

## ANEKS

ZDZISŁAW HENSEL

### BADANIA MATERIAŁOZNAWCZE OSTRÓG ŚREDNIOWIECZNYCH Z KALISZA

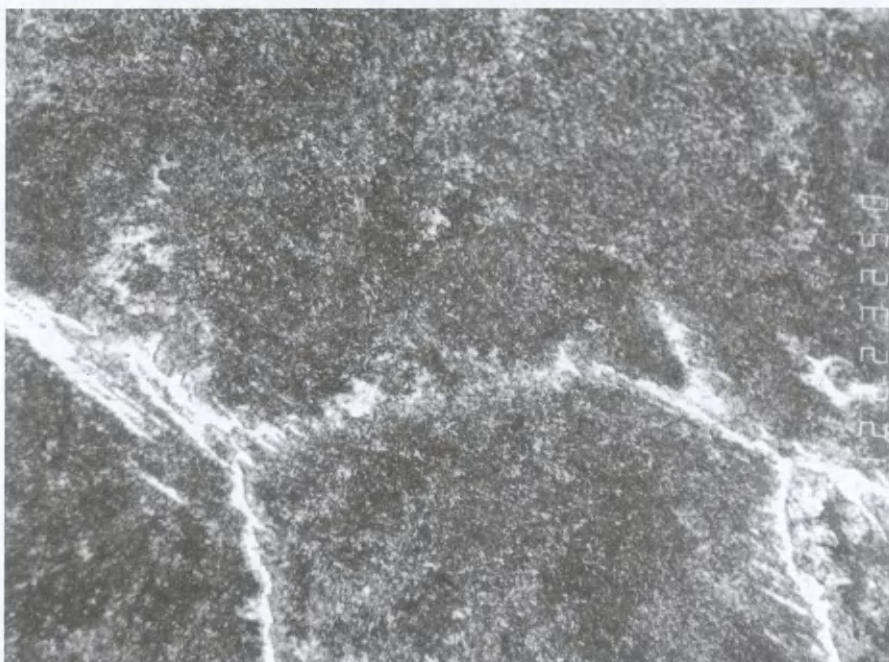
Z badań archeologicznych przeprowadzonych w latach 50. i 60. oraz 80. na terenie grodziska na Zawodziu w Kaliszu zostały przekazane przez mgr. Mariusza Błońskiego do Centralnego Laboratorium Zakładu Nauk Pomocniczych Instytutu Archeologii i Etnologii PAN w Warszawie ostrogi średniowieczne w celu wykonania analiz materiałoznawczych. Badaniami objęto 26 ostróg (tabela 1) o bardzo zróżnicowanym stanie zachowania. Badania składu chemicznego przedmiotów wykonano metodą spektrometrii rentgenowskiej wykorzystując mikroskop skaningowy Tesla BS 300<sup>1</sup> i spektrometr EDAX PV 9800. Obserwacje mikroskopowe zglądów metalograficznych przeprowadzono na mikroskopie optycznym do światła odbitego Neophot 2. Preparaty przygotowano standardowo, stosując szlifowanie papierami korundowymi i polerowanie tlenkiem glinu. Przygotowana powierzchnia szlifu została wytrawiona 5% alkoholowym roztworem kwasu azotowego.

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3.

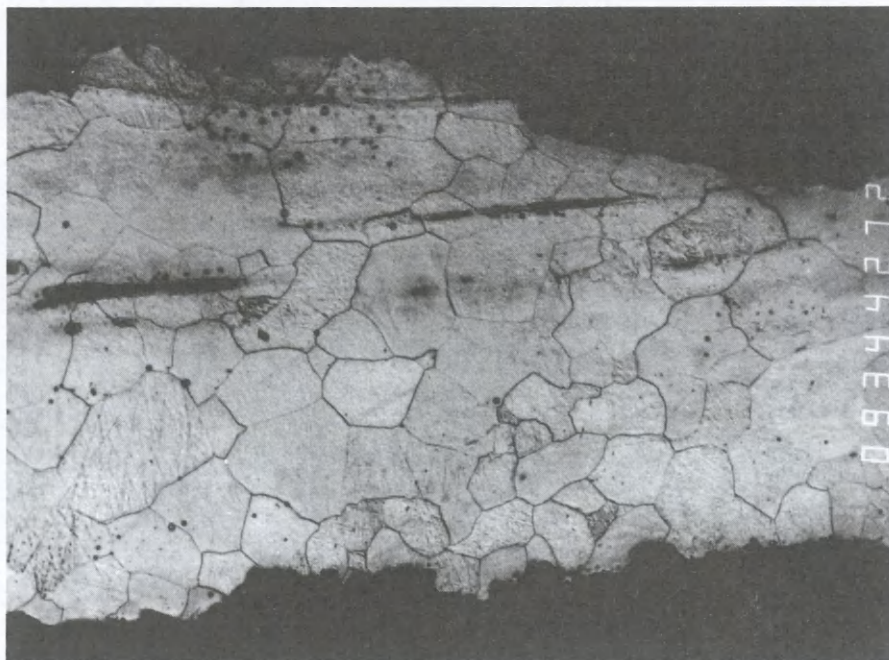
#### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wszystkie omawiane ostrogi wykonano ze stali niskowęglowej, w większości o strukturze ferrytycznej. W badanej grupie jedynie pięć ostróg charakteryzuje się strukturą nierównomiernie nawęglonego żelaza. W tej grupie cztery obiekty cechuje struktura ferrytyczna i miejscowo perlityczna (ryc. 1), jeden miejscowo silniej nawęglony — około 0,8% C — ma strukturę perlityczną. Przedmioty o budowie ferrytycznej (ryc. 2) różnią się wielkością ziarna oraz ujawnioną niejednorodnością rozmieszczenia fosforu. W badanym zespole większość przedmiotów zawiera stosunkowo dużo fosforu. Maksymalne stężenie tego pierwiastka (2,55%) stwierdzono w materiale ostrogi nr 4/83. Jedynie w sześciu obiektach fosforu brak lub jest go bardzo mało, poniżej progu wykrywalności

<sup>1</sup> Za wykonanie analizy składu chemicznego autor dziękuje p. Elżbiecie Pawlickiej z Centralnego Laboratorium IAiE PAN.



Ryc. 1. Mikrografia ostrogi nr inv. 47/60. Powiększenie 400 x.  
 Fot. Z. Hensel  
 Fig. 1. Micrograph of spur inv. no. 47/60. Magnification 400 x.  
 Photo Z. Hensel



Ryc. 2. Mikrografia ostrogi nr inv. 49/62. Powiększenie 32 x.  
 Fot. Z. Hensel  
 Fig. 2. Micrograph of spur inv. no. 49/62. Magnification 32 x.  
 Photo Z. Hensel

Tabela 1. Wyniki analiz materiałoznawczych ostróg z grodziska Kalisz-Zawodzie (zawartość składników podano w procentach wagowych)  
 Table 1. Results of the material science examination of spurs from the stronghold at Kalisz-Zawodzie (quantified by weight percentages)

NrCL	Nr.inw.	Struktura	Mg	Al	Si	P	S	Pb	Sn	Cr	Mn	Fe	Ni	Zn	K
9343.00	43/58	feryt			1,06	0,31	0,22				0,13	95,98		1,14	
9343.01	43/58				0,40	0,25					0,20	98,90			
9343.02	43/58				0,39	0,63						98,48			
9344.00	140/58	feryt + perlit			0,45	0,46						98,64			
9344.01	140/58				0,36	0,53						98,78			
9344.02	140/58				0,36	0,60						98,45			
9345.00	4/83	feryt			0,68	1,14						97,93			
9345.01	4/83				0,89	1,16						97,66			0,49
9345.02	4/83				2,36	2,55						93,19			
9346.00	157/83	feryt			0,29	0,22						99,49			
9347.00	234/83				0,24	0,17						99,59			
9347.01	234/83				0,90	0,46						98,27			
12211.00	89/58	feryt	0,01	0,52	0,10	0,03			0,09	0,20	0,83	97,85		0,05	
12212.00	135/58	feryt	0,03	0,58	0,21	0,06		0,11	0,06			98,85			
12213.00	172/58	feryt		0,32	0,16	0,01			0,16	0,51	1,12	97,08	0,11	0,17	
12214.00	469/58	feryt	0,03	0,18	0,11			0,17	0,16		0,19	98,19		0,33	
12215.00	622/58	feryt		0,12	0,05			0,20	0,13		0,27	98,91	0,08	0,11	
12216.00	740/58	feryt		0,29	0,02			0,20	0,16	0,58	0,72	97,81		0,19	
12217.00	832/58	feryt	0,02	0,53	0,25			0,09	0,16		0,11	98,05	0,38	0,51	
12218.00	60/59	feryt		0,29					0,16	0,79	0,89	97,55	0,13	0,19	
12219.00	202/59	feryt	0,01	0,19	0,12					1,17	0,97	96,11	0,28	0,22	
12220.00	248/59	feryt	0,03	0,58	0,20			0,30		0,12	0,18	98,15	0,06	0,09	
12221.00	339/59	feryt	0,05	0,28	0,25		0,09	0,58	0,36		0,08	98,31			
12222.00	816/59	feryt		0,06	0,11	0,16	0,08	0,11		0,13	0,32	98,69			
12223.00	47/60	ferytyczno-perlityczna		0,16			0,05	0,09	0,21	0,11	0,22	98,19	0,09	0,22	
12225.00	32/61	feryt		0,26				0,08	0,20		0,97	98,28		0,21	
12226.00	39/62	feryt		0,56	0,05				0,13		0,23	98,83		0,19	
12227.00	49/62	feryt	0,02	0,91	0,15				0,37		0,21	98,16	0,06	0,05	
12228.00	32/65	feryt		0,28	0,01				0,15		0,81	98,51	0,11	0,10	
12229.00	84/65	feryt + perlit		0,39			0,05				0,23	98,19		0,15	
12231.00	110/65	feryt + perlit	0,02	0,55			0,02	0,12	0,11		0,19	98,70	0,07	0,19	
11271.00	116/83	feryt + perlit	0,06	0,21	0,03	0,06					0,42	99,23			
12326.00	41/84	feryt + perlit	0,14	0,44	0,15	0,09				0,03		99,16			

Tabela 2. Wyniki analizy składu chemicznego powłoki cynowej na ostrogach żelaznych z grodziska Kalisz-Zawodzie (zawartość składników podano w procentach wagowych).

Table 2. Results of the examination of chemical content of the surface coatings on spurs from the stronghold at Kalisz-Zawodzie (quantified by weight percentages)

Nr CL	Przedmiot	Nr inw.	Mg	Si	P	Pb	Sn	Ca	Fe	Ni	Cu	Zn
9346,02	ostroga — powłoka	157/83		0,08	0,71	3,29	14,21	6,11	71,00		1,00	2,06
12228,01	ostroga — powierzchnia	32/65	0,07	0,43		0,19	56,41		42,15	0,63		0,12

Tabela 3. Wyniki analizy składu chemicznego powłoki złoto-srebrnej na ostrodze z grodziska Kalisz-Zawodzie (zawartość składników podano w procentach wagowych)

Table 3. Results of the examination of chemical content of the gold and silver surface coating on a spur from the stronghold at Kalisz-Zawodzie (quantified by weight percentages)

Nr CL	Przedmiot	Nr inw.	Au	Si	Sb	Ag	Sn	Cr	Mn	Fe	Zn	Hg
11271,01	ostroga — powłoka	116/83	46,92	0,63	1,31	36,97		0,11	0,21	7,32		6,83

zastosowanej metody. W badanych próbkach stwierdzono również podwyższoną zawartość krzemu (do 2,36%). Wysoki jest również udział manganu (do 1,12%) w materiale ostrogi nr 172/58. Z wykonanych badań wynika, że do wyprodukowania omawianych przedmiotów zastosowano metal stosunkowo niskiej jakości, prawdopodobnie wykorzystano rudę darniową.

Z użytkowego punktu widzenia zastosowany materiał całkowicie spełniał cechy niezbędne do prawidłowego działania ostrogi. W funkcji, jaką spełnia ostroga, nie jest wymagana specjalnie duża wytrzymałość mechaniczna, uzyskanie odpowiednich cech użytkowych możliwe i celowe jest przez operowanie wielkością przekroju jej poszczególnych części. Niska zawartość węgla pozwoliła na zastosowanie stosunkowo prostych zabiegów kowalskich i gwarantowała odporność ostrogi na pęknięcie przy uderzeniach. Stwierdzona zawartość fosforu nie powinna negatywnie wpłynąć na cechy użytkowe.

Oddzielnym zagadnieniem, na które należy zwrócić uwagę, jest wysoka zawartość pierwiastków niskotopliwych: cyny, cynku i ołowiu. Stwierdzona na powierzchni ostrogi nr 32/65 duża zawartość cyny (56,41%) oraz cyna na ostrodze nr 157/83 (tabela 2) świadczą o stosowaniu powłok ozdobnych wykonanych z metali niskotopliwych. Zastosowanie takich materiałów na powłoki ochronne znakomicie wpływa na podwyższenie cech zdobniczych i jednocześnie pozwala na uzyskanie zamierzonego efektu małym kosztem.

Odmienny typ powłoki ozdobnej stwierdzono na ostrodze nr 116/83 (tabela 3). W tym wypadku zastosowano szlachetną powłokę złoto-srebrną (Au = 46,62 i Ag = 36,97%). Wysoki udział srebra spowodował bardzo znaczne rozjaśnienie

powłoki stopowej, w efekcie zbliżonej kolorem do srebra. Stwierdzona w powłoce obecność rtęci (6,83%) wskazuje na zastosowanie w procesie produkcyjnym amalgamacji<sup>2</sup>.

ZDZISŁAW HENSEL

MATERIAL SCIENCE INVESTIGATIONS OF MEDIEVAL SPURS FROM KALISZ

S u m m a r y

In the Central Laboratory of the Institute of Archaeology and Ethnology of the Polish Academy of Sciences a series of material science analyses was undertaken of a series of 26 Medieval spurs in differing states of preservation from Kalisz. The chemical composition of the objects was investigated using X-Ray spectroscopy using a Tesla BS 300 scanning electron microscope and an EDAX PV 9800 spectrometer. Microscopic examination of polished metallographic sections was also carried out. The results of the investigations are presented in Tables 1, 2 and 3. On the basis of these analyses it was determined that all of the spurs were made of low-carbon steel, in most cases with a ferritic structure. Only five of the investigated objects had the structure of an unevenly carbonised steel, and in this group four had a ferritic structure with pearlite in places (Fig. 1). The objects with ferritic structure (Fig. 2) differ in grain size and the degree of homogeneity of the dispersion of the phosphorus. In the investigated series most of the objects contained a relatively high quantity of phosphorus. Only six spurs had no phosphorus or only trace quantities, below the threshold of sensitivity of the instruments. These investigations have shown that the spurs were made of relatively poor quality metal. This material was quite satisfactory from the functional point of view however, in which the phosphorus content would not have had a negative effect.

An additional phenomenon requiring discussion is a high quantity of elements of low melting point (tin, zinc and lead) observed on the surface of spur no. 32/65. The large quantity of tin (56.41%) here and tin on the surface of spur no. 157/83 (Table 2) demonstrates the use of a white metal coating of alloys of low melting point. The use of such material as a protective coating had a very positive effect on the decorative qualities of the object and also allowed the achievement of this aim at relatively small cost.

A different type of decorative coating was determined on spur no. 116/83. In this case a gold-silver coating was observed (Au = 46.62% and Ag = 36.97%). The high quantity of silver caused the alloy coating to have a very light colour, in effect similar to the colour of silver. A high quantity of mercury (6.8%) shows the use of an amalgam (Table 3).

*Translated by Paul M. Barford*

Adres Autora:  
Dr inż. Zdzisław Hensel  
Zakład Nauk Pomocniczych  
Instytut Archeologii i Etnologii PAN  
ul. Długa 24/26  
00-950 Warszawa

<sup>2</sup> Nakładanie powłok metodą amalgamacji polegało na rozpuszczeniu metalu w ciekłej rtęci i następnie powlekanii przedmiotu otrzymanym roztworem. Operacja końcowa polegała na podgrzaniu obiektu w celu odparowania rtęci.

