

JERZY PIASKOWSKI

METALOZNAWCZE BADANIA WYROBÓW ŻELAZNYCH ZE „SKARBÓW“ I OSAD ŁUŻYCKICH WIELKOPOLSKI

W niniejszej pracy przedstawiono analityczne wyniki metaloznawczych badań 23 wyrobów żelaznych ze „skarbow“ i osad łużyckich Wielkopolski; ponadto cztery dalsze okazy (siekierki z tuleją) poddano jedynie nieniszczącym badaniom gammagraficznym. Badania były fragmentem obszerniejszej pracy nad technologią wyrobów żelaznych na ziemiach Polski w okresie halsztackim oraz równocześnie przygotowywanego wraz z mgr T. Różycką syntetycznego opracowania tego zagadnienia¹. Materiały do badań uzyskano z Muzeum Archeologicznego w Poznaniu i Warszawie, za co autor składa podziękowanie kierownictwu tych muzeów.

Badania laboratoryjne prowadzone były w ramach prac Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN (Zespół Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej) przy poparciu Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN.

1. Dotychczasowe wyniki badań wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego

Ilość dotychczas zbadanych za granicą wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego, tj. sprzed IV w. p.n.e., jest nieznaczna. Pojedyncze okazy (łącznie 16 sztuk) tego rodzaju zbadali H. C. H. Carpenter i J. M. Robertson², F. K. Naumann³, C. Panseri, C. Carino i M. Leoni⁴,

¹ Por. I. Piaskowski, T. Różycka, *Badania technologii wyrobów żelaznych na ziemiach Polski w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*, Kwartalnik HKM.

² H. C. H. Carpenter i J. M. Robertson, *The metallography of some ancient egyptian implements*, „Journal of the Iron and Steel Institute“, t. 71: 1930 nr 1, s. 417.

³ F. K. Naumann, *Untersuchung eines eisernen luristanischen Kurzschwertes*, „Archiv für Eisenhüttenwesen“, t. 28: 1957 nr 9, s. 575.

⁴ C. Panseri, C. Carino i M. Leoni, *Ricerche metallografiche sopra alcune lame etrusche di acciaio*, [w:] *La tecnica di fabricatione della lame di acciaio presso gli antichi*, Milano 1957, s. 9.

H. Rupe i F. Müller⁵, A. Rieth⁶ oraz H. Hauttmann i F. Morton⁷.

Szczegółowe omówienie wyników tych badań podano w innej, ogólniejszej pracy⁸, nie powtarzając ich w poszczególnych opracowaniach analitycznych, a więc i w niniejszym artykule.

Bardziej zaawansowane są badania metaloznawcze wyrobów żelaznych z okresu halszackiego, znalezionych na ziemiach Polski. Kilka okazów pochodzących ze skarbu w Biskupinie, pow. Żnin, zostało zbędnych przez K. Wesołowskiego, jednak wyniki tych badań do chwili obecnej nie zostały opublikowane poza pewnymi fragmentami⁹.

Poza tym prowadzone są obecnie przez autora przy współpracy T. Różyckiej systematyczne metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halszackiego, znalezionych na ziemiach Polski; m. in. w opracowaniu znajdują się wyroby żelazne z cmentarzysk ciałopalnych z Wielkopolski¹⁰.

2. Metody badań i sposobów zestawienia wyników

Metody opisanych badań wyrobów żelaznych nie różniły się od sposobów stosowanych w innych podobnych pracach autora. Obejmowały one ilościową i jakościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne oraz pomiary mikrotwardości i twardości. Zastosowano ponadto badania gammagraficzne, tzn. prześwietlanie siekierok z tulejką promieniami gamma promieniotwórczego izotopu kobaltu Co⁶⁰.

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono metodami klasycznymi, zgodnie z normami obowiązującymi dla stopów żelaza. Oznaczano przede wszystkim zawartość fosforu, podstawowej domieszki w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego, oraz zawartość krzemu, manganu i niklu. W jednej z próbek (surowiec z Przybysławia) oznaczono także zawartość miedzi; przy pozostałych próbkach badań tych nie prowadzono, aby uniknąć nadmiernego uszkodzenia okazów. Z tego to także powodu pominięto oznaczanie zawartości siarki. Ilości tej domieszki występujące

⁵ H. Rupe i F. Müller, *Chemische und metallographische Untersuchung prähistorischer Eisenfunde*, Verhandlung d. Naturforschung Gesellschaft, Basel 1916, s. 108.

⁶ A. Rieth, *Die Eisentechnik der Hallstattzeit*, Leipzig 1942, s. 148.

⁷ H. Hauttmann i F. Morton, *Metallographische Untersuchung eines vom Hallstätter Grabfelde stammende eisernen Hufeisendolches*, „Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereins“, t. 100: 1955, s. 261.

⁸ Piaskowski, Różycka, *op. cit.*

⁹ K. Wesołowski, *Metaloznawstwo*, t. 2, Warszawa 1957, s. 62.

¹⁰ J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z cmentarzysk ciałopalnych Wielkopolski z okresu halszackiego*, „Fontes Archaeologici Posnaniensis“, t. 10 (w druku).

w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego są nieznaczne (poniżej 0,02% S) i ewentualne różnice mieszczą się w granicach błędu analizy chemicznej.

Dla określenia zawartości węgla w metalu oparto się na przybliżonej ocenie na podstawie obserwacji metalograficznych. Metal wykazywał bowiem zwykle nierównomierne nawęglenie; stąd uzyskany na drodze analizy chemicznej wynik „średni“ nie odzwierciedlałby struktury i właściwości metalu.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzano metodą spektrograficzną przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy próbkami tego samego materiału.

Strukturę metalu określano pod mikroskopem metalograficznym przy powiększeniu 100 i 500x; próbki trawiono 4-procentowym roztworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Wraz z oceną struktury określano wielkość ziarna metalu posługując się amerykańską normą ASTM E 19-46. Dzieli ona ziarna na klasy od 1 (największe ziarno — 16 ziarn na powierzchni 1 mm²) do 8 (najdrobniejsze ziarno — 2048 ziarn na 1 mm²).

Na zgładach metalograficznych badano mikrotwardość poszczególnych składników struktury, posługując się aparatem Hanemanna i stosując przy tym nacisk 50 G. Każdy wynik jest średnim z pięciu pomiarów.

Twardość określano sposobem Vickersa (Polska Norma PN/H-04360) przy nacisku 10 kG, trwającym 15 sek.

Badania gammagraficzne miały na celu ustalenie sposobu wykonania siekierek z tuleją, a mianowicie czy wykuto je z jednego kawałka metalu, czy też z dwóch, kształtując oddzielnie ostrze, a oddzielnie nasadzoną na nie tuleję. Do prześwietlania stosowano izotop promieniotwórczy kobaltu Co⁶⁰, wysyłający dość twarde promieniowanie gamma o energii 1,17 i 1,33 MeV.

Zasadniczo do tego celu bardziej odpowiednie są izotopy o mniejszym promieniowaniu, jak np. izotop irydu Ir¹⁹², stosowany przez F. K. Naumanna¹¹ do badań rękojeści luristańskiego miecza. Instytut Odlewnictwa w Krakowie, gdzie przeprowadzono opisane badania, posiadał jednak jedynie izotop kobaltu Co⁶⁰.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tablicach i zestawieniach rysunkowych. Wyniki badań każdego okazu znajdują się w dwóch tablicach. Pierwsza z nich zawiera dane dotyczące pochodzenia okazu oraz wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej. Przy wynikach analizy jakościowej pominięto obecność węgla, krzemu, manganu, fosforu i siarki

¹¹ Naumann, *op. cit.*, s. 576.

(a także żelaza), występujących zawsze w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego, oraz aluminium, cyny, magnezu, miedzi, niklu, ołowiu i wapnia, których obecność stwierdzono we wszystkich badanych próbkach. W kolumnach zawierających wyniki analizy jakościowej znak „+“ określa wyraźnie stwierdzoną obecność domieszki, natomiast znak „o“ świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka.

W drugiej tablicy podano wyniki obserwacji metalograficznych: zestawienie składników strukturalnych, klasę wielkości ziarna, wyniki pomiarów mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz wyniki pomiarów twardości Vickersa.

Przedstawiając wyniki badań w zestawieniach rysunkowych oparto się na sposobie użytym przez W. A. Kołczina¹². Na pierwszym rysunku podano wykonany w skali szkic badanego okazu wraz z określeniem miejsca wycięcia próbki do badań metalograficznych. Na drugim rysunku przedstawiono „technologię“ badanego okazu, tj. umownie oznaczony rodzaj metalu użytego do wyrobu przedmiotu na tle zglądu metalograficznego. Ten szkic zglądu metalograficznego, wykonanego zawsze pod kątem 90° do płaszczyzny pierwszego rysunku (szkic okazu), uzupełnia go częściowo, pozwalając zorientować się w przestrzennym kształcie badanego okazu.

Wydaje się, że ten sposób zestawienia wyników jest najbardziej zwięzły i przejrzysty i dlatego wart rozpowszechnienia.

Materiał ilustracyjny uzupełniają nadto liczne mikrofotografie struktury metalu. Zamieszczenie tych mikrofotografii jest nieodzowne wobec podstawowego znaczenia, jakie ma — jak stwierdzono — obraz strukturalny metalu dla ustalenia technologii wyrobów i ich pochodzenia.

3. Zestawienie zbadanych materiałów

Do badań przeznaczono wyroby żelazne pochodzące ze „skarbów“ i osad łużyckich Wielkopolski.

„Skarbami“ nazywamy zespoły cenniejszych wyrobów ukrytych przez właściciela w chwili jakiegoś niebezpieczeństwa, które zachowały się do naszych czasów. Zestawiając „skarby“ znalezione na naszych ziemiach J. Kostrzewski¹³ wymienia pięć stanowisk z Wielkopolski (Kołuda Mała, pow. Inowrocław; Łuszkowo, pow. Kościan; Przybysław, pow. Jarocin; Biskupin, pow. Żnin, i Szczonów, pow. Jarocin), cztery

¹² В. А. Колчин, *Черная металлургия и металлообработка в древней Руси*, „Материалы и Исследования по Археологии СССР“, t. 32: 1953, s. 73.

¹³ J. Kostrzewski, *Ze studiów nad okresem żelaznym*, „Slavia Antiqua“, t. 4: 1953, s. 22.

z Pomorza (Lembork, Sidłowo, pow. Białogard; Brzesko, pow. Pyrzyca; Kiełpin, pow. Kołobrzeg) oraz jedno ze Śląska (Koperniki, pow. Nysa).

W innej pracy J. Kostrzewski¹⁴ wspomina także o skarbie ze Świdnika, pow. Nowy Sącz, gdzie znaleziono żelazny grot włóczni oraz kulę żelazną (półfabrykat?). Półfabrykat w postaci dwóch klinowatych brył żelaza znaleziono także w Przybysławiu, pow. Jarocin (obok trzech kawałków surowca brązowego i kilku wyrobów z brązu). J. Kostrzewski zwraca uwagę, że ta forma surowca odbiega od spotykanej za granicami Polski i przypuszcza, że medal ten jest pochodzenia miejscowego.

„Skarb“ w Kołudzie Małej, pow. Inowrocław, obok przedmiotów z brązu zawierał siedem żelaznych sierpów, w Łuszkowie, pow. Kościan — siekierkę z tuleją, grot włóczni oraz ułamki żelazne, a w Szczonowie, pow. Jarocin — 11 bransolet, dwa nagolenniki i dwie siekierki (z tulejką). To ostatnie znalezisko zostało opracowane przez A. Witkowskiego, który datował je na młodszą fazę wczesnego okresu żelaza (Hallstatt D)¹⁵.

Kilka siekierok żelaznych zawierał także skarb z Goplana, pow. Aleksandrów.

Interesującym znaleziskiem jest skarb z Biskupina, pow. Żnin, zawierający 4 żelazne siekierki, 4 nagolenniki siodłowate, 2 wędzidła, 2 ułamki noży lub sierpów oraz 2 dule (kęsy) o wydłużonym kształcie, które znaleziono w odległości kilkudziesięciu centymetrów od wymienionych przedmiotów.

Z pozostałych skarbów opisuje J. Kostrzewski znalezisko w Sidłowie, pow. Białogard (trzy siekierki z tuleją), i Brzesku, pow. Pyrzyce (cztery naramienniki, jedna bransoleta, dwie siekierki z tuleją, w tym jedna nie ukończona, oraz jedna siekierka z bocznymi występami).

Z opisanych „skarbow“ do szczegółowych badań metaloznawczych przeznaczono w Muzeum Archeologicznym w Poznaniu jedną bryłę surowca z Przybysławia, pow. Jarocin, siekierkę, dwie bransolety ze Szczonowa, pow. Jarocin, siekierkę, grot włóczni, naszyjnik (ułamek) i fragment blachy z Łuszkowa, pow. Kościan, oraz dwie siekierki z Goplana, pow. Aleksandrów.

Ponadto przeprowadzono nie niszczące badania gammagraficzne, przy użyciu promieniotwórczego izotopu kobaltu Co^{60} , czterech dalszych siekierok z tuleją: jednej (nr 2) ze Szczonowa oraz trzech (nr 3—5) z Goplana.

Ilość zbadanych okazów w stosunku do ogólnej ilości znalezionych

¹⁴ J. Kostrzewski, *Wytwórczość metalurgiczna w Polsce od neolitu do wczesnego okresu żelaznego*, „Przegląd Archeologiczny“, t. 9: 1951—1952 nr 2—3, s. 177.

¹⁵ A. Witkowski, *Halsztacki skarb żelazny z Szczonowa w pow. jarocińskim*, „Przegl. Archeol.“, t. 9: 1950 nr 1, s. 71.

w „skarbach“ wyrobów żelaznych jest więc znaczna, stąd uzyskane wyniki mogą być podstawą do uogólnień.

Do badań wyrobów żelaznych z lużyckich osad obronnych przeznaczono materiały ze Słupcy, pow. Konin, i Biskupina, pow. Żnin. Jest to ilość niewielka, jednak ilość wyrobów żelaznych znalezionych dotychczas w osadach lużyckich jest stosunkowo mała.

Prace wykopaliskowe w Słupcy, pow. Konin, opisane przez T. Malinowskiego¹⁶, prowadzone były w trzech miejscach: stanowisko 1 obejmowało teren grodziska „lużyckiego“, stanowisko 2 — groblę, a stanowisko 3 — osadę, która według tego autora miała być wcześniejsza od grodziska.

T. Malinowski stwierdza, że ludność tych osiedli trudniła się kopieństwem i hodowlą, wysuwając przypuszczenie, że w Słupcy obserwuje się przechodzenie od osadnictwa otwartego (osada) do osadnictwa obronnego (grodzisko). Zarówno osadę, jak i grodzisko datuje T. Malinowski na okres halszacki D.

Ilość przedmiotów żelaznych znalezionych podczas prac wykopaliskowych w Słupcy była niewielka. Na terenie osady (stanowisko 3) znaleziono jedynie w jamie X jeden sierp z zakrzywioną półkolistą głownią, zwężającą się ku jednemu końcowi, posiadający na drugim końcu odgięty kolec. Na terenie grodziska znaleziono ułamek sierpa i noża, owalną bransoletę, kilka ułamków prętów oraz nie określonych fragmentów żelaznych.

Do badań metaloznawczych przeznaczono sierp nr 1 z osady (stanowisko 3) oraz sierp nr 2, nóż, ułamek pręta oraz bransoletę z grodziska (stanowisko 1).

Drugim stanowiskiem kultury lużyckiej, z której wyroby żelazne poddano badaniom metaloznawczym, była osada obronna w Biskupinie, pow. Żnin. Przedmioty żelazne (wraz z brązowymi) pochodzące z tego stanowiska opracował i opublikował B. Kostrzewski¹⁷. W pracy tej omówiono 18 wyrobów żelaznych znalezionych w pierwszym okresie prac (do 1937 r.). Z tego w warstwie III znaleziono tylko jedną siekierkę z tulejką, w warstwie IV — siekierkę z tulejką, szydło, dwie szpile i jeden nie określony ułamek; w warstwie V — sierp, szydło i dwie

¹⁶ T. Malinowski, *Tymczasowy komunikat o wyniku prac wykopaliskowych w Słupcy, pow. Konin*, „Z otchłani wieków“, t. 22: 1953 nr 6, s. 222; tenże, *Osadnictwo kultury lużyckiej wczesnej epoki żelaznej w Słupcy* (w druku).

¹⁷ B. Kostrzewski, *Przedmioty brązowe i żelazne z grodu kultury „lużyckiej“ w Biskupinie*, [w:] *Gród prasłowiański w Biskupinie w pow. żnińskim. Sprawozdania z badań w latach 1936 i 1937 z uwzględnieniem lat 1934—1935*, Poznań 1938, s. 39.

szpile; w warstwie VI — sierp i dwie szpile. Poza układem warstwowym znaleziono trzy sierpy, szydło w kościanej oprawie oraz wędzidło.

Wśród szpil trzy są proste, a trzy zakończone łabędzią szyjką; kształtem nawiązują one do szpil brązowych z V okresu epoki brązu.

W następnej swej pracy B. Kostrzewski¹⁸ omawia dalsze wyroby żelazne pochodzące z grodu kultury łużyckiej w Biskupinie, znalezione w latach 1938—1939 i 1946—1947. Należą do nich szpile (7 szt., w tym 3 proste, 3 z główką spiralnie zwiniętą i jedna z łabędzią szyjką), naszyjniki (2 szt.), bransolety (2 szt.), pierścień, siekierka, dwa sierpy i nóż.

Z wyrobów żelaznych znalezionych w grodzie kultury łużyckiej do badań metaloznawczych przeznaczono cztery sierpy, ułamek noża, szydło, szpilę (ułamek bez główki) i bransoletę.

Wszystkie badane wyroby żelazne były uprzednio poddane konserwowaniu (przez parafinowanie).

4. Wyniki badań

a. Wyroby żelazne pochodzące ze „skarbów“

Zestawienie badanych wyrobów żelaznych pochodzących ze „skarbów“ przedstawiono schematycznie na ryc. 1, natomiast na ryc. 4 podano technologię ich wykonania, ustaloną na podstawie badań metalograficznych. Wyniki analizy ilościowej i jakościowej chemicznej zestawiono w tabl. 1, a wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa — w tabl. 2.

Surowiec znaleziony w Przybysławiu, pow. Jarocin, jest bryłą żelaza dymarkowego zawierającą bardzo duże ilości wtrąceń żużla; wskazuje na to struktura próbki nr 1 (ryc. 21a). Druga próbka wycięta w innym miejscu wykazała wprawdzie nieco mniejsze ilości żużla, jednak pomimo to metal należy uznać za bardzo zanieczyszczony (ryc. 21b). Analiza wykazała w metalu obecność 0,26% fosforu; wiórki pobrane z warstwy metalu bardziej zanieczyszczonej żużlem wykazywały wyższą zawartość tej domieszki (0,48% P), jednak na wynik analizy miał duży wpływ żużel zawierający znaczną ilość pięciotlenku fosforu w postaci związków.

Badania gammagraficzne wykazały, że siekierka (nr 1) ze Szczonowa, pow. Jarocin (nr inw. 1238 : 45), wykonana została z jednego kawałka metalu (ryc. 7). Wykonawca jej z jednego końca wykuwał ostrze, drugi natomiast rozplaszczal, a następnie związał formując tuleję. Próbka wy-

¹⁸ B. Kostrzewski, *Przedmioty brązowe i żelazne z grodu kultury „łużyckiej“ w Biskupinie*, [w:] *III Sprawozdanie z prac wykopaliskowych w grodzie kultury łużyckiej w Biskupinie w powiecie żnińskim za lata 1938—1939 i 1946—1948*, Poznań 1950, s. 95.

cięta z ostrza wykazała w pobliżu krawędzi tnącej daleko posunięte nawęglenie (ryc. 15a); zawartość węgla sięgała do ok. 0,7% C, przy czym struktura była troostyticzna (ryc. 21c). Oddalając się od krawędzi tnącej siekierki obserwujemy spadek zawartości węgla — struktura przechodzi w sorbityczną i perlityczną (ryc. 21d, 22a, b), przy czym pojawiają się coraz większe ilości ferrytu; w końcu występowała struktura czysto ferrytyczna (ryc. 22c).

Tabela 1

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej wyrobów żelaznych pochodzących ze „skarbow“

L. p.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Ciężar okazu G	Analiza ilościowa %				Analiza jakościowa*				
				Si	Mn	P	Ni	As	Ba	Co	Ti	Zn
1	Surowiec	Przybysław pow. Jarocin	1100	0,00	0,00	0,26	0,00	o	o		o	o
2	Siekierka { ostrze tuleja	Szczonów pow. Jarocin	283	0,05	ślady	0,07		+	+	o	o	+
3	Bransoleta nr 1	„	93	0,13	0,00	0,07		+	o	o	o	+
4	Bransoleta nr 2	„	156	0,00	0,00	0,06	0,00	o	o	o	o	+
5	Siekierka { ostrze tuleja	Łuszkowo pow. Kościan	136	0,00	0,00	0,31		+	o		o	+
6	Grot włócznie (ułamek)	„	44	0,00	0,00	0,12	0,00	o	o		o	
7	Naszyjnik (ułamek)	„	25	0,00	0,00	0,09	0,00	+	o	**	o	+
8	Fragment blachy	„	15	0,04	0,00	0,03	0,00	o	o		o	+
9	Siekierka { ostrze nr 1 tuleja	Goplano pow. Aleksandrów	150	0,08	0,00	0,43	0,00	o	o		o	+
10	Siekierka { ostrze nr 2 tuleja	„	139	0,00	0,00	0,06	0,00	o	o		o	+

* — ponadto Fe, C, Si, Mn, P, S, Al, Bi, Sn, Mg, Cu, Ni, Pb i Ca, które występowały we wszystkich próbkach

** — ponadto Sb

W próbce wyciętej z tulei stwierdzono również daleko posunięte nawęglenie; zawartość węgla przy powierzchni sięgała do ok. 0,65% C (ryc. 22d).

Poddana nieniszczącym badaniom gammagraficznym siekierka nr 2 ze Szczonowa (nr inw. 1238 : 44) była wykuta z jednego kawałka metalu

Tabela 2

Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości wyrobów żelaznych pochodzących ze „skarbow“

L. p.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość Hm kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²		
1	Surowiec: 1. próbka nr 1 2. próbka nr 2	Przybysław pow. Jarocin	feryt	3	128	89,6		
			feryt	5	89,5			
2	Siekierka: 1. ostrze	Szczonów pow. Jarocin	troostyt		454	187		
			perlit	7	232			
			feryt	8	166			
			feryt	6	174			
	2. tuleja		feryt	6	170	149,7		
			perlit	4	232	113,1		
		feryt	*	152				
3	Bransoleta nr 1	"	perlit	5	158	101,7		
			feryt	8				
			feryt	5			144	
4	Bransoleta nr 2	"	perlit	6	254	135,5		
			feryt	8	131			
5	Siekierka: 1. ostrze	Łuszkowo pow. Kościan	troostyt		386	191		
			sorbit	6	262			
			feryt	5	188		151,4	
	2. tuleja		feryt	7	145	98		
6	Grot włóczni	"	perlit	8	317	233		
			feryt	8	219			
			feryt	6	188		168	
7	Naszyjnik	"	perlit	4	254	154		
			feryt	7	192			
			feryt	5	199			
8	Fragment blachy	"	perlit	6	230	156		
			feryt	7	176			
9	Siekierka nr 1: 1. ostrze	Gopiano pow. Aleksandrów	sorbit	6	204	197		
			feryt	5			262	
			feryt	2			274	
			perlit	8			188	173
			feryt	5				
				2. tuleja				perlit
		feryt	5	181				

Tabela 2 (c.d.)

L. p.	Nazwa przedmiotu	Stanowisko	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość Hm kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
10	Siekierka nr 2: 1. ostrze	Goplano pow. Aleksan- drów	sorbit	7	325	} 228
			ferryt	7	136	
			perlit	7	216	} 187
			ferryt	7	134	
	2. tuleja		perlit	*		} 110,3
			ferryt	7	137	

* — na granicach ziarn

w identyczny sposób jak siekierka nr 1 z tegoż stanowiska (ryc. 8). Dokładniejszych badań metaloznawczych nie prowadzono, unikając uszkodzenia okazu, i dlatego dokładniejsza ocena technologii nie była możliwa.

Bransoleta nr 1 ze Szczonowa wykazała strukturę świadczącą o bardzo nierównomiernym nawęgleniu metalu (ryc. 16a). Nawęglenie to nastąpiło podczas wytapiania metalu w piecu dymarkowym. W pobliżu powierzchni pierścienia zawartość węgla sięgała do 0,8% C; struktura perlityczna, przy czym perlit był częściowo skoagulowany (ryc. 23a). W części środkowej obserwowano wtrącenie tlenkowe, naokoło którego nastąpiło daleko sięgające odwęglenie i zawartość węgla obniżała się do 0,15% C (ryc. 23b). Wtrącenie to znalazło się przypuszczalnie w metalu w wyniku wykuwania bransolety z bryły surowca; jest to więc raczej zgorzelina (zendra).

Z metalu o bardzo nierównomiernym nawęglaniu wykonana została także bransoleta nr 2 ze Szczonowa (ryc. 16b). Obok metalu silniej nawęglonego, w którym zawartość węgla dochodziła do 0,8% C (ryc. 23c), obserwowano miejsca słabiej nawęglone o zawartości węgla ok. 0,1% C (ryc. 23d). M. in. silne nawęglenie wystąpiło obok dużego wtrącenia żuźla (nie stopiona ruda?). Wtrącenie to pochodzi z procesu wytapiania metalu i jest prawdopodobnie resztką nie zredukowanej rudy; na granicy z metalem widoczna jest przy większym powiększeniu warstwa, w której nastąpiło częściowe stopienie rudy oraz redukcja tlenku żelaza (ryc. 24a).

Siekierka z Łuszkowa, pow. Kościan, odkuta została w całości z jednego kawałka; zmiana grubości ostrza i tulei następuje w sposób bardziej łagodny i równomierny (ryc. 9) aniżeli w obu siekierkach ze Szczonowa. Do wyrobu siekierki z Łuszkowa użyto żelaza o podwyższonej zawartości fosforu. Posiadała ona ostrze bardziej nawęglane (ryc. 15b), wy-

kazując zbliżoną nieco strukturę do opisanej siekierki (nr 1) ze Szczonowa, jednakże ta ostatnia wykonana była z metalu o niskiej zawartości fosforu. W pobliżu krawędzi tnącej ostrza wystąpiła struktura troostyticzna (ryc. 24b, c), dalej od krawędzi pojawia się — obok sorbitu — w coraz większych ilościach ferryt (ryc. 24d). Natomiast tuleja siekierki nie wykazała nawęglenia; próbka wycięta z tulei posiadała drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu na granicach ziarn (ryc. 25a).

Grot włócznie z Łuszkowa odkuty był również z metalu o nierównomiernej strukturze, spowodowanej różnicami w zawartości węgla (ryc. 17). Najwyższa zawartość tego składnika (do 0,8% C) występowała w środkowej części liścia grota, gdzie obserwowano perlit sorbityczny (ryc. 25b); w pozostałych częściach, głównie w pobliżu obu ostrzy, zawartość węgla stopniowo obniżała się o 0,1% C (ryc. 25c). Struktura grota była bardzo drobnoziarnista, zwłaszcza w części o podwyższonej zawartości węgla.

Fragment naszyjnika z Łuszkowa wykonany był z żelaza o niskiej zawartości fosforu; przy jednej jego powierzchni zaobserwowano nawęglenie (do ok. 0,5% C) (ryc. 25d). Pochodzenie tego nawęglenia trudno ustalić; prawdopodobnie nastąpiło raczej podczas procesu wytapiania metalu w dymarce.

Ułamek blachy (?) z Łuszkowa wykuty z żelaza (o bardzo niskiej zawartości fosforu) wykazał z jednej strony nawęglenie, przy czym zawartość węgla sięgała przy powierzchni do 0,6% C, obniżając się do 0,25% C przy drugiej powierzchni (ryc. 26a). Obróbki cieplnej nie stosowano.

Siekierka nr 1 z Goplana, pow. Aleksandrów, wykuta została z jednego kawałka metalu w sposób zbliżony do siekierki nr 1 ze Szczonowa (ryc. 10). W pobliżu krawędzi tnącej ostrza siekierki z Goplana obserwowano także większe nawęglenie; struktura jednak różniła się od obu opisanych poprzednio siekierok ze Szczonowa i Łuszkowa. W próbce wyciętej z ostrza obserwowano części silniej nawęglone, ułożone w postaci pasm (ryc. 18a). Tego rodzaju nierównomierne rozłożenie węgla jest trudne do wyjaśnienia, przypuszczalnie związane jest ono z dużą zawartością fosforu w metalu oraz segregacją tej domieszki. Podobnie nierównomierną (jakkolwiek w mniejszym stopniu) strukturę obserwowano w poprzednio opisanej siekierce z Łuszkowa, wykonanej także z metalu o podwyższonej zawartości fosforu.

W pobliżu krawędzi tnącej występowały nierównomiernie wytrawiające się warstwy sorbitu i ferrytu (ryc. 26b, c), przy czym ze wzrostem odległości od krawędzi tnącej ilość ferrytu wzrastała (ryc. 26d). W pasmach nie nawęglonych, nie ulegających wytrawieniu (ryc. 18a), obserwowano grube ziarna ferrytu, gdy natomiast w części nawęglonej obok

ferrytu o drobnym ziarnie wystąpiły nieznaczne ilości perlitu na granicach ziarn (ryc. 27a). Podobna struktura występowała w próbce wyciętej z tulei (ryc. 27b); strukturę tę przy większym powiększeniu przedstawiono na ryc. 27c.

Siekierka nr 2 z Goplana, jak wykazały badania gammagraficzne (ryc. 11), wykazała nieco odmienny sposób wykonania od poprzedniej i, jak okazało się dalej, metal użyty do jej wyrobu był innego pochodzenia. Sposób kształtowania surowca był podobny nieco do zastosowanego przy wyrobie opisaną już siekierki z Łuszkowa, kształt jednak obu tych narzędzi (zwłaszcza ostrze) był inny.

Wykuwając oprawioną siekierkę nr 2 z Goplana kowal jedną część surowca rozplaszcział, drugą pozostawiał grubszą. W tej ostatniej części metal był bardziej nawęglony; nawęglenie to nastąpiło prawdopodobnie już podczas wytapiania metalu w dymarce, jakkolwiek nie jest całkowicie wykluczona możliwość świadomie przeprowadzonego nawęglenia grubszej części półfabrykatu. Następnie kowal związał rozplaszczoną część surowca, kształtując tuleję. Najwyższą zawartość węgla obserwowano w pobliżu krawędzi tnącej oraz w środku ostrza (ryc. 18b); wystąpiły tam także jak gdyby ślady zgrzewania, nie sięgające jednak samej krawędzi tnącej. W pobliżu krawędzi tnącej wystąpił drobnoziarnisty sorbit i ferryt (ryc. 27d); dalej od tej krawędzi struktura zmieniała się (ryc. 28a). W środku ostrza, gdzie obserwowano najsilniejsze nawęglenie, wystąpił perlit o dość grubych ziarnach oraz ferryt (ryc. 28b). W częściach słabiej nawęglonych struktura była podobna do zaobserwowanej w siekierce nr 1, podanej na ryc. 26d.

Próbka wycięta z tulei wykazała drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu na granicach ziarn; w metalu występowały drobne, lecz bardzo liczne wtrącenia żuźla (ryc. 28c, d).

Ponadto nie niszczącym badaniom gammagraficznym poddano trzy dalsze siekierki z tuleją, pochodzące ze „skarbu“ znalezionej w Gopłanie. Siekierka nr 3 (nr inw. 1954 : 658) wykuta była w sposób nieomal identyczny (ryc. 12) jak obie siekierki ze Szczonowa. Podobnie wykonano siekierkę nr 4 (nr inw. 1954 : 660), jedynie górna część ostrza (wewnątrz tulei) była nieco inaczej ukształtowana niż u pozostałych siekierok, posiadała bowiem występ widoczny na ryc. 13.

Siekierka nr 5 z Goplana wykazała inną jeszcze technologię, nie występującą w dotychczas opisanych okazach. Posiadała ona oddzielnie wykute ostrze, które wciśnięto w tuleję (ryc. 14).

b) Wyroby żelazne z osady obronnej w Słupcy, pow. Konin

Zestawienie badanych wyrobów żelaznych pochodzących z osady i grodziska w Słupcy, pow. Konin, przedstawiono schematycznie na ryc.

2, natomiast na ryc. 5 podano technologię ich wykonania na podstawie obserwacji metalograficznych. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej zestawiono w tabl. 3, a wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa w tab. 4.

Sierp nr 1 z osady w Słupcy, pow. Konin, wykonany był z żelaza o niskiej zawartości fosforu i wykazywał drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną (ryc. 29a). W pobliżu ostrza obserwowano ślady perlitu na granicach ziarn. Nawęglenie to nastąpiło najprawdopodobniej podczas wytapiania metalu.

Tabela 3

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej wyrobów żelaznych z osady i grodziska w Słupcy, pow. Konin

L. p.	Nazwa przedmiotu	Lokalizacja	Ciężar okazu G	Analiza ilościowa %				Analiza jakościowa *						
				Si	Mn	P	Ni	As	Ba	Sb	Ti	W	V	Zn
11	Sierp nr 1 (ułamek)	Stanowisko 3; pn.-zach część jamy X; głęb. 6,87 cm	14	0,12	0,00	0,10		+	+		o	+	+	+
12	Sierp nr 2 (ułamek)	Stanowisko 1; nr 110, ćw. B; głęb. 38 cm	7	0,32	0,00	0,12		o	+		o		o	+
13	Nóż (ułamek)	Stanowisko 1; ar 68, ćw. A; głęb. 169 cm	4,5	0,00	ślady	0,09		o	o		o			+
14	Pręt (ułamek)	Stanowisko 1; ar 110, ćw. A; głęb. 43 cm	4	0,00	0,00	0,10	0,00	o	+		o			+
15	Bransoleta	Stanowisko 1; ar 158, ćw. A; warstwa III	198	0,00	0,00	0,06	0,00	o	o		o			o

* — ponadto Fe, C, Si, Mn, P, S, Al, Bi, Sn, Mg, Cu, Ni, Pb i Ca, które występowały we wszystkich próbkach

Sierp nr 2 odkuty był z żelaza o podobnie niskiej zawartości fosforu. Stwierdzono nierównomierne nawęglenie metalu; zawartość węgla przy jednej powierzchni dochodziła do ok. 0,7% C (ryc. 29b). Przy wyrobie sierpa nie stosowano obróbki cieplnej.

Nieco bardziej skomplikowana była technologia wykonania noża. Zo-

Tabela 4

Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości wyrobów żelaznych z osady i gredziska w Słupcy, pow. Konin

L. p.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikro-twardość Hm kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
11	Sierp nr 1 (ułamek)	perlit ferryt	* 7	188	168
11	Sierp nr 2 (ułamek)	perlit ferryt	4 *	232 183	
13	Nóż (ułamek)	troostyt** troostyt perlit*** ferryt perlit*** mratenzyt	7 8 8	460 358 283 170 257 514	348 170
14	Pręt (ułamek)	perlit	8	280	193
15	Bransoleta	perlit ferryt* cementyt*	3 5	314 152	187

* — na granicach ziarn

** — składniki struktury (oraz wyniki pomiarów) podano kolejno rozpoczynając od występujących w pobliżu krawędzi tnącej do części grzbietowej noża

*** — sorbityczny

stał on odkuty z żelaza o niskiej zawartości fosforu; w ostrzu i części grzbietowej zaobserwowano daleko sięgające nawęglenie (ryc. 19a). Ponieważ wydaje się mało prawdopodobne, aby nawęglenie takie można było uzyskać przez wygrzewanie nożyka w atmosferze nawęglającej (węgiel drzewny, zwęglone części rogów, kopyt, skóry zwierzęcej itp.), stąd prawdopodobnie narzędzie wykuto z metalu o bardzo nierównomiernym nawęgleniu; możliwe, że wykonawca potrafił rozróżnić właściwości metalu i z twardszej (bardziej nawęglonej) części surowca ukształtował ostrze.

Tuż przy samej krawędzi tnącej noża obserwowano niezbyt głęboko sięgające odwęglenie; nastąpiło ono prawdopodobnie podczas nagrzewania noża w ognisku kowalskim przed hartowaniem. W nawęglonej części ostrza i grzbietu wystąpiła struktura troostyticzno-sorbityczna (ryc.

29c, d); w tej ostatniej warstwie obserwowano ponadto niewielkie ilości martenzytu. W części nienawęglonej obserwowano bardzo drobnoziarnisty ferryt (ryc. 30a).

Pręt (ułamek) wykazał drobnoziarnistą strukturę stali półtwardej z perlitem częściowo skoagulowanym (ryc. 30b). Struktura ta wskazuje, że pręt musiał być poddany celowo (lub przypadkowo) obróbce cieplnej (tzw. wyżarzanie zmiękczające). Podobnie jak wszystkie opisane poprzednio przedmioty pręt wykonany był z metalu o wysokiej jakości; wskazuje na to bardzo niska zawartość fosforu.

Bransoleta odkuta była z twardej, nierównomiernie nawęglonej stali (zawierającej ok. 0,9% C), o bardzo niskiej zawartości fosforu (ryc. 20a). W strukturze obserwowano perlit sorbityczny (?) oraz nieznaczne ilości cementytu nadeutektoidalnego (ryc. 30c, d), w pobliżu części odwęglonej obok perlitu sorbitycznego (?) i perlitu pasemkowy (ryc. 31a). Możliwe, że mamy tu do czynienia z różną orientacją cementytu eutektoidalnego w sąsiadujących ziarnach perlitu. Podobnej struktury nie zaobserwowano w dotychczasowych badaniach.

Poza tym w próbce obserwowano wtrącenie tlenkowe, wokół którego widoczne było daleko posunięte odwęglenie (do zawartości ok. 0,20% C; ryc. 31b); podobne odwęglenie występowało w opisanej poprzednio bransolecie nr 1 ze Szczonowa.

c) Wyroby żelazne z osady w Biskupinie, pow. Żnin

Tabela 5

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej z osady łuzyckiej w Biskupinie, pow. Żnin

L. p.	Nazwa przedmiotu	Numer inwent.	Ciężar okazu G	Analiza ilościowa %				Analiza jakościowa *				
				Si	Mn	P	Ni	As	Ba	Cr	Ti	Zn
16	Sierp nr 1 (ułamek)	bez numeru	11	0,00	0,00	0,22	0,00	+	+		o	+
17	(Sierp nr 2 (ułamek)	„ „	5,5	0,00	0,00	0,35		o	o		o	o
18	Sierp nr 3 (ułamek)	„ „	17	0,00	0,00	0,21		o	+		+	+
19	Sierp nr 4 (ułamek)	„ „	18	0,00	0,00	0,05		+	o		o	o
20	Nóż (ułamek)	727/36	8	0,00	0,00	0,10	0,00	+	o		o	+
21	Szydło	bez numeru	4,5	0,00	0,00	0,21	0,00	+	o		o	o
22	Szpila	213/36	3,0			0,14		+	+		o	o
23	Bransoleta	1180/38	32	0,00	0,00	0,05	0,00	+	o	?	o	+

* — ponadto Fe, C, Si, Mn, P, S, Al, Bi, Sn, Mg, Cu, Ni, Pb i Ca, które występowały we wszystkich próbkach.

Zestawienie badanych wyrobów żelaznych z osady łużyckiej w Biskupinie przedstawiono schematycznie na ryc. 3, natomiast na ryc. 6 podano technologię ich wykonania na podstawie badań metalograficznych. Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej zestawiono w tab. 5, a wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości Vickersa w tab. 6.

Sierp nr 1 odkuty był z żelaza o nieco wyższej zawartości fosforu; struktura była czysto ferrytyczna, o raczej drobnym ziarnie (ryc. 31c).

Podobną strukturę obserwowano w próbce wyciętej z sierpa nr 2, który odkuty został z metalu o podobnym składzie chemicznym (ryc. 31d).

Tabela 6

Wyniki obserwacji metalograficznych oraz pomiarów mikrotwardości i twardości wyrobów żelaznych z osady łużyckiej w Biskupinie, pow. Żnin

L. p.	Nazwa przedmiotu	Składniki struktury	Klasa wielkości ziarna	Mikrotwardość Hm kG/mm ²	Twardość Vickersa kG/mm ²
16	Sierp nr 1	feryt	5	168	187
		feryt	5	192	
17	Sierp nr 2	feryt	4	204	160
18	Sierp nr 3	perlit	8	274	149,7
		feryt	8	213	
		feryt	5	199	
19	Sierp nr 4	perlit	8		191
		feryt	8	223	
		feryt	5	204	
20	Ułamek noża	feryt	7	176	160
		feryt	8	183	
		feryt	5	156	
21	Szydło	feryt	4	191	185
		feryt	6	216	
22	Szpila	perlit	7	249	145,5
		feryt	8	188	
23	Bransoleta	perlit	6	317	236

Nieco odmienna była struktura sierpa nr 3, która składała się z drobnoziarnistego ferrytu z niewielkimi ilościami perlitu na granicach ziarn (ryc. 32a, b); była to więc jak gdyby bardzo miękka stal, przy czym trudno stwierdzić, czy uzyskano ją bezpośrednio w piecu hutniczym,

czy też przez nawęglanie żelaza w stanie stałym; wydaje się, że pierwsza ewentualność jest bardziej prawdopodobna.

Wyjątkowo interesującą technologię wykazał sierp nr 4, który — jak podaje B. Kostrzewski¹⁹ — miał być używany wtórnie jako nóż. Sierp ten zgrzano z kilku prętów żelaza i bardzo miękkiej stali (ryc. 19b). Strukturę w strefie zgrzewania w pobliżu ostrza przedstawiono na ryc. 32c, a w pobliżu części grzbietowej — na ryc. 32d. Zawartość węgla w stali można określić na ok. 0,2% (ryc. 33a). W sierpnie wystąpiły wtrącenia żużla o nieco innej strukturze aniżeli w innych badanych okazach (ryc. 33b).

Ciekawą technologię wykazał także nóż; odkuty został z żelaza o niskiej zawartości fosforu; wzdłuż jednej powierzchni obserwowano bardzo drobne ziarna (ryc. 19c), przy czym na granicach występowały ślady perlitu (ryc. 33c, d). Na uwagę zasługuje nieco odmienna od zwykle spotykanej struktura wtrąceń żużla (ryc. 34a, b).

Szydło odkute było z żelaza o raczej drobnym ziarnie (ryc. 34c). Zawartość fosforu podobna była jak w metalu, z którego wykonano sierpy nr 1—3.

Do wyrobu szpili zastosowano stal półtwardą (zawierającą ok. 0,4% C), o niezbyt wysokiej zawartości fosforu. Struktura była perlityczno-ferrytyczna o bardzo drobnym ziarnie (ryc. 34d).

Bransoleta została wykonana z twardej stali, zawierającej ok. 0,80% C o niezbyt równomiernym nawęglaniu (ryc. 20b); zawartość fosforu w metalu była bardzo niska. Podobnie jak we wszystkich poprzednio opisanych bransoletach znaleziono także wtrącenie tlenkowe, jednakże w jego sąsiedztwie nie nastąpiło odwęglanie, lecz raczej silniejsze nieco nawęglanie (ryc. 35), podobnie jak w badanej bransolecie nr 2 ze Szczonowa, pow. Jarocin.

5. Opracowanie wyników

Przeprowadzone badania przedmiotów żelaznych ze „skarbów“ i osad lużyckich Wielkopolski wykazały dużą różnorodność materiału użytego do ich wyrobu, począwszy od miękkiego żelaza, poprzez metal o różnym, niejednorodnym zazwyczaj nawęglaniu, do twardej stali. Szczególną trudność sprawiało stwierdzenie, czy narzędzia te były poddane celowo nawęglaniu, czy też proces ten nastąpił podczas wytopu metalu w dymarce, niezależnie od woli hutnika.

Dotyczy to przede wszystkim siekierok z tuleją. Wszystkie cztery dokładnie zbadane okazy ze Szczonowa, Łuszkowa i Goplana posiadają

¹⁹ Kostrzewski, *Przedmioty brązowe i żelazne...*, [w:] *Gród prastowiański w Biskupinie...*, s. 45.

najsilniej nawęgloną krawędź tnącą, co przemawiałoby za celowo przeprowadzonym zabiegiem nawęglania, np. po wykuciu siekierki (lub jej ostrza). Przeciw temu przypuszczeniu, na pozór nie ulegającemu wątpliwości, przemawia jednak rozkład koncentracji węgla w ostrzach siekierek.

Gdyby ostrze siekierki po wykuciu poddane było nawęglaniu, wtedy najwyższa zawartość węgla wystąpiłaby przy obu nawęglanych powierzchniach, a następnie dość szybko obniżałaby się w kierunku prostopadłym do tych powierzchni²⁰. Wprawdzie długotrwałe wyżarzanie mogłoby doprowadzić do bardziej równomiernego rozłożenia węgla (tj. obniżenia gradientu koncentracji), jednak kierunek spadku zawartości węgla nie uległby przy tym zmianie. Tymczasem we wszystkich siekierkach, jeśli obserwujemy zmianę koncentracji węgla, to kierunek jej jest inny, a mianowicie maleje ona w przybliżeniu wzdłuż osi głównej ostrza (sieczna kąta ostrza) w kierunku tulei (ryc. 15a, b; 18a). Ponadto zmiany koncentracji węgla następują powoli.

Podobne zjawisko obserwujemy w nożu ze Słupcy, gdzie najwyższa zawartość węgla występuje w ostrzu (i grzbiecie), jednak rozkład koncentracji i tu nie wskazuje na stosowanie celowo przeprowadzonego nawęglania.

Wydaje się, że w chwili obecnej można przedstawić tylko jedną hipotezę, pozwalającą wyjaśnić opisane obserwacje. Wykonawca siekierek dysponował metalem o nierównomiernym nawęglaniu, które znał lub potrafił rozpoznać w bryle surowca; wykonując siekierkę, z części twardszej (bardziej nawęglonej) formował ostrze.

Przemawia za tym fakt, że w okresie halsztackim dość często (por. dalej) uzyskiwano metal o nierównomiernym nawęglaniu oraz że stosowano obróbkę cieplną. Ten ostatni zabieg wskazuje, że wykonawca siekierki znał dobrze używany przez siebie surowiec i wiedział, że daje się on dodatkowo utwardzić przez obróbkę cieplną. Natomiast przy wytopie metalu nie panował on nad procesem nawęglania żelaza, a także nie mógł zbyt dokładnie ocenić stopnia nawęglania. Dlatego ostrza siekierek wykazują czasem dość słabe nawęglanie (siekierka nr 1 z Goplana).

Z przypuszczenia tego wynika, że hutnik wytapiający metal był równocześnie wykonawcą narzędzi i przedmiotów użytkowych (kowalem), co zresztą wydaje się zrozumiałe w odniesieniu do okresu halsztackiego.

²⁰ Jako typowe przykłady przeprowadzonego celowo nawęglania można podać półkosek z Wyciąży, pow. Kraków (II—I w. p. n. e.) oraz sierp z Igołomi, pow. Proszowice (II—IV w. n. e.). Por. J. Piaskowski, *Metaloznawcze badania zabytków archeologicznych z Wyciąży, Igołomi, Jadownik Mokrych i Piekara*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 2: 1958, s. 7.

Reasumując wydaje się, że wszystkie cztery dokładnie zbadane siekierki z tuleją ze Szczonowa, Łuszkowa i Goplana oraz nóż ze Słupcy wykonane były z żelaza o bardzo nierównomiernym nawęgleniu, przy czym wykonawca tych narzędzi potrafił wykorzystać część bardziej nawęgloną, kształtując z niej część pracującą narzędzia (ostrze). Następnie dla podwyższenia twardości metalu zastosował obróbkę cieplną.

Z metalu o bardzo nierównomiernym nawęgleniu wykonany był niewątpliwie grot włóczni z Łuszkowa oraz bransolety ze Szczonowa (oba okazy), Słupcy i Biskupina. Prawdopodobnie z podobnego metalu wykonano także naszyjnik oraz ułamek blachy (?) z Łuszkowa oraz sierp nr 2 ze Słupcy. W przypadku obu ostatnich okazów jest także możliwe, że były one wykonane z żelaza, a następnie nawęglane.

Ogółem więc spośród 23 zbadanych przedmiotów żelaznych ze „skarbów“ i osad łużyckich 13 okazów wykonano z żelaza lub stali o nierównomiernym nawęgleniu.

Wydaje się, że omawiane wyroby pochodzą nie z jednego, lecz z kilku ośrodków starożytnego hutnictwa. Wskazuje na to różna zawartość fosforu. Siekierka z Łuszkowa i siekierka nr 1 z Goplana wykonane były z metalu o wysokiej zawartości fosforu (0,31 i 0,43% P), wytopionego z rudy zawierającej znaczną ilość tej domieszki (rudy bagienne), gdy w pozostałych przedmiotach zawartość fosforu nie przekracza 0,12% P. Metal ten uzyskano prawdopodobnie z rudy niskofosforowej, np. hematytowej. Wyroby z żelaza (lub stali) o nierównomiernym nawęgleniu były niewątpliwie importowane spoza terenów zamieszkałych przez ludność kultury łużyckiej. Okazy te znajdujemy w „skarbach“, gdzie chowano wyroby cenniejsze, a więc głównie sprowadzone z dalszych okolic.

Na uwagę zasługuje fakt, że znalezione razem siekierki nr 1 i 2 z Goplana wykonane zostały z metalu o różnym pochodzeniu: jedna z nich (nr 1) z żelaza o wysokiej zawartości fosforu, druga (nr 2) z metalu zawierającego niewielkie ilości tej domieszki. Można stąd wnosić, że właściciel ich, który je ukrył, nie był kupcem przywożącym wyroby żelazne z pewnego ośrodka hutniczego, lecz handlarzem (być może zamieszkałym na miejscu) skupującym wyroby z różnych stron.

Brak materiałów porównawczych wskutek nieznaczej ilości zbadanych dotychczas okazów nie pozwala określić w chwili obecnej pochodzenia omawianych przedmiotów wykonanych z metalu o nierównomiernym nawęgleniu. Produkujący je ośrodek mógł znajdować się na zachodzie Europy; w kęsie z Rheinhausen (Amt Bruchsel) zbadanym przez H. Hanemanna²¹ obserwowano także nierównomierne nawęglenie

²¹ H. Hanemann, *Untersuchung eines eisernen Spitzbarrens aus der vorrömischen Zeit*, „Praehistorische Zeitschrift“, t. 21: 1930, s. 271.

metal. Jest jednak możliwe, że podobny metal produkowany był w wielu ośrodkach, gdyż nawęglenie zaobserwowali także C. Panseri, C. Carino i M. Leoni²² w mieczu z Vetulonii (VII w. p. n. e.), a C. J. Livadefs w klamrach z ateńskiego Partenonu²³.

Dwa dalsze zbadane przedmioty wykonane były ze stali: ułamek pręta z Łuszkowa i szpila z Biskupina. Trudno jest określić pochodzenie tych okazów; jest możliwe, że pochodzą one także z ośrodków produkujących wyroby poprzednio opisanej grupy.

Różną od wszystkich innych zbadanych okazów technologię przedstawia sierp nr 4 z Biskupina, który prawdopodobnie wykonano skracając i zgrzewając razem pręt z żelaza i z bardzo miękkiej stali. Sierp ten pochodził, jak się wydaje, z innego ośrodka produkcyjnego niż pozostałe wyroby ze „skarbów“ i osad łużyckich.

Odrębną grupę stanowią przedmioty żelazne pochodzące z osad w Słupcy i Biskupinie: sierp nr 1 ze Słupcy oraz sierpy nr 1—3, nóż i szydło z Biskupina. Wykonano je z miękkiego żelaza dymarkowego zawierającego 0,10—0,31% P, nie stosując zabiegów pozwalających na utwardzenie metalu (ewentualnie z wyjątkiem noża z Biskupina, który był prawdopodobnie utwardzany przez zgmiot na zimno). Metal taki można było uzyskać z rud darniowych często występujących w Wielkopolsce. Ten sam typ metalu, który także mógł być wyrobem miejscowym, przedstawia bryła surowca z Przysławia, za czym wypowiadali się archeologowie, a przede wszystkim J. Kostrzewski²⁴. Należy dodać, że w innej pracy autora stwierdzono, że na ziemiach Wielkopolski w okresie wpływów rzymskich wyroby z żelaza dymarkowego (nieutwardzonego) były dziełem miejscowych hutników²⁵.

Opisane wyniki badań nie uprawniają do ogólnych sformułowań dotyczących technologii żelaza na ziemiach Polski i stanowią jedynie fragment wspomnianych na wstępie prac. Ogólne opracowanie wyników badań przy uwzględnieniu przedmiotów żelaznych z innych ziem Polski będzie tematem oddzielnej pracy przygotowywanej przez autora wspólnie z mgr T. Różycką.

²² C. Panseri, C. Carino i M. Leoni, *op. cit.*, s. 19.

²³ C. J. Livadefs, *Structural iron of the Parthenon*, „Journal of the Iron and Steel Institute“, t. 182: 1956 nr 1, s. 49.

²⁴ Kostrzewski, *Wytwórczość metalurgiczna w Polsce...*, s. 199.

²⁵ J. Piaskowski, *Technologia i pochodzenie wyrobów żelaznych z cmentarzysk ciepłalnych Wielkopolski z okresu wpływów rzymskich na podstawie badań metaloznawczych*, [w:] *Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa*, t. 4 (w druku).

JERZY PIASKOWSKI

METALLOGRAPHICAL EXAMINATIONS OF IRON OBJECTS FROM LUSITANIAN "TREASURE" TROVERS AND SETTLEMENTS OF GREAT POLAND (WIELKOPOLSKA)

Various iron objects, 23 in number, of the Hallstatt Period found in Poland were examined. They included: a) objects from treasure trovers, i. e. a clump of wrought iron from Przybysław, district Jarocin, a hatchet and two bracelets from Szczonów, district Jarocin, a hatchet and two bracelets from Szczonów, district Jarocin, a hatchet, a spear-head, a pail hoop, and a piece of iron sheet from Łuszków, district Kościan, and two hatchets from Goplano, district Aleksandrów; b) objects from the Lusitanian settlement at Słupca, district Konin, i. e. two sickles, a knife, a rod, and two bracelets; c) objects from the Lusitanian settlement at Biskupin, district Żnin, i. e. four sickles, a knife, an awl, a pin, and a bracelet.

Quantitative and qualitative analyses, the metallographical examinations included grain size determinations, microhardness measurements, and the Vickers hardness tests were made. The hatchets were investigated with gamma-radiation of cobalt isotope Co^{60} .

All the iron objects from treasure trovers, are made of irregularly carburised metal. The phosphorus content in this metal is very low (less than 0,15 per cent P); only two hatchets contain higher phosphorus content. The bracelets from the settlements at Słupca and Biskupin, as well as the knife and sickle from Słupca are made of irregularly carburised metal too.

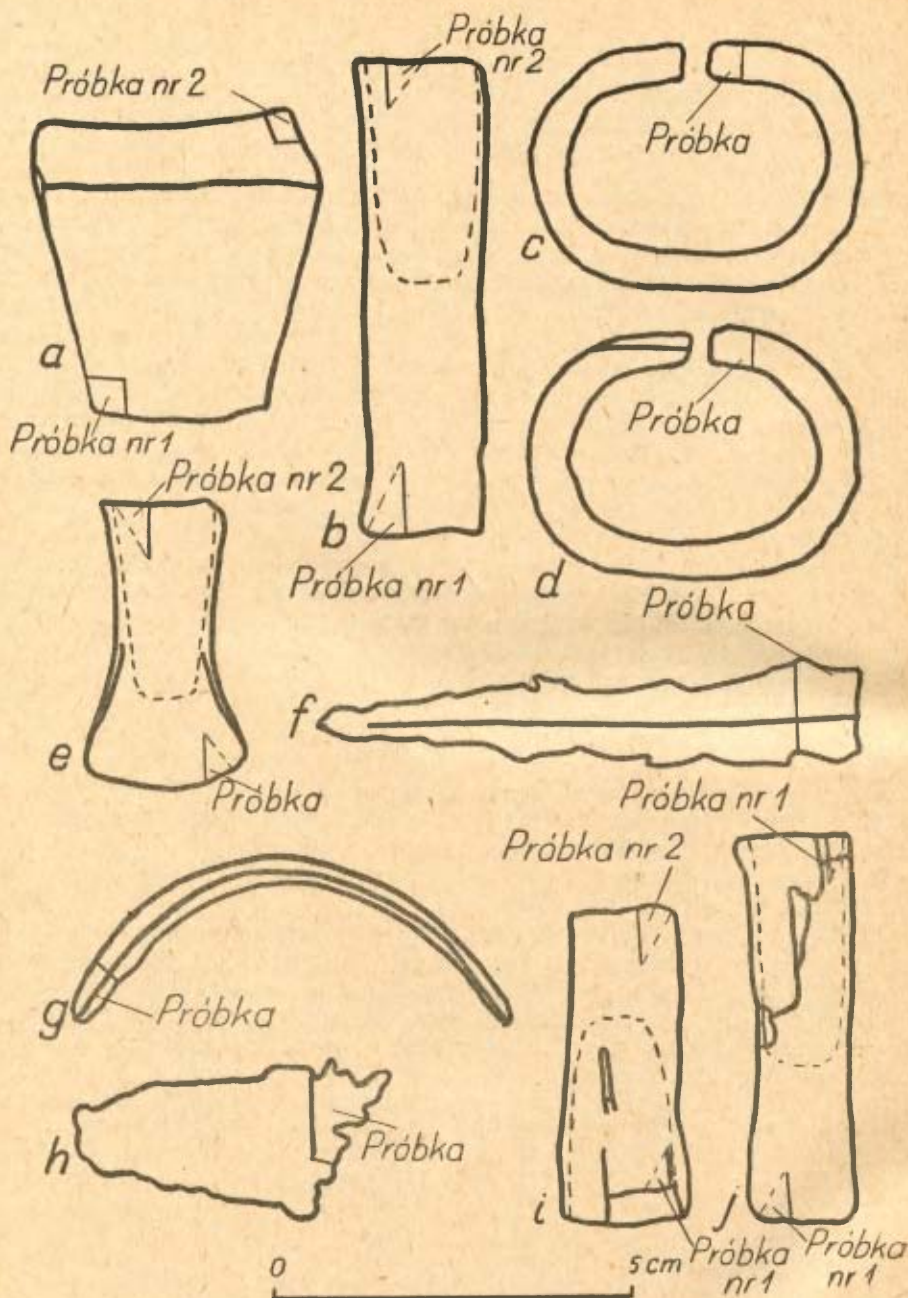
It seems that by producing all hatchets and the knife from Słupca the artisan formed the edges of these tools consciously applying the more carburised parts of the bloom. All the hatchets and the knife from Słupca were heat-treated (local quenching with tempering or simple quenching).

The rod from Słupca and the pin from Biskupin were made of regularly carburised steel. In the rod the globular cementite is observed.

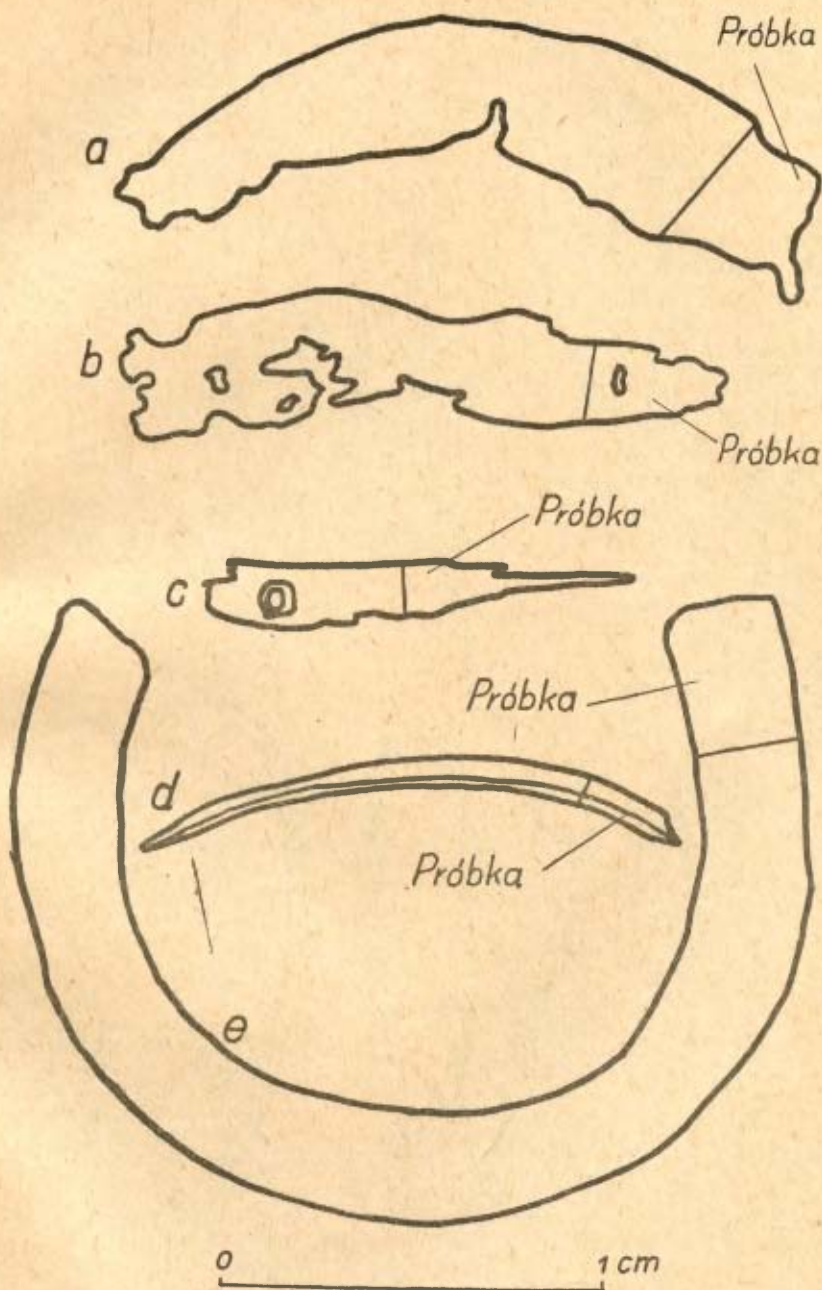
One of the sickles from Biskupin was made probably of iron and mild steel rods, welded together.

The other tools from Lusitanian settlements (one sickle from Słupca, three sickles, knife and awl from Biskupin) were made of soft iron, containing more phosphorus (0,10—0,31% P); such metal was smelted from bog-ores. The bog-ores are very common in the territory of Great Poland (Wielkopolska). It is possible that these tools are of local origin. The same kind of metal represents the clump of wrought iron from Przybysław.

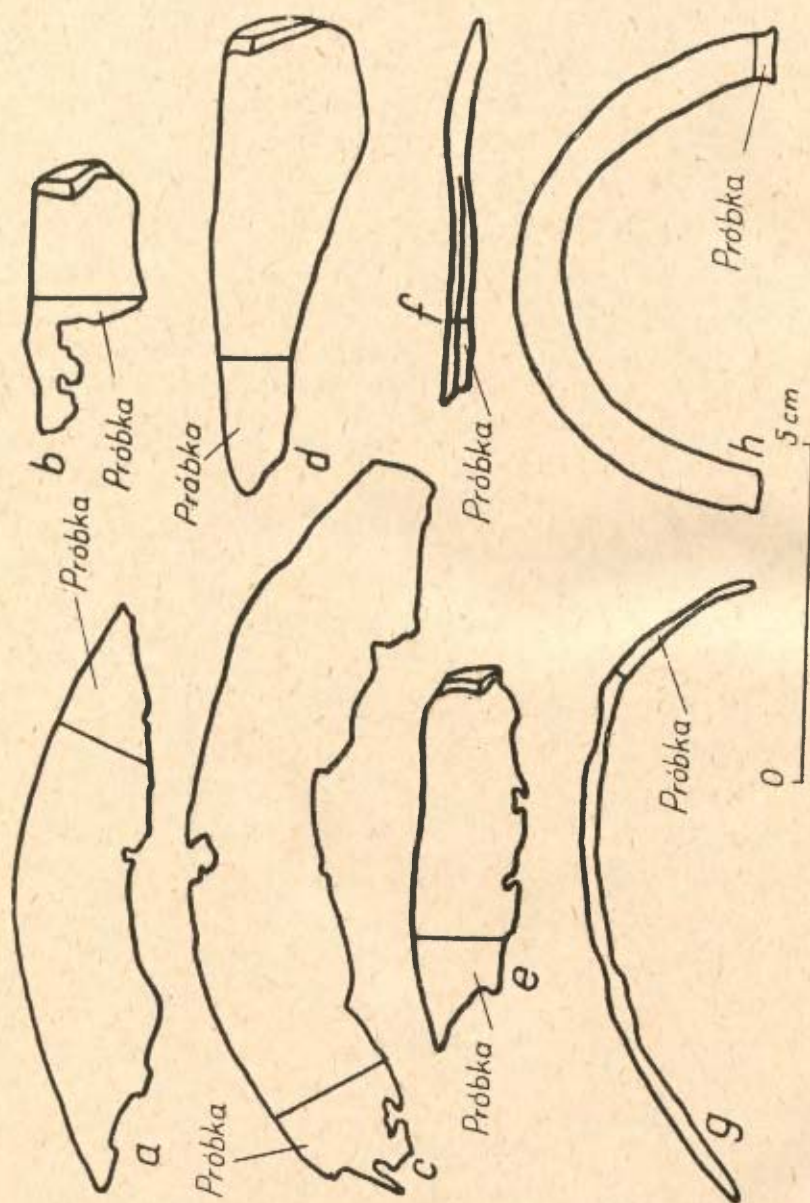
The results seem to confirm the supposition that the beginning of iron smelting and forging on Polish territories dates back to the Hallstatt Period.



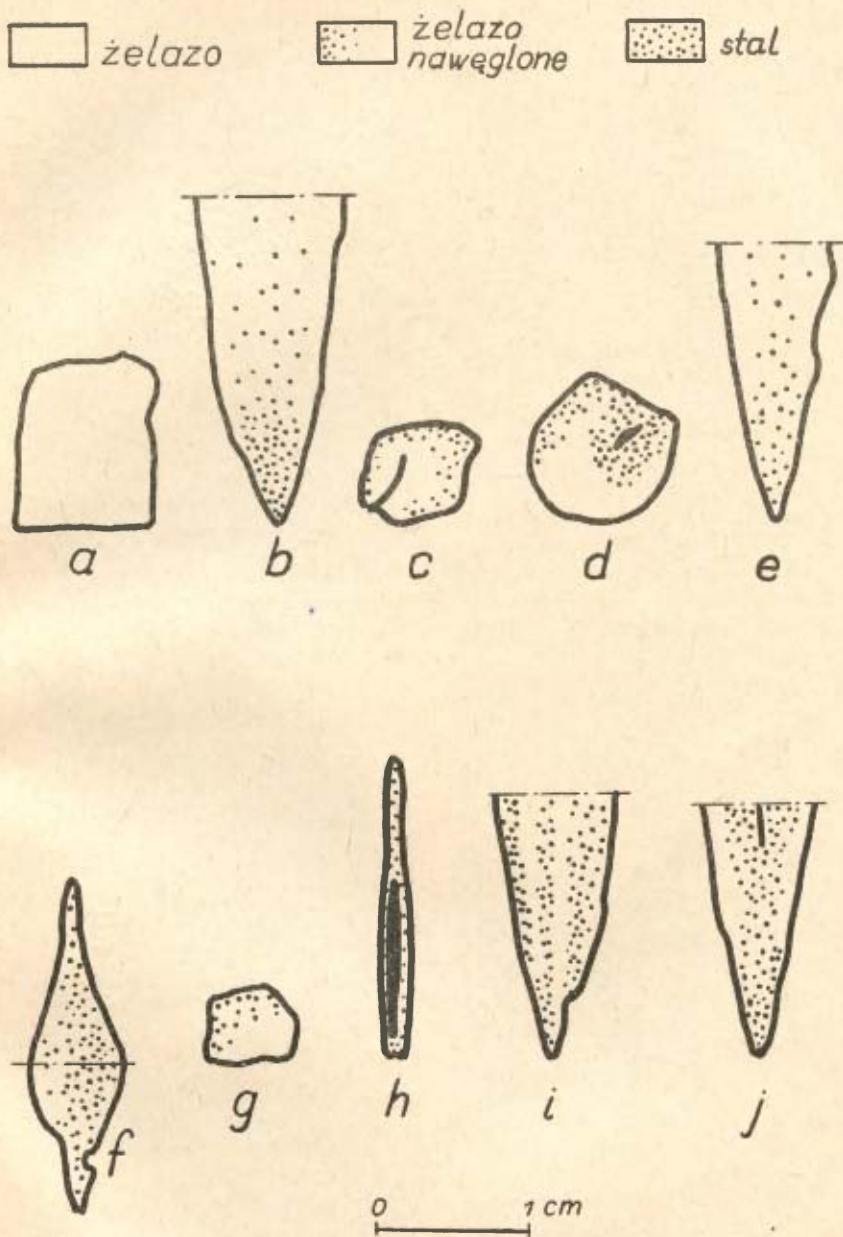
Ryc. 1. Zestawienie badanych wyrobów żelaznych pochodzących ze „skar-bów”: a — surowiec z Przybysławia, pow. Jarocin; b — siekierka; c — bransoleta nr 1; d — bransoleta nr 2 ze Szczonowa, pow. Jarocin; e — siekierka; f — grot włóczni (ułamek); g — naszyjnik (ułamek); h — fragment blachy z Łuszkowa, pow. Kościan; i — siekierka nr 1; j — siekierka nr 2 z Goplana, pow. Aleksandrów



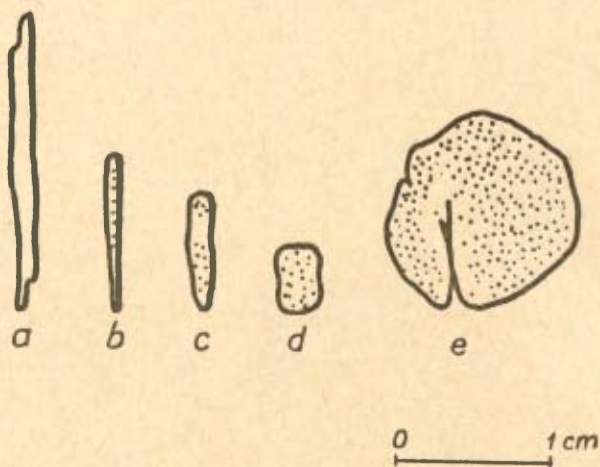
Ryc. 2. Zestawienie badanych wyrobów żelaznych z osady i grodziska w Słupcy, pow. Konin: *a* — sierp nr 1 (ułamek); *b* — sierp nr 2 (ułamek); *c* — nóż (ułamek); *d* — pręt (ułamek); *e* — bransoleta



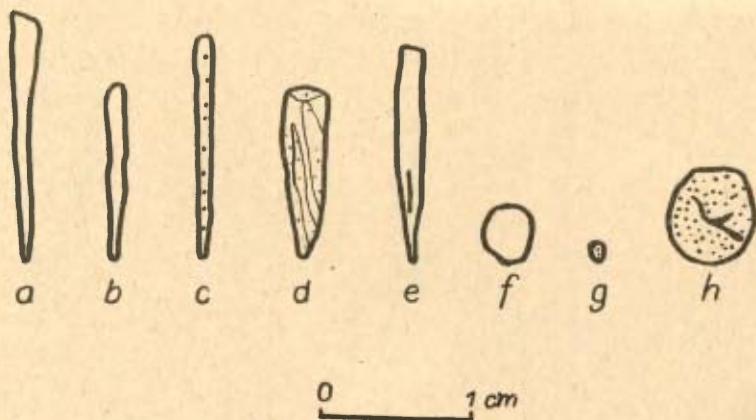
Ryc. 3. Zestawienie badanych wyrobów żelaznych z osady lużyckiej w Biskupinie: a — sierp nr 1 (ułamek); b — sierp nr 2 (ułamek); c — sierp nr 3 (ułamek); d — sierp nr 4 (ułamek); e — nóż (ułamek); f — szydło; g — szpita; h — bransoleta



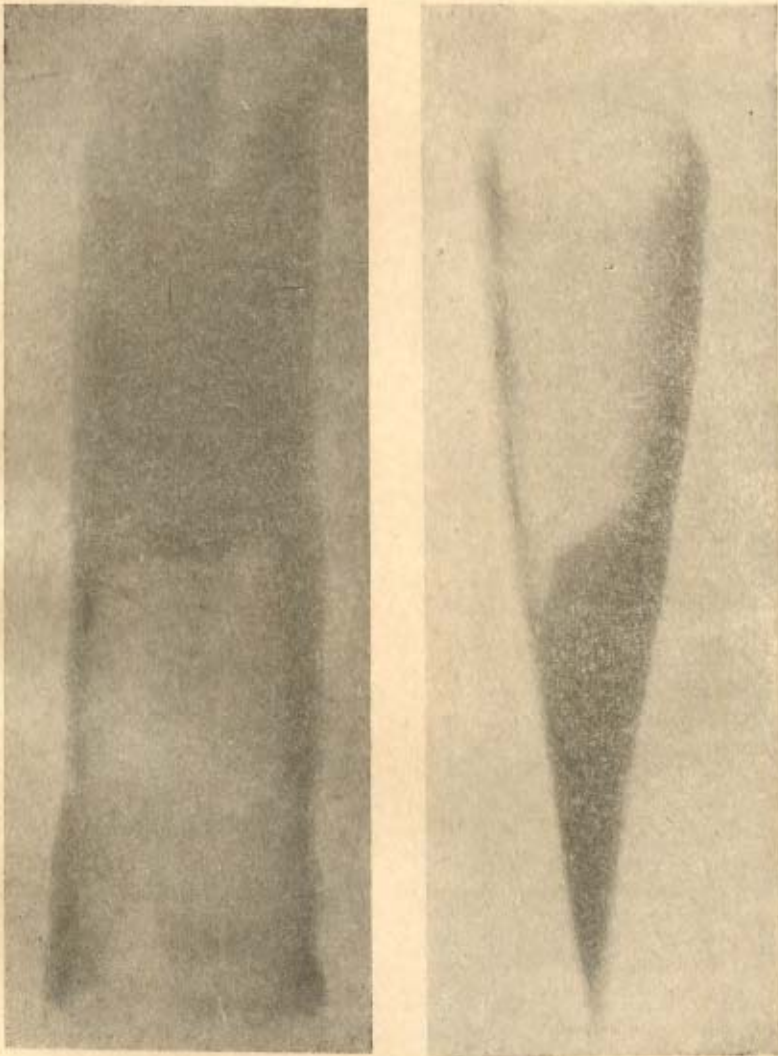
Ryc. 4. Technologia badanych wyrobów żelaznych pochodzących ze „skar-bów”: *a* — surowiec z Przybysławia, pow. Jarocin; *b* — siekierka; *c* — bransoleta nr 1; *d* — bransoleta nr 2 ze Szczonowa, pow. Jarocin; *e* — siekierka; *f* — grot włóczni; *g* — naszyjnik; *h* — fragment blachy z Łuszkowa, pow. Kościan; *i* — siekierka nr 1; *j* — siekierka nr 2 z Goplana, pow. Aleksandrów



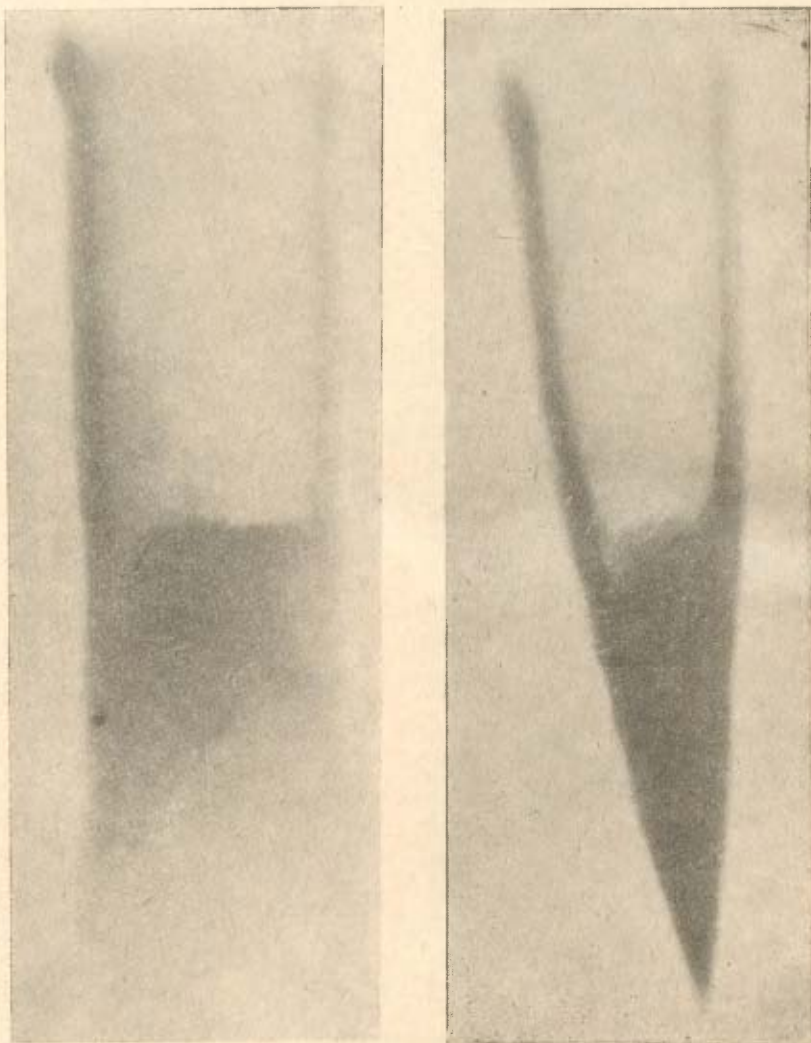
Ryc. 5. Technologia badanych wyrobów żelaznych z osady i grodziska w Słupcy, pow. Konin: a — sierp nr 1; b — sierp nr 2; c — nóż; d — pręt; e — bransoleta



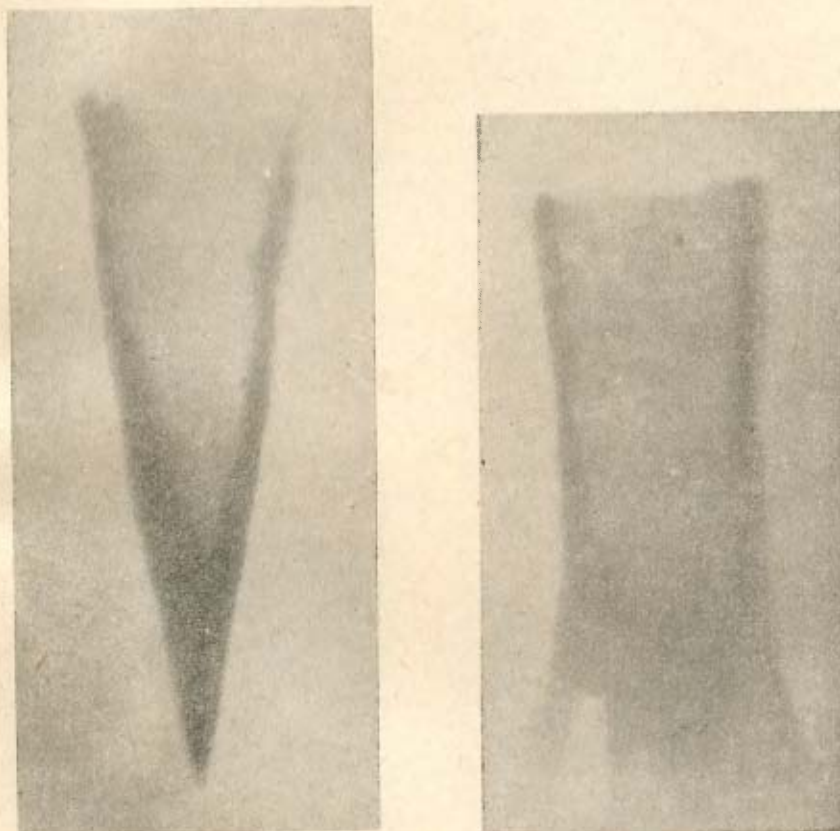
Ryc. 6. Technologia badanych wyrobów żelaznych z osady łużyckiej w Biskupinie: a — sierp nr 1; b — sierp nr 2; c — sierp nr 3; d — sierp nr 4; e — nóż; f — szydło; g — szpila h — bransoleta



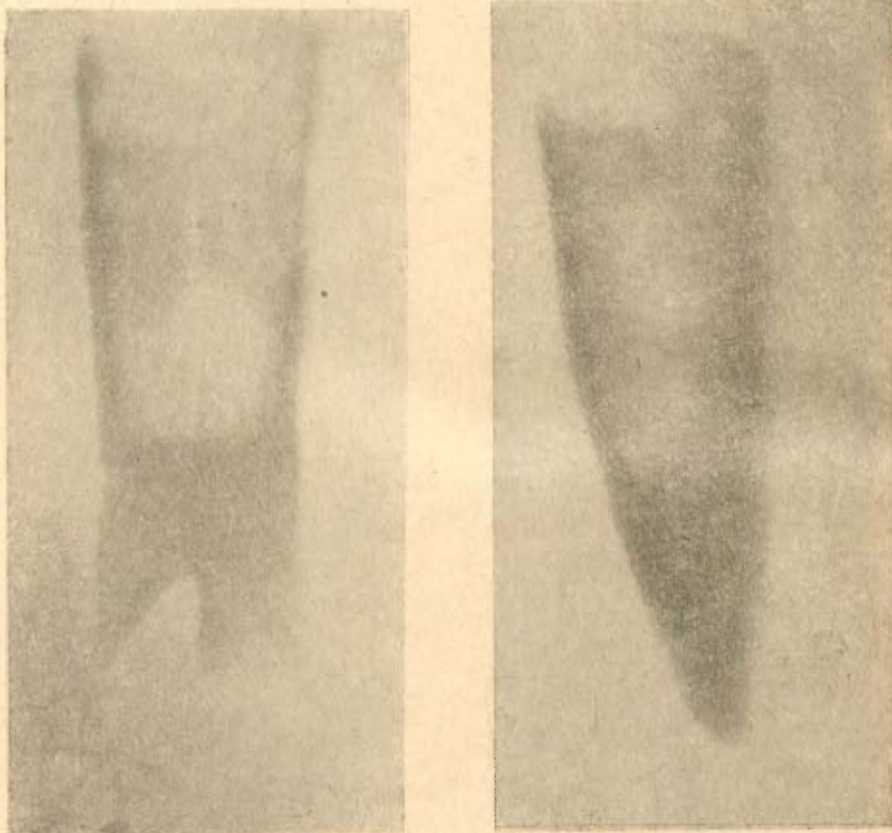
Ryc. 7. Odbitka gammagramu siekierki nr 1 ze Szczonowa w dwóch rzutach. W ostrzu widoczne trójkątne wycięcie po próbce pobranej do badań



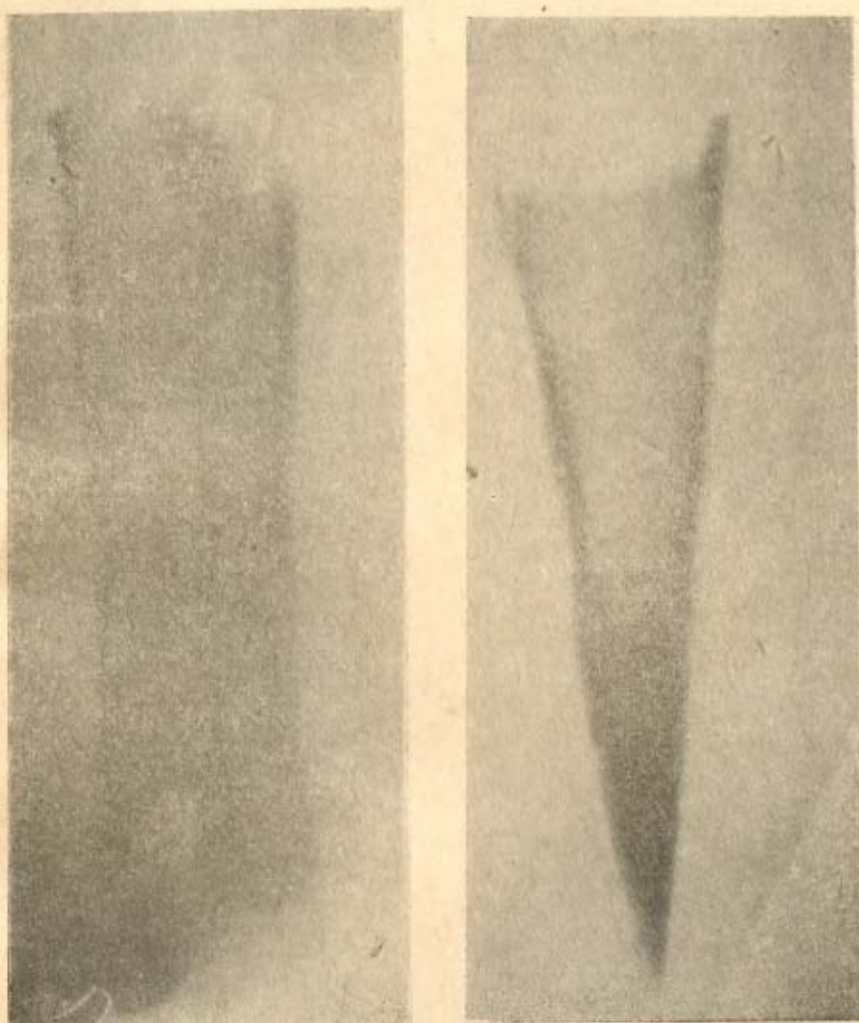
Ryc. 8. Odbitka gammagramu siekierki nr 2 ze Szczonowa



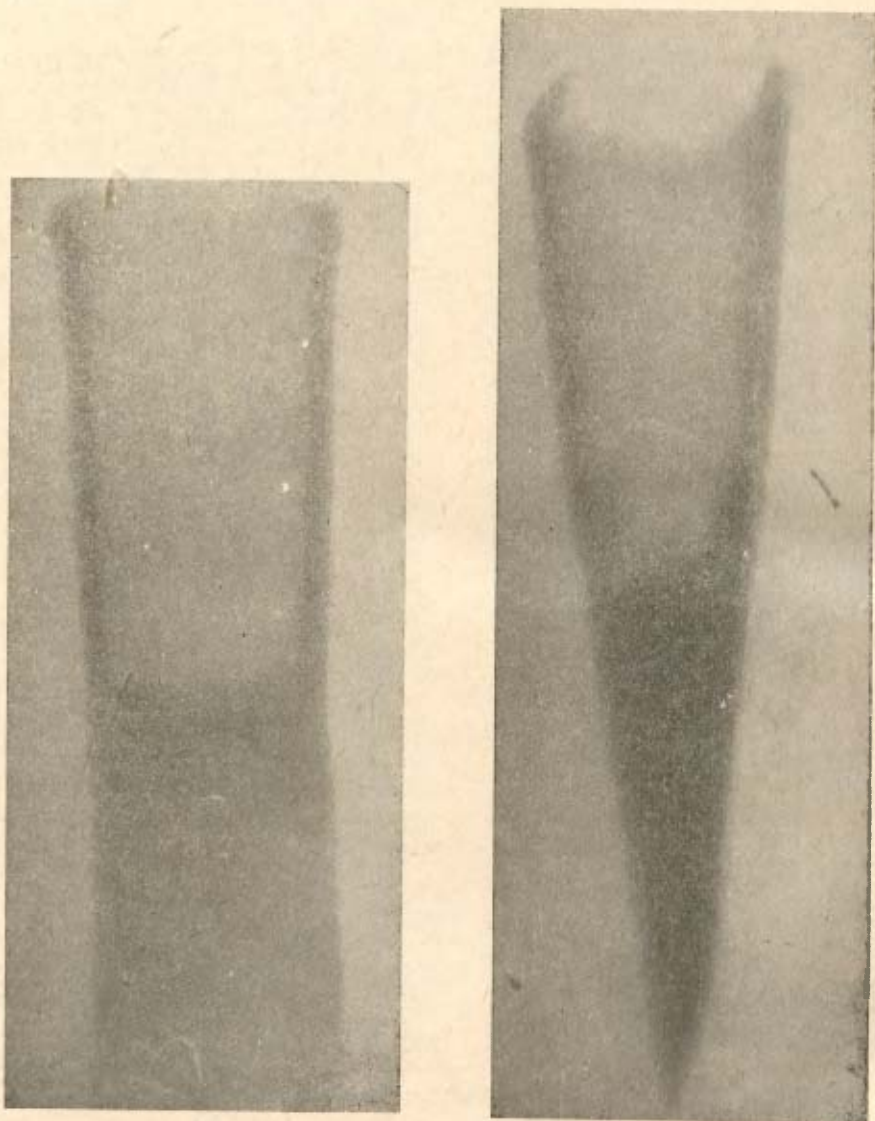
Ryc. 9. Odbitka gammagramu siekierki z Łuszkowa (w ostrzu widoczne trójkątne wycięcie po próbce pobranej do badań)



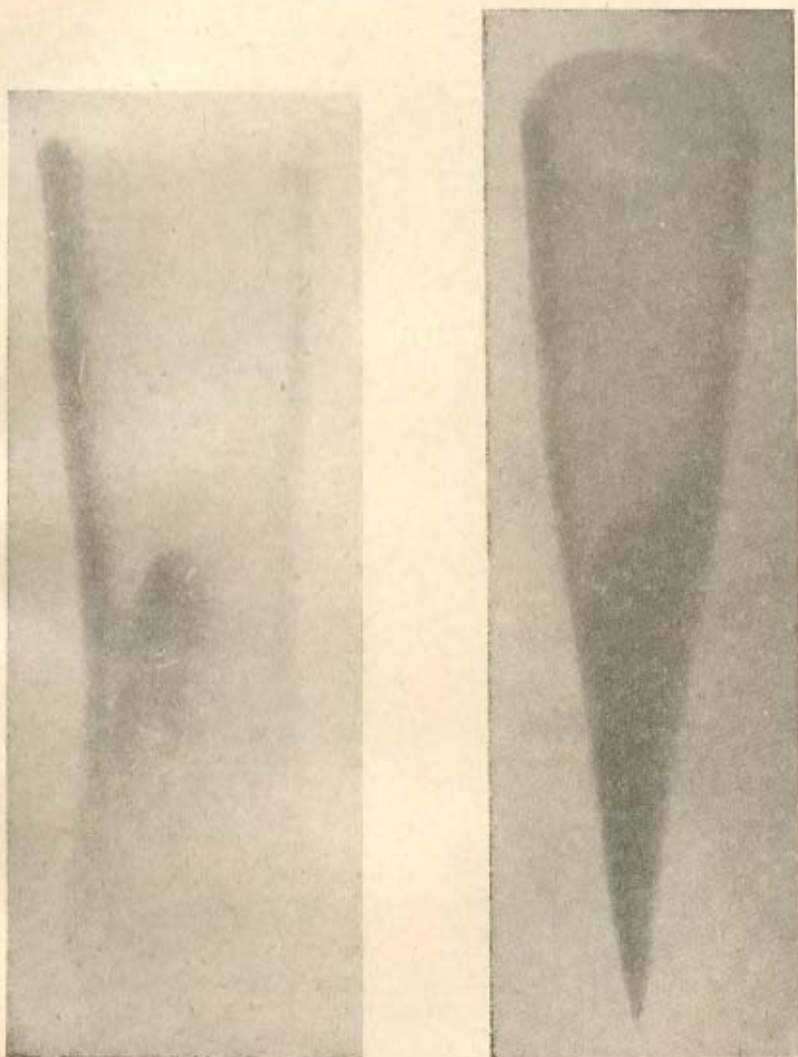
Ryc. 10. Odbitka gammagramu siekierki nr 1 z Goplana, pow. Aleksandrów



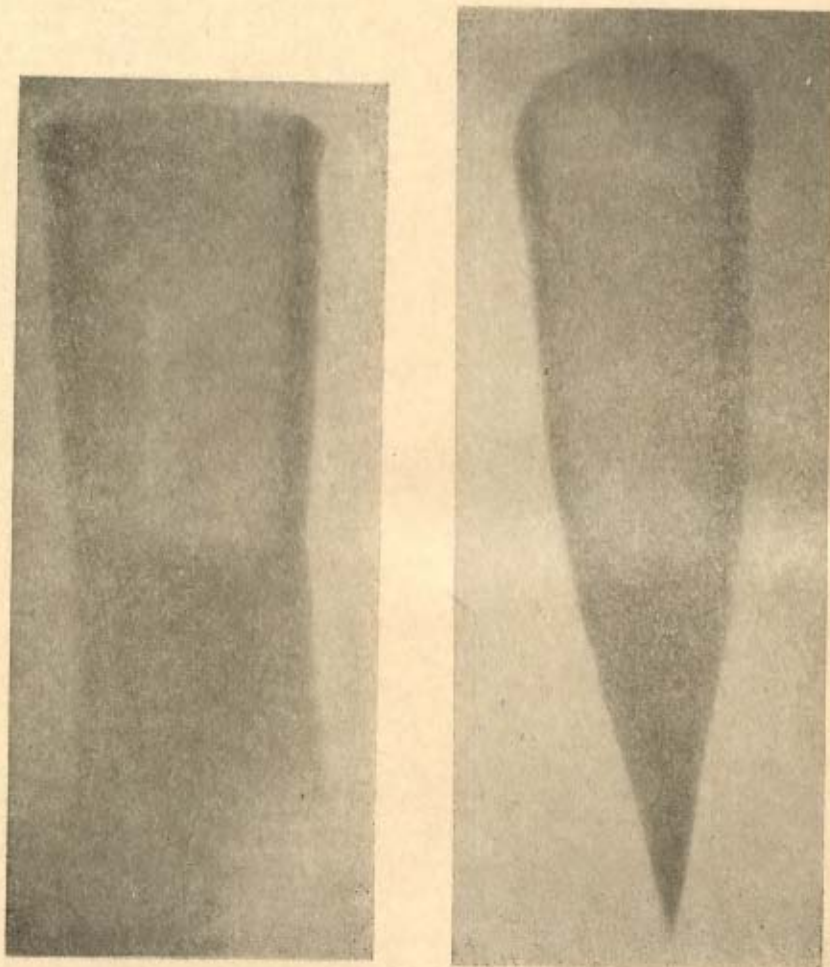
Ryc. 11. Odbitka gammagramu siekierki nr 2 z Goplana



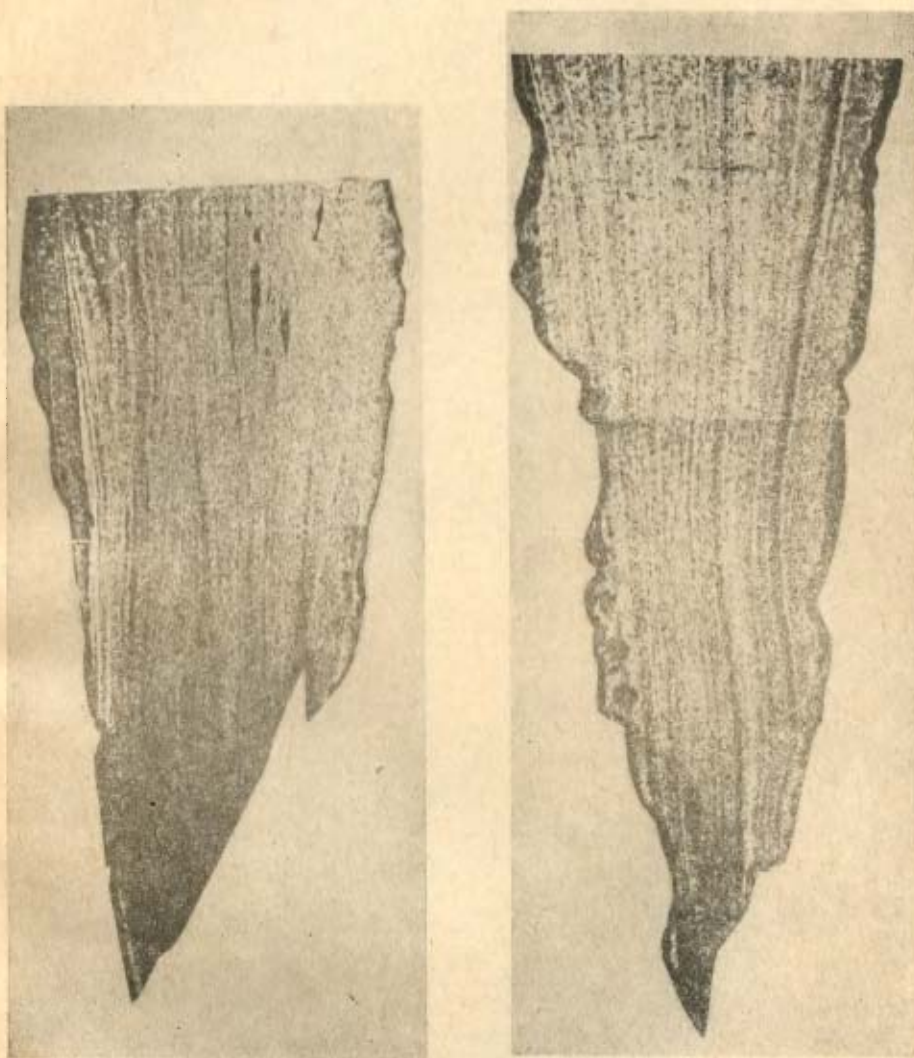
Ryc. 12. Odbitka gammagramu siekierki nr 3 z Goplana



Ryc. 13. Odbitka gammagramu siekierki nr 4 z Goplana



Ryc. 14. Odbitka gammagramu siekierki nr 5 z Goplana



Ryc. 15. Makrostruktura na poprzecznym przekroju ostrza siekierek (traw. azotalem; miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu): a — siekierka nr 1 ze Szczonowa, pow. Jarocin, ok. 7×; b — siekierka z Łuszkowa pow. Jarocin, 7×

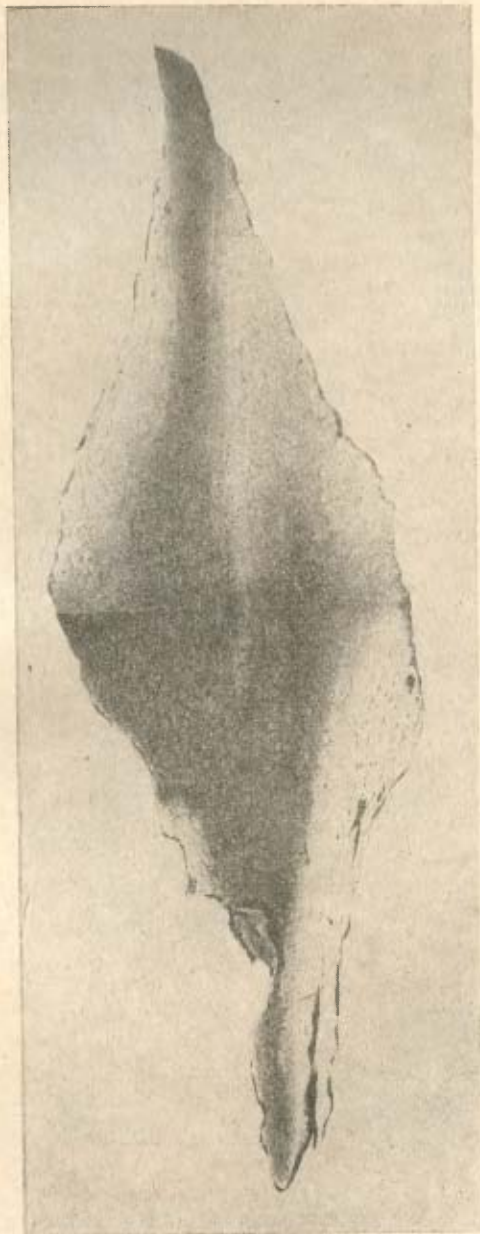


a

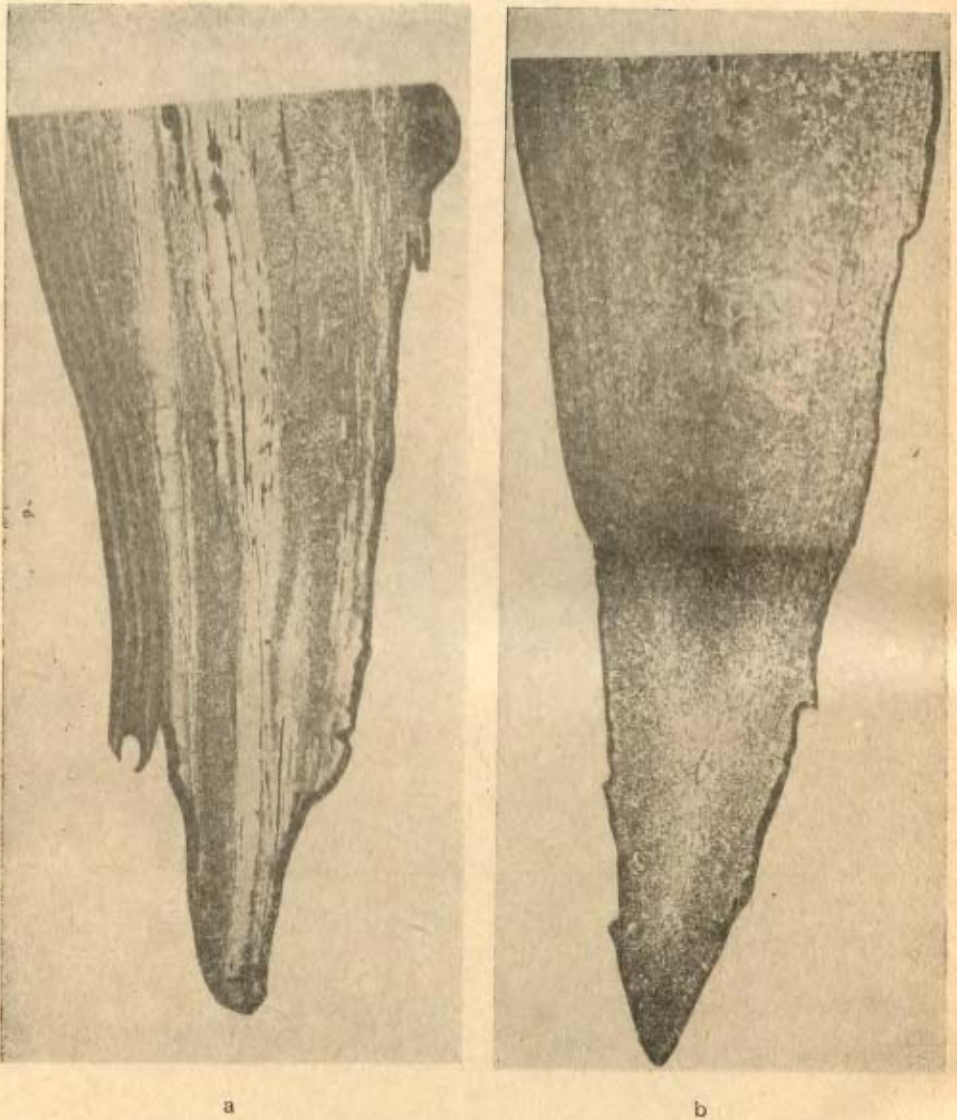


b

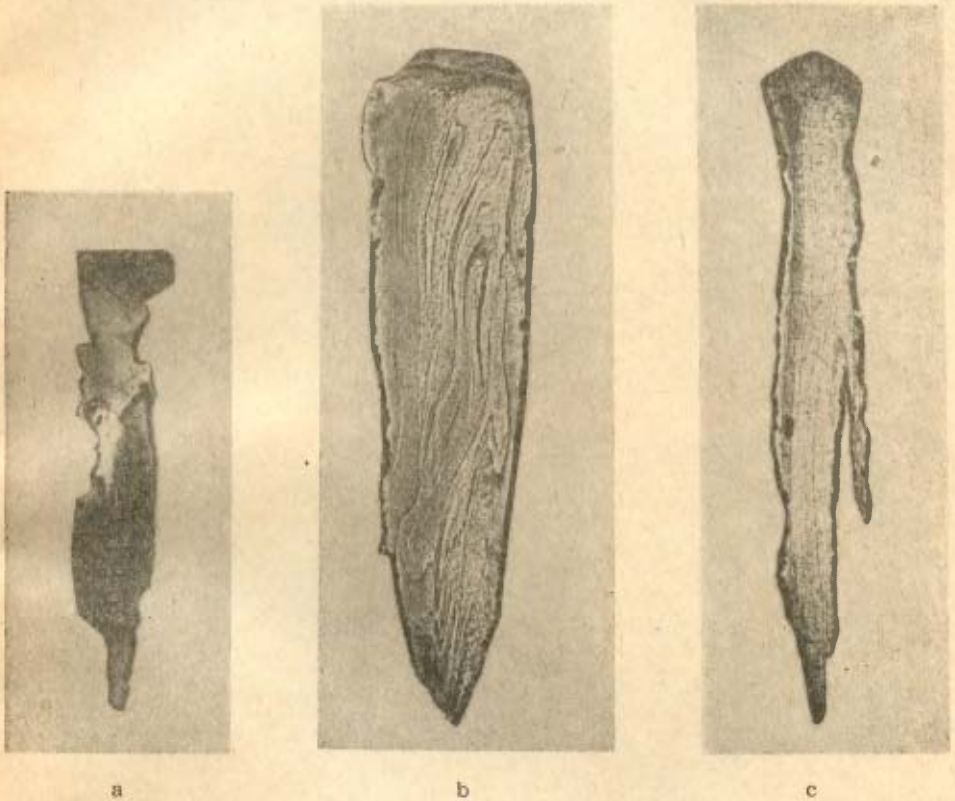
Ryc. 16. Makrostruktura na poprzecznym przekroju bransolet (traw. azotalem; miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu): a — bransoleta nr 1 ze Szczonowa, 8 ×; b — bransoleta nr 2 ze Szczonowa, 6 ×



Ryc. 17. Makrostruktura na poprzecznym przekroju grotu włóczni z Łuszkowa. Miejsca silniej nawęglone uległy zaciemnieniu, traw. azotalem, 8 ×



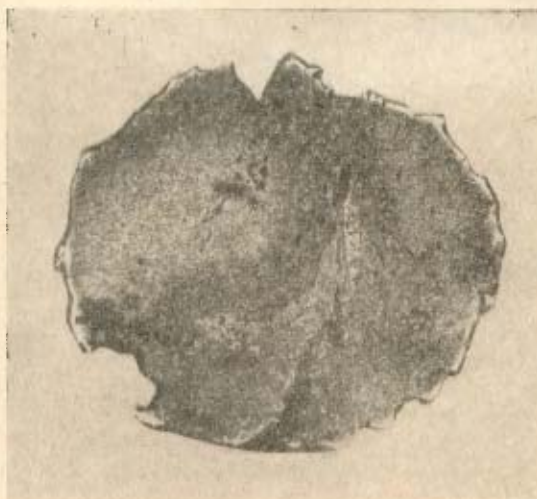
Ryc. 18. Makrostruktura na poprzecznym przekroju ostrza siekierek z Goplana, pow. Aleksandrów (traw. azotalem; miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu): *a* — siekierka nr 1, 7 X; *b* — siekierka nr 2, 7 X



Ryc. 19. Makrostruktura na poprzecznym przekroju noży i sierpa (traw. azotalem; miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu): *a* — nóż ze Słupcy, pow. Konin, 7 ×; *b* — sierp nr 4 z Biskupina, pow. Żnin, 7 ×; *c* — nóż z Biskupina (warstwa drobnoziarnista wzdłuż powierzchni na lewo), 7 ×



a



b

Ryc. 20. Makrostruktura na poprzecznym przekroju bransolet (traw. azotalem, miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu): a — bransoleta ze Słupcy, 6 X: obok długiego wąskiego wtrącenia żuźła widoczne odwęglenie. Szare tło: perlit sorbityczny (por. ryc. 30c), ciemne tło — perlit pasemkowy (por. ryc. 31a); b — bransoleta z Biskupina, 8 X: obok dużego wtrącenia żuźła (w środku) nieco silniejsze nawęglenie



a



b



c



d

Ryc. 21. Struktura bryły surowca z Przybysławia, pow. Jarocin (a, b), i siekierki nr 1 ze Szczonowa (traw. azotalem): a — miejsca silniej zanieczyszczone żużlem: ferryt i liczne wtrącenia żużla, 100 X; b — miejsca mniej zanieczyszczone żużlem: ferryt i wtrącenia żużla, 100 X; c — w pobliżu krawędzi ostrza: troostyt i ferryt oraz wtrącenie żużla, 500 X; d — w dalszej odległości od ostrza: sorbit i ferryt oraz liczne wtrącenia żużla



a



b

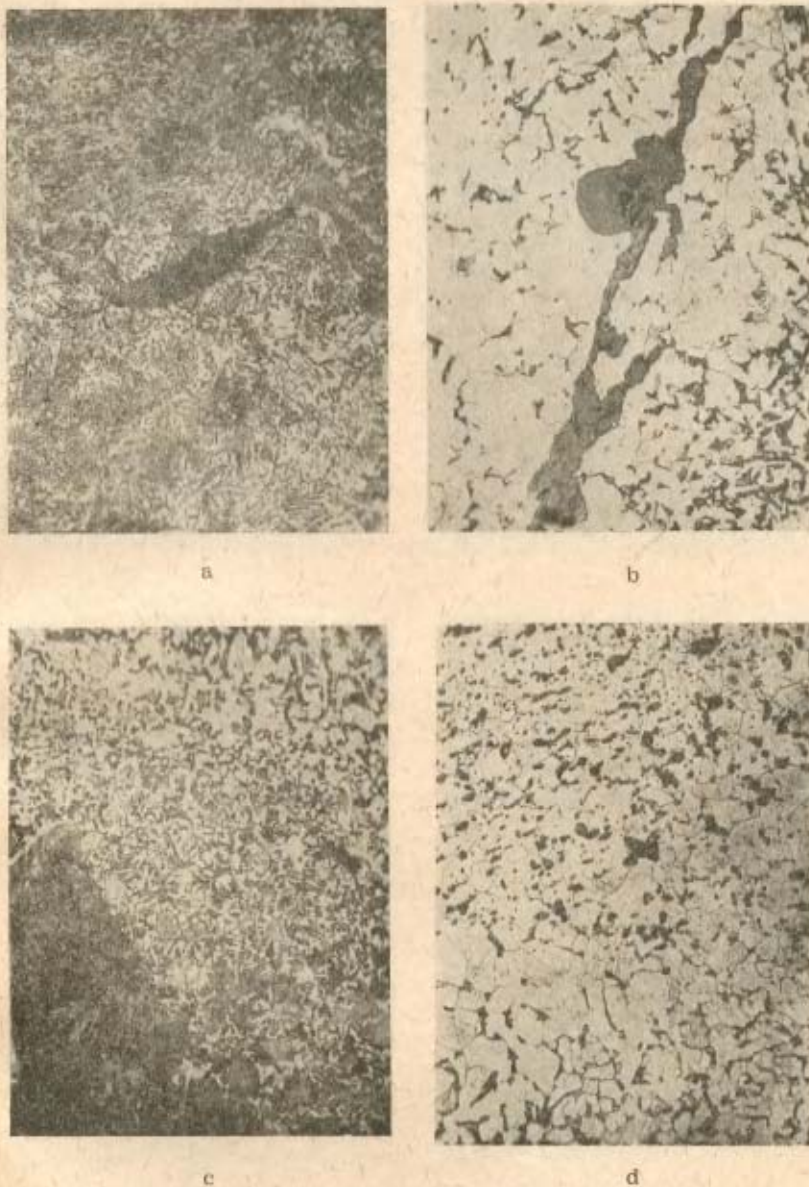


c

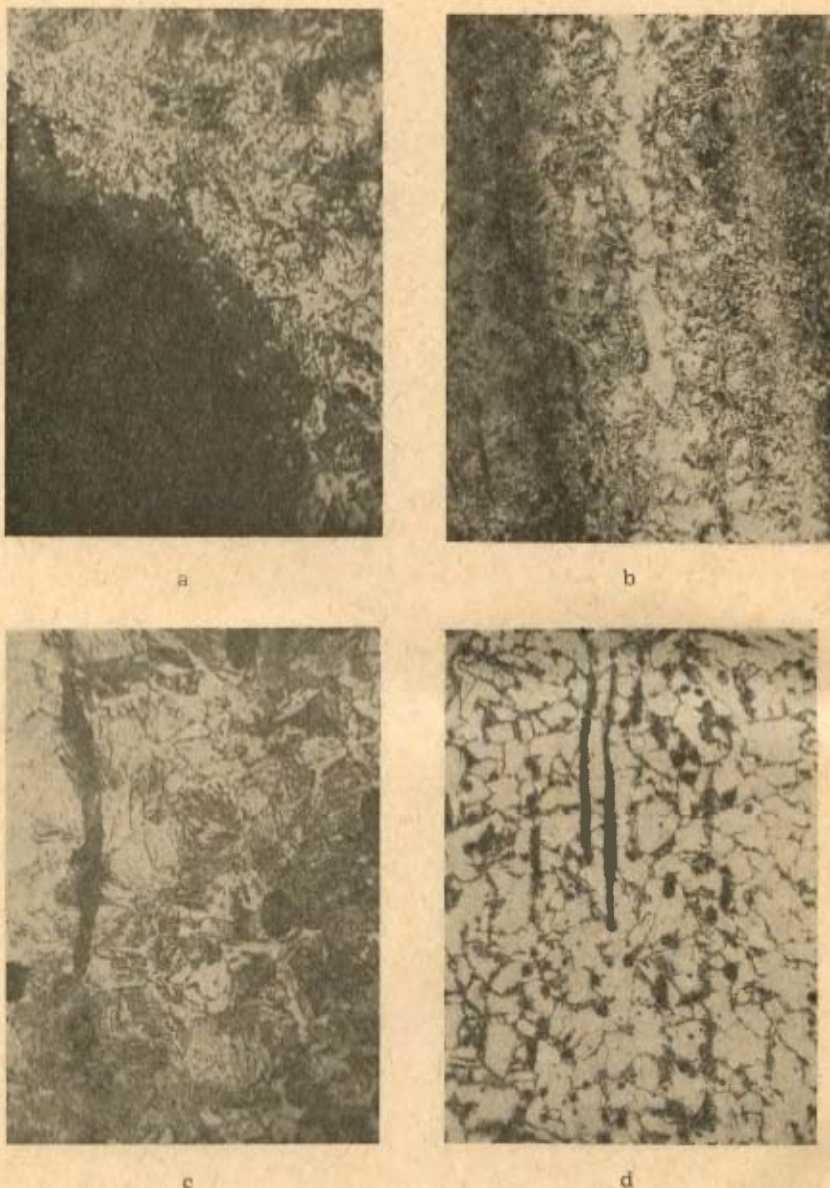


d

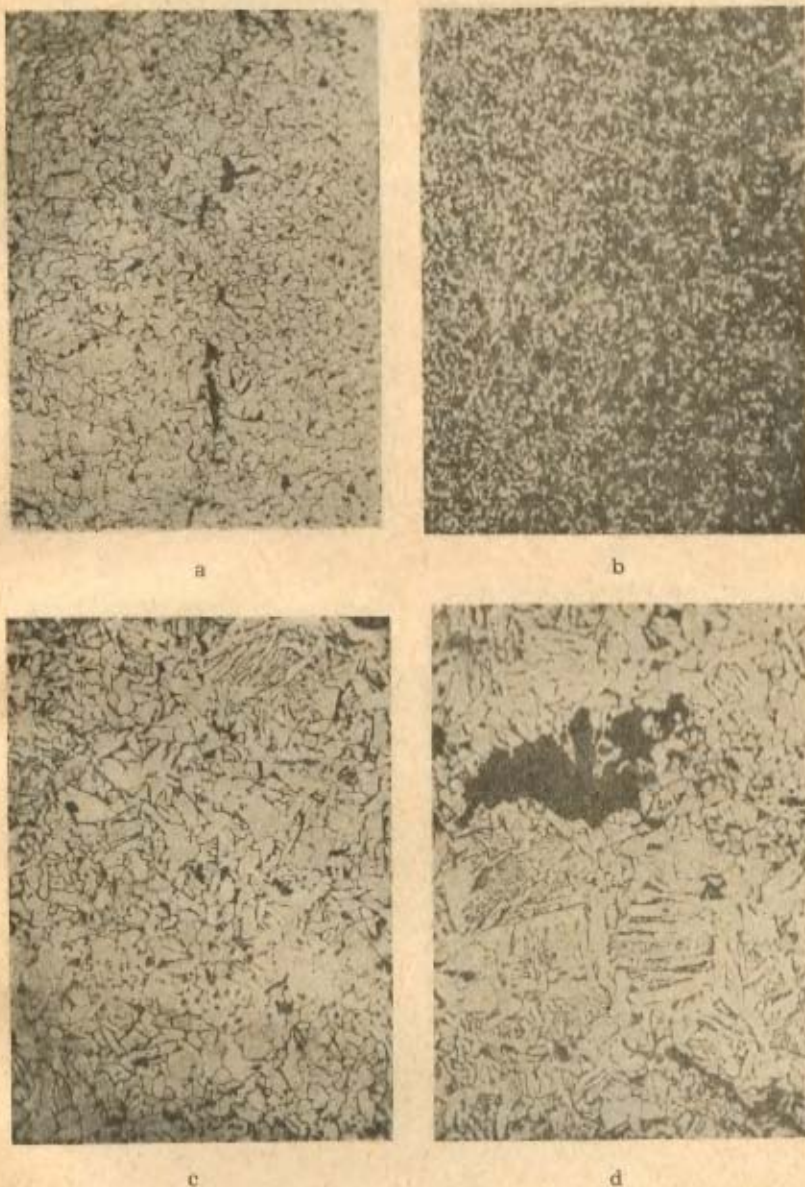
Ryc. 22. Struktura siekierki nr 1 ze Szczonow (traw. azotalem): *a* — jeszcze dalej od krawędzi tnącej ostrza: ferryt i niewielkie ilości perlitu oraz wtrącenie żuźla, 100 \times ; *b* — jak *a* pod większym powiększeniem, 500 \times ; *c* — jeszcze dalej od krawędzi tnącej ostrza: ferryt oraz drobne wtrącenia żuźla, 100 \times ; *d* — tuleja siekierki: perlit i ferryt. 100 \times



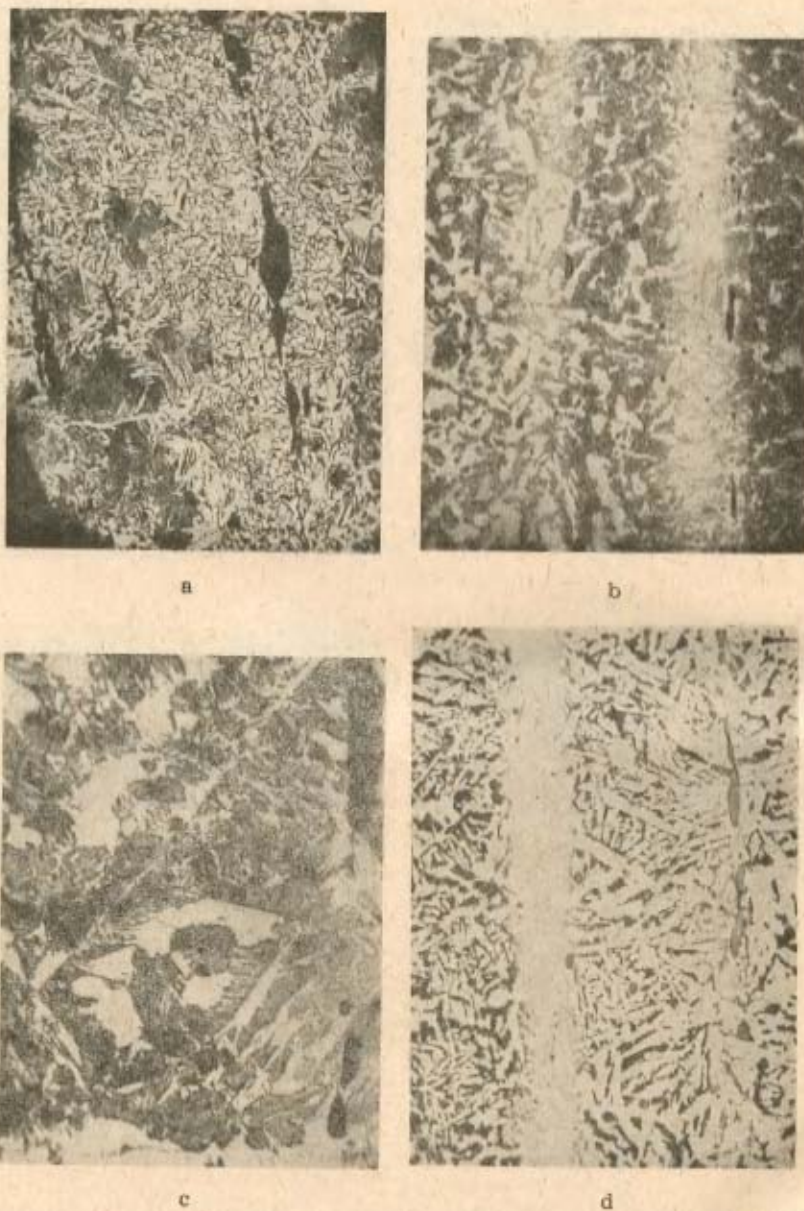
Ryc. 23. Struktura bransolet nr 1 (a, b) i nr 2 (c, d) ze Szczonowa (traw. azotalem): a — miejsce silniej nawęglone perlit częściowo skoagulowany oraz wtrącenia żużla, 500 \times ; b — miejsce słabiej nawęglone (obok wtrącenia tlenkowego): ferryt i ślady perlitu, 100 \times ; c — na przejściu silniej i słabiej nawęglonej części: perlit i ferryt, 100 \times ; d — w miejscu słabiej nawęglonym: ferryt i ślady perlitu oraz wtrącenia żużla, 100 \times



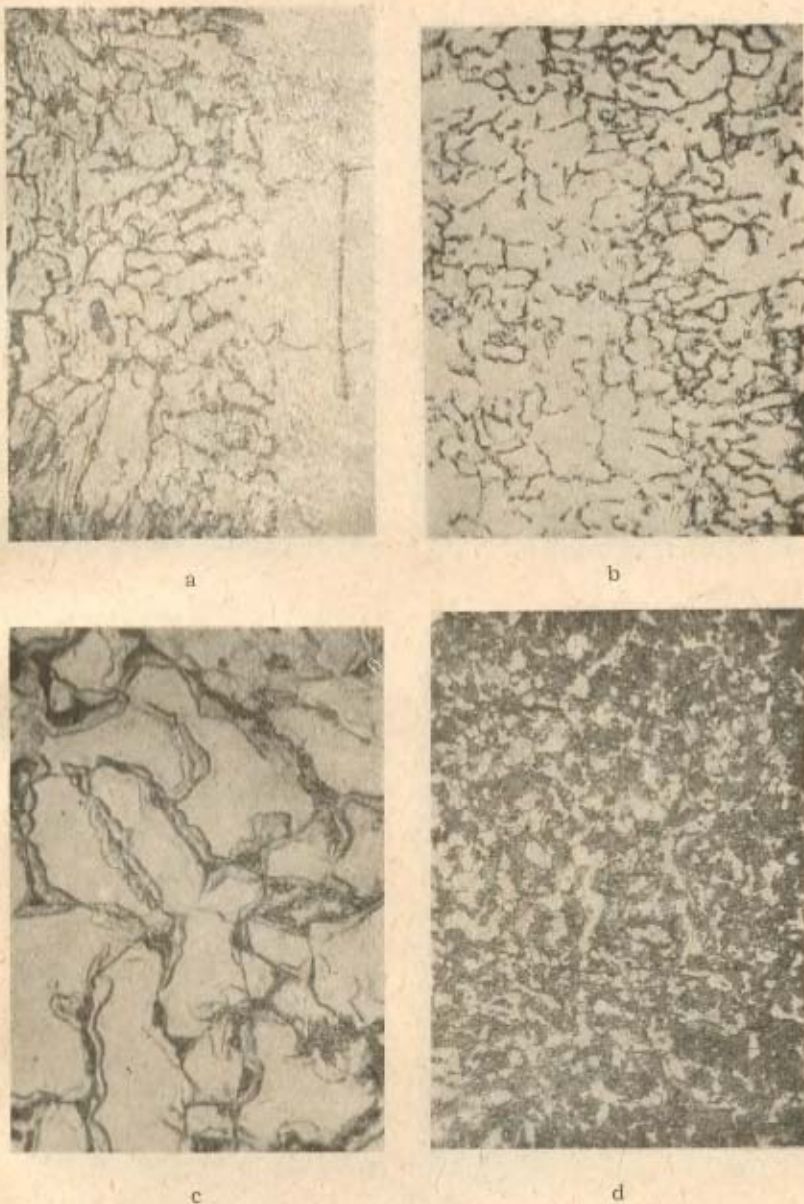
Ryc. 24. Struktura bransolety nr 2 ze Szczonowa (a) i siekiarki z Łuszkowa (b—d), traw. azotalem: a — struktura w pobliżu wtrącenia żuźla. Widoczna warstwa (szara) częściowo zredukowana z drobnymi białymi cząsteczkami żelaza. W metalu perlit kulkowy, 500 \times ; b — w pobliżu krawędzi tnącej ostrza: troostyt iglasty i ferryt 100 \times ; c — jak b pod większym powiększeniem: troostyt iglasty oraz wtrącenia żuźla, 500 \times ; d — w dalszej odległości od krawędzi tnącej ostrza: ferryt, ślady sorbitu oraz wtrącenia żuźla, 100 \times



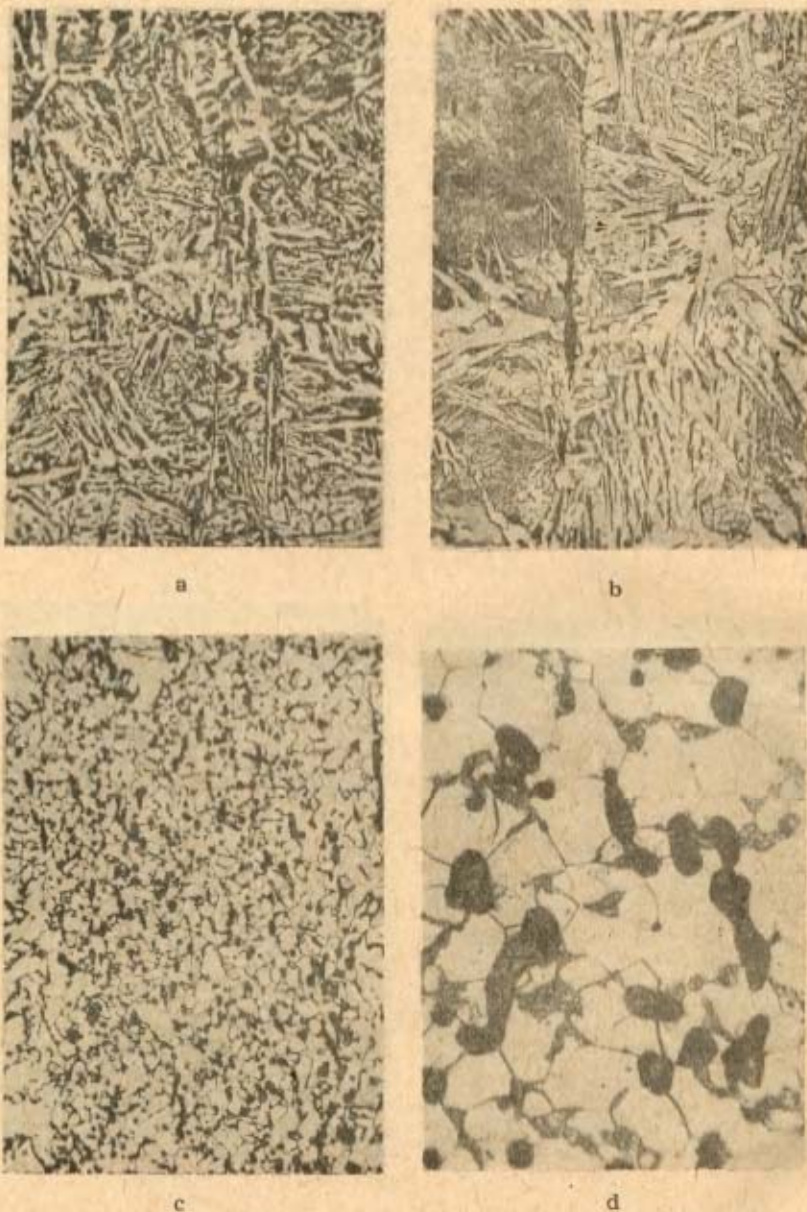
Ryc. 25. Struktura siekierki (a), grota włóczni (b, c) i naszyjnika (d) z Łuszkowa (traw. azotalem): a — tuleja: ferryt i ślady perlitu oraz wtrącenia żużla, 100 ×; b — drobnoziarnisty perlit sorbityczny i ferryt, 100 ×; c — w miejscu słabiej nawęglonym: ferryt i ślady perlitu, 100 ×; d — perlit, ferryt oraz wtrącenia żużla, 100 ×



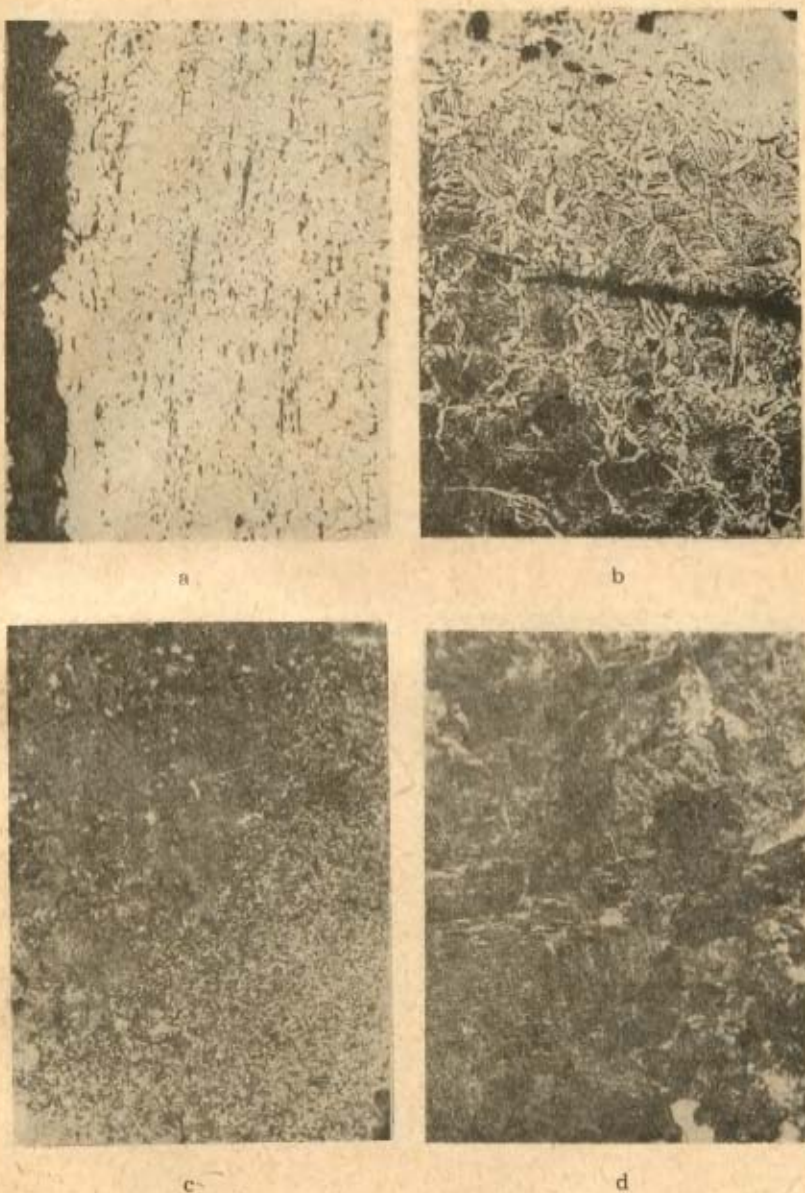
Ryc. 26. Struktura ułamka blachy z Łuszkowa (*a*) i siekierki nr 1 z Goplana (*b—d*), traw. azotalem: *a* — perlit i ferryt oraz wtrącenia żuźla, 100 \times ; *b* — w pobliżu krawędzi tnącej ostrza: sorbit i ferryt, 100 \times ; *c* — jak *b* pod większym powiększeniem, 500 \times ; *d* — w dalszej odległości od krawędzi tnącej: sorbit i ferryt, 100 \times



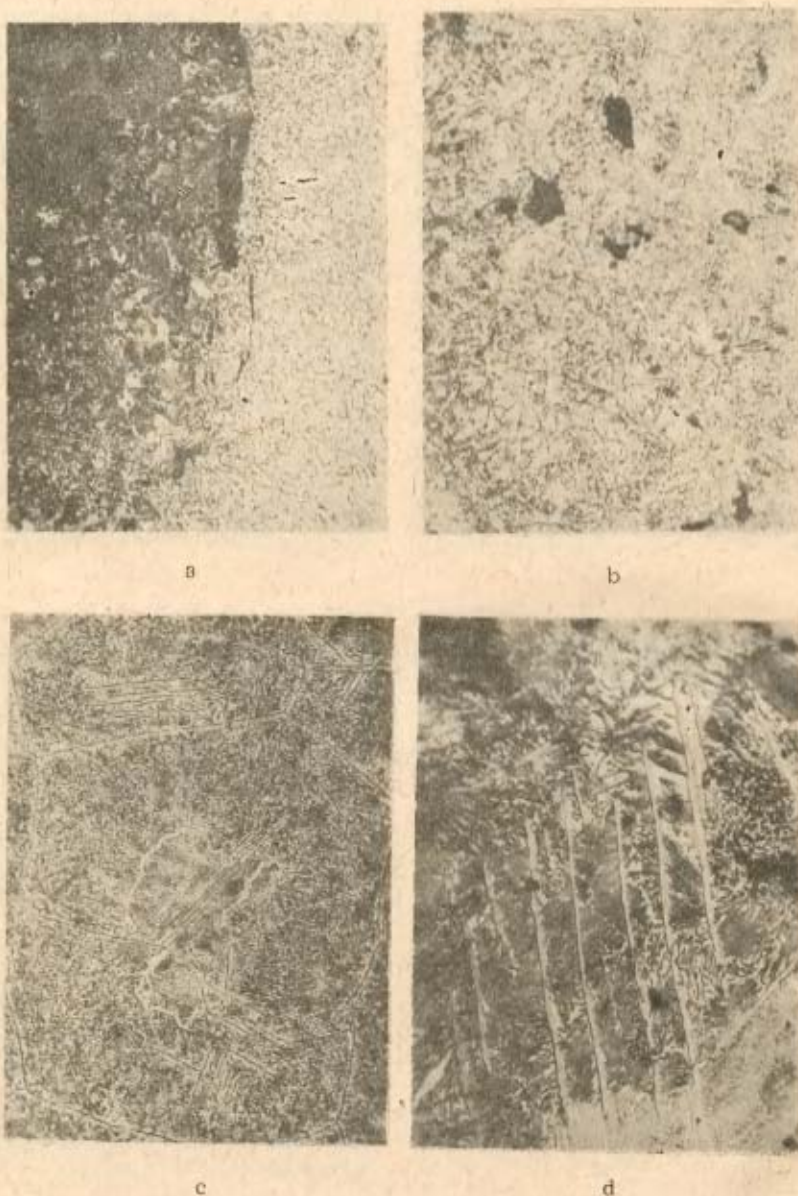
Ryc. 27. Struktura siekierok nr 1 *a*—*c*) i nr 2 (*d*) z Goplana (traw. azotalem): *a* — w jeszcze dalszej odległości od krawędzi tnącej: ferryt oraz ślady perlitu, 500 ×; *b* — tuleja: ferryt i ślady perlitu, 100 ×; *c* — jak *b* pod większym powiększeniem, 500 ×; *d* — w pobliżu krawędzi tnącej ostrza: sorbit i ferryt, 100 ×.



Ryc. 28. Struktura siekierki nr 2 z Goplana, traw. azotalem: *a* — dalej od krawędzi tnącej: perlit i ferryt, 100 \times ; *b* — jeszcze dalej od krawędzi tnącej, w środku: perlit i ferryt oraz wtrącenia żużla, 100 \times ; *c* — tuleja: ferryt, ślady perlitu i liczne wtrącenia żużla, 100 \times ; *d* — jak *c* pod większym powiększeniem, 500 \times



Ryc. 29. Struktura sierpa nr 1 (a) i nr 2 (b) i noża (c—d) ze Słupcy (traw. azotalem): a — przy powierzchni (u góry): ferryt oraz wtrącenia żużla, 100 \times ; b — perlit, ferryt oraz wtrącenia żużla, 100 \times ; c — w pobliżu krawędzi tnącej (na lewo): troostyt i sorbit, w części odwęglonej (na lewo) nieco ferrytu, 100 \times ; d — w części silniej nawęglonej: troostyt, 500 \times



Ryc. 30. Struktura noża (a), pręta (b) i bransolety (c, d) ze Słupcy, (traw. azotalem): a — na przejściu pomiędzy częścią silniej (u góry) i słabiej (u dołu) nawęgloną: troostyt i sorbit oraz ferryt i wtrącenia żużla, 100 \times ; b — perlit kulkowy oraz wtrącenia żużla, 100 \times ; c — perlit sorbistyczny (?) i cementyt nadeutektoidalny, 100 \times ; d — jak c pod większym powiększeniem



a



b

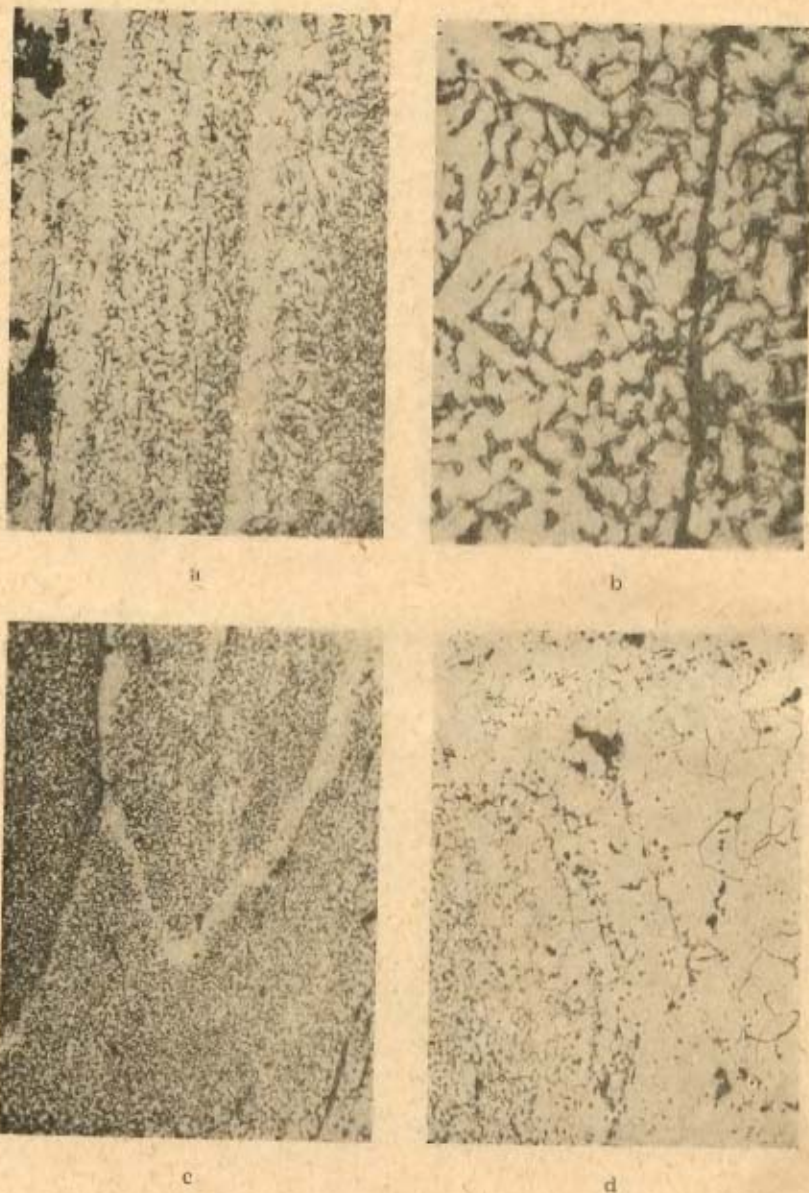


c



d

Ryc. 31. Struktura bransolety ze Słupcy (a, b) oraz sierpa nr 1 (c) i nr 2 (d) z Biskupina (traw. azotalem): a — perlit sorbityczny (?) i perlit pasemkowy, 100 \times ; b — w pobliżu wtrącenia tlenkowego: ferryt i perlit, 100 \times ; c — ferryt i wtrącenia żużla, 100 \times ; d — ferryt i wtrącenia żużla, 100 \times



Ryc. 32. Struktura sierpów nr 3 (*a, b*) i nr 4 (*c, d*) z Biskupina (traw. azotalem): *a* — przy powierzchni (u góry): ferryt i ślady perlitu, 100 ×; *b* — jak *a* pod większym powiększeniem, 500 ×; *c* — w pobliżu ostrza (na lewo): drobnoziarnisty perlit i troostyt, 100 ×; *d* — w pobliżu grzbietu (na prawo) ferryt i ślady perlitu oraz wtrącenia żużla, 100 ×



a



b



c



d

Ryc. 33. Struktura sierpa nr 4 (a, b) i noża (c, d) z Biskupina (traw. azotalem): a — w warstwie stali: ferryt, perlit oraz wtrącenia żużla, 500 \times ; b — w warstwie żelaza: ferryt oraz wtrącenia żużla, 500 \times ; c — warstwa ferrytyczna i drobnoziarnista (u góry) i o większym ziarnie (u dołu), 100 \times ; d — część drobnoziarnista pod większym powiększeniem, 500 \times



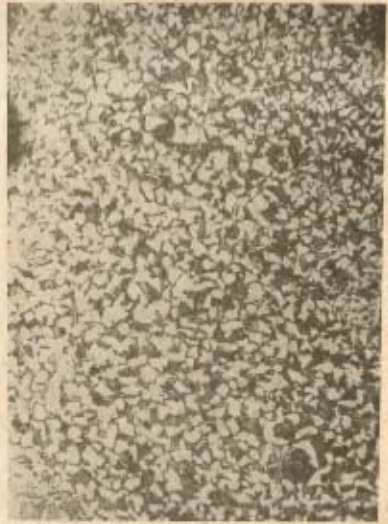
a



b



c



d

Ryc. 34. Struktura noża (a, b), szydła (c) i szpili (d) z Biskupina (traw azotalem): a — w części środkowej: ferryt oraz wtrącenia żuźla, 100 ×; b — jak a pod większym powiększeniem, 500 ×; c — ferryt oraz wtrącenia żuźla, 100 ×; d — perlit i ferryt, 100 ×



Ryc. 35. Struktura bransolety z Biskupina: perlit oraz wtrącenia żuźla, 500 ×

