

ZASTOSOWANIE RADIOGRAFII PRZEMYSŁOWEJ W BADANIACH OBIEKTÓW KULTURY MATERIALNEJ

Application of industrial radiography in research of tangible cultural heritage

Wojciech Głuszewski

Streszczenie: W artykule przedstawiono przykład wykorzystania przez Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa w Belgradzie przemysłowego systemu radiografii cyfrowej do badania obiektów istotnych dla dziedzictwa kulturowego. Prace te są prowadzone wspólnie z Instytutem Badań Jądrowych Vinča. Instytut ten zlokalizowany jest opodal słynnego stanowiska eponimicznego w Vinča na przedmieściach Belgradu. Neolityczna kultura archeologiczna Vinča rozwijała się w Europie południowo – wschodniej od około 5500 do około 4000 p.n.e.

Abstract: The article presents an example of the use of the industrial digital radiography system by the International Welding Institute in Belgrade to study objects of importance for cultural heritage. These works are carried out jointly with the Vinča Nuclear Research Institute. This institute is located near the famous eponymous site in Vinča on the outskirts of Belgrade. The Neolithic archaeological culture of Vinča developed in south-eastern Europe from around 5500 to around 4000 BC.

Słowa kluczowe: konserwacja dzieł sztuki, archeologia, rentgenografia przemysłowa, rentgenografia cyfrowa.

Keywords: conservation of works of art, archeology, industrial x-ray, digital x-ray.

Wstęp

Radiografia to rejestracja obrazów (tzw. radiogramów) badanego obiektu na materiale promienioczułym za pomocą przenikliwego promieniowania jonizującego (rentgenowskiego, gamma, elektronowego, neutronowego) [1]. Celem tych badań jest zwykle uwiarygodnienie wewnętrznej struktury obiektu (nieciągłości materiałowych, powstających w procesach wytwarzania i podczas eksploatacji, w szczególności w złączach spawanych, odlewach, odkuwkach i innych wyrobach hutniczych). W zależności od zastosowanego promieniowania radiografię dzieli się na: rentgenografię, gammografię, elektronografię, neutronografię. Jest to obecnie podstawowa technika przemysłowych badań niszczących oraz medycznych badań rentgenowskich. Stosowana jest ona również w identyfikacji obiektów o znaczeniu historycznym, a w przypadku malarstwa jest podstawowym rodzajem diagnostyki. Warto przypomnieć, że zastosowanie przenikliwego promieniowania hamowania doprowadziło wielokrotnie do spektakularnych odkryć przemalowań danego płótna przez autora. Przykładem może być obraz Rembrandta van Rijna „Dama w ramie obrazu” (dzieło znane także, jako „Żydowska narzeczona” lub „Dziewczyna w kapeluszu”) z kolekcji подарowanej Zamkowi Królewskiemu w Warszawie przez Karolinę Lanckorońską. Zdjęcie rentgenowskie obrazu ujawniło zarys innej postaci kobiecej

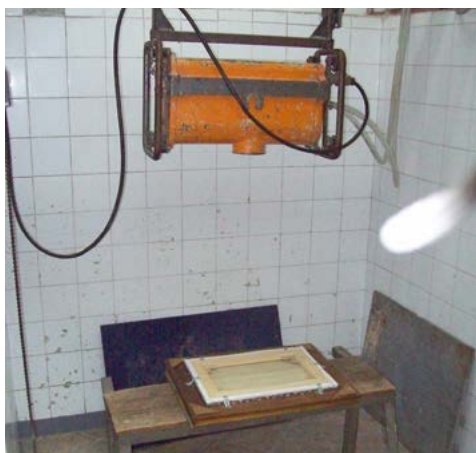
znajdujący się pod obecnym malowidłem. Jest to ślad niedokończonego portretu: widoczny jest kształt głowy, krzyży i ramion.



Fot. 1. Radiogram obrazu „Dama w ramie obrazu” (fot. Wojciech Głuszewski)
Photo. 1. Radiogram of the painting „Lady in the picture frame” (photo: Wojciech Głuszewski)

Radiografia cyfrowa

Techniki radiograficzne rozwijają się głównie z myślą o badaniach medycznych i przemysłowych. Konserwatorzy dzieł sztuki korzystają z tego postępu, chociaż nie zawsze stać ich na najnowszej generacji radiografię cyfrową (DR – Digital Radiography). Metoda ta po raz pierwszy została zastosowana w stomatologii. Ogólnie w skład DR wchodzi źródło promieniowania hamowania, płyta rejestrująca oraz komputerowy system wyświetlania obrazu i jego obróbki. Systemy radiografii cyfrowej dzieli się na bezpośrednie i pośrednie. W systemach bezpośrednich rejestratorem promieniowania jest cyfrowy detektor typu CCD (chargé – coupled device) lub CMOS (complementary metal – oxide – semiconductor). Są to układy wielu elementów światłoczułych, z których każdy rejestruje, a następnie pozwala odczytać, sygnał elektryczny proporcjonalny do ilości padającego na niego promieniowania. Oba rodzaje matryc składają się z płytki krzemowej, na której znajdują się punkty światłoczułe zwane pikselami. Obraz rentgenowski pojawia się na ekranie komputera niemal natychmiast po ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie. W systemach pośrednich rejestratorem obrazu jest magazynująca płyta pamięciowa pokryta materiałem fosforescencyjnym (PSP – Photostimulable Storage Phosphor) służąca do zapisu obrazu utajonego, który odczytywany jest dopiero w specjalnym skanerze.



Fot. 2. Obraz pod źródłem promieniowania hamowania (fot. Wojciech Gluszewski)

Photo. 2. The image under the braking radiation source (photo: Wojciech Gluszewski)

W radiografii komputerowej, gdy płytki obrazowe są napromieniowane, energia pochłonięta przechowywana jest w specjalnej warstwie luminoforu (wybite elektrony pułapkowane są w materiale elektronicznym). Do odczytu ukrytego obrazu używa się specjalnego skanera, który stymuluje wyświecanie za pomocą precyzyjnie zogniskowanej wiązki laserowej (światło lasera uwalniania elektrony z pułapek). Po stymulacji płytka emituje światło o intensywności proporcjonalnej do ilo-

ści promieniowania otrzymanego podczas ekspozycji. Światło jest następnie wykrywane przez bardzo czułe urządzenie analogowe znane, jako fotopowielacz (PMT) i przekształcane na sygnał cyfrowy za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC). Wygenerowany cyfrowy obraz rentgenowski można następnie wyświetlić na monitorze komputera i analizować. Zasadniczo technologię CR można uznać za cyfrowy zamiennik konwencjonalnej folii rentgenowskiej. Płytki obrazowe są używane z tymi samymi metodami i technikami kontroli radiograficznej, co filmy, a także są dostępne w różnych klasach systemów, (jakość obrazu), które mają różne wymagane czasy ekspozycji. Jednak w technologii CR nie tylko rodzaj płytki obrazowej wpływa, na jakość obrazu, ale również ustawienia sposobu skanowania.



Fot. 3. Skaner do odczytu i rejestracji obrazów (fot. Wojciech Gluszewski)

Photo. 3. Scanner for reading and recording images (photo: Wojciech Gluszewski)

Niektóre pracownice zajmujące się, na co dzień badaniami przemysłowymi, decydują się na współpracę z pracowniami konserwacji dzieł sztuki (muzeami). Przykładem jest Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa w Belgradzie, który od lat prowadzi prace z pracownią konserwacji obiektów historycznych Serbskiego Instytutu Badań Jądrowych (Vinča Institute of Nuclear Sciences). W omawianym przykładzie w ramach warsztatów organizowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej wykonano badania dwóch obiektów: miecza i obrazu. Na fotografiach widać przemysłowe źródło promieniowania hamowania oraz skaner do odczytu obrazów zarejestrowanych na materiale fosforescencyjnym.

Kultura Vinča

Nazwa instytutu Vinča w archeologii kojarzona jest z kulturą Vinča, która rozwijała się w Europie południowo-wschodniej od 5500 do 4000 roku p.n.e. Pierwszego odkry-

cia w naddunajskiej miejscowości Vinča, 16 km na wschód od Belgradu dokonał w 1908 r. serbski archeolog Miloje Vasić. Jest to unikatowy rejon badawczy, przypominający nieco Pompeje zniszczone w czasach cesarstwa rzymskiego przez erupcję wulkanu Wezuwiusz. Popiół wulkaniczny utrwalił budowle, przedmioty oraz niektóre ciała ludzi i zwierząt, co umożliwiło obejrzenie wyglądu starożytnego rzymskiego miasta średniej wielkości i jego mieszkańców.



Fot. 4. Przygotowanie obiektów historycznych do badań radiograficznych. W środku Stefano Ridolfi, światowej sławy ekspert w zakresie identyfikacji i konserwacji dzieł sztuki, ekspert Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [2] (fot. Wojciech Głuszewski)

Photo 4. Preparation of historical objects for radiographic examinations. Inside is Stefano Ridolfi, a world-renowned expert in the field of identification and conservation of works of art, an expert of the International Atomic Energy Agency [2] (photo: Wojciech Głuszewski)

W przypadku Vinči naddunajskie osiedla były, co jakiś czas narażone na powódzie, które nanosiły warstwy gliny i piasku. W ten sposób zachowało się wiele przedmiotów z okresu obejmującego ponad 7 000 lat. Archeolodzy warstwa po warstwie wydobywali z osadowej glinianej skały artefakty z różnych epok historycznych. Znaleźiska z miejsca wykopalisk są przechowywane w Muzeum Narodowym w Belgradzie i w Kolekcji Archeologicznej Wydziału Filozofii w Belgradzie.



Fot. 4. Fragment ekspozycji w Muzeum Narodowe w Belgradzie (fot. Wojciech Głuszewski)

Photo 4. The fragment of the exhibition at the National Museum in Belgrade (photo: Wojciech Głuszewski)

Vinča uosabia zenit europejskiego neolitu. Terytorium dzisiejszej Serbii i Bałkanów Centralnych stało się europejskim centrum kultury w latach 5300–4300 p.n.e., a Vinča w tym czasie ogromną osadą. Z kilkunastometrowych archeologicznych warstw osadowych w Vinči wydobyto: narzędzia wykonane z kamieni i kości zwierząt, naczynia ceramiczne do codziennego użytku, luksusowe naczynia ceramiczne, bogato zdobione wazony rytualne, dużą liczbę antropomorficznych i zoomorficznych figurek, biżuterię wykonaną z różnych cennych materiałów i inne przedmioty wykonane albo w Vinči, albo zakupione z dalszych regionów Europy Środkowej. Na podstawie każdego z tych odkryć, a także pozostałości architektonicznych i użytych surowców udało się odtworzyć kulturę materialną i duchową populacji neolitycznego Vinči. Ekspozowane dzieła z epoki miedzi i brązu, w tym nekropolia ze średniowiecza, stanowią dowód życia na tym obszarze przez tysiąclecia. W zbiorach muzeum znajdują się liczne rzeźby, broń rzymska i grecka oraz różnorodne artefakty celtyckie, z których najcenniejszym jest ceramiczna figurka wozu – rydwan z Dupljaja (XVI-XIII w. p.n.e.). Archeolodzy serbscy podkreślają, że odkrycia z Vinči i inne znaleźiska neolityczne w tych częściach Europy zmieniły nasze rozumienie przedhistorycznych ludzi. Pozostałości wykopanych osad opowiadają nam historię rozwoju kultury osadniczej i postępu cywilizacyjnego.

Badania w zakresie wykorzystania technik jądrowych do konserwacji i identyfikacji obiektów cennych dla dziedzictwa kulturowego są od lat koordynowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej [3, 4, 5].

*dr inż. Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

Literatura:

- [1] W. Głuszewski; Nuklearne NDT – krok ku harmonizacji standardów szkolenia i certyfikacji ekspertów, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2018, 2, 41-43
- [2] Stefano Ridolfi, La Decollazione Del Battista Di Antonio Pomarancio, 2015, 192
- [3] J. Havermans i in., IAEA Radiation Technology Series No. 6, Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation, IAEA, 2017, 246
- [4] W. Głuszewski, Identyfikacja i konserwacja dzieł sztuki a ochrona radiologiczna, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2017, 108, 2, 32-39
- [5] W. Głuszewski: Features of radiation conservation of high collections of objects about of historical interest, Journal of Heritage Conservation, 2015, 41, 84 – 91