

Mariusz R. Rychter\*

## Konserwacja i badania specjalistyczne średniowiecznego kordu z Warty

### Conservation and specialist examination of a medieval short sword from Warta

**Słowa kluczowe:** archeologia średniowieczna, konserwacja metali, konserwacja drewna, konserwacja zabytków archeologicznych, analizy metaloznawcze, skład pierwiastkowy, broń średniowieczna, miecz jednosieczny

**Key words:** medieval archaeology, metal conservation, wood conservation, conservation of archaeological artefacts, metalwork analyses, element content, medieval weapon, single-edged sword

W 2010 roku przekazano do Pracowni Konserwacji Zabytków Metalowych Instytutu Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego zabytek długiej, jednosiecznej broni białej, który można zaliczyć do późnośredniowiecznych kordów. Jest on darem Piotra Adamkiewicza dla Muzeum Okręgowego w Sieradzu. Kord odnaleziono podczas prac melioracyjnych na terenie miasta Warta, między klasztorem Bernardynów a rzeką Wartą, na obszarze miejscowych łągów. Obiekt zachował wszystkie elementy miecza jednosiecznego: głownię, rękojeść z drewnianymi okładzinami oraz inkrustowaną głowicę. Wydawał się być jednak w bardzo złym stanie zachowania (ryc. 1).

Kord, pierwotnie o długości 860 mm, obecnie silnie skorodowany, zachował się w dwóch fragmentach. Pierwszy, o długości 710 mm, to rękojeść wraz z dłuższym odcinkiem głowni, drugi, o długości 150 mm, jest fragmentem dolnej partii głowni. Mniejszy element nie został poddany zabiegom konserwatorskim, przeznaczono go do wykonania analiz metaloznawczych. Oprócz silnych warstw korozji występowały również spękania poprzeczne głowni dochodzące nieraz do połowy jej szerokości (ryc. 2). Masa zabytku po konserwacji wynosi 652 g.

Najbardziej charakterystycznym elementem kordu jest głowica o długości 70 mm, grubości 18 mm, zaś jej szerokość waha się od 31 do 51 mm (ryc. 3); boki głowicy są lekko zaoblone. Na jej prawej płaszczyźnie znajduje się inkrustowany stopem miedzi krzyż, którego pionowy element mierzy 36 mm. Krzyż jest asymetryczny, dostosowany do kształtu głowicy – długość prawego ramienia wynosi 13 mm, zaś lewe ramię mierzy 16 mm, o czym świadczy widoczna bruzda w żelaznej głowicy na przedłużeniu tego ramienia. Głębokość inkrustacji wynosi 2 mm. Ponadto ze stopu miedzi wykonano ozdobne wykończenie przymocowane do dolnej części głowicy, w miejscu styku z drewnianymi okładzinami.

In 2010, the Metal Artefacts Conservation Laboratory at the Institute of Archaeology of the Łódź University obtained a new artefact, a long, single-edged cold steel weapon, which was identified as a late-medieval short sword. It was donated by Piotr Adamkiewicz for the Regional Museum in Sieradz. The short sword was found during melioration work in the town of Warta, between the Bernardine monastery and the river Warta, in the local wetlands. The object maintained all the elements of a single-edged sword: the blade, the hilt with wooden insets and incrustated pommel. However, it seemed to be in a very poor state of preservation (fig. 1).

Short sword, originally 860 mm long, presently badly corroded, has been preserved in two fragments. The first, 710 mm long, is the hilt with the longer section of the blade, the other, 150 mm long, is a fragment of the lower part of the blade. The shorter element did not undergo conservation treatment, as it was meant for metalwork analyses. Besides badly corroded layers there were also crosswise cracks in the blade sometimes reaching up to half its width (fig. 2). The artefact after conservation weighs 652 g.

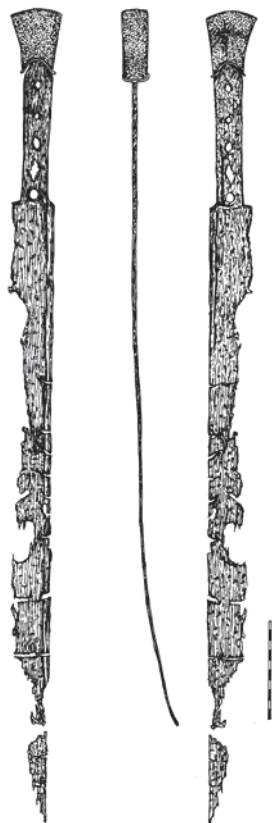
The most characteristic element of the short sword is the pommel 70 mm long, 18 mm thick, with its width between 31 and 51 mm (fig. 3); the sides of the pommel are slightly rounded. On its right surface there is a cross inset with copper alloy, whose vertical element measures 36 mm. The cross is asymmetrical, fitted to the shape of the pommel – its right arm is 13 mm long, while the left arm measures 16 mm, the evidence of which is a groove visible in the iron pommel on the continuation of the arm. The incrustation is 2 mm deep. Moreover, the copper alloy was used to make a decorative finish fixed at the bottom section of the pommel, where it joined the wooden lining.

\* Pracownia Konserwacji Zabytków Metalowych, Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, mariusz.rychter@uni.lodz.pl

\* Metal Artefacts Conservation Laboratory, Institute of Archaeology of the Łódź University, mariusz.rychter@uni.lodz.pl



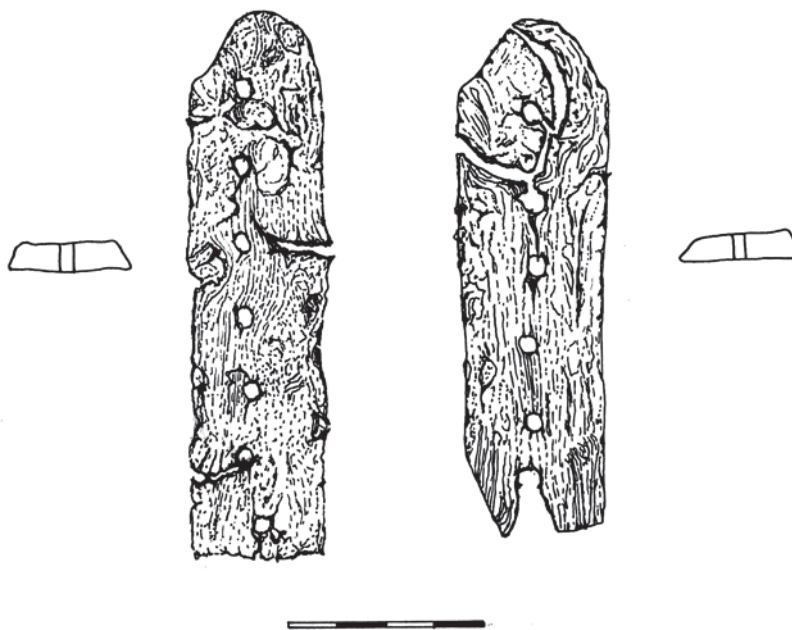
Ryc. 1. Kord przed konserwacją, fot. M.R. Rychter  
 Fig. 1. Short sword before conservation, photo: M.R. Rychter



Ryc. 2. Kord z Warty, rys. M.R. Rychter  
 Fig. 2. Short sword from Warta, drawn by M.R. Rychter



Ryc. 3. Rękojeść kordu przed konserwacją, fot. M.R. Rychter  
 Fig. 3. Sword hilt before conservation, photo: M.R. Rychter



Ryc. 4. Okładziny rękojeści kordu, rys. M.R. Rychter  
 Fig. 4. Lining of the short sword hilt, fig. M.R. Rychter



Ryc. 5. Rękojeść kordu po konserwacji, fot. J. Błaszczuk  
 Fig. 5. Short sword hilt after conservation, photo: J. Błaszczuk



Ryc. 6. Okładzina rękojeści kordu po konserwacji, fot. J. Błaszczuk  
 Fig. 6. Lining on the short sword hilt after conservation, photo: J. Błaszczuk

Rękojeść zachowana była bardzo dobrze i praktycznie nie wymagała poważniejszej ingerencji konserwatorskiej. Najprawdopodobniej było to spowodowane zachowaniem się oryginalnych okładzin z materiału organicznego, co w znaczący sposób osłoniło żelazną rękojeść przed korozją (ryc. 4). Grubość okładzin wynosi 7–9 mm.

Istotnym problemem konserwatorskim był fakt, że drewniane okładziny rękojeści oryginalnie zespolone były z całością miecza za pomocą, jak się wydawało, wykutych z jednego fragmentu metalu trzpieni. Proces konserwacji wymagał rozdzielenia elementów wykonanych z dwóch grup surowców – metalu i drewna, ponieważ sposób ich konserwacji i zabezpieczania jest odmienny. Podjęto decyzję o odspojeniu okładzin od rękojeści. Przystąpiono do próby odpiłowania metalowych trzpieni mocujących okładziny. Okazało się jednak, że do zamocowania drewnianych okładzin użyto zwiniętych spiralnie żelaznych blaszek. Z takim sposobem mocowania okładzin autor artykułu, w swojej ponad dwudziestoletniej praktyce konserwatorskiej, spotkał się po raz pierwszy. Wydaje się, że obok estetyki, główną przyczyną wybrania takiego rozwiązania było to, że stale naprężona blaszka spirali dawała mocniejsze zespolenie okładzin z rękojeścią, niż miałyby to miejsce przy klasycznie użytym trzpieniu czy nawet rurkowatym nicie. Po usunięciu bardzo mocno skorodowanych, dających się zatem łatwo usunąć blaszek, udało się oddzielić okładziny od rękojeści miecza. W trakcie konserwacji zabytku stwierdzono, że skorodowana głównia zachowała jednak swój rdzeń metaliczny, a warstwy korozji nie wniknęły zbyt głęboko w strukturę metalu. Okazało się możliwe usunięcie tlenków żelaza bez uszczerbku dla substancji zabytkowej miecza. Dokonano tego stosując kąpiel zabytku w 1-procentowym roztworze kwasu octowego, a następnie mechanicznie usuwając produkty korozji. Czynnność tę powtarzano kilkakrotnie, ponieważ zastosowano słaby roztwór kwasu octowego ze względu na agresywność jego działania – umożliwiło to kontrolę przebiegu procesu chemicznego, któremu poddano zabytek. Po usunięciu korozji obiekt zanurzono w roztworze kwasu taninowego (*tannic acid*) o stężeniu 0,001%. Z uwagi na fakt, że Pracownia Konserwacji Zabytków Metalowych Instytutu Archeologii UŁ dysponuje ograniczonym zasobem sprzętowym, opisane czynności wykonano na miejscu, zaś dalszy proces konserwacji przeprowadzono w Pracowni Konserwatorskiej Muzeum Archeologicznego w Krakowie<sup>1</sup>. Żelazne elementy miecza pokryto taniną, a następnie poddano działaniu wysokiej temperatury w piecu elektrycznym. Kolejnym etapem konserwacji było zabezpieczenie metalu Paraloidem B44 oraz pokrycie go woskiem mikrokrystalicznym (ryc. 5). Również drewniane okładziny kordu zabezpieczono Paraloidem B44 w komorze próżniowej (ryc. 6).

Przekazanie kordu do Pracowni Konserwacji dało również możliwość wykonania specjalistycznych badań wnoszących wiele cennych informacji na temat zastosowanych materiałów oraz technologii produkcji.

Najpierw określono rodzaj drewna, z którego wykonano okładziny. Było to bardzo zniszczone i mocno zdegradowane drewno liściaste, rozpierzchnaczyniowe, przypuszczalnie brzoza (*Betula*)<sup>2</sup>. Drewno brzozy bardzo dobrze nadaje się do wyrobów snycerskich rzeźbiarskich. Dobrze się barwi, poleruje i polituruje, jest łatwo nasycalne roztworami. Ma odporność na działanie kwasów. Problemem, którego nie udało się już chyba wyjaśnić, ze względu na stan zachowania okładzin, jest zagadnienie, czy były one barwione i czy pokryto je warstwą

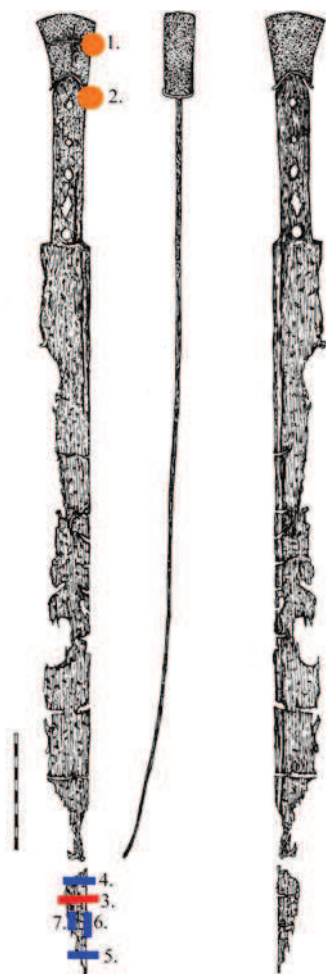
The hilt was very well preserved and practically required no serious conservation treatment. Most probably it was caused by the fact that the original lining from organic material had been preserved, which significantly protected the iron hilt from corrosion (fig. 4). The lining is 7–9 mm thick.

A crucial conservation problem was the fact, that wooden insets in the hilt were originally fixed to the rest of the sword by means of tangs, seemingly made from one metal fragment. Conservation process required separating the elements made from two different raw materials – metal and wood, since methods of their conservation and protection differ. It was decided to disconnect the lining from the hilt. An attempt was made to saw off metal tangs holding the lining. It turned out, however, that wooden lining was fixed with spiral-shaped iron pieces. The author of the article has encountered such a way of fixing lining for the first time, in his more than twenty years of conservation practice. It seems that, apart from the aesthetic aspect, the main reason behind such a solution was the fact that constantly tautened metal piece in the spiral joined the lining and the hilt better than if a classically applied tang or even a pipe-like rivet had been used. After removing badly corroded and therefore easily removable metal pieces, the lining was separated from the sword hilt. During the conservation of the artefact it turned out that the corroded blade preserved its metallic core, and corrosion layers did not penetrate too deep into the metal structure. Thus it was possible to remove iron oxides without damaging the historic substance of the sword. It was done by bathing the artefact in a 1% solution of acetic acid, and then mechanically removing corrosion products. The process was repeated several times since a weak solution of acetic acid was used because of its aggressive effect, which allowed for controlling the chemical process that the artefact was subjected to. After removing the corrosion, the object was immersed in 0,001% solution of tannic acid. Since the Metal Artefacts Conservation Laboratory at the Institute of Archaeology ŁU has a limited range of equipment at their disposal, the described actions were performed there, while the subsequent conservation process was carried out in the Conservation Laboratory of the Archaeological Museum in Krakow<sup>1</sup>. Iron elements of the sword were covered with tannin and then exposed to high temperature in an electric oven. The following stage of conservation was treating the metal with Paraloid B44 and coating it with microcrystalline wax (fig. 5). Wooden lining of the short sword was also treated with Paraloid B44 in a vacuum chamber (fig. 6).

Handing the short sword over to the Conservation Lab offered a possibility of carrying out specialist tests which yielded valuable information concerning the used materials and production technologies.

Firstly, the kind of wood from which the lining had been made was determined. It was badly damaged and degraded wood of a deciduous tree, presumably birch (*Betula*)<sup>2</sup>. Birchwood is suitable for woodcarving and sculpting. It is easy to colour, polish and veneer, as well as to saturate with solutions, but is resistant to acids. The issue which probably cannot be resolved because of the state of preservation of the lining is whether the wooden insets had been coloured, or covered with a protective layer such as veneer, or whether they had been saturated with a protective substance e.g. plant oil or animal fat.

The next question which was examined was the manner of attaching the hilt and the iron pommel. X-ray photos



Ryc. 9. Miejsca pobrania prób na badania metalograficzne  
 Fig. 9. Spot from which samples were taken for metallographic tests



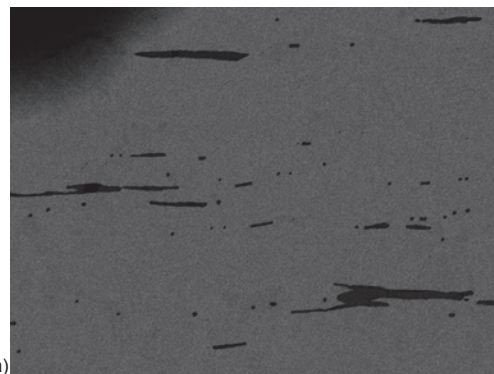
Ryc. 10. Preparat ze szlifem metalograficznym  
 Fig. 10. Preparation with metallographic cut



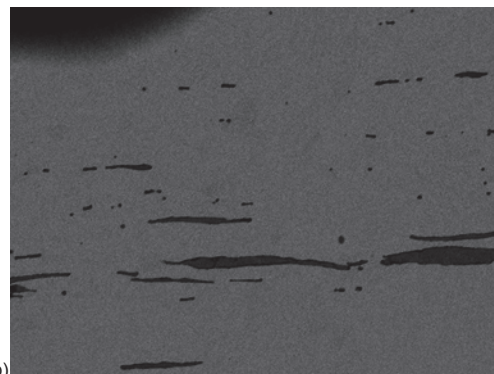
Ryc. 8. Zdjęcie RTG rękojeści kordu ukazujące jego warstwową budowę  
 Fig. 8. X-ray photo of the short sword hilt revealing its layered structure



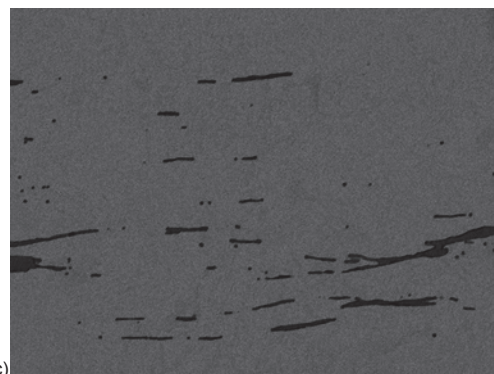
Ryc. 7. Zdjęcie RTG rękojeści kordu z widocznym trzpieniem mocującym  
 Fig. 7. X-ray photo of the short sword hilt with visible fixing tang



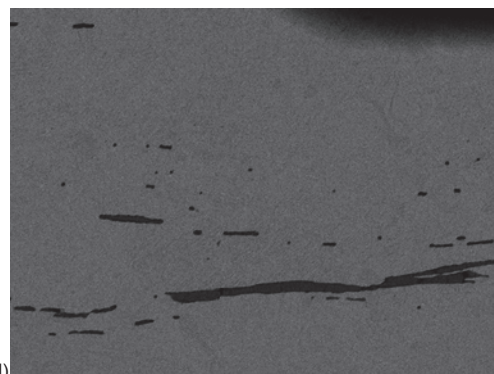
a)



b)

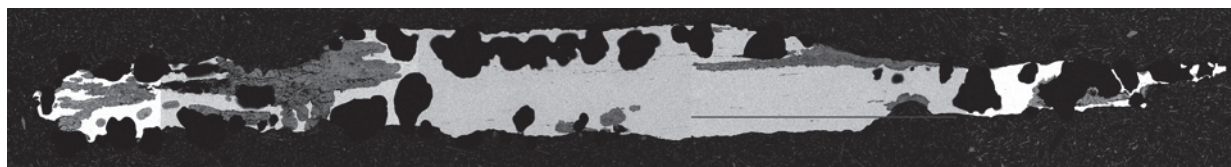


c)



d)

Ryc. 12-15. Zdjęcie fragmentu szlif ukażące jednorodną strukturę ze śladami kucia (a, b, c, d)  
 Fig. 12-15. Photo of a cut fragment showing homogeneous structure with traces of forging (a, b, c, d)



Ryc. 11. Szlif metalograficzny wykonany w poprzek kordu  
 Fig. 11. Metallographic cut made across the short sword

ochronną, na przykład politurą, bądź też może nasyciono je substancją zabezpieczającą, jaką mógł być olej roślinny lub tłuszcz zwierzęcy.

Kolejnym zagadnieniem, jakiemu postanowiono się przyjrzeć, był sposób mocowania rękojeści z żelazną głowicą. Wykonano zdjęcia RTG – wykazały one, że rękojeść zakończona jest trzpieniem o przekroju prostokątnym, który po przejściu przez głowicę został sklepany na zasadzie nitu o średnicy 8 mm, w zagłębieniu wykonanym w zewnętrznej, górnej powierzchni głowicy (ryc. 7). Zdjęcie RTG ujawniło jeszcze inny, ciekawy, szczegół budowy miecza. Okazało się, że głownia w części stanowiącej rękojeść miecza ma budowę warstwową (ryc. 8). Pozwoliło to wysnuć przypuszczenie, iż miecz został wykonany w technologii skuwania blach lub prętów żelaza, podobnie jak ma to miejsce w produkcji mieczy kultur Dalekiego Wschodu (przykładowo japońska *katana*).

Wykonano również szereg badań metaloznawczych, co wiązało się z pobraniem szeregu próbek (ryc. 9).

Najpierw wykonano szlif w poprzek miecza, który miał wyjaśnić, czy faktycznie kord ma budowę warstwową. Ponieważ jest to duża ingerencja w zabytek, ze względu na jego dobro nie można było go wykonać w miejscu, na które wskazywało zdjęcie RTG, czyli w rękojeści miecza, zrobiono go więc na oddzielnym, małym fragmencie głowni (punkt 3 na ryc. 9), w partii końcowej miecza<sup>3</sup>. Odcięto wąski kawałek metalu i przygotowano preparat (ryc. 10), zatapiając odcięty fragment w żywicy. Powstały w ten sposób szlif (ryc. 11) poddano badaniom. Wykazały one, że badany fragment metalu wykonano z jednego rdzenia, nie zaś z kilku skutykch ze sobą warstw. Wskazują na to zdjęcia wykonane pod mikroskopem (ryc. 12–15), na których widoczna jest jednorodna struktura metalu, poprzecinana ciemniejszymi, równoległymi elementami prawdopodobnie żuźla, odzwierciedlającymi proces technologiczny, jakim było wykuwanie zabytku.

Wykonany szlif dał również możliwość precyzyjnego określenia zawartości pierwiastków składowych występujących w metalu na obszarze udostępnionym metodą badawczą<sup>4</sup>. Do tego celu wybrano fragment metalu, w którego strukturze zaobserwowano wyraźną inkluzję z pierwiastków odmiennych od żelaza układającą się zgodnie z technologią kucia miecza, a więc o kształcie bardzo wydłużonej soczewki (ryc. 16).

Badana próbka ukazała różną zawartość pierwiastków składowych metalu (ryc. 17). W analizowanym fragmencie metalu wystąpiła słaba zawartość atomów węgla (C) równomiernie rozmieszczonych w polu badawczym. Zagęszczenie atomów węgla widoczne w lewym, górnym rogu pochodzi od żywicy, w której zatopiono preparat<sup>5</sup>. Atomy tlenu (O) również rozmieszczone są w miarę równomiernie. Jednakże występuje wyraźna ich koncentracja w miejscu, które określono jako inkluzję w jednorodnej strukturze występującej nieco poniżej środka pola badawczego. Podobna koncentracja występuje również w przypadku atomów aluminium (Al), krzemu (Si), potasu (K) i wapnia (Ca). W miejscu, gdzie występuje koncentracja wymienionych wyżej pierwiastków, brak jest praktycznie atomów żelaza (Fe). Badania ujawniły, że powyższe zanieczyszczenia żelaza układają się w schemat odzwierciedlający technologię wykonania, a więc wykuwania miecza. Opisane zanieczyszczenia nie były widoczne podczas wcześniej wykonanego badania powierzchni zabytku za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego, w dwóch punktach obiektu (punkty 6, 7 na ryc. 9). Badanie metodą mikroskopową wykazało istnienie tylko trzech pierwiastków: żelaza, tlenu i węgla (ryc. 18, 19).

revealed that the hilt ended in a tang, rectangular in diameter, which after passing through the pommel was hammered like an 8-mm-diameter rivet, in a groove made in the outer upper surface of the pommel (fig. 7). The X-ray photo showed yet another interesting detail of the sword structure. It turned out that the blade in the section constituting the sword hilt has got a layered structure (fig. 8). That allowed for making an assumption, that the sword was made using the technology of working iron sheets or rods, similarly as in the case of swords produced by the Far East cultures (for instance Japanese *katana*).

Several metalwork tests were also carried out, which was connected with the need to take several samples (fig. 9).

Firstly, a cut across the sword was made, which was to clarify whether the short sword really had a layered structure. Since it was a serious interference with the artefact, for its safety it could not be performed in the place indicated by the X-ray photo, i.e. the sword hilt, therefore it was carried out on a separate small fragment of the blade (point 3 in fig. 9) from the end section of the sword<sup>3</sup>. A narrow strip of the sword was cut off, from which a preparation was made (fig. 10) by immersing the severed fragment in resin. The cut obtained in this way (fig. 11) was then examined. It showed that the examined metal fragment was made from one core, and not from several layers hammered together. It is shown in the photographs made with a microscope (fig. 12–15), in which homogeneous structure of metal is visible, interspersed with darker parallel elements, possibly slag, reflecting the technological process of manufacturing the artefact.

The obtained cut made it also possible to precisely determine the content of elements occurring in metal in the area made available by the research method<sup>4</sup>. For this purpose a fragment of metal was selected, in whose structure a distinct inclusion of elements other than iron was observed formed in accordance with the technology of sword making, i.e. in the shape of an elongated lens (fig. 16).

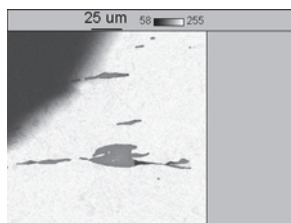
The examined sample yielded a diverse content of elements in metal (fig. 17). The analysed fragment of metal contained rare atoms of carbon (C) evenly distributed in the examined area. Greater density of carbon particles visible in the top left corner comes from the resin in which the preparation was embedded<sup>5</sup>. Atoms of oxygen (O) are also relatively evenly spaced. However, their distinct concentration occurs in the place defined as the inclusion in the homogeneous structure, appearing slightly below the centre of the examined area. A similar concentration occurs also in the case of atoms of aluminum (Al), silicon (Si), potassium (K) and calcium (Ca). In the spot where the above mentioned element are concentrated, there are practically no iron particles (Fe). Research has revealed, that the above contamination of iron show an arrangement reflecting the technology of manufacturing, i.e. forging the sword. The described contamination was not revealed during the previously carried out examination of the artefact surface with a scanning electron microscope, in two points of the object (points 6, 7 in fig. 9). Examination with the microscope showed the existence of only three elements: iron, oxygen and carbon (fig. 18, 19), which proves that it is sometimes necessary to apply such an invasive research method as slicing through an artefact in order to precisely define its structure.

The metal fragment was also analysed in infrared to determine the content of carbon in iron<sup>6</sup>. Four cuts were made (points 4, 5, 6, 7 in fig. 9) from the sword blade, from which six

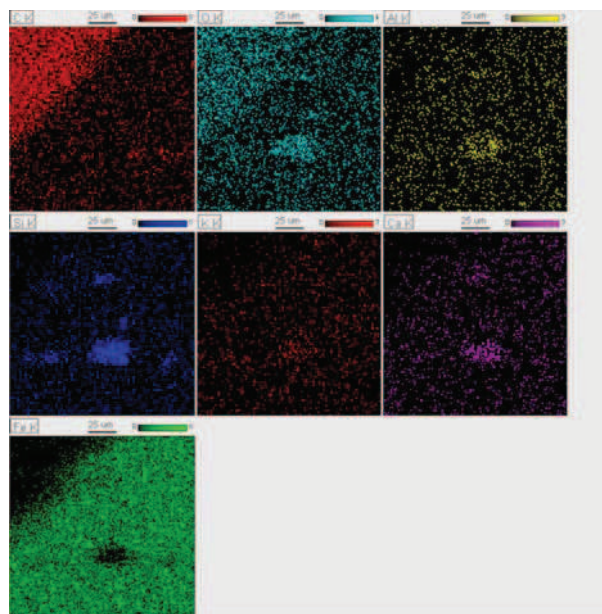
Dowodzi to, iż niekiedy występuje konieczność sięgania po tak inwazyjną metodę badawczą, jaką jest przecięcie zabytku w poprzek, aby móc precyzyjnie określić jego strukturę.

Wykonano również analizę fragmentu metalu w podczernieniu na zawartość węgla w żelazie<sup>6</sup>. Wykonano cztery szlify (punkty 4, 5, 6, 7 na ryc. 9) z głowni miecza, z których uzyskano sześć wyników badawczych. W punkcie 4 (w szerszej części głowni) otrzymano 0,656 i 0,656% zawartości węgla. W punkcie 5 (węższa część miecza) wynik wynosił 0,832% oraz 0,836%. W punkcie 6 (na grzbiecie głowni) 1,03%, natomiast w punkcie

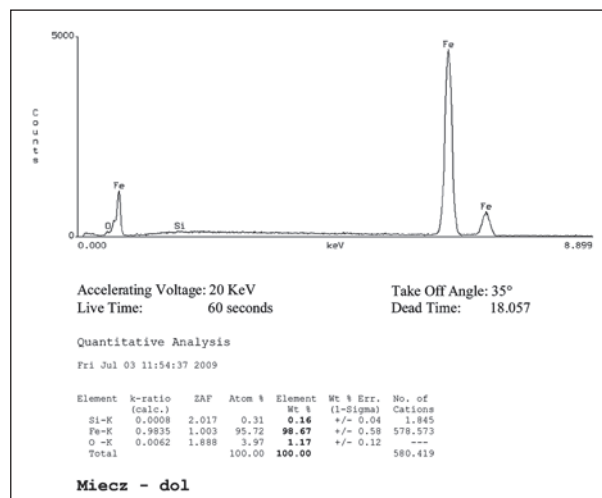
research results were obtained. In point 4 (in the wider section of the blade) 0.656 and 0.656% carbon content was obtained. In point 5 (narrower part of the sword) the result was 0.832% and 0.836%. In point 6 (the blade spine) it was 1.03%, while in point 7 (sword edge) 0.98%. Analysing the measurement results it can be observed that the carbon content in iron varies, which implies that the examined fragment must have been hardened by carburising its surface. In case of introducing carbon into steel directly in the metallurgic process, the carbon content in the whole cross-section would have been similar.



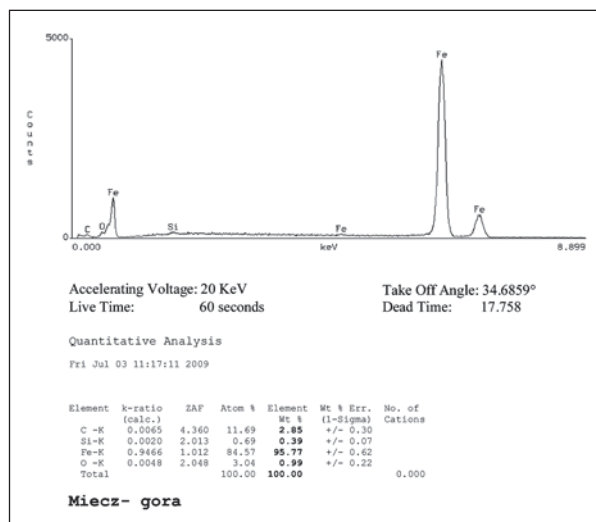
Ryc. 16. Fragment szlify wybrany na badania składu pierwiastków  
Fig. 16. Selected fragment of the cut for tests of element content



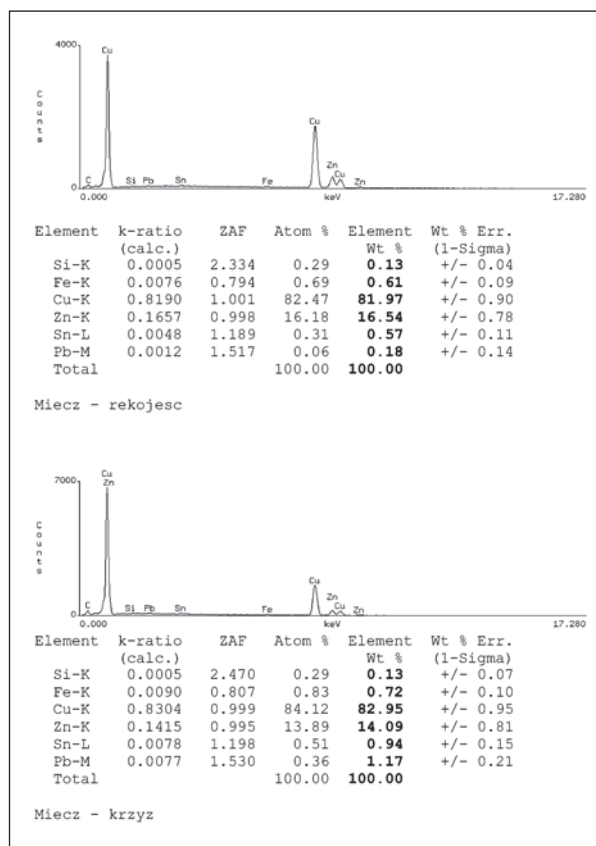
Ryc. 17. Skład pierwiastkowy badanego pola szlify  
Fig. 17. Element content of the examined cut area



Ryc. 18. Skład pierwiastkowy określony bez szlify – góra kordu  
Fig. 18. Element content made without the cut – top of short sword



Ryc. 19. Skład pierwiastkowy określony bez szlify – dół kordu  
Fig. 19. Element content made without the cut – bottom of short sword



Ryc. 20. skład pierwiastkowy prób pobranych z elementów ozdobnych: krzyża i osłony na okładziny drewniane  
Fig. 20. Element content of samples taken from decorative elements: cross and guard for wooden lining

7 (ostrze miecza) 0,98%. Analizując wyniki pomiaru można stwierdzić, że występuje zróżnicowanie zawartości węgla w żelazie, co sugeruje, że najprawdopodobniej badany fragment został utwardzony poprzez nawęglenie powierzchni. W przypadku wprowadzenia węgla do stali bezpośrednio w procesie metalurgicznym, stężenie węgla w całym przekroju byłoby podobne.

Nie należy zapominać o części miecza wykonanej z żelaza, która nie została poddana specjalistycznym badaniom (np. przez wykonanie szlif) ze względu na dobro zabytku, który zostałby w ten sposób znacznie uszkodzony. Mowa tutaj o główicy rękojeści miecza z inkrustacją ze stopu miedzi w kształcie krzyża. Sposób wykonania główicy nie jest znany, zapewne także została wykuta, jednak nie był to tak intensywny proces, jak przy wykonywaniu główki. Po procesie kucia główki uzyskiwała strukturę włóknistą, natomiast wspomniana główka ma strukturę jednolitą i podczas procesu korozji wytworzyły się na niej mikroskopijne koliste wżery.

Zbadano również elementy ozdobne miecza wykonane ze stopów miedzi pod kątem składu pierwiastkowego. Pobrano małe próbki metalu z krzyża (punkt 1 na ryc. 9) a także z dekoracyjnego elementu przymocowanego do dolnej części główki, na granicy z drewnianymi okładzinami miecza (punkt 2 na ryc. 9). Okazało się, że metalem użytym do wyrobu tych detali był mosiądz (ryc. 20). W przypadku krzyża mosiądz był zanieczyszczony ołowiem. Natomiast osłonę wykonano z mosiądzu bez żadnej domieszki. Być może powodem było to, że oba fragmenty nie zostały wykonane z metalu pochodzącego „z jednego tygla”. Nie mamy jednak pewności co do tego, ponieważ metoda badawcza zastosowana do analizy jest precyzyjna jedynie w odniesieniu do określonego obszaru próby. Nie daje wglądu w skład pierwiastkowy całości, który można określić np. za pomocą analizy rentgenowskiej. Być może tylko w badanym fragmencie mogło wystąpić zanieczyszczenie ołowiem, co nie jest wykluczone, ponieważ ołów, jak i wiele innych pierwiastków, zwłaszcza srebro, jest naturalną częścią składową rud miedzi.

One should not forget the part of the sword made from iron, which was not subjected to specialist examination (e.g. by making a cut) for the safety of the artefact which would have been seriously damaged. We mean here the pommel of the sword hilt with its incrustation from a copper alloy in the shape of a cross. The manner of manufacturing the pommel is not known, it might have been forged, though it was not as intensive a process as in the case of manufacturing the blade. After the forging process the blade obtained a fibrous structure, while the already mentioned pommel has a homogeneous structure and microscopic circular pits appeared in it as a result of the corrosive process.

Decorative elements of the sword made from copper alloys were also examined concerning their element content. Small samples were taken from the metal of the cross (point 1 in fig. 9), as well as the decorative element fixed to the lower section of the pommel, where it joined the wooden lining of the sword (point 2 in fig. 9). It appeared that brass was the metal used for manufacturing those details (fig. 20). In the case of the cross, brass was contaminated with lead, while the guard was made from brass without any additions. It might have been caused by the fact that both fragments were not made from metal “from one melting pot”. However, we cannot be certain of it, since the research method applied for the analysis is precise only for a concrete given examined area. It offers no insight into the element content of the whole, which could be determined by e.g. X-ray analysis. The lead contamination might have occurred only within the examined fragment, which cannot be ruled out, since lead and many other elements, especially silver, are natural ingredients in copper ore.

<sup>1</sup> Serdecznie dziękuję Dyrekcji Muzeum Archeologicznego w Krakowie, a w szczególności szefowi konserwatorów Panu Andrzejowi Dydze za pomoc w konserwacji miecza.

<sup>2</sup> Gatunek drewna określiła Pani Maria Michniewicz, za co jej serdecznie dziękuję.

<sup>3</sup> Badania szlifów opracował prof. dr hab. Leszek Klimek z Instytutu Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej.

<sup>4</sup> Wszystkie analizy, w tym również badanie składu pierwiastkowego, wykonano elektronowym mikroskopem skaningowym S 3000 N

firmy Hitachi będącym na wyposażeniu Instytutu Inżynierii Materiałowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej.

<sup>5</sup> Lewy, górny róg widocznego pola badawczego jest fragmentem żywicy, w której zatopiono preparat, co wyklucza ten obszar z analiz podstawowych dla preparatu.

<sup>6</sup> Badanie wykonał dr inż. Konrad Dybowski z Zakładu Badań Materiałów Instytutu Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej.

## Streszczenie

Artykuł opisuje konserwację i specjalistyczne badania metalograficzne XV-wiecznego kordu przypadkowo odkrytego w mieście Warta w woj. łódzkim. O wyjątkowości znaleziska świadczy fakt zachowania się drewnianych okładzin rękojeści. Unikalny charakter ma również dekoracja główki miecza w postaci asymetrycznego krzyża z mosiądzu. Opisano proces konserwacji elementów drewnianych i metalowych, a także badania składu pierwiastkowego oraz szlify metaloznawcze.

## Abstract

The article describes the conservation and specialist metallographic examination of the 15<sup>th</sup>-century short sword accidentally discovered in the town of Warta, Łódź Voivodeship. The unique character of the find is reflected by the fact that the wooden insets on the hilt have been preserved. Decoration of the sword pommel in the shape of an asymmetrical cross made of brass is also unique. The process of conservation of wooden and metal elements has been described, as well as the examination of the element content and metalwork cuts.