictwa w Krakowie, w ramach projektu badawczego Nr 1 1024 92 03 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1992–1994.

## 2. METODY BADAŃ

Do badań wybrano okazy po uprzednio przeprowadzonej konserwacji. Metody opisanych badań i sposób zestawienia wyników były identyczne jak w innych podobnych pracach autora (Piaskowski 1960). Badania obejmowały ilościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne wraz z oceną wielkości ziarna (według normy PN–66/H–04507), pomiary mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych prze-



prowadzono przy użyciu mikrotwardomierza Hanemanna oraz badania twardości sposobem Vickersa (według normy PN-78/H-04360).

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono zgodnie z metodami analitycznymi stosowanymi dla stopów żelaza. Zawartość fosforu oznaczano metodą fotometryczną. Przy oznaczeniach zawartości niklu, miedzi i manganu stosowano metodę absorpcji atomowej. Zawartość węgla oceniano w przybliżeniu na podstawie obserwacji metalograficznych. Obserwacje metalograficzne prowadzono przy użyciu powiększenia 100 i 500x, trawiąc próbki 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (Nital). Dla ujawnienia mikrosegregacji fosforu w metalu stosowano odczynnik Oberhoffera, który zaciemnia miejsca o mniejszej zawartości tej domieszki. Przy pomiarach mikrotwardości stosowano obciążenie 50 gramów w ciągu 15 s; każdy wynik jest średnią arytmetyczną z 5 pomiarów. Badania twardości żelaza i stali nie hartowanej prowadzono przy obciążeniu 10 kg trwającym 15 s. Każdy wynik jest średnią arytmetyczną 2–3 pomiarów. Podstawą identyfikacji procesów technologicznych były obiektywne kryteria opublikowane przez autora (Piaskowski 1973).

### 3. WYNIKI BADAŃ

Zbadane przedmioty żelazne z wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie przedstawiono na ryc. 1, oznaczając miejsce wycięcia próbek, zaś na ryc. 2 – ich technologię wykonania (t.j. stopień i rozłożenie nawęglania na poprzecznym przekroju badanego okazu). Ponadto w tablicy 1 podano zestawienie i charakterystykę zbadanych okazów oraz skład chemiczny metalu. W tablicy 2 zestawiono wyniki obserwacji metalograficznych, pomiarów mikrotwardości i twardości metalu.

Wyniki badań można określić następująco:

Noż nr 1 z obiektu 55 (faza III, X–poł. XI w.) wykuty był z niskofosforowego żelaza o nierównomiernym nawęglaniu (ryc. 3a), w pobliżu krawędzi tnącej struktura była martenzytyczna (ryc. 3b). W dalszej odległości od ostrza występowała struktura martenzytu odpuszczonego. Występujące w metalu wydłużone wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A według klasyfikacji autora: Piaskowski 1969).

Technologia wykonania noża nr 2 z ob.103 (faza II, VIII–IX w.) była trudna do określenia. W części centralnej okazu wystąpiło pasmo żelaza drobnoziarnistego (klasa 10), o strukturze ferrytycznej ze śladami ilościowymi perlitu (ryc. 3c), będąca wynikiem niższej zawartości fosforu (ryc. 3d). W pasmach o wyższej zawartości tej domieszki obserwowano większe ziarna ferrytu (klasa 3). Strukturę metalu i rozłożenie fosforu na granicy warstwy drobno- i gruboziarnistej przedstawiono na ryc. 4a i 4b. Wtrącenia żuźla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

W strukturze noża nie wystąpiły ślady, które na podstawie obiektywnych kryteriów można uznać jako wynik zgrzewania (Piaskowski 1973). Należy więc uznać tę warstwę jako wynik “struktury warstwowej” (niem. *Zeilengefüge*, ang. *band structure*), spowodowanej przez segregację fosforu. Średnia zawartość tej domieszki w nożu wynosiła 0,465% P; było to więc żelazo wysokofosforowe.

Tablica 1. Zestawienie i wyniki ilościowej analizy chemicznej noży żelaznych z wczesno-średniowiecznego grodziska w Stradowie, woj. Kielce.

Lp.	Nazwa przedmiotu	Nr. inw.	Masa g	Zawartość, %			
				P	Ni	Cu	Mn
1.	Nóż nr 1	38a/59	5,0	0,012	0,028	0,018	0,077
2.	Nóż nr 2	48/62	16,9	0,465	0,11	0,06	0,09
3.	Nóż nr 3	72/60	9,2	0,052	0,02	0,018	0,11
4.	Nóż nr 4	73/59	11,0	0,167	0,13	0,031	0,022
5.	Nóż nr 5	211b/60	4,0	0,270	0,068	0,02	0,006

Tablica 2. Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości noży żelaznych z wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie, woj. Kielce.

Lp.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość kg/mm	Twardość HV
1.	Noż nr 1	martenzyt		714	488
		martenzyt odpuszczony		355	
		feryt	8	120	
2.	Noż nr 2	feryt	3	261	213
		feryt	10	244	
3.	Noż nr 3	feryt	3	154	151
		feryt	7	137	
4.	Noż nr 4	feryt	5	197	182
		feryt	7	189	
		sorbit	ślady		
5.	Noż nr 5	feryt	5	148	129

W nożu nr 3 z ob. 66 (faza III, X–poł.XI w.) wystąpiła także “struktura pasmowa”. Obok drobnoziarnistych pasm ferrytu (klasa 7) występowały ferrytyczne pasma o dużym ziarnie (klasa 3 – ryc. 4c). W tych ostatnich zawartość fosforu była nieco większa (ryc. 4d). Wtrącenia żużla posiadały jednolite czarne zabarwienie (typ A).

Nierównomierne rozłożenie węgla i fosforu oraz – częściowo – “struktura pasmowa” (ryc. 5a) wystąpiły także w nożu nr 4 z ob. 45 (faza III, X–poł. XI w.). Obok pasm drobnych ziarn ferrytu (klasa 7) obserwowano pasma ziarn większych (klasa 5 – ryc. 5b). Obok tych pierwszych występowały w nieznacznych ilościach ziarna sorbitu (ryc. 5c). Metal zawierał stosunkowo duże ilości wtrąceń żużla, posiadały one jednolite czarne zabarwienie (typ A).



Nóż nr 5 z warstwy a, pod wałem (faza II/III, sprzed połowy X w.) wykazał strukturę ferrytyczną o dość dużym ziarnie (klasa 5), jaka często występuje w żelazie wysokofosforowym (ryc. 5d). W metalu występowały stosunkowo duże wtrącenia żużla. Obok wtrąceń o jednolitym ciemnym zabarwieniu (typ A) obserwowano drobne wtrącenia jasne (typ C) oraz wtrącenia zawierające nieliczne, zaokrąglone wydzielienia jasnej fazy na ciemnym tle (typ B).

#### 4. OPRACOWANIE WYNIKÓW

Zbadane wczesnośredniowieczne noże ze Stradowa nie wykazują cech starożytnego żelaza "świętokrzyskiego", ani stosowania techniki zgrzewania żelaza ze stalą według wzorów "wikińskich". Tylko metal użyty do wyrobu noża nr 1 wykazuje cechy zbliżone do starożytnego żelaza "świętokrzyskiego", jednak do takiej jego klasyfikacji konieczna byłaby dodatkowa analiza grupowa (Piaskowski 1967). Wymaga ona większej liczby takich okazów, dotychczas jednak nie natrafiono na nie w zbadanych materiałach archeologicznych z tego terenu kraju. Dodać należy, że nóż nr 1 różni się kształtem od noży "świętokrzyskich" (Piaskowski 1963, 1974).

Żaden ze zbadanych noży ze Stradowie nie wykazał stosowania technologii zgrzewania żelaza i stali ani nawęglania wtórnego (cementacji), dlatego grodzisko to należy zaliczyć prawdopodobnie do tej strefy produkcji żelaza, gdzie nie dotarła technologia noży "pochodzenia wikińskiego". W pobliskiej osadzie w Łazach (Piaskowski 1966) z VI–VIII w. technologia ta już była stosowana, nie natrafiono tam także na ślady starożytnego żelaza "świętokrzyskiego".

Odnosnie do noża nr 2 z fazy II wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie należy wspomnieć, że podobną strukturę zaobserwowano dotąd tylko w jednym okazie, a mianowicie w nożu nr 4 z cmentarzyska z późnego okresu przedrzymskiego w tymże Stradowie (grób 18, ar 3, ćw. A., głąb 80–90 cm). Był on także wykuty z żelaza o dość wysokiej zawartości fosforu (średnio – 0,32% P) z domieszką Ni i Cu w ilościach śladowych. Ziarna w centralnej warstwie drobnoziarnistej były w tym nożu nieco większe (klasa 7); w obu warstwach zewnętrznych występowały ziarna ferrytu klasy 5 (Piaskowski 1971). Nóż ten posiadał pochewkę, z której zachowało się okucie, wykonane także z żelaza wysokofosforowego o zawartości 0,51% P. Obecnie nie ma podstaw do wyjaśnienia tej zbieżności struktury obu okazów, dopiero pojawienie się dalszych przedmiotów żelaznych o takiej strukturze może pozwolić na wyjaśnienie tego zjawiska.

Późniejszy nieco nóż nr 5 (faza II/III) sprzed połowy X w. wykuty był z żelaza średniofosforowego (zawierającego 0,27% P). Do tejże grupy należał także nóż nr 4 z X–poł. XI w. (faza III), wykuty z żelaza zawierającego 0,167% P. Natomiast nóż nr 3 podobnie datowany należy zaliczyć do wyrobów z żelaza niskofosforowego (zawierał 0,052% P); był to więc prawdopodobnie import o nieokreślonym jeszcze pochodzeniu. Wyroby wykonane z takiego metalu wystąpiły w osadzie w Krakowie–Nowej Hucie (VI–X w.); pochodzenia ich dotąd nie określono (Piaskowski 1976).

Z wyjątkiem noża nr 1, stalowego, który był utwardzany przez zastosowanie obróbki cieplnej (hartowania), przy wyrobie pozostałych nie zastosowano żadnego sposobu podwyższenia jakości narzędzia.

*Instytut Odlewnictwa  
w Krakowie*

## BIBLIOGRAFIA

- Dąbrowska Elżbieta  
1973 *Wielkie grody dorzecza górnej Wisły*, Wrocław.
- Maj Urszula  
1990 *Stradów, stanowisko I. Część I. Ceramika wczesnośredniowieczna*, Kraków.
- Maj Urszula, Zolli-Adamikowa Helena  
1992 *W kwestii chronologii wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie*, Spraw. Arch. 44; s. 273–296.
- Mazur Wanda, Nosek Elżbieta  
1990 *Badania metaloznawcze i chemiczne grzywnien siekieropodobnych z Krakowa*, Mat. Arch. 25, s. 179–191.
- Piaskowski Jerzy  
1960 *Technika gdańskiego hutnictwa i kowalstwa żelaznego w X–XIV wieku na podstawie badań metaloznawczych*, "Prace Komisji Archeologicznej – Gdańsk" 2, s. 5–172.
- 1963 *Cechy charakterystyczne wyrobów żelaznych produkowanych przez starożytnych hutników w Górach Świętokrzyskich w okresie wpływów rzymskich (I–IV w. n.e.)*, "Studia z Dziejów Górnictwa i Hutnictwa" 6, s. 9–85.
- 1966 *Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z wczesnośredniowiecznej osady w Łazach, pow. Kielce*, Spraw. Arch. 18, s. 375–386.
- 1967 *Określanie pochodzenia dawnych przedmiotów na podstawie analizy cech*, "Kwartalnik Historii Nauki i Techniki" 12, s. 61–97.
- 1969 *Klasyfikacja struktury wtrąceń żużla i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych*, Kwart. HKM 17, s. 61–71.
- 1971 *Sprawozdanie z metaloznawczych badań przedmiotów żelaznych z późnolateńskiego cmentarzyska w Stradowie, pow. Kazimierza Wielka*, Spraw. Arch. 23, s. 215–238.
- 1973 *Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego*, APolski 17, s. 7–45.
- 1973a *Eisen- und Stahltechnologie der Völkerwanderungszeit im Gebiete zwischen Weichsel und Oder*, "Early Medieval Studies 6, Antikvariskt Archiv" 53, s. 29–41.
- 1974 *Wyroby żelazne kowali świętokrzyskich w okresie późnolateńskim i rzymskim, ich rozpowszechnianie i ocena jakości*, "Rocznik Świętokrzyski" 3, s. 245–275.
- 1974a *Untersuchungen der frueh-mittelalterlichen Eisen- und Stahltechnologie der Slaven in den Gebieten zwischen Weichsel und Oder*, Archeologia Polona, t. 15, s. 67–96.
- 1976 *Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z żużla z wczesnośredniowiecznej osady w Nowej Hucie-Mogile*, Materiały Arch. NH 5, s. 181–198.
- 1986 *Wczesnosłowiańska technologia żelaza na terenie Małopolski*, AAC, t. 25, s. 149–177.



JERZY PIASKOWSKI

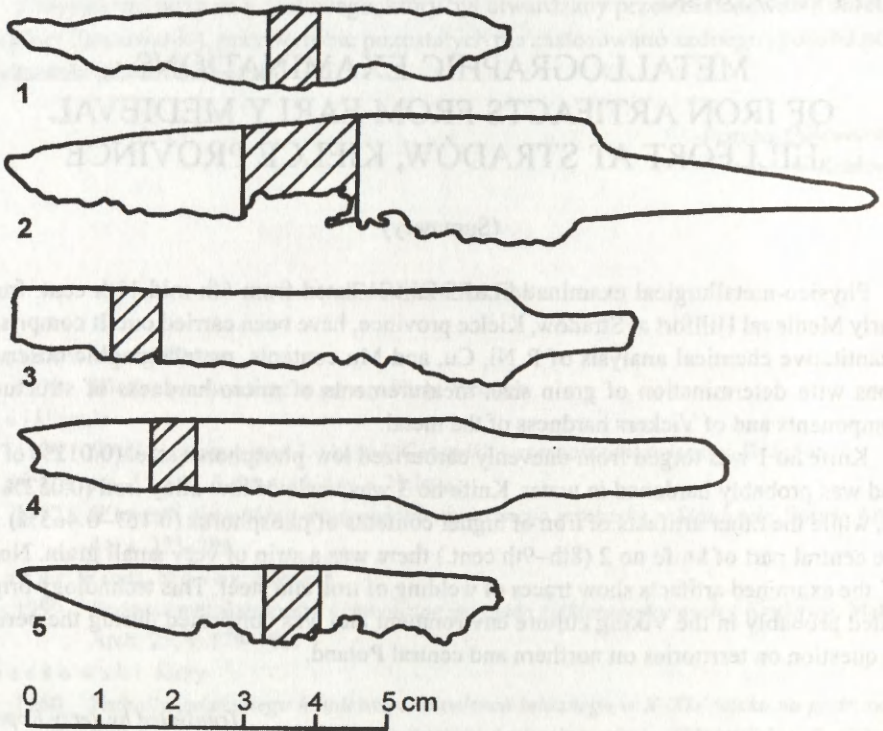
## METALLOGRAPHIC EXAMINATIONS OF IRON ARTIFACTS FROM EARLY MEDIEVAL HILLFORT AT STRADÓW, KIELCE PROVINCE

(Summary)

Physico-metallurgical examination of 5 knives dated from 6th-mid 11th cent from Early Medieval Hillfort at Stradów, Kielce province, have been carried out. It comprised quantitative chemical analysis of P, Ni, Cu, and Mn contents, metallographic observations with determination of grain size, measurements of micro-hardness of structural components and of Vickers hardness of the metal.

Knife no 1 was forged from unevenly carburized low-phosphorus steel (0.012% of P) and was probably hardened in water. Knife no 3 was made of low-alloy iron (0.052% of P), while the other artifacts of iron of higher contents of phosphorus (0.167–0.465%). In the central part of knife no 2 (8th–9th cent.) there was a strip of very small grain. None of the examined artifacts show traces of welding of iron and steel. This technology originated probably in the Viking culture environment and was confirmed during the period in question on territories on northern and central Poland.

*Translated by Jerzy Kopacz*

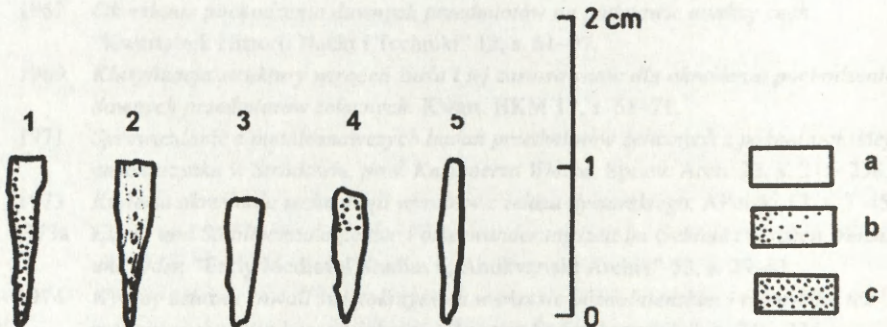


Ryc. 1. Szkice zbadanych przedmiotów z wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie z określeniem miejsca wycięcia próbki:

1 – nóż nr 1; 2 – nóż nr 2; 3 – nóż nr 3; 4 – nóż nr 4; 5 – nóż nr 5.

Fig. 1. Sketchy drawings of artifacts from Early Medieval Hillfort at Stradów, places cut-outs of samples indicated:

1 – knife no 1; 2 – knife no 2; 3 – knife no 3; 4 – knife no 4; 5 – knife no 5.



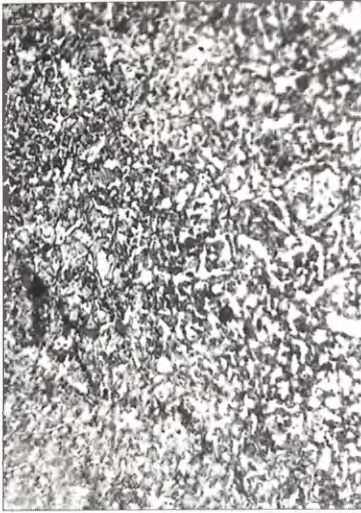
Ryc. 2. Technologia (stopień i rozłożenie nawęglenia) zbadanych przedmiotów z wczesnośredniowiecznego grodziska w Stradowie;

1 – nóż nr 1; 2 – nóż nr 2; 3 – nóż nr 3; 4 – nóż nr 4; 5 – nóż nr 5; a – żelazo, b – żelazo nawęglone, c – stal.

Fig. 2. Technology (degree and distribution of carbonizing) of examined artifacts from Early Medieval Hillfort at Stradów:

1 – knife no 1; 2 – knife no 2; 3 – knife no 3; 4 – knife no 4; 5 – knife no 5; a – iron, b – carbonized iron, c – steel.





3a



3b



3c



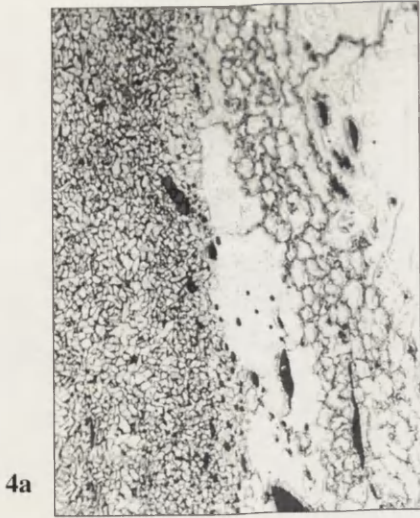
3d

Ryc. 3. Nóż nr 1:

a – struktura, traw. Nitałem, pow. 100x, b – struktura w pobliżu krawędzi tnącej (pod większym powiększeniem), traw. Nitałem, pow. 500x. nóż nr 2: c – makrostruktura na poprzecznym przekroju noża, traw. Nitałem pow. 10x, d – rozłożenie fosforu na poprzecznym przekroju noża, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 10x.

Fig. 3. Knife no 1:

a – structure, Nital etching, enlargement 100x, b – structure by the cutting edge (greatly enlarged), Nital etching, enlargement 500x; knife no 2: c – macro-structure on transversal cross-section, Nital etching, enlargement 10x, d – distribution of phosphorus on transversal cross-section of the knife, etching with Oberhoffer reagent, enlargement 10x



4a



4b



4c



4d

Ryc. 4. Nóż nr 2:

a – struktura, traw. Nitalem, pow. 100x, b – rozłożenie fosforu w metalu, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 100x; nóż nr 3: c – struktura, traw. Nitalem, pow. 100x, d – rozłożenie fosforu w metalu, traw. odczynnikiem Oberhoffera, pow. 100x.

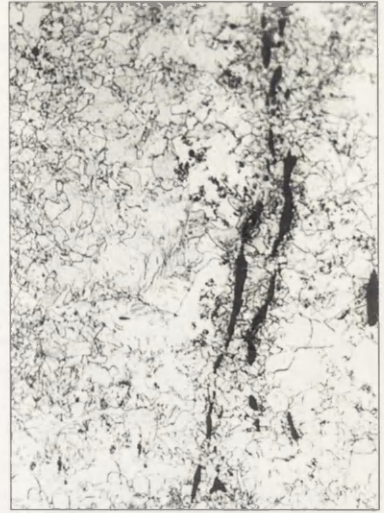
Fig. 4. Knife no 2:

a – structure, Nital etching, enlargement 100x, b – distribution of phosphorus in metal, etching with Oberhoffer reagent, enlargement 100x knife no 3: c – structure, Nital etching, enlargement 100x, d – distribution of phosphorus in metal, etching with Oberhoffer reagent, enlargement 100x.





5a



5b



5c



5d

Ryc. 5. Nóż nr 4:

a – makrostruktura na poprzecznym przekroju noża traw. Nitaliem, pow. 10x, b – struktura metalu, traw. Nitaliem, pow. 100x; c – struktura metalu, pod większym powiększeniem, traw. Nitaliem, pow. 500x, nóż nr 5: d – struktura metalu, traw. Nitaliem, pow. 100 x.

Fig. 5: Knife no 4:

a – macro-structure on transversal cross-section of the knife, Nital etching, enlargement 10x, b – metal structure, Nital etching, enlargement 100x, c – metal structure in great enlargement, Nital etching, enlargement 500x; knife no 5: d – metal structure, Nital etching, enlargement 100x.

