

# Badanie złotych sztabek przy użyciu konduktometru w Okręgowym Urzędzie Probierczym w Krakowie

Testing the gold bars by conductometer at the Regional Assay Office in Cracow

Paweł Kowalówka

Okręgowy Urząd Probierczy w Krakowie

Artykuł przedstawia konduktometryczną metodę badania wyrobów wykonanych ze złota, których wnętrze może być wypełnione tanimi zamiennikami, metalami nieszlachetnymi. Doświadczenia zebrane w Wydziale Technicznym Okręgowego Urzędu Probierczego w Krakowie pozwolą odpowiedzieć na pytanie, czy metoda ta może pomóc przy wykrywaniu i eliminacji coraz częściej spotykanych w obrocie fałszerstw sztabek lokacyjnych, monet i medali.

The article presents a method of conductometric testing of gold articles that may be filled with cheap substitutes, a base metals. The experience gathered at Technical Department of Regional Assay Office in Cracow allows to determine whether the method is applicable for detection and elimination of the frequently encountered forgeries in gold bars, coins and medals trading.

**Słowa kluczowe:** konduktometr, metale szlachetne, wyroby ze złota

**Keywords:** conductometer, precious metals, gold articles

## Wstęp

Pojawiające się w gronie konsumentów zwiększone zainteresowanie zakupem złota, które może służyć jako lokata, wpłynęło na rozwój oferty rynkowej, w której pojawia się szeroka gama produktów w postaci sztabek inwestycyjnych oraz medali i monet kolekcjonerskich, wykonanych ze stopów złota próby 0,999.

Popularność złota na całym świecie oraz gwałtowny wzrost jego cen sprawiają, że potencjalni nabywcy tego rodzaju wyrobów narażeni są na oszustwa. Często bowiem oferowane do sprzedaży wyroby stanowią podróbki produktów pochodzących ze znanych mennic i do złudzenia przypominają oryginalne sztabki i monety. Na ogół sprzedawane są w blistrach, które ukrywają ich prawdziwą zawartość, nie mającą wiele wspólnego z podanymi na nich oznaczeniami i opisami na opakowaniach. Nagminnie podrabiane są znaki firmowe.

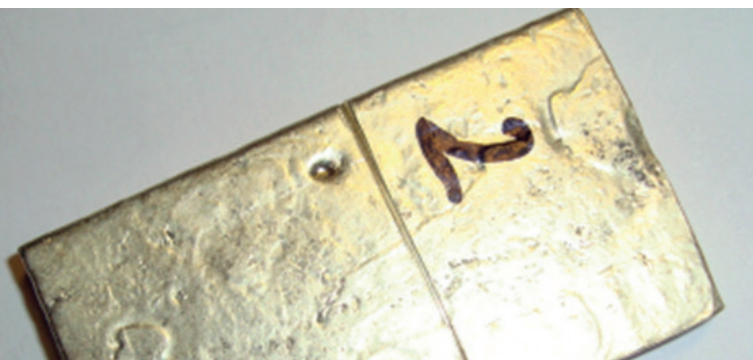
W przypadku sztabek, jak również monet i wyrobów, wobec których nabywca ma podejrzenie co do prawdziwości materiału z jakiego je wykonano, powszechnie stosowane są w polskich urzędach probierczych

analityczne metody badania, dające jednoznaczną odpowiedź w sprawie zawartości metalu szlachetnego i jego próby (na powierzchni i wewnątrz wyrobu). Są to metody niszczące, wymagające pobrania próbek z wyrobu. Ich liczba oraz sposób pobrania materiału są uzależnione od rozmiaru i masy badanego przedmiotu, a zgłaszający każdorazowo musi wyrazić zgodę na wykonanie analizy chemicznej, która powoduje trwałe uszkodzenie wyrobu.

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami, pomocniczo, w badaniu stopów z metali szlachetnych można stosować również pomiar gęstości, ale wymaga to wyjęcia sztabki lub monety z oryginalnego opakowania, co deprecjonuje charakter przedmiotu jako upominku. Metoda ta była skuteczna w przypadku wykrywania fałszerstw wyrobów wypełnionych miedzią lub miedzią, natomiast nie jest wiarygodna w odniesieniu do stosowanych ostatnio wypełnień wolframem, który ma gęstość zbliżoną do gęstości złota (tab. 1). Na rys. 1 przedstawiono przykład sztabki, w której wnętrzu umieszczono pręty wolframowe.

Tab. 1. Zestawienie ciężarów właściwych dla wybranych metali stosowanych w stopach jubilerskich

matal	ciężar właściwy
Cyna (Sn)	7,29
Cynk (Zn)	7,13
Miedź (Cu)	8,9
Nikiel (Ni)	8,9
Platyna (Pt)	21,5
Srebro (Ag)	10,5
Wolfram (W)	19,2
Złoto (Au)	19,3



Rys.1. Przykład sztabki złota wypełnionej prętami z wolframu

Zwiększająca się w ostatnich latach liczba interesantów, którzy zwracają się do urzędów probierczych z zapytaniem, czy zakupili pełnowartościowy wyrób oraz zlecane przez policję, prokuraturę i sądy ekspertyzy, przy wykonywaniu których nie można uszkadzać materiałów dowodowych, zainspirowały do poszukiwania metod, które pozwolą organom administracji probierczej na wykrycie fałszerstw bez uszkadzania badanych wyrobów.

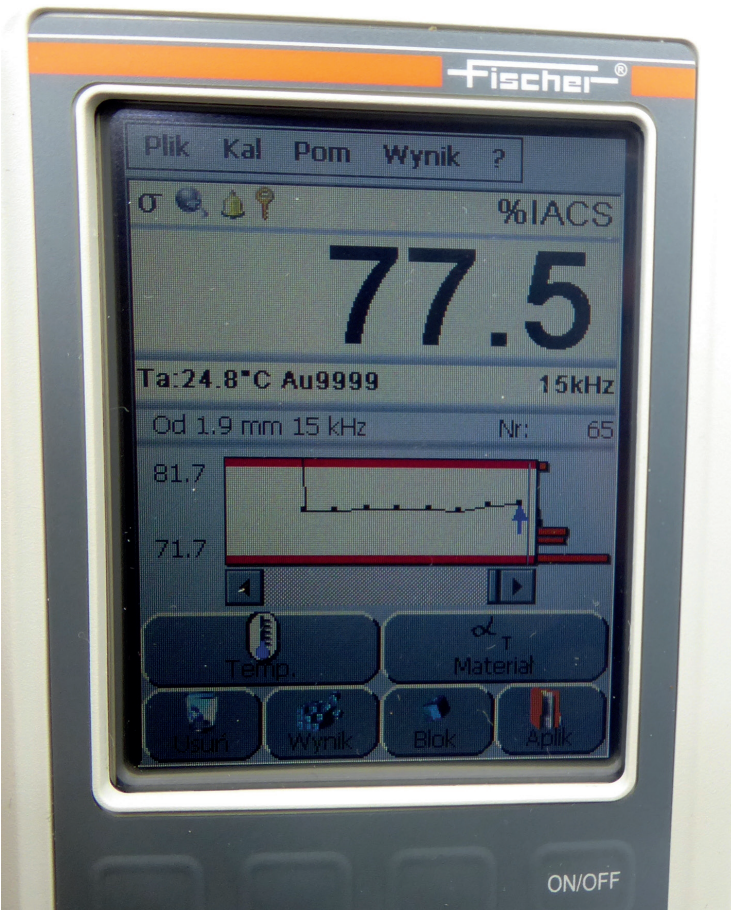


Rys. 2. Konduktometr – urządzenie stosowane w OUP w Krakowie do pomiaru konduktywności

W 2019 r., tytułem próby, zakupiony został przez Okręgowy Urząd Probierczy w Krakowie konduktometr – przenośny przyrząd do bezinwazyjnych, nieniszczących badań autentyczności złota na podstawie pomiaru przewodności elektrycznej (rys. 2).

Przewodność elektryczna jest odwrotnością rezystancji. Jest to wielkość fizyczna, która nie tylko określa zdolność metalu do przewodzenia prądu elektrycznego, ale także pozwala pośrednio uzyskać informacje na temat zmian w składzie, mikrostrukturze i właściwościach mechanicznych. Jednostkami używanymi w pomiarach konduktywności są MS/m i % IACS (Międzynarodowy Standard Miedzi Wyżarzanej). Przewodność elektryczna ustalana jest w odniesieniu do przewodności elektrycznej miedzi jako 100 % IACS (rys. 3). 100 % IACS odpowiada przewodności wynoszącej 58,108 MS/m w temperaturze 20 °C.

Wszelkie wtrącenia innego materiału, zawarte w badanej próbce, zmieniają przewodność elektryczną, której zbadanie umożliwia szybką, niezawodną i nieniszczącą identyfikację próbki. Głębokość penetracji prądów wirujących można dobrać odpowiednio do grubości próbki. Konduktometr pozwala na badanie zarówno monet, jak też cienkich sztabek (rys. 4), z wykorzystaniem czterech częstotliwości (15 kHz, 30 kHz, 60 kHz, 120 kHz).



Rys. 3. Przykład wskazania pomiaru przewodności elektrycznej dla wybranej częstotliwości w badaniu, wynoszącej 15 kHz



Rys. 4. Głowica sondy w trakcie wykonywania pomiaru sztabki i monety

Minimalna grubość próbki zależy od częstotliwości sondy i wynika z głębokości penetracji indukowanych prądów wirowych w badanym materiale. Odczyt

wartości przewodności elektrycznej można uzyskać zarówno poprzez pomiar z przypadkowych miejsc (punktowo, np. środek i obrzeże), jak i poprzez przesuwanie sondy po powierzchni i prześledzenie, otrzymanych dzięki temu, wartości pomiarowych. Ta druga metoda wydaje się być znacznie efektywniejsza.

Nawet mała zawartość metali nieszlachetnych znacząco zmienia przewodność elektryczną stopu metali szlachetnych. Oznacza to, że o ile przewodność elektryczna np. dla czystego złota, stosowana przy badaniu zgłaszanych przez klientów wyrobów próby 0,999, może posłużyć jako pewna stała, to obecność metali nieszlachetnych w ligurach zmienia tę przewodność, uniemożliwiając jednoznaczną ocenę w sprawie fałszerstwa.

W celu uzyskania wiarygodnych wyników pomiarowych istotnym jest spełnienie w trakcie badania poniższych warunków:

- 1) podłoże, na którym leży badana próbka powinno być plastikowe lub drewniane (z uwagi na brak przewodnictwa elektrycznego),
- 2) płasko kontaktująca się z badaną próbką sonda musi mieć średnicę mniejszą niż powierzchnia, po której się przemieszcza, aby głowica nie wystawała poza krawędź,
- 3) sonda powinna się przemieszczać tylko po gładkich częściach, pozbawionych tłoczeń lub nierówności.

W pewnych warunkach sam pomiar przewodności elektrycznej nie wystarcza do jednoznacznej identyfikacji materiału. Przykładem mogą być stopy miedzi, dla których wartość przewodności elektrycznej może być dowolna. Należy zatem pamiętać, że przed podjęciem ostatecznej decyzji niezbędne będą pomiary dodatkowe (takie, jak zbadanie wyrobu metodą spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej oraz ocena jego masy). Omawiana metoda ma tę zaletę, że zarówno sztabki, jak i monety można badać przy użyciu konduktometru pod



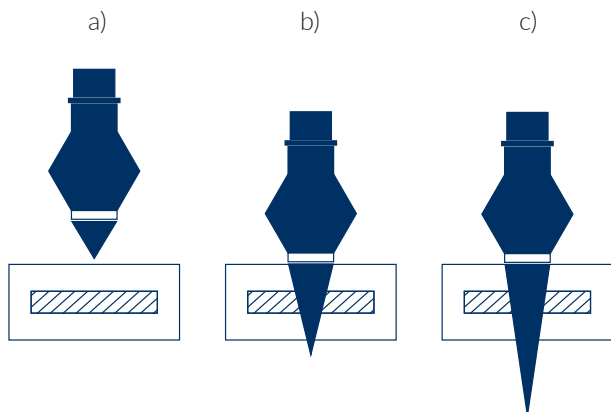
Rys. 5. Przykłady sztabek zabezpieczonych w blistrach

powłoką farby oraz wewnątrz blistrów (rys. 5), bez konieczności naruszania oryginalnego opakowania, jeśli jego grubość wynosi do 0,5 mm.

Sonda może wykorzystywać do pomiaru różne częstotliwości. Wybór właściwej zależy zasadniczo od przewodności elektrycznej stopu użytego do wykonania monety lub sztabki. Im wyższa częstotliwość sondy, tym mniejsza jest głębokość penetracji podczas badania (tab. 2 i rys. 6).

Tab. 2. Zależność pomiędzy wyborem częstotliwości konduktometru a głębokością pomiaru

częstotliwość (kHz)	głębokość pomiaru (mm)
15	1,9
30	1,3
60	0,9
120	0,65



Rys. 6. a) zbyt niska głębokość pomiaru, skutkująca nie wykryciem przez konduktometr wolframu wewnątrz sztabki, b) właściwie ustawiona głębokość pomiaru, umożliwiająca zbadanie całego przekroju sztabki, c) zbyt duża głębokość pomiaru – wykorzystana jest tylko część sygnału pomiarowego

Pomiar przewodności elektrycznej jest badaniem, w którym istotne znaczenie mają również właściwości fizyczne, w szczególności temperatura badanego wyrobu. Dla każdego materiału wpływ temperatury można wyrazić za pomocą współczynnika temperaturowego oporu elektrycznego  $\alpha$ . Wzrost temperatury o 1 °C spowoduje spadek przewodności elektrycznej złota o około 0,4 % IACS. W temperaturze 20 °C przewodność elektryczna złota wynosi 77,1 % IACS, natomiast w temperaturze 25 °C pomiar przewodnictwa elektrycznego dla tego samego złota wynosi tylko 75,5 % IACS.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów konduktywności sztabki o grubości 2 mm, wykonanej ze złota próby 0,999, potwierdzono, że uzyskane wyniki są zgodne w warunkach, gdy badany materiał nie zawiera wtrąceń i rdzeni innych metali (rys. 7 i tab. 3).



Rys. 7. Pomiar przewodności elektrycznej sztabki dla złota próby 0,999 Au

Tab. 3. Zestawienie wyników pomiaru przewodności elektrycznej sztabki złota próby 0,999 Au przeprowadzone dla wszystkich dostępnych częstotliwości w Wydziale Technicznym OUP w Krakowie

mm/kHz	% IACS	MS/m
0,65/120	75,3	43,6
	75,4	43,6
0,9/60	74	42,9
	74	42,9
1,3/30	80,8	46,7
	80,9	46,8
1,9/15	77,6	44,8
	77,6	44,5

Tab. 4. Zestawienie wyników pomiaru przewodności elektrycznej dla wybranych stopów opracowane w Wydziale Technicznym OUP Kraków

Rodzaj materiału	Jednostka miary	
	% IACS	MS/m
Złoto próby 0,999 Au	75,3	43,6
Stop miedzi	59,0	36,0
Stop aluminium	24,0	13,8
Stop srebra 0,925 Ag	97,1 – 99,0	55,9
Falszywa sztabka „czyste złoto”	0,40	0,25

W tab. 4 przedstawiono zestawienie wyników pomiaru przewodności elektrycznej dla stopów metali szlachetnych i nieszlachetnych oraz dla stopu żelaza z miedzią, z którego została wykonana sztabka będąca falsyfikatem.

Zebrane wyniki pomiaru konduktywności na przykładzie badanych stopów pokazują, że ich przewodność jest zróżnicowana. Dlatego, oferowane w sprzedaży internetowej, jako atrakcyjne cenowo sztabki złota próby 0,999 (rys. 8), można w bardzo szybki sposób zbadać i z absolutną pewnością stwierdzić, że uzyskana w ten sposób, tak niska, przewodność elektryczna (0,40 % IACS – tab. 4) jest wystarczającym dowodem na to, że mamy do czynienia z falsyfikatem, który został wykonany z bezwartościowego stopu (żelaza z miedzią).



Rys. 8. Falsyfikat imitujący wyglądem i masą uncjową sztabkę czystego złota

## Podsumowanie

Konduktometr używany przez Okręgowy Urząd Probierny w Krakowie znajduje obecnie zastosowanie głównie do wstępnego rozpoznania sztabek i monet, których badanie przewodności elektrycznej pozwala, w przypadku złota próby 0,999, wyeliminować te wyroby, dla których wynik wskazywałby na nieprawidłowości, co do zawartości wnętrza sztabki bądź monety. Stosowana metoda pozwala również na wykrywanie w obrocie wyrobów wykonanych z metali nieszlachetnych, sprzedawanych jako wyroby z metali szlachetnych, które ze względu na niewielką masę (poniżej ustawowych progów) są zwolnione z obowiązku badania i oznaczenia w urzędach probiernych. Dużą zaletą metody jest możliwość rozpoznania fałszywych sztabek i monet jeszcze przed otwarciem oryginalnego opakowania (blistra). Przydatność jej stosowania potwierdzono przy wykonywaniu specjalistycznych ekspertyz dla policji i prokuratury, które zgłaszają wyroby stanowiące materiał dowodowy w prowadzonych sprawach, a badania urzędu muszą być bezinwazyjne. W codziennej pracy urzędu różnice wskazań przewodności elektrycznej będą pomocne w odniesieniu do wykrycia wyrobów, które są w całości wykonane z metalu nieszlachetnego. Każdorazowo pomiary są wspomagane i weryfikowane podstawowymi badaniami, wykonywanymi standardowo tak jak dla każdego wyrobu, który jest zgłaszany w celu zbadania i oznaczenia do urzędu probiernego. Planowane jest rozszerzenie zastosowania urządzenia do badania próbek platyny, ale wymaga to dalszych prób i przeprowadzenia pomiarów oraz porównania ich z wynikami uzyskanymi z analiz chemicznych. Biorąc pod uwagę dużą możliwość pomyłki, jaka może wystąpić podczas oceny wyrobów wykonanych ze stopów złota lub srebra z dodatkami metali nieszlachetnych, wydaje się mało prawdopodobne wykorzystanie parametru przewodności, jako kryterium oceny autentyczności dla wyrobów wykonanych ze stopów o niższych próbach.

Zakres badań prowadzonych przez Okręgowy Urząd Probierny w Krakowie rozszerza się, czemu będzie sprzyjał fakt zakupienia w 2020 roku kolejnego konduktometru dla Wydziału Zamiejscowego w Chorzowie. Asortyment zgłaszanych tam do badania i oznaczenia wyrobów ze stopów metali szlachetnych jest podobny do tego, jaki trafia do Wydziału Technicznego OUP w Krakowie, co powinno ułatwić współpracę i wymianę doświadczeń.



**Paweł Kowalówka**

magister inżynier, absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska.  
Zatrudniony od 2008 roku w Wydziale Technicznym Okręgowego Urzędu Probiernego w Krakowie.  
Aktualnie na stanowisku Specjalista ds. Jakości.