

Marcin Biborski

Aneks

Chemiczno-technologiczne analizy zabytków brązowych ze skarbu z epoki brązu z Wąwelnicy, gm. Dobra (Szczecińska), pow. policki

Appendix

Chemical and technological analyses of the bronze objects from the Bronze Age hoard from Wąwelnica, Dobra (Szczecińska) commune, Police district

Z odkrytego przypadkowo skarbu wyrobów brązowych z Wąwelnicy, gm. Dobra, pow. policki, do wykonania badań składu chemicznego i technologii przeznaczono 16 różnorodnych zabytków. W grupie tej znalazły się cztery naczynia brązowe, fragmentarycznie zachowana falera, fragment przedmiotu interpretowanego jako zakończenie igły zapinki (patrz Blajer, Kozłowska, w tym samym tomie), guziczek z uszkiem, 2 szpile, 3 wybrane kółeczka z ogólnej liczby 27 podobnych, szeroki metalowy pas, zapinka binoklowata i 2 naramienniki. W przypadku falery przebadano jej 3 różne fragmenty, a w przypadku zapinki binoklowatej także 4 poszczególne części. Łącznie wykonano analizy na 21 próbkach. Wszystkie wybrane zabytki oraz ich elementy mają dobrze zachowany rdzeń metaliczny, zapewniający wiarygodny wynik pomiarów analitycznych.

Podstawowym celem analiz było rozpoznanie surowca, z którego wykonano omawiane zabytki, oraz próba identyfikacji technologii ich wykonania. Wszystkie zostały poddane nieniszczącej analizie składu chemicznego w spektrometrze rentgenowskim typu Spectro-MIDEX, fluorescencyjnym, z dyspersją energii i spolaryzowanym promieniowaniem wzbudzającym o wysokim limicie detekcji i czułością na poziomie ppm. Dodatkowo, w celu uzyskania szerszego spektrum pierwiastków, analizy przeprowadzono w atmosferze helu, którym płukano komorę spektrometru w trakcie każdego pomiaru.

Uzyskane wyniki zostały opracowane w programie analitycznym TURBO QUANT, z pakietu SPECTRO, w formie tabel, a w nich przedstawiono

procentowy udział poszczególnych pierwiastków w badanych próbkach (tab. 1). Analizy zabytków poprzedzone zostały odpowiednim przygotowaniem ich powierzchni. Przepolerowano je mikrotarczką diamentową w celu zdjęcia patyny w badanych miejscach – tak aby analiza dotyczyła metalu, a nie patyny. Przygotowany w ten sposób materiał umieszczono następnie w specjalnie dobranych uchwytach umożliwiającym ustawienie ich pod odpowiednim kolimatorem spektrometru. Dla każdego zabytku wykonano kilka pomiarów (w sumie 52), co obrazują strzałki na rycinie 1; dane zamieszczone w tabeli 1 odzwierciedlają natomiast uśrednione wartości wyników uzyskanych podczas analizy¹.

Rezultaty badań analitycznych wykazały, że wszystkie zabytki oraz także ich poszczególne części zostały wykonane ze zróżnicowanych stopów brązu (tab. 2). W kilku przypadkach pod względem materiałowym dają się jednak wyraźnie wyróżnić homogeniczne pary przedmiotów, o podobnym, a nawet bardzo podobnym, składzie pierwiastkowym stopu brązu użytego do ich wykonania. Mogą one wskazywać na ten sam warsztat i zapewne na podobny czas wykonania. Wśród tych zabytków są 2 głębokie misy szerokootworowe, które także pod względem formy i zdobienia są do siebie bliźniaczo podobne (ryc. 1:2,4)². Obie wykonane zostały z brązu cynowego. Mają podobną zawartość miedzi w stopie: 83,73% (tab. 1, naczynie nr 2) i 84,94% (tab. 1, naczynie nr 3); maksymalna różnica między nimi w zakresie udziału tego pierwiastka wynosi więc zaledwie 1,21%. Także dodatek cyny w obu naczyniach jest podobny: 14,63% i 13,18%; w tym przypadku maksymalna różnica między nimi wynosi zatem tylko 1,45%. Tego rodzaju komponenty stopowe, które mają zawartość cyny w granicach ok. 10%–15%, nadają się doskonale na odlewy oraz do obróbki plastycznej na zimno. Odznaczają się pięknym złocistym kolorem i są w znacznym stopniu odporne na korozję (ryc. 5), czego dowodem jest bardzo dobry stan zachowania obu naczyń³.

Pozostałe dwa naczynia (płytką misa i dzbanek) mają wyraźnie odmienne składy stopowe, różniące się między sobą, ale także w stosunku do dwóch wcześniej wymienionych mis. W tym przypadku płytką misę (ryc. 1:7) wykonano z brązu cynowego (tab. 1, nr 1), natomiast miniaturowy dzbanek (ryc. 1:11) z brązu cynowo-ołowiowo-antymonowego z wyjątkowo dużym dodatkiem żelaza (tab. 1, nr 7). Misa ma znacznie więcej miedzi (89,44%), a tym sa-

¹ Zabytki w całości zachowane, a także wybrane do badań poszczególne części zostały w tabelach oznaczone kolejnymi numerami od 1 do 21.

² Por. rysunki zabytków (z przekrojami) – w tym samym tomie: W. Blajer i D. Kozłowska, *Skarb z miejscowości Wąwelnica koło Szczecina*, ryciny 4–7 oraz 9–10.

³ Warto w tym miejscu wspomnieć, że łączone stopy metali nieżelaznych charakteryzują się znacznie wyższymi własnościami wytrzymałościowymi niż metale czyste. Już w starożytności doceniono tę ich cechę i zaczęto je stosować na szeroką skalę (por. Piaskowski 1981, 134–136).

mym mniej cyny (8,04%), natomiast dzbanek ma odpowiednio 85,84% miedzi i 6,22% cyny oraz dodatkowo 1,66% ołowiu, 2,13% żelaza, 1,24% antymonu i 0,93% arsenu. Oba naczynia różnią się między sobą także pod względem formy zdobienia.

Kolejną parą bardzo zbliżoną do siebie pod względem składu stopu są dwie szpile (tab. 1, nr 10 i 11) odlane z brązu ołowiowo-antymonowego (Cu-Sn-Pb-Sb), chociaż ich główki mają całkiem odmienny kształt (ryc. 1:14,15). Udział miedzi w ich stopie wynosi odpowiednio 82,28% i 82,64% a cyny – 9,51% i 10,79%. Ponadto w stopie znalazł się jeszcze ołów – 4,80% i 2,82%, a także antymon – 1,04% i 1,40%. Powyższe dane niewątpliwie wskazują, że oba zabytki mogły zostać wykonane w tym samym warsztacie z jednego surowca. Ciekawie przedstawiają się wyniki badań fragmentów falery (ryc. 1:16), które potwierdzają nasze przypuszczenia o dokonanej w przeszłości naprawie tego zabytku (por. także ustalenia Blajer, Kozłowska, w niejszym tomie). Z analizy wynika, że zawartość miedzi i cyny w dwóch różnych zdobionych fragmentach wykonanych z cienkiej, kutej blachy z brązu cynowego (Cu-Sn) jest bardzo podobna i wynosi odpowiednio 83,78% i 82,73% Cu oraz 14,82% i 15% Sn (tab. 1, nr 5 i 6). Gruba i ciężka centralna część falery (ryc. 2) została natomiast odlana z całkiem innego stopu, a mianowicie z brązu ołowiowo-antymonowego (Cu-Sn-Pb-Sb), w którym udział miedzi wynosi 79,01%, cyny – 8,58, ołowiu – aż 8,02%, a antymonu – 1,99% (tab. 1, nr 4). Taki skład nie pojawił się przypadkowo – wysoka zawartość ołowiu obniża bowiem temperaturę topnienia stopu i pozwala na bezpieczne połączenie brązu ołowiowo-antymonowego z brązem cynowym, który ma wyższą temperaturę topnienia.

Także z dwóch różnych stopów sporządzono niektóre elementy zapinki binoklowatej (ryc. 1:6a,6b). Dwie tarczki imitujące 12-zwojowe spirale (ryc. 3) zostały wykonane z brązu cynowego (Cu-Sn), metodą odlewu cyzelowanego (tab. 2, nr 17 i 18). Udział miedzi wynosi w nich odpowiednio 85,26% i 85,37%, a cyny – 12,04% i 12,16% (tab. 1, nr 17 i 18). Zapewne z tego samego metalu – metodą odlewu (tab. 2, nr 19 i 20), jednak ze stopu innego niż obie tarczki – wykonano zdobiony trzema ptaszkami kabłąk zapinki (ryc. 1:6a) oraz jej igłę (ryc. 1:6b). Analiza wykazała, że do ich zrobienia użyto brązu ołowiowego (Cu-Sn-Pb) o następującym składzie: w kabłąku – 82,90% Cu, 11,32% Sn, 3,67% Pb; w szpili – 84,10% Cu, 11,53% Sn, 2,34% Pb (tab. 1, nr 19 i 20).

Trudno jednoznacznie odnieść się do wyników analizy uzyskanej dla trzech brązowych, odlewanych kółeczek (pierścieni) (ryc. 1:8–10) wybranych losowo spośród 27. Na jej podstawie możemy jednak przypuszczać, że zapewne wszystkie pierścienie z założenia miały być wykonane z podobnego brązu ołowiowo-antymonowego (Cu-Sn-Pb-Sb), aczkolwiek nieco zróżnicowanego pod względem ilościowym, co potwierdzają uzyskane wyniki (tab. 1, nr 12–14).

W przypadku dwóch kółek, nr 12 i 14 (ryc. 1:8,10), stwierdzono bardzo podobne zawartości: miedzi – 84,86% i 83,82%, cyny – 7,48% i 7,51%, ołowiu – 5,35% i 5,87%, antymonu – 1,05% i 1,08%. W trzecim kółku (ryc. 1:9) jest natomiast znacznie mniejszy udział miedzi (79,51%) i ołowiu (2,82%), a większy – cyny (10,22%) i antymonu (3,68%). Należy się zatem liczyć z faktem, że także pozostałe pierścienie były odlane z brązu ołowiowo-antymonowego, wykazując jednak pewne wahania co do składu pierwiastkowego.

Ciekawie przedstawiają się wyniki badań dwóch, prawie identycznych, azurowych naramienników czy bransolet (ryc. 1:12,13), wykonanych najpewniej w tym samym warsztacie brązowniczym. Oba zabytki zostały zrobione z brązu ołowiowego (Cu-Sn-Pb), metodą odlewu cyzelowanego (tab. 2, nr 15 i 16), jednak o wyraźnie różnym składzie pierwiastkowym: 84,83% i 79,03% Cu, 9,84% i 11,74% Sn, 3,65% i 8,32% Pb (różnica w zawartości ołowiu jest więc największa) (tab. 1, nr 15 i 16). Podobnie jak w przypadku kóleczek możemy zatem przypuszczać, że oba naramienniki z założenia miały być wykonane z podobnego brązu ołowiowo-antymonowego (Cu-Sn-Pb-Sb). Różnica składu stopu może natomiast wynikać z różnego czasu ich powstawania i z zastosowania różnego materiału wyjściowego, co potwierdzają uzyskane wyniki naszej analizy.

Wyjątkowo okazałym zabytkiem, który został poddany badaniom składu chemicznego, jest bogato zdobiony pas metalowy (ryc. 1:1). Wykonany został z cienkiej, kutej i polerowanej, brązowej taśmy i ozdobiony wypuncowanym ornamentem antropomorficznym i geometrycznym (ryc. 4, tab. 2, nr 21). Przeprowadzona analiza wykazała, że pas odkuto z brązu ołowiowego (Cu-Sn-Pb) o składzie: 89,30% Cu, 7,93% Sn i 2,02% Pb (tab. 1, nr 21). Zwraca tu uwagę nieco podobny udział miedzi i cyny jak w przypadku płytkiej misy, u której jednak ołów występuje tylko w niewielkiej ilości (0,25%).

Pozostałe dwa zabytki – guzik (ryc. 1:5) i fragment brązowego przedmiotu (ryc. 1:3) – różnią się składem stopu nie tylko między sobą, ale także w stosunku do pozostałych analizowanych zabytków (por. tab. 1). Mimo że zrobiono je z podobnego stopu, tj. brązu ołowiowo-antymonowego (Cu-Sn-Pb-Sb), wyraźnie odróżniają się od siebie pod względem ilości podstawowych metali stopu (tab. 1, nr 8 i 9). Fragment przedmiotu brązowego ma najniższą zawartość miedzi spośród wszystkich badanych zabytków – tylko 78,66%, a zarazem najwyższą ołowiu – 9,65%, (przy udziale 9,88% cyny i 1,91% antymonu). Guzik odznacza się z kolei najwyższym ze wszystkich badanych zabytków udziałem procentowym miedzi – 92,70%, a najniższym cyny – 2,66% (tab. 1, nr 9). Obydwa wytwory różnią się także techniką wykonania, bowiem guzik został zapewne odcisnięty w matrycy, a fragment przedmiotu – odlany (tab. 2, nr 9).

Jak już wcześniej wspomniano, wszystkie zabytki, i także ich poszczególne badane części, zostały wykonane ze zróżnicowanych stopów brązu (zob. tab. 2). Wyróżniono siedem zabytków z brązu cynowego (Cu-Sn), pięć z brązu ołowiowego

(Cu-Sn-Pb), osiem z brązu ołowiowo-antymonowego (Cu-Sn-Pb-Sb) oraz – dodatkowo – jeden odlew naprawczy falery (także typu Cu-Sn-Pb-Sb). Z tego wynika, że wśród badanych zabytków ze skarbu z Wąwelnicy mamy do czynienia ze znacznie zróżnicowanymi wyrobami pod względem materiałowym, wśród których dominują brązy wieloskładnikowe. I tak zawartość miedzi w stopach użytych do ich produkcji waha się od 78,66% (fragment przedmiotu, próbka nr 8) do 89,30% (pas, próbka nr 21), cyny – od 2,66% (guzik, próbka nr 9) do 15% (falera, próbka nr 6), ołowiu – od zaledwie 0,1% (naczynie, próbka nr 2) aż do 9,88% (fragment przedmiotu, próbka nr 8), a antymonu – od 0,03% (falera, próbka nr 5) do 3,68% (kółko, próbka nr 13).

Wśród przebadanych zabytków liczebnie dominują wyroby z brązu z dodatkiem stopowym w postaci ołowiu (14). Ten składnik stopu był z pewnością dodawany intencjonalnie, przyjmuje się bowiem, że dodatek ołowiu ma znaczny wpływ na leżność i obrabialność metalu, a poza tym obniża temperaturę jego topnienia oraz poprawia własności plastyczne brązów (Wendorff 1976, 465–468; Wesołowski 1981, 420–423; Dobrzański 1999, 505–508). W tej grupie zwraca też uwagę aż 9 zabytków ze znaczącym ilościowo dodatkiem antymonu (1,04%–3,68%), co w zasadniczy sposób odróżnia je od innych badanych wyrobów z brązu, m.in. ze stanowisk w Radymnie, pow. jarosławski (Biborski 2016), Jabłonce, pow. głubczycki (Biborski 2017) i Zagórz, pow. wadowicki (Blajer *et al.* 2018). Antymon prawdopodobnie tak jak ołów był składnikiem, który dodawano do stopu intencjonalnie, albowiem utwardza on stopy z ołowiem i podnosi jakość wyrobów pod względem odporności na ścieranie i działanie kwasów. W kwestii udziału pierwiastków w brązach ołowiowych oraz ołowiowo-antymonowych, oczywiście mogą się zaznaczać różnice chronologiczne i terytorialne.

Należy też wspomnieć o pozostałych składnikach stopów użytych do wykonania brązów z Wąwelnicy – o występujących tam w niewielkich już ilościach pierwiastkach, takich jak: As, Fe, Ni, Co, Ag, Au i Bi. Zwykle towarzyszą one rudom miedzi, cyny i ołowiu, ale przyjmuje się, że nie mają większego wpływu na jakość produkowanego surowca.

Z przeprowadzonych badań wynika, że dobór materiałów do wyrobu poszczególnych zabytków był całkowicie świadomy, a poziom techniczny ich wykonania należy oceniać wysoko. Dobrym przykładem jest badana tutaj zapinka binoklowata. Jej obie tarczki – naśladowujące spirale – zawierają niewiele ołowiu i przez to są twardsze i sztywniejsze niż kabłąk i igła zapinki, które mają go znacznie więcej i dzięki temu są znacznie bardziej elastyczne i łatwiejsze w obróbce. Wysokie umiejętności twórców musiały iść w parze z dobrze zorganizowanym i odpowiednio wyposażonym warsztatem rękodzielniczym, z wyspecjalizowanymi narzędziami do wykonywania zdobień, a także precyzyjnymi formami odlewniczymi, np. do naramienników.

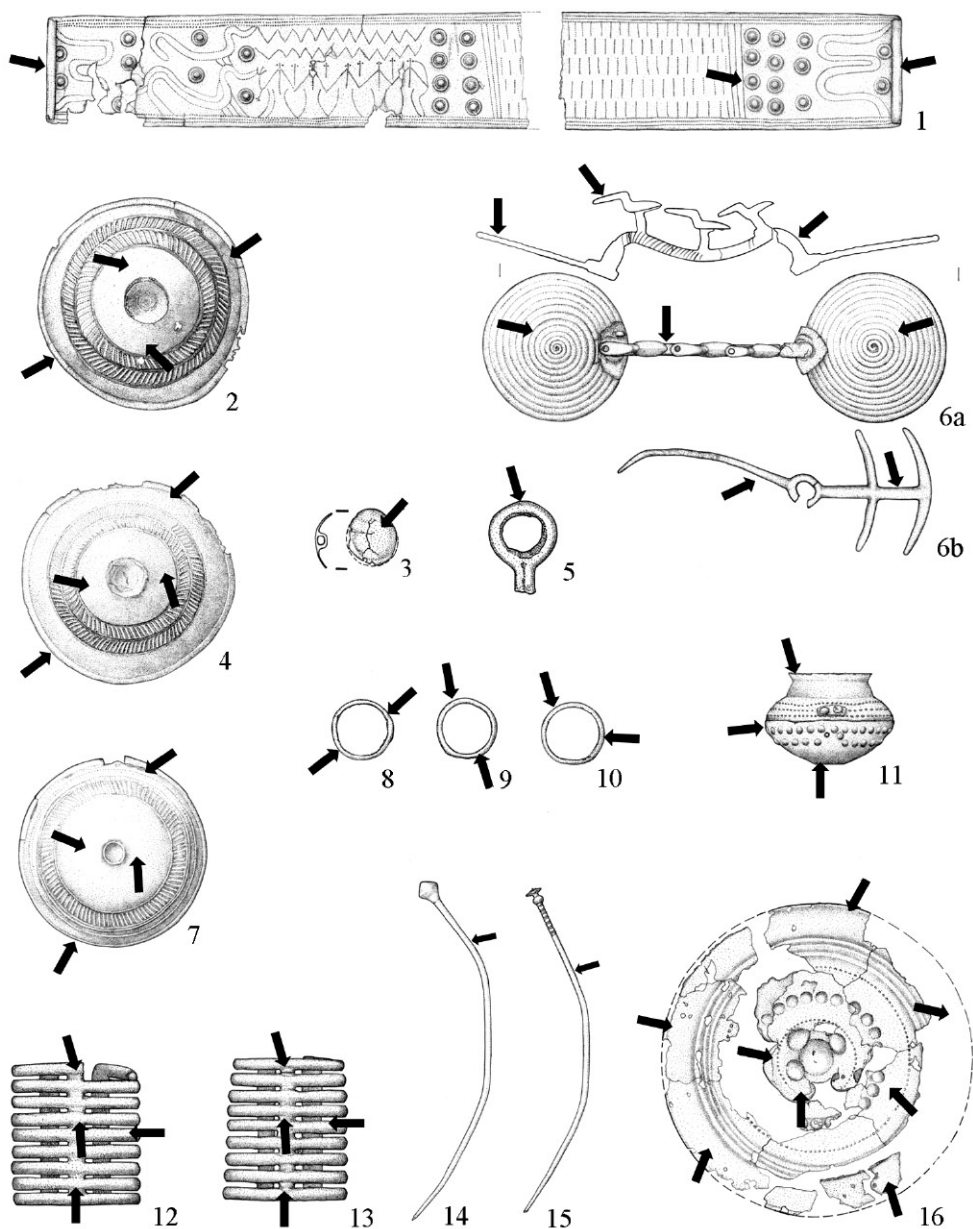
Tab. 1. Skład chemiczny metalu w badanych zabytkach z Wąwelnicy. Oprac. M. Biborski
 Table 1. Chemical composition of metal in analysed objects from Wąwelnica. Prepared by M. Biborski

Nr próby Sample No.	Zabytek Object	Cu %	Sn %	Pb %	Fe %	Co %	Ni %	Ag %	Sb %	Bi %	As %
1	naczynie	89,44	8,04	0,20	0,54	0,02	0,20	0,14	0,03	0,04	0,81
2	naczynie	83,73	14,63	0,10	0,04	0,03	0,07	0,11	0,08	–	0,02
3	naczynie	84,94	13,18	–	0,10	0,02	0,10	0,42	0,20	–	–
4	falera – odlew naprawczy (1)	79,01	8,58	8,02	0,07	0,08	0,51	0,69	1,99	0,03	0,90
5	falera (2)	83,78	14,82	0,06	0,10	–	0,09	0,05	0,03	–	0,25
6	falera (3)	82,73	15,00	0,65	0,24	0,01	0,08	0,05	0,04	–	0,30
7	dzbanek	85,84	6,22	1,66	2,13	0,03	0,80	0,69	1,24	0,02	0,93
8	fragm. przedmiotu	78,66	9,88	9,65	0,16	0,05	0,39	0,52	1,91	0,02	0,93
9	guzik	92,70	2,66	1,57	0,11	0,02	0,30	0,19	1,35	–	0,23
10	szpila wazowata	82,28	9,51	4,80	0,14	0,05	0,34	0,33	1,04	0,01	0,58
11	szpila dwustożkowata	82,64	10,79	2,82	0,10	0,12	0,60	0,51	1,40	0,03	0,89
12	kółko	84,86	7,48	5,35	0,15	0,05	0,36	0,32	1,05	0,01	0,32
13	kółko	79,51	10,22	2,82	0,18	0,14	0,93	0,82	3,68	–	0,98
14	kółko	83,82	7,51	5,87	0,62	0,05	0,37	0,31	1,08	–	0,33
15	naramiennik	84,83	9,84	3,65	0,10	0,50	0,24	0,08	0,51	0,12	0,51
16	naramiennik	79,03	11,74	8,32	0,05	0,23	0,17	0,12	0,08	0,03	0,12
17	zapinka tarczka (1)	85,26	12,04	0,73	0,21	0,08	0,19	0,11	0,22	–	0,25
18	zapinka tarczka (2)	85,37	12,16	0,56	0,18	0,08	0,19	0,13	0,23	–	0,20
19	zapinka kabłąk (3)	82,90	11,32	3,67	0,16	0,07	0,32	0,29	0,49	0,01	0,64
20	zapinka szpila (4)	84,10	11,53	2,34	0,08	0,07	0,32	0,29	0,55	0,02	0,62
21	pas	89,30	7,93	2,02	0,32	0,14	0,03	0,03	0,04	–	0,12

Tab. 2. Materiał i technologia zastosowane do wyrobu brązowych zabytków z Wąwelnicy. Oprac. M. Biborski

Table 2. Material and technology used in bronze objects from Wąwelnica. Prepared by M. Biborski

Nr Próby Sample No.	Zabytek Object	Materiał Material	Technologia Technology
1	naczynie	Cu-Sn	kute na zimno, puncowane, polerowane
2	naczynie	Cu-Sn	kute na zimno, puncowane, polerowane
3	naczynie	Cu-Sn	kute na zimno, puncowane, polerowane
4	falera (1)	Cu-Sn-Pb-Sb	odlew naprawczy, polerowany
5	falera (2)	Cu-Sn	kuta na zimno, puncowana, polerowana
6	falera (3)	Cu-Sn	kuta na zimno puncowana, polerowana
7	dzbanek	Cu-Sn-Pb-Sb	kuty, nitowany, puncowany, polerowany
8	fragm. przedmiotu	Cu-Sn-Pb-Sb	odlew cyzelowany
9	guzik	Cu-Sn-Pb-Sb	wyrób z matrycy (?)
10	szpila wazowata	Cu-Sn-Pb-Sb	odlew cyzelowany i polerowany
11	szpila dwustożkowata	Cu-Sn-Pb-Sb	odlew cyzelowany i polerowany
12	kółko	Cu-Sn-Pb-Sb	odlew tylko czyszczony
13	kółko	Cu-Sn-Sb-Pb	odlew tylko czyszczony
14	kółko	Cu-Sn-Pb-Sb	odlew tylko czyszczony
15	naramiennik	Cu-Sn-Pb	odlew cyzelowany i polerowany
16	naramiennik	Cu-Sn-Pb	odlew cyzelowany i polerowany
17	zapinka tarczka (1)	Cu-Sn	odlew cyzelowany i polerowany
18	zapinka tarczka (2)	Cu-Sn	odlew cyzelowany i polerowany
19	zapinka kabłąk (3)	Cu-Sn-Pb	odlew cyzelowany i polerowany
20	zapinka szpila (4)	Cu-Sn-Pb	odlew cyzelowany i polerowany
21	pas 21	Cu-Sn-Pb	kuty na zimno, puncowany i polerowany



Ryc. 1. Wąwelnica, stan. 4 – skarb przedmiotów z brązu. Wskazanie miejsc pomiarów na zabytkach poddanych analizie składu stopu. Rys. A. Ryś. Oprac. M. Biborski

Fig. 1. Wąwelnica 4 – hoard of bronze objects. Spots marked on objects subject to the analysis of the alloy composition. Drawing by A. Ryś. Prepared by M. Biborski



Ryc. 2. Wąwelnica, stan. 4 – skarb przedmiotów z brązu. Centralna część falery – szczegóły łączenia nadlewu z cienką tarczką. Fot. K. Gołębiowska

Fig. 2. Wąwelnica 4 – hoard of bronze objects. Central part of the phalera – details of attaching a reinforcement to a thin disc. Photograph by K. Gołębiowska



Ryc. 3. Wąwelnica, stan. 4 – skarb przedmiotów z brązu. Tarczka zapinki binoklowatej – odlew imitujący spiralę. Fot. K. Gołębiowska

Fig. 3. Wąwelnica 4 – hoard of bronze objects. Disc of the binocular brooch – a cast imitating a spiral. Photograph by K. Gołębiowska



Ryc. 4. Wąwelnica, stan. 4 – skarb przedmiotów z brązu. Wycinek pasa (diademu) – szczegóły zdobienia metodą puncowania. Fot. K. Gołębiowska

Fig. 4. Wąwelnica 4 – hoard of bronze objects. Fragment of the belt (diadem) – details of punched decoration. Photograph by K. Gołębiowska



Ryc. 5. Wąwelnica, stan. 4 – skarb przedmiotów z brązu. Głęboka misa – naczynie nr 2 (por. ryc. 1:2) – wycinek obrazuje stan zachowania powierzchni. Fot. K. Gołębiowska
Fig. 5. Wąwelnica 4 – hoard of bronze objects. Deep bowl – vessel 2 (see Fig. 1:2) – fragment showing preservation of the surface. Photograph by K. Gołębiowska

Literatura

- Biborski M. 2016. Badania technologiczno-chemiczne zabytków z tzw. skarbu z Radymna, pow. jarosławski, ze zbiorów Muzeum Archeologicznego w Krakowie. *Materiały Archeologiczne* 41, 207–212.
- Biborski M. 2017. Konserwacja i technologiczno-chemiczne analizy zabytków metalowych ze skarbu brązowego w Jabłonce, pow. głubczycki. *Opolski Informator Konserwatorski* 2017, 71–73.
- Blajer W., Micyk P., Biborski M., Kraszewska A., Valde-Nowak P. 2018. The hoard of bronze objects from site 8 at Zagórze, Wadowice District. *Recherches Archéologiques NS* 9, 2017 (2018), 319–338.
- Dobrzański L. A. 1999. *Metaloznawstwo z podstawami nauki o materiałach*, wyd. V. Warszawa.
- Piaskowski J. 1981. *Technologia dawnych odlewów artystycznych*. Kraków.
- Wendorff Z. 1976. *Metaloznawstwo*, wyd. III. Warszawa.
- Wesołowski K. 1981. *Metaloznawstwo i obróbka cieplna*. Warszawa.

dr hab. Marcin Biborski
Instytut Archeologii
Uniwersytet Jagielloński
biborski@interia.pl
orcid: 0000-0003-3066-9840