

RENATA KARSKA

Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki,  
Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie

### *Współczesne metody badań stosowane w konserwacji historycznej broni czarnoprochowej*

#### **Przedstawienie dostępnych metod badawczych wraz z ich aplikacją na wybranych obiektach muzealnych<sup>1</sup>**

##### ABSTRACT

*Modern research methods used in conservation of historical black powder weapon Presentation of available research methods along with their application to selected museum exhibits*

The article outlines preliminary methods of research used in conservation of black-powder weapon. The research which have been carried out are presented along with the discussion of their characteristics and the results obtained. The scope of research was very wide and concerned the technological structures of wooden and metal elements and the state of their preservation. Despite the very wide scope of issues discussed, the suggested methods of research is not exhaustive. Continuation of research work is envisaged. However, the results obtained can be successfully applied not only to black-powder weapon, but also to metal artistic craftwork in general.

**Keywords:** metal conservation, conservation of fire arms, weapon conservation, weapon research methodology, tomography of barrel, X-ray of barrel, metal-science studies

**Słowa kluczowe:** konserwacja metalu, konserwacja broni palnej, konserwacja broni, metodologia badań broni, tomografia lufy, rentgen lufy, badania metaloznawcze

---

<sup>1</sup> Metodę badań broni czarnoprochowej autorka opracowała w ramach pracy magisterskiej wykonanej na Wydziale Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP w Krakowie w 2012 r. Tytuł pracy: *Wybrane zagadnienia konserwacji i restauracji historycznej broni czarnoprochowej na przykładzie arkebuz z zamkiem kołowym (XVII/ XVIII wiek) ze zbiorów Muzeum Narodowego w Krakowie*, promotor: dr Roman Kieferling.

Charakterystyczna budowa broni, technika i technologia produkcji oraz pierwotna jej funkcja wymaga nieszablonowego ujęcia zagadnień związanych z konserwacją i restauracją tego typu obiektów. Wypracowane dotąd metody badawcze w dziedzinie konserwacji dzieł sztuki wymagają przeglądu w celu dostosowania ich do potrzeb konserwacji zabytkowej broni. Celem prac konserwatorskich powinno być nie tylko przywrócenie walorów estetycznych oraz powstrzymanie dalszych procesów destrukcji, lecz także, o ile to możliwe, dostosowanie metod do specyfiki konstrukcji broni, w szczególności budowy technologicznej jej mechanizmów. Praca nad bronią palną powinna być więc wypadkową wiedzy i umiejętności zarówno konserwatora dzieł sztuki, jak i rusznikarza.

## **Czym jest historyczna broń czarnoprochowa?**

Broń czarnoprochowa jest rodzajem broni palnej, w której substancją miotającą pocisk jest proch czarny<sup>2</sup>. To broń rozdzielnego ładowania, gdzie pocisk (zazwyczaj ołowiana kula) i proch nie były scalone, ładowane przeważnie odprzodowo: osobno proch i kula. Pojawienie się broni palnej na ówczesnym polu bitwy zrewolucjonizowało cały system prowadzenia wojen. To jeden z istotniejszych wynalazków ludzkości, który zmienił bieg historii. Zamykając historię broni czarnoprochowej w ramy, w celu sprecyzowania datowania obiektów poddawanych zabiegom konserwatorskim, będących przedmiotem niniejszego opracowania, przyjmujemy okres od XV do XIX wieku. W tym czasie pojawiło się wiele odmian broni, rodzajów mechanizmów, konstrukcja ewoluowała w celu ułatwienia obsługi broni oraz zwiększenia jej szybkostrzelności.

## **Metodyka badań – założenia**

Pierwszy element to podstawowe badania mikro- i makroskopowe przeprowadzone w celu rozpoznania zmian zachodzących na powierzchni obiektu zabytkowego i uzyskania informacji o jego technice oraz technologii. Ocena taka jednak nosi piętno subiektywizmu oraz dostarcza za mało informacji o obiekcie, nie pozwalając na wniknięcie w głąb jego struktury. Zadaniem dostępnych współcześnie metod jest rozpoznanie składu oraz wewnętrznej budowy materiałów z określeniem ich stanu zachowania, co umożliwia bardziej trafny dobór metod konserwatorskich. Współcześnie dysponujemy całym arsenałem analiz chemicznych, fizycznych oraz fizykochemicznych. Jednak dobór odpowiednich metod dyktowany jest dokładnością oraz obiektywnością badań. W warunkiem najważniejszym i eliminującym wiele dostępnych środków jest jak najmniejsza inwazyjność badania w substancję zabytkową z wykorzystaniem przede wszystkim niszczących metod badawczych.

Konserwacja historycznej broni palnej jest związana z konserwacją dwóch podstawowych materiałów: drewna i metalu, a zwłaszcza żelaza. W dużej mierze zachowane eg-

---

<sup>2</sup> Proch czarny to mieszanina węgla drzewnego, siarki i saletry o różnej granulacji. Wynaleziony prawdopodobnie w Chinach w III w. p.n.e. (?).



Il. 1. Zdjęcie w podczerwieni, widok od strony prawej. Kolba arkebuz, nr inw. MNK V. 2344. Fot. P. Frączek

zemplarze to broń paradna, ceremonialna, myśliwska, która będąc bronią przede wszystkim luksusową, była bogato zdobiona. Stąd problematyka konserwatorska rozszerza się o kolejne materiały stosowane w technikach zdobniczych drewna i metalu, takich jak: niello, damaskinaż, złocenie, filigran, kameryzowanie, inkrustacja czy intarsja. Poziom zdobień oraz ich walory estetyczne klasyfikują, bez wątpienia, zabytkowe egzemplarze broni jako dzieła sztuki. Z uwagi na zróżnicowanie materiałów oraz interdyscyplinarność problemów konserwacja broni jest zagadnieniem trudnym, bardzo szerokim i wymagającym pozyskania różnorodnej wiedzy na temat konserwowanych obiektów.

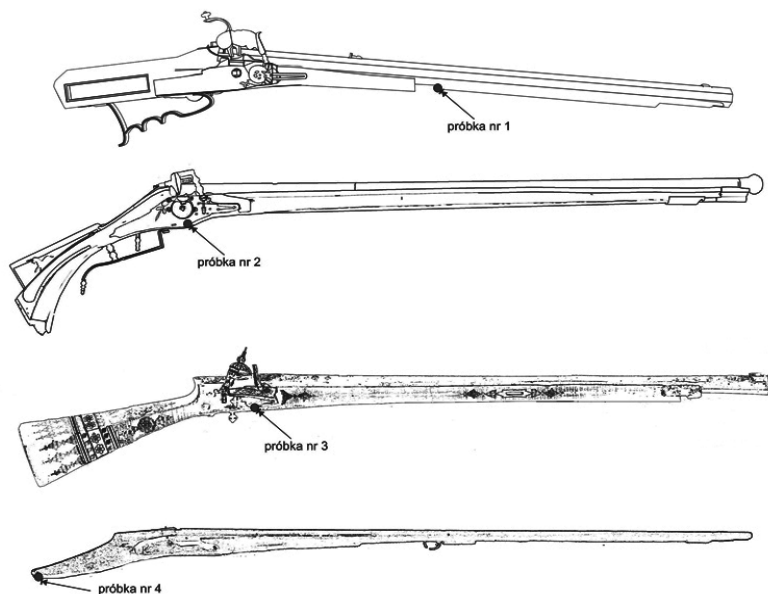
W niniejszym opracowaniu podjęto próbę przedstawienia metodyki badań nad zabytkową bronią palną. Poszczególne analizy i metody zostały przeprowadzone na obiektach muzealnych ze Zbiorów Muzeum Narodowego w Krakowie<sup>3</sup>. Badania przeprowadzono w Laboratorium Analiz i Nieniszczących Badań Obiektów Zabytkowych Muzeum Narodowego w Krakowie (LANBOZ), Instytucie Odlewnictwa w Krakowie, na Wydziale Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie oraz w Katedrze Mikrobiologii, Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

## Omówienie badań

### *Zdjęcia w świetle IR oraz luminescencja wywołana UV*

Pierwszym badaniem wykonanym na obiektach były fotografie w świetle widzialnym, podczerwonym oraz luminescencji wywołanej ultrafioletem. Badania te miały na

<sup>3</sup> Obiekty będące przedmiotem badań: strzelba z zamkiem kołowym, 1600 r., pochodzenie Augsburg, nr inw. MNK V. 1393; arkebuz z wewnętrznym zamkiem kołowym, Niemcy, XVII/ XVIII w., nr inw. MNK V. 2344; strzelba typu šišana, Turcja, XVIII/XIX w., nr inw. MNK V. 1462; strzelba, Tunis lub Algier, XVIII/XIX w., nr inw. MNK V. W. 309.



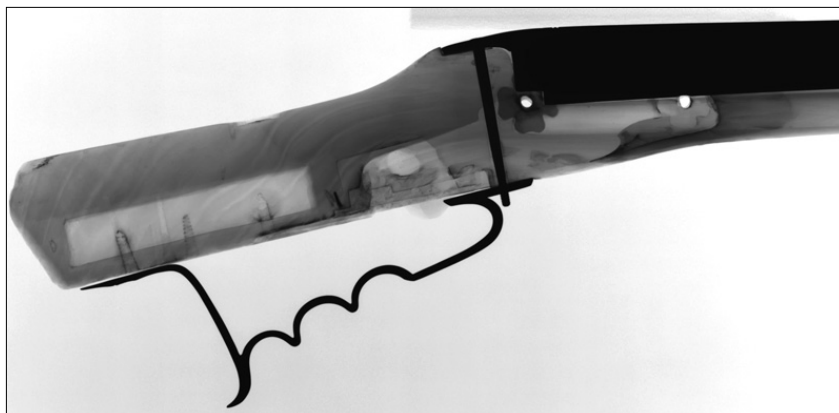
Il. 2. Schematyczne rysunki broni z oznaczeniem miejsc pobrania próbek drewna do badań. Wyniki analizy: 1. Arkebuz, nr inw. MNK V. 2344. Drewno: orzech. 2. Strzelba z zamkiem kołowym, nr inw. MNK V. 1393. Drewno: grusza. 3. Strzelba turecka, nr inw. MNK V. 1462. Drewno: klon. 4. Strzelba Tunis lub Algier, nr inw. MNK V. W. 309. Drewno: budowa strukturalna zbliżona do drewna orzechowego. Rys. R. Karska

celu dokumentację obiektów przed przystąpieniem do dalszych zabiegów konserwatorskich oraz zapoznanie się ze stanem zachowania ich powierzchni. Zdjęcia te zostały wykonane w Laboratorium Analiz i Nieniszczących Badań Obiektów Zabytkowych Muzeum Narodowego w Krakowie<sup>4</sup>.

Fotografie zrobiono w świetle podczerwonym w zakresie podczerwieni bliskiej. Do badania użyto aparatu Sony Cyber Shot DSC F828, zastosowano filtr czarny o zakresie 1000 nanometrów. Do oświetlenia użyto lamp halogenowych o mocy 500 W. W przypadku badanych obiektów uczytelnione zostały zdobienia kolby oraz elementów metalowych. Uwidoczniono również przebieg słoików elementów drewnianych, w tym niewidoczne gołym okiem usłojenie oklein hebanowych w strzelbie z 1600 roku. Badanie to jednak nie niosło z sobą zbyt istotnych informacji.

Zdjęcia luminescencji wywołanej UV zostały wykonane aparatem cyfrowym Canon 40D. Na otrzymanych fotografiach uwidoczniono miejsca sklejeń drewna (jasne niebieskie linie), szelak wykorzystywany do wykonania politory (żółto-brązowy) oraz werniks pokrywający elementy metalowe (bladzielony). Ponadto widoczne były smugi i kierunek pokrycia werniksem powierzchni, jak i miejsca pozbawione werniksu. Zdjęcia fluorescencji wywołanej UV dostarczyły istotnych informacji przydatnych w następnych etapach pracy. Pozwoliły również dokładniej określić stan zachowania obiektów oraz wskazać późniejsze ingerencje.

<sup>4</sup> Zdjęcia wykonał mgr Piotr Frączek.



Il. 3. Rentgenogram kolby arkebuz z zamkiem kołowym, nr inw. MNK V. 2344. Widok z boku. Fot. P. Frączek

### *Określenie gatunków drewna*

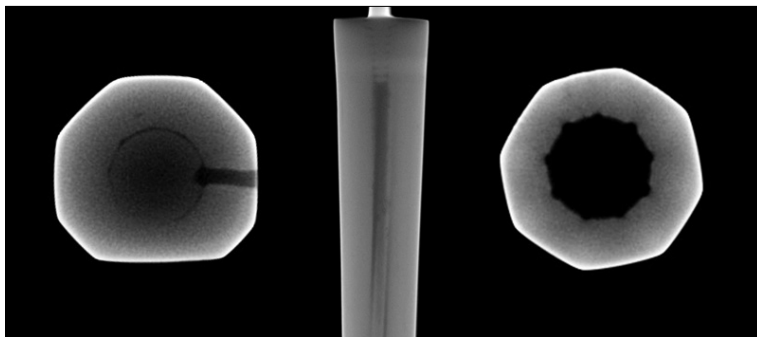
Jednym z podstawowych badań było określenie gatunków drewna, z jakiego zostały wykonane kolby i łoża broni czarnoprochowej. Badanie to miało znaczenie z uwagi na rozpoznanie techniki i technologii wykonania osady, jak i umożliwiło prawidłowe skonstruowanie programu konserwatorskiego. Zostało wykonane w Laboratorium Materiałoznawstwa na Wydziale Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP w Krakowie i polegało na obserwacji mikroskopowej przekrojów drewna, a następnie ich analizie<sup>5</sup>.

### *Badania mikrobiologiczne*

Istotnym badaniem elementów drewnianych broni jest określenie zagrożenia mykologicznego. Badanie to wykonuje się w przypadku złego stanu zachowania elementów drewnianych, gdzie podejrzewamy aktywność mikroorganizmów. Kolba drewniana jednego z badanych obiektów miała znacząco zmniejszony ciężar właściwy w stosunku do zdrowego drewna tego gatunku. Podjęto zatem decyzję o przeprowadzeniu badania mikrobiologicznego. Zostało ono wykonane w Katedrze Mikrobiologii Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie<sup>6</sup>. Wykonano badanie mikrobiologiczne pod kątem występowania w elementach drewnianych mikrogrzybów z klasy *Micromycetes*. Do badania wykorzystano wybiórcze podłoża dla grzybów: Agar brzezkowy i Agar Czapek'a. Na badanym fragmencie kolby rozpoznano występowanie

<sup>5</sup> Badania wykonał mgr Jan Ptak.

<sup>6</sup> Badania przeprowadził prof. zw. dr hab. Wiesław Barabasz, kierownik Katedry Mikrobiologii Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.



Il. 4. Od lewej: tomogram ukazujący przekrój poprzeczny komory dennej lufy na wysokości otworu zapalowego; tomogram ilustrujący przekrój lufy w płaszczyźnie czołowej; przekrój poprzeczny kilka centymetrów od ogona lufy. Wyk. A. Tchórz

nielicznych grzybów pleśniowych należących do gatunków: *Rhizopus nigricans*, *Chaetomium globosum*, *Verticillium cellulosae*.

W badanej próbce grzyby nie były już aktywne, jednak wynik badań przybliżył historię obiektu oraz warunki jego przechowywania. Pozwolił również podjąć konieczne kroki: dezynfekcję kolby w celu wyeliminowania ewentualnego zagrożenia. W związku z zaistniałym zagrożeniem mykologicznym konieczne jest zachowanie odpowiednich warunków przechowywania badanego obiektu (stała i niska wilgotność powietrza), tak aby aktywność mikroorganizmów nie została ponownie pobudzona.

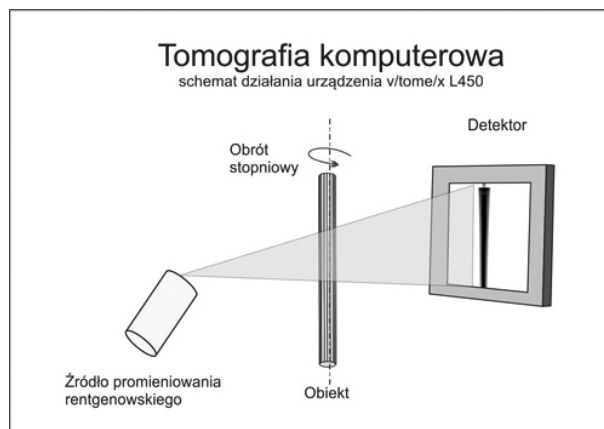
### Zdjęcia rentgenowskie

W celu obserwacji wewnętrznej struktury badanych obiektów podjęto decyzję o wykonaniu zdjęć rentgenowskich. Z uwagi na słabą moc lampy rentgenowskiej założeniem badania wykonanego w LANBOZIE było poznanie struktury jedynie elementów drewnianych broni. Zdjęcia wykonane przy użyciu systemu radiografii cyfrowej Dix-Ray (czas naświetlania 80 miliamperosekund, moc lampy 100 kV) uwiaryściły ułożenie w kolbie elementów mocujących zamek oraz lufę, średnicę otworów i ich głębokość, ponadto wielkość i ułożenie otworów po śrubach. Uwypukliło się również usłojenie drewna. Pozyskano w ten sposób bardzo ważne informacje potrzebne w przypadku planowanej rekonstrukcji.

### Tomografia komputerowa – urządzenie v/tome/x L 450

Do rozpoznania wewnętrznej budowy elementów metalowych broni wykorzystano techniczny tomograf komputerowy. Badanie zostało wykonane w krakowskim Instytucie Odlewnictwa<sup>7</sup> na specjalistycznym urządzeniu v/tome/x L 450, które przeznaczone jest do badań materiałów metalowych, kompozytowych, ceramicznych, spiekanych

<sup>7</sup> Badanie wykonał mgr inż. Adam Tchórz.



Il. 5. Schemat przedstawiający działanie urządzenia v/tome/x L450. Rys. R. Karska (według A. Tchórz, Instytut Odlewnictwa, Kraków)

oraz tworzyw sztucznych. Badaniu poddano komorę prochową tureckiej broni czarno-prochowej. Obiekt był naświetlany wiązką stożkową za pomocą lampy rentgenowskiej zamkniętej o napięciu 450 kV. Wynikiem badania był przestrzenny skanogram badanego fragmentu lufy oraz seria tomogramów w płaszczyźnie czołowej, strzałkowej i poprzecznej. Na podstawie otrzymanych wyników został stworzony model trójwymiarowy. Właśnie ten model przedstawiony w formie przekroju wzdłuż dłuższej osi lufy pokazuje wnętrze komory dennej. Widoczny jest gwint i jego skok oraz stan zachowania wewnętrznej powierzchni przewodu lufy. Widoczne są również niedoskonałości wewnętrznej powierzchni przewodu lufy. Badanie to jest idealną metodą rozpoznania struktury metalowych obiektów, jego największą wadę stanowi ograniczona dostępność i koszt badania.

### *Endoskop*

Idealnym urządzeniem, tanim i dostępnym, pozwalającym zaglądnąć do wnętrza lufy jest endoskop techniczny. Endoskop to rodzaj wziernika posiadający własne źródło światła, przesyłający obraz za pomocą systemu soczewek.

Badanie wykonano w Pracowni Konserwacji Rzeźby Kamiennej, Stiuku i Ceramiki, Wydziału Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki ASP Kraków. Do badania użyto kamery inspekcyjnej firmy Milwaukee. Badanie polegało na wprowadzeniu przewodu z wziernikiem do wnętrza lufy. Urządzenie umożliwiło zarówno wykonanie zdjęć wnętrza, jak i nakręcenie filmu. Pozwoliło to zaobserwować kształt gwintu, jego skok oraz stan zachowania wnętrza. Uczytelniono zgrubienia na wewnętrznej ścianie lufy będące wynikiem montażu bączków mocujących lufę do łoża. Komora denna najbardziej narażona na czynniki niszczące (w komorze dennej następuje wybuch prochu) posiadała po-



Il. 6. Trójwymiarowy model części dennej lufy (strzelba typu šišana, Turcja, XVIII/XIX wiek, nr inw. MNK V. 1462) uzyskany na podstawie tomogramów. Od lewej: widok zewnętrzny, następnie przekrój w płaszczyźnie stycznej przewodu lufy. Wyk. A. Tchórz

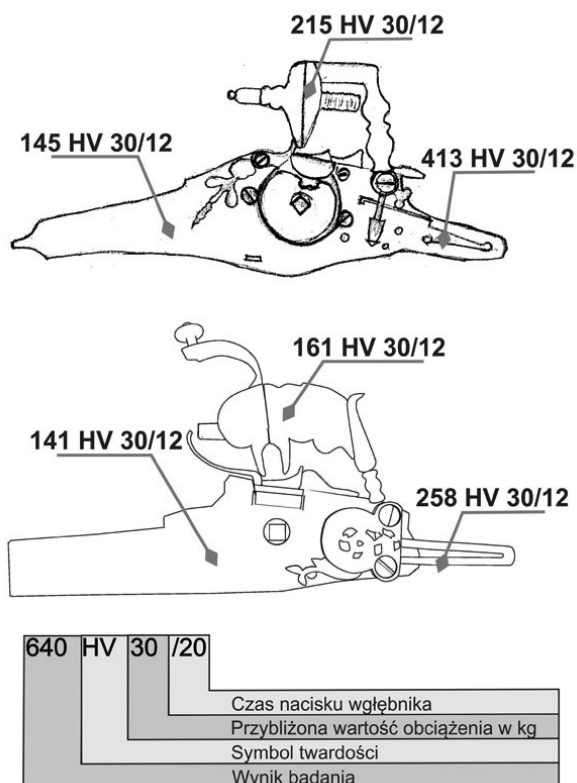
zostałości nagaru<sup>8</sup>. Na wewnętrznej części gwintu zauważono aktywną korozję widoczną w postaci brunatno-czerwonych zmian kolorystycznych. Badanie to pozwoliło trafnie zdiagnozować stan zachowania przewodu lufy oraz rozpoznać rodzaj i skok gwintu. Niewątpliwą zaletą tego badania jest jego dostępność i niski koszt. A zatem, z uwagi na liczbę możliwych do pozyskania informacji, powinno być jednym z podstawowych badań zabytkowej broni czarnoprochowej.

#### *Pomiar twardości metalu sposobem Vickersa*

Twardość jest właściwością ciał stałych określającą ich odporność na działanie sił punktowych. Przy wyborze odpowiedniej metody do pomiaru twardości obiektów metalowych będących przedmiotem niniejszej pracy istotne było zwrócenie uwagi na inwazyjność badania. Należało pamiętać, iż są to obiekty zabytkowe i niedopuszczalne jest niszczenie powierzchni metalowej. Wybrano do pomiaru twardości metodę Vickersa,

<sup>8</sup> Nagar to osad gromadzący się m.in. w przewodzie lufy, powstaje jako produkt uboczny w trakcie spalania prochu czarnego.





Il. 7. Wyniki pomiarów twardości metodą Vickersa wraz z oznaczeniem miejsca pomiaru oraz opis elementów otrzymanego wyniku badania. Od góry: zamek arkebuza, nr inw. MNK V. 2344, zamek strzelby myśliwskiej, nr inw. MNK V. 1393. Rys. R. Karska

w której ślad po węgelniku diamentowym (mający formę ostrosłupa o podstawie kwadratu) jest praktycznie niezauważalny gołym okiem. Metoda ta jest również dość popularna i dostępna, umożliwia badanie małych próbek, daje relatywnie dokładne wyniki oraz wymaga stosowania tylko jednej skali dla całego zakresu twardości. Pomiar wykonano w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie, wykorzystując do badania urządzenie ZHU 3000 top. W przypadku obiektu zabytkowego spełnienie idealnych warunków pomiaru przy jednoczesnym nieingerowaniu w substancję zabytkową jest bardzo trudne. Sporym problemem z uwagi na budowę badanych elementów było ich stabilne umocowanie na podporze ze względu na niebezpieczeństwo nieznacznego zafałszowania otrzymanych wyników. Czas od przyłożenia do osiągnięcia wartości siły nacisku wynosił 8 sekund, czas działania siły na powierzchnię to 12 sekund, temperatura pomiaru 19°C. Otrzymując informację o twardości poszczególnych elementów zamka, poznajemy technologiczne aspekty pracy kowala i obróbki poszczególnych mechanizmów. W mechanizmach

zamka każda część spełnia inną funkcję i to od tej funkcji zależą jej parametry techniczne. Aby uzyskać odpowiednią twardość, dany element wymagał innej obróbki, przy założeniu, że cały zamek został wykonany z tej samej surówki żelaznej.

### *Analiza jakościowa i ilościowa zawartości węgla w stopach żelaza (stali)*

Potrzeba badania struktury dawnego żelaza wynika z jego składu chemicznego, co jest istotne dla identyfikacji konserwowanego obiektu<sup>9</sup>. Własności mechaniczne stali istotne w przypadku elementów mechanizmu zamka broni czarnoprochowej są zależne od zawartości węgla, dlatego ważne jest jego oznaczenie. Koniecznym warunkiem przy wyborze metody jest jej nieinwazyjność. Zazwyczaj żelazne zabytki nie posiadają wartości estetycznej i można pobrać próbkę do badań, jednak w przypadku omawianej broni czarnoprochowej nie było to możliwe, co wykluczyło na wstępie metodę ilościowej analizy chemicznej. Z uwagi na budowę mechanizmu broni, możliwość jego rozmontowania i uzyskania niewielkich rozmiarów elementu metalowego, w przypadku omawianej broni podjęto próbę zbadania zawartości węgla metodą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem iskrowym. Badanie wykonano w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie na spektrometrze optycznym firmy ARL typu MA. W tym celu wybrano jedną ze szczęk kurka, której wielkość i budowa pozwalała na wykonanie analizy. Niestety, mimo podjęcia kilku prób pomiaru, otrzymywane wyniki były nieprawidłowe. Prawdopodobnym powodem niepowodzenia były znajdujące się na powierzchni metalu zanieczyszczenia oraz wady budowy próbki<sup>10</sup>. Metoda ta w tym przypadku nie przyniosła pożądanych rezultatów, jednak niewykluczone jest, iż może ona być przydatna w innego typu obiektach.

Celem poszukiwań było znalezienie metody, która pozwoliłaby na określenie zawartości węgla w obiekcie zabytkowym. Zasadniczym problemem dostępnych metod jest ich inwazyjność bądź ograniczenia wielkości badanych próbek. Badaniem pozwalającym określić budowę strukturalną metalu oraz zawartość węgla, stosowanym z powodzeniem w dziedzinie konserwacji, jest badanie metalograficzne<sup>11</sup>. Niestety, i w tym przypadku konieczne jest pobranie próbki i wykonanie tak zwanego zglądu metalograficznego. Mimo dużej inwazyjności, metoda ta wydaje się odpowiednia do prac badawczych nad techniką i technologią. Z uwagi jednak na charakter badania – konieczność pobrania próbek, nie wykonano go na analizowanych egzemplarzach muzealnych. Warto również zwrócić uwagę na możliwości skaningowego mikroskopu elektronowego, który pozwala badać powierzchnię ciał stałych w skali mikro- i nanometrycznej wraz z możliwością identyfikacji pierwiastków w mikroobszarach. Niestety, i ta metoda nie została wykorzystana<sup>12</sup>.

---

<sup>9</sup> J. Lehman, *Chemia w ekspertyzie i konserwacji zabytków z materiałów nieorganicznych*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, Seria B – Tom LI, Ministerstwo Kultury i Sztuki Generalny Konserwator Zabytków, Warszawa 1978, s. 164.

<sup>10</sup> Sugestia wysunięta przez pracowników Instytutu Odlewnictwa.

<sup>11</sup> M. Biborski, J. Stepiński, *Szczerbiec (The Jagged Sword) – The Coronation Sword of The Kings of Poland*, *Gladus, Estudios sobre armas antiguas, arte military vida cultural en oriente y occidente*, 2011, XXXI, s. 102–104.

<sup>12</sup> Urządzenie, do którego był dostęp, wymagało nieznacznej wielkości próbki do analizy, której pozyskanie wymagałoby niedopuszczalnej ingerencji w substancję zabytkową.

*Fluorescencyjna spektrometria rentgenowska – badanie jakościowe pierwiastków*

Fluorescencyjna spektrometria rentgenowska jest jedną z jądrowych technik analitycznych. Istnieje wiele rodzajów spektrometrów, jednak istota ich działania jest taka sama. Urządzenie do badań składa się z lampy rentgenowskiej i detektora promieniowania  $X^{13}$ . Urządzenie rejestrujące odbiera fluorescencyjne promieniowanie rentgenowskie i analizuje jego charakterystykę. Technika ta pozwala z dużą dokładnością badać gładkie, proste, czyste i homogeniczne materiały, wówczas gdy istnieją możliwości porównawcze do znanych substancji. Niestety, obiekty zabytkowe nie spełniają zazwyczaj podanych wymogów, co może prowadzić do uzyskiwania błędnych wyników. Należy więc uważać, by nie dokonać nadinterpretacji otrzymanych rezultatów<sup>14</sup>. Zaletą tej metody jest możliwość badania obiektu bez pobierania próbek, a jego rozmiar i kształt nie ma znaczenia. Badanie to umożliwia określenie techniki i technologii wykonania metalowych elementów oraz ich stanu zachowania. Fluorescencyjna spektrometria rentgenowska ma jednak wady, a do najważniejszych zalicza się brak możliwości wykrywania lekkich pierwiastków oraz małą głębokość penetracji badanego materiału. Nie otrzymujemy informacji o stopniu utlenienia pierwiastków oraz nie dysponujemy możliwością rozróżnienia izotopów. Istnieje również prawdopodobieństwo błędu, gdyż na badanie ma wpływ sposób przygotowania próbki i jej homogeniczność.

Badanie metodą fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej wykonano w LANBOZIE, wykorzystując urządzenie firmy Artax. Źródłem wzbudzenia była lampa Rodowa (Rh, U 50 kV, 700 mikro A). Pomiar wykonano w atmosferze powietrza, czas akumulacji widma 300 sekund. Z uwagi na ogólną niedoskonałość metody badawczej powtórzono badanie w Instytucie Odlewnictwa. Do następnego pomiaru użyto ręcznego spektrometru z dyspersją energii EDXRF, firmy Thermo Scientific model Niton XL3t 900S GOLDD. W celu uzyskania dokładniejszych wyników pomiary były wykonywane w osłonie helowej, średni czas pomiaru to 60 sekund. Pomiary wykonywano dwiema metodami: za pomocą pierwszej badano metale lekkie, a drugiej – metale szlachetne. Pomiar wykonano jeszcze po raz trzeci na tych samych obiektach, raz jeszcze w LANBOZIE, stosując te same parametry pomiaru. Wyniki, niestety, nie pokrywały się w pełni, co udowodniło, jak wiele zmiennych ma wpływ na otrzymany rezultat.

Analizując otrzymane wyniki, zauważamy, że obiekty w znacznej mierze składają się z żelaza, a dodatki innych metali są niewielkie. W broni tureckiej i broni myśliwskiej z 1600 roku poziom żelaza utrzymuje się w okolicy 99%, a dodatki innych pierwiastków są śladowe. Arkebusz z przełomu XVII/XVIII wieku ma już więcej dodatkowych pierwiastków. Widoczna jest zależność pomiędzy wysoką klasą warsztatu rusznikarskiego danego obiektu a ilością pierwiastków śladowych. Im wyższa jest klasa obróbki metalu, tym mniej przechodzi do niego zanieczyszczeń z rudy<sup>15</sup>. Skład pierwiastkowy badanych

---

<sup>13</sup> J. Namieśnik, W. Chrzanowski, P. Szpinek, *Nowe horyzonty i wyzwania w analityce i monitoringu środowiskowym*, Centrum Doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiskowego, Gdańsk, 2003, s. 286–287.

<sup>14</sup> D. Starley, *Metallic surface coatings on arms and armour: the role of X-ray fluorescence analysis*, „Arms & Armour”, 2005, Vol. 2, No. 2, s. 200.

<sup>15</sup> J. Lehman, *op.cit.*, s. 164.

obiektów zdradza sposób ich obróbki – wysoki procent żelaza wskazuje na to, iż elementy były kute.

Powtórzenie badań i ich wyniki sugerują, że jest to metoda dająca wiele istotnych informacji o obiekcie, jednak precyzja pomiaru nie pozwala na uzyskanie obiektywnych wyników. Mimo swoich wad, fluorescencyjna spektrometria rentgenowska jest bardzo przydatna w procesie konserwacji zabytkowych obiektów metalowych, przede wszystkim z uwagi na jej nieinwazyjność. Podstawowe określenie składu chemicznego umożliwia precyzyjne i poprawne dobranie odpowiednich metod konserwatorskich.

## Podsumowanie

Niniejszym przedstawiono zagadnienia związane z metodyką badań historycznej broni czarnoprochowej. Temat jednak nie został wyczerpany i konieczne są dalsze prace badawcze. Przedstawiona metodyka jest dopiero szkicem, przyczynkiem i punktem wyjściowym do dalszych prac oraz rozważań teoretycznych.

Omówienie metod konserwacji broni czarnoprochowej i zastosowania współczesnych metod badań ma istotne znaczenie ze względu na bogate zbiory tego typu w krajowych kolekcjach muzealnych oraz różnorodność zagadnień związanych z problematyką konserwatorską. Wydaje się, że przedstawiona metodologia badań na wybranej grupie zabytków, możliwe do osiągnięcia wnioski i założenia będą służyć do analiz szerokiej grupy zabytków metalowych ze szczególnym uwzględnieniem metalowego rzemiosła artystycznego.

## Bibliografia

- Biborski M., Stępiński J., *Szczerbiec (The Jagged Sword) – The Coronation Sword of The Kings of Poland*, „Gladius, Estudios sobre armas antiguas, arte military vida cultural en oriente y occidente” 2011, XXXI, s. 102–104.
- Dobrzański L.A., *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
- Krokosz J., Pabiś R., Dziewulski M., *Analiza składu chemicznego wybranych obiektów metalowych w Muzeum Narodowym w Krakowie z zastosowaniem mikrofluorescencji rentgenowskiej*, „Odlewnictwo Współczesne Polska i Świat”, 2010, nr 3, Instytut Odlewnictwa w Krakowie, s. 39–47.
- Lehman J., *Chemia w ekspertyzie i konserwacji zabytków z materiałów nieorganicznych*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, Seria B – Tom LI, Ministerstwo Kultury i Sztuki Generalny Konserwator Zabytków, Warszawa 1978.
- Namieśnik J., Chrzanowski W., Szpinek P., *Nowe horyzonty i wyzwania w analityce i monitoringu środowiskowym*, Centrum Doskonałości Analityki i Monitoringu Środowiskowego, Gdańsk 2003, s. 286–287.

Polski Komitet Normalizacyjny, *Metale, Pomiar twardości sposobem Vickersa*, Część 1: *Metoda Badań*, PN-EN ISO 6507-1, PKN, Warszawa 2007.

Scott D.A., Eggert G., *Iron and Steel in Art, Corrosion, Colorants, Conservation*, Archetype Publications, London 2009.

Starley D., *Metallic surface coatings on arms and armour: the role of X-ray fluorescence analysis*, „Arms & Armour”, 2005, Vol. 2, No. 2, s. 199–207.

