

Damian Swat

SKARB Z V OKRESU EPOKI BRĄZU ZE STROBINA, GM. KONOPNICA W ŚWIETLE BADAŃ METALoznawczych

SŁOWA KLUCZOWE: archeologia; badania metaloznawcze; metalurgia; epoka brązu

KEYWORDS: archaeology; physical metallurgy research; metallurgy; Bronze Age

W artykule chciałbym opisać zespół zabytków metalowych odkrytych na stanowisku nr 2 w Strobiniu (gm. Konopnica) pod kątem badań metaloznawczych. Skarb ten datowany jest na V okres epoki brązu wg. O. Monteliusa (H B3 wg. P Reinecke) i pochodzi z osady obronnej kultury łużyckiej (Kaszewski 1987: 87).

Aby przeprowadzić analizę poszczególnych zabytków pod względem badań metaloznawczych należałoby najpierw wytłumaczyć kilka pojęć związanych z tą dziedziną nauki. Przede wszystkim trzeba wyjaśnić czym różni się metaloznawstwo od metalografii, ponieważ te dwa pojęcia są często mylone. Metaloznawstwo jest nauką zajmującą się badaniem struktury, składu chemicznego, właściwości fizycznych i mechanicznych metali i ich stopów. Natomiast metalografia jest gałęzią metaloznawstwa. Zajmuje się ona badaniem tylko struktury metali i ich stopów przy wykorzystaniu m.in. takich metod jak makroskopowe i mikroskopowe badania struktur i wad materiałowych (Łuszczkiewicz, Pawłowska, Tabor 2009: 129). Zadaniem metalografii jest określenie jakościowych i ilościowych charakterystyk mikrostruktury, które decydują o fizycznych, chemicznych, mechanicznych, technologicznych i eksploatacyjnych właściwościach materiałów metalicznych. Mikrostruktura obserwowana i oceniana ilościowo za pomocą mikroskopu zależy od warunków wytopu i krystalizacji, składu chemicznego, procesów obróbki plastycznej i cieplnej, a także wielkości i sposobu obciążenia w czasie pracy (Wala 2004: 7–8). Szerszym pojęciem od metaloznawstwa

i metalografii jest metalurgia, która jest nauką o metalach i stopach oraz procesach ich otrzymywania i kształtowania. Wykorzystuje ona metody współczesnej fizyki i chemii. Metalurgia może być również rozumiana, jako technologia otrzymywania metali i stopów z rud i surowców wtórnych (Łuszczkiewicz, Pawłowska, Tabor 2009: 129).

Stopem metali nazywamy substancję metaliczną składającą się z mieszaniny metalu podstawowego (składnik, który przeważa masowo), oraz innych składników – dodatków stopowych i zanieczyszczeń (Łuszczkiewicz, Pawłowska, Tabor 2009: 249). Do stopów żelaza możemy zaliczyć np. stal czy żeliwo. Do stopów metali nieżelaznych zaliczamy np. brąz, mosiądz, spiż czy tombak. Poszczególne pierwiastki mają bardzo istotny wpływ na właściwości stopów, z których zostały wykonane zabytki archeologiczne. Celem tego artykułu jest ukazanie różnic w składzie poszczególnych stopów, wynikających z przeznaczenia danego zabytku na przykładzie skarbu ze Strobina (gm. Konopnica).

Oprócz głównych składników do produkcji przedmiotów brązowych, jakimi są miedź oraz cyna możemy wyróżnić różnorakie dodatki stopowe, które mają wpływ na jakość oraz właściwości mechaniczne danego stopu. Zgromadzone tutaj analizy dotyczą brązów cynowych. Cyna w istotny sposób wpływa na właściwości brązu. Pierwiastek ten, do zawartości około 8% w stopie, powoduje wzrost jego wytrzymałości i plastyczności. Przy większej zawartości plastyczność gwałtownie maleje, a powyżej 25% cyny następuje dodatkowo silny spadek wytrzymałości. Dlatego, na ogół, zawartość cyny w brązach cynowych nie przekracza 20%. Cechą charakterystyczną tych stopów jest występowanie segregacji związanej z dosyć dużą rozpiętością temperatury krystalizacji. Segregacja w stopach polega na występowaniu większej zawartości pierwiastka (np. cyny) w danym fragmencie przedmiotu. Dochodzi do sytuacji, w której obiekt wykonany z metalu nie posiada jednolitego składu procentowego dodatków stopowych (np. w jednym miejscu jest 10% cyny, a w drugim 12%). Występuje wtedy struktura dwufazowa tych stopów, które zgodnie z układem równowagi powinny być jednofazowe. Likwidacja segregacji jest możliwa dzięki wygrzewaniu gotowego produktu przez długi okres czasu (np. 24 godziny) w wysokiej temperaturze – ok. 700°C. Nazywane jest to fachowo ulepszeniem cieplnym. Polega ono na (Bunsch 2005: 225) podgrzaniu stopu do temperatury ponad 700°C i szybkim ochłodzeniu w wodzie (hartowanie), a następnie wygrzewaniu w temperaturze 300°C (odpuszczanie).

Stopy miedzi możemy podzielić ze względu na stężenie pierwiastków stopowych na: niskostopowe, w których stężenie pierwiastków stopowych jest mniejsze niż 5% oraz stopy z innymi pierwiastkami stopowymi, których

łączne stężenie przekracza 5%. W niskostopowych stopach miedzi dodatkami, które podwyższają wytrzymałość na wysokie temperatury, są arsen oraz srebro. Wytrzymałość na zimno oraz gorąco tej grupy stopów można uzyskać poprzez dodanie kadmu. Podobne oddziaływanie ma cyrkon oraz chrom. Niskocynowe stopy miedź-cyna, są przeznaczone do obróbki plastycznej. Jeżeli stężenie cyny jest zawarte w zakresie od 5 do 10%, głównie oddziałuje na umocnienie stopu, pomimo utrudniania odkształcalności na zimno. Przy stężeniu cyny powyżej 8% niemożliwa staje się obróbka plastyczna stopu na zimno, ze względu na wydzielanie się kruchych faz w miedzi. Kolejnym ważnym składnikiem stopowym w brązach archeologicznych jest ołów. Dodatek od 0,5 do 1% ołowiu zwiększa skrawalność stopu, lecz zmniejsza właściwości wytrzymałościowe. Pierwiastek ten cechuje się całkowitym brakiem rozpuszczalności w miedzi i w czasie krystalizacji wydziela się na granicach ziaren. Występuje wtedy zjawisko kruchości na gorąco, co w znaczącym stopniu komplikuje obróbkę plastyczną miedzi. Wpływa to również dość negatywnie na wytrzymałość stopu. Pozytywnym czynnikiem przy tym jest wzrost lejułości brązu (Cofta Broniewska, Hensel 1996: 133, 149). Nikiel poniżej 5% dodany do stopu miedzi i cyny polepsza wytrzymałość, lecz pogarsza lejułość brązu. Przy stężeniu od 5 do 10% niklu dodatek ten zapewnia możliwość utwardzenia stopu w wyniku obróbki cieplnej, zwłaszcza, jeżeli stop ten zawiera cynk. Stopy takie cechują się bardzo dobrą szczelnością oraz wysoką wytrzymałością na rozciąganie (Dobrzański 2008: 104–105).

W stopach historycznych, których ta praca dotyczy, zawartość pierwiastków stopowych zmienia się w szerokich granicach. Zmienność głównych składników stopowych takich jak np. cyna jest mniejsza niż we współcześnie stosowanych stopach. Obecnie powszechne jest stosowanie dwufazowych stopów miedzi z cynkiem o zawartości powyżej 39% cynku, natomiast w stopach, z których zostały wykonane przedmioty, które będą omawiane zawartość tego pierwiastka nie przekracza 2%. Wzrost zawartości cynku wpływa na podniesienie wytrzymałości i plastyczności stopu. Podstawowym składnikiem nadal pozostaje tu cyna. Korzystnie na wytrzymałość brązów cynowych wpływają takie pierwiastki jak: glin, żelazo, mangan oraz nikiel. W przypadku stosowania obróbki plastycznej stopów miedzi szczególnie szkodliwymi dodatkami są arsen, antymon, bizmut i siarka. Składniki te wpływają na kruchość stopu i powinny zostać usunięte lub ich zawartość ograniczona do minimum (Cofta Broniewska, Hensel 1996: 151).

Dzięki zaawansowanym technologiom możemy zbadać skład chemiczny poszczególnych zabytków archeologicznych wykonanych z metalu. Badania, które nam to umożliwiają, zwane są w dalszej części badaniami metalozna-

wczymi. Należy tu podkreślić, że badania zabytków archeologicznych mają swoją specyfikę i różnią się od laboratoryjnych badań metaloznawczych produktów współczesnej techniki. Różnica polega na celu badań: badania zabytków archeologicznych mają pozwolić na odtworzenie technologii ich wytwarzania, podczas gdy zadaniem badań produktów współczesnej techniki jest zazwyczaj określenie stosunku struktury metalu i jego właściwości, podyktowanych normami lub wymaganiami. Po za tym, o ile w przypadku ostatnich nie liczymy się za bardzo z badanym przedmiotem - próbką, o tyle, jeżeli chodzi o zabytek archeologiczny, należy ustalić metodykę badań w taki sposób, aby przy jak najmniejszym uszkodzeniu zabytku uzyskać jak największą ilość danych o technologii jego wytworzenia (Piaskowski 1957: 284).

Przede wszystkim należy zadać sobie pytanie, co archeologowi mogą dać badania metaloznawcze. Niewątpliwie badania metaloznawcze zabytków archeologicznych pozwalają w przeważającej ilości przypadków na odtworzenie technologii ich wytwarzania, tzn. na ścisłe określenie sposobu produkcji. Z tym wiąże się też oszacowanie pracochłonności wykonania produktu, będącej miarą jego wartości oraz wydajności pracy. Badania te również pozwalają na określenie poziomu techniki wytwórcy przedmiotu. Ponieważ wiąże się z on z ogólną ekonomiką, stąd archeolog może znaleźć w badaniach metaloznawczych podstawy do oceny poziomu gospodarczego społeczeństwa. Badania te są również kryterium ułatwiającym datowanie zabytków metalowych. Po zebraniu odpowiedniej liczby materiałów porównawczych będzie można w przybliżeniu określić pochodzenie przedmiotów, opierając się na obecności pewnych domieszek w metalach i rudach. Konieczne są do tego także dokładne analizy rud metali występujących na danym terytorium, szczególnie w okręgach, w których od dawna były eksploatowane (Piaskowski: 286).

Pobieranie próbek do badań metaloznawczych wiąże się z częściowym uszkodzeniem badanego przedmiotu. W większości przypadków uszkodzenie takie można uzupełnić. Problem stanowi najbardziej ekonomiczne pobranie próbki, która pozwoli na wyciągnięcie maksymalnej ilości wniosków o technologii przy minimalnym uszkodzeniu badanego zabytku. Wiąże się to ze specjalizacją metaloznawcy. Osoba taka w badająca zabytek archeologiczny potrafi ustalić miejsce i sposób pobrania próbki, który przy nieznacznym uszkodzeniu przedmiotu pozwoli na ustalenie technologii wytworzenia zabytku. Sprawa ta musi być każdorazowo uzgodniona między metaloznawcą a archeologiem, który powinien wyrazić zgodę na wycięcie próbki w stosownym miejscu (Piaskowski: 286).

Bardzo pomocnymi badaniami w metaloznawstwie są badania rentgenograficzne. Mają one dwojakie zastosowanie. Mogą one służyć do stwierdzenia

wewnętrznych wad w metalu przez prześwietlenie promieniami rentgenowskimi, bądź też stosuje się je przy badaniach struktury krystalograficznej metali (tylko w przypadku stali obrabianej cieplnie). Jeżeli podejrzewamy, że zabytek metalowy został wykonany przez odlanie, warto wykonać badanie RTG. Dotyczy to głównie przedmiotów wykonanych z brązu lub mosiądzu. Przedmiot odlany zawiera często kuliste pęcherze gazowe lub jamy skurczowe widoczne na rentgenogramie. Obecność takich pęcherzy nieodkształconych przez kucie świadczy, iż badany przedmiot wykonany został metodą odlewu (Piaskowski: 287).

Do najbardziej znanych i rozpowszechnionych badań metaloznawczych umożliwiających określenie składu chemicznego badanej próbki metalu należy analiza spektralna zwana inaczej analizą widmową. Polega ona na analizie instrumentalnej wykorzystującej widma emisyjne próbek lub widma absorpcyjne do jakościowej identyfikacji pierwiastków oraz oznaczeń ilościowych. Jej odmianą jest np. analiza spektrograficzna, która wykorzystuje emisyjne widmo próbek złożone z charakterystycznych linii i pasm pierwiastków wchodzących w jego skład. Metodą, w której wykorzystuje się widmo absorpcyjne jest atomowa spektrofotometria absorpcyjna. Polega ona również na ilościowym oznaczeniu zawartości analizowanego pierwiastka za pomocą absorpcji charakterystycznego promieniowania rezonansowego przez atomy tego pierwiastka (Łuszczkiewicz, Pawłowska, Tabor: 17, 19–20). Narzędziem, które umożliwia badanie metodą spektralną, jest najczęściej spektroskop elektronowy.

Przejdźmy teraz do tytułowego skarbu ze stanowiska 2 w miejscowości Strobin (gm. Konopnica). Skarb odkryto podczas badań archeologicznych w 1982 roku. Składał się on z fragmentów naczyń glinianych i przedmiotów brązowych takich jak: sierpy, bransolety, guzki, naszyjniki, pierścionki, zawieszki oraz jeden paciorek. Jama, w której znaleziono skarb była nakryta płaskim głazem. Bezpośrednio pod kamieniem znajdowały się fragmenty kilku naczyń glinianych. Pod nimi znaleziono przedmioty metalowe. Złożone tam naszyjniki (jeden na drugim) tworzyły walcowatą przestrzeń, w której znajdowały się pozostałe zabytki. Tylko 6 przedmiotów znajdowało się poza tą przestrzenią (ryc. 7). Omawiane znalezisko opisano szczegółowo w publikacji, gdzie zamieszczono wyniki analiz metaloznawczych wykonanych przez mgr inż. Andrzeja Kanwiszera metodą analizy spektralnej (Kaszewski: 79, 81, 87).

SIERPY

W skarbie ze Strobina znajdują się dwa sierpy datowane tak jak całe znalezisko na V okres epoki brązu. Obydwa sierpy posiadają guzek oraz żeberka. Na podstawie analiz metaloznawczych stwierdzono w pierwszym sierpie (ryc. 1.1) obecność 87,8% miedzi oraz 10,2% cyny, co czyni to tym samym stop bardziej wytrzymałym, jednak trudniejszym w obróbce plastycznej. Pozostałe 2% to takie dodatki stopowe jak: tytan, żelazo, kobalt, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów i bizmut. Niestety nie określono wartości procentowych dla pozostałych dodatków stopowych (Kaszewski: 89).

W przypadku drugiego sierpa (ryc. 21.2) ze Strobina zawartość miedzi jest podobna (86,9%), zmienia się jednak udział cyny, który wynosi 12,1%. Występują te same dodatki stopowe, jakie odnotowano w omówionym wyżej egzemplarzu (ryc. 21.1), jednak o mniejszej zawartości (1% całego stopu). Trudno również tutaj określić, jakie dodatki miały wpływ, na jakość stopu, z uwagi na brak podania konkretnych liczb. Sierp ten zdecydowanie był pozbawiony cech plastycznych, ze względu na dużą zawartość cyny. Był tym samym bardziej wytrzymały.

BRANSOLETY

Skarb zawierał 7 sztuk bransolet, które poddano analizie. Możemy wyróżnić wśród tego zbioru 5 bransolet otwartych oraz 2 spiralne. Wśród bransolet otwartych najniższa zawartość miedzi wynosi 86,5%, najwyższa – 88,2%. W przypadku cynku najniższa zawartość to 11%, a najwyższa – 12,1% (Kaszewski: 81, 88–89). We wszystkich pięciu bransoletach występują te same dodatki stopowe: tytan, żelazo, kobalt, nikiel, srebro, antymon i bizmut. Skład chemiczny tych bransolet przedstawia się, więc bardzo podobnie. Nie różnią się między sobą nawet rodzajem dodatków stopowych, które w głównej mierze nie wpływają znacząco, na jakość stopu. Z uwagi na ilość cyny stop, z którego zostały wykonane bransolety, jest wytrzymały. Pomimo szkodliwych dodatków w postaci antymonu i bizmutu, jakość bransolet jest dobra. Bardzo możliwe jest to, że zostały one wykonane z tego samego rodzaju stopu i przez tego samego metalurga, o czym świadczy bardzo podobny skład chemiczny i dodatki stopowe.

Analizy bransolet spiralnych ze Strobina wskazują, że surowiec do ich wykonania zawierał 88,5% miedzi i 11,3% cyny. Pozostałe 0,2% to dodatki stopowe w postaci tytanu, żelaza, niklu, cynku, srebra, antymonu, ołowiu i bizmutu. Bez wątplenia możemy tutaj wnioskować, że zostały wykonane z tego samego

stopu i najprawdopodobniej w tym samym czasie i przez tego samego metalurga. Jakość tego stopu jest bardzo dobra. Zawartość cyny świadczy o wytrzymałości oraz twardości wyrobu. Istotna jest też niska zawartość zanieczyszczeń w postaci bizmutu i antymonu, która wpływa korzystnie, na jakość brązu.

GUZKI

W zbiorze występuje 125 guzków. Są one o różnej wielkości i kształtu. Możemy je podzielić na dwie odmiany – z uszkiem (34 szt.) i z zaczepami (91 szt.). Do pierwszej z nich możemy zaliczyć guzki (ryc. 25) o wypukłych tarczках z pojedynczymi uszkami, natomiast egzemplarze z drugiej grupy (ryc. 26, 27) posiadają romboidalny kształt oraz dwa trójkątne zaczepy. Wszystkie guzki zostały wykonane z tego samego stopu w składzie 88,5% miedzi, 11,1% cyny oraz takich dodatków stopowych (0,4% całości stopu) jak: żelazo, kobalt, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów, bizmut (Kaszewski: 84, 89). Stop, z którego zostały wykonane guzki jest dobrej jakości. Zawartość cyny na takim poziomie świadczy o dużej wytrzymałości tego brązu. Niewątpliwie na podstawie samego składu możemy wysunąć twierdzenie, że stop został wykonany w tym samym czasie przez tą samą osobę.

NASZYJNIKI

Na stanowisku w Strobinnie odkryto również 7 naszyjników. Pięć określiło, jako podwójne. Dwa naszyjniki podwójne ze Strobina miały taki sam skład chemiczny. Zawierały 91% miedzi oraz 8% cyny. Pozostały 1% to takie dodatki stopowe jak: tytan, żelazo, nikiel, srebro, antymon, ołów i bizmut (Kaszewski: 81, 88). Stop ten należy do dobrych gatunkowo, jest wytrzymały i odporny na odkształcalność na zimno. Można z dużą dozą prawdopodobieństwa zaliczyć go do tego samego stopu, z którego został odlany pierwszy z naszyjników. Bardzo możliwe, że zostały one wykonane w tym samym czasie i przez tego samego metalurga.

Podobna sytuacja występuje w przypadku dwóch kolejnych naszyjników. W toku przeprowadzonych analiz, w trzecim i czwartym naszyjniku wykryto 88,5% miedzi, 9,5% cyny oraz 2% dodatków stopowych (titan, żelazo, kobalt, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów i bizmut). Stop ten jest nieco bardziej wytrzymały od stopu dwóch pierwszych naszyjników, przy zmniejszonej plastyczności na zimno. Naszyjnik trzeci i czwarty ze Strobina najprawdopodobniej zostały wykonane w tym samym czasie i przez tego samego metalurga. Piąty podwójny naszyjnik różni się nieco od poprzednich. Skład jego wynosi 87,4% miedzi oraz

10,2% cyny, 2,4% dodatków stopowych (tytan, żelazo, nikiel, srebro, antymon, bizmut). Stop ten należy uznać za nieco bardziej wytrzymały od użytego do wytworzenia poprzednich naszyjników ze Strobina, z racji na większą zawartość cyny. Wciąż jednak występują szkodliwe dodatki w postaci antymonu oraz bizmutu. Niestety nie wiadomo w jak dużej ilości. W Strobinnie znaleziono również naszyjnik potrójny, datowany na horyzont Kurd lub horyzont Gyermely, co należałoby wiązać z IV/V okresem epoki brązu. Jego skład przedstawia się następująco: 90% miedzi, 9,1% cyny, oraz 0,9% takich pierwiastków jak: tytan, żelazo, kobalt, nikiel, srebro, antymon, ołów oraz bizmut. Zawiera on mniej dodatków stopowych niż poprzednie naszyjniki, a co za tym idzie, mniejszą zawartość składników szkodliwych. Pod względem wytrzymałości jest to brąz dobry gatunkowo. Kolejny naszyjnik zawiera 89,4% miedzi i 8,9% cyny oraz dodatki stopowe (tytan, żelazo, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów bizmut). Zawartość cyny świadczy o dobrej wytrzymałości stopu i odporności na odkształcanie na zimno. Ostatnim zabytkiem związanym z naszyjnikami ze Strobina jest zapięcie trapezowate naszyjnika z rozklepanymi końcami. Analiza chemiczna tego zapięcia wykazała obecność miedzi (87%), cyny (11%) oraz pozostałe 2% dodatków stopowych (tytan, żelazo, kobalt, nikiel, srebro, antymon, bizmut). Tak wysoka obecność cyny oznacza dużą wytrzymałość stopu. Większy dodatek cyny polepszał trwałość zapięcia. Świadczy to o dobrych umiejętnościach metalurgicznych wykonawcy.

PIERŚCIONKI

Prezentowany pierścionek zamknięty wykonany został ze stopu zawierającego 90,2% miedzi, 8,4% cyny oraz 1,6% pozostałych dodatków (tytan, żelazo, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów, bizmut). Cyna na tym poziomie dobrze wpływa na wytrzymałość stopu przy niskiej odkształcalności na zimno. Pierścionek spiralny zawiera nieco mniej miedzi (88,5%) oraz więcej cyny (11,3%). Posiada takie same pozostałe dodatki stopowe jak pierwszy, jednak utrzymują się one na niższym (0,2%) poziomie (Kaszewski: 82, 89). Zdecydowanie to drugi pierścionek jest bardziej wytrzymały oraz jakościowo lepszy niż pierwszy, a to z uwagi na wyższą obecność cyny oraz minimalną obecność innych pierwiastków (w tym szkodliwych antymonu i bizmutu).

ZAWIESZKI

Prezentowany zbiór zawieszek (ryc. 5) w kształcie koła z wpisanym krzyżem i poziomą tuleją datowany jest na okres IV–V epoki brązu. Najprawdopodobniej zawieszki te (10 szt.) były elementem naszyjnika. Skład chemiczny zawieszek

z krzyżem jest taki sam i wynosi 97% miedzi oraz 2,2% cyny. Pozostałe pierwiastki to: tytan, żelazo, kobalt, nikiel, srebro, antymon, ołów i bizmut. Zawieszki należą do odmiany niskostopowej. Dodatkami (poza cyną), które w jakiś sposób podnoszą wytrzymałość stopu są srebro, żelazo, nikiel. Pomimo tych dodatków, (które łącznie występują w 0,8%) stop ten jest bardzo plastyczny.

Skarb ze Strobina zawiera również dwie zawieszki binoklowate (ryc. 6) datowane na IV–V okres epoki brązu. Obydwa zabytki wykonano z tego samego stopu: 87% miedzi, 11% cyny oraz ogółem 2% innych pierwiastków (żelaza, kobaltu, niklu, srebra, antymonu, ołowiu, bizmutu). Stop ten należy zaliczyć do wytrzymałych i odpornych na odkształcanie na zimno.

W skład omawianego depozytu wchodziło 16 zawieszek spiralnych występujących już od III okresu epoki brązu. Wszystkie zawieszki wykonano z tego samego stopu. Skład chemiczny tych zabytków przedstawia się następująco: 89,4% – miedź, 10,1% – cyna, pozostałe 0,5% to: żelazo, kobalt, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów, bizmut (Kaszewski: 82, 89). Stop należy do wytrzymałych i o dobrej jakości. Wnioskując na podstawie składu chemicznego poszczególne rodzaje zawieszek zostały wykonane w tym samym czasie oraz najprawdopodobniej przez tego samego metalurga.

PACIOREK

Znajdujący się w skarbie paciorek rurkowaty datowany jest na V okres epoki brązu. Analiza spektralna wykazała obecność 86,7% miedzi oraz 10,5% cyny. Pozostałe dodatki to: żelazo, nikiel, cynk, srebro, antymon, ołów i bizmut (Kaszewski: 89). Stop, z którego został wykonany przedmiot, cechuje się dużą wytrzymałością pomimo obecności szkodliwych pierwiastków, takich jak antymon czy bizmut.

PODSUMOWANIE

Głównymi składnikami brązów historycznych nadal pozostają miedź oraz cyna (lub arsen w przypadku brązów arsenowych). Dokładne określenie zawartości procentowej pozostałych dodatków stopowych pozwala na szczegółową analizę stopu. Dlatego ważne jest, aby w podawaniu wyników badań zamieszczać wartości procentowe pozostałych składników stopowych poza miedzią i cyną, nawet, jeżeli są to ilości śladowe. Dodatki stopowe pomagają określić właściwości stopu i umożliwić metaloznawcy stwierdzenie czy przedmioty były wykonane z tego samego materiału i w tym samym czasie.

Samo stanowisko w Strobinnie datowane jest na okres późnej epoki brązu. Najprawdopodobniej jednak osada była użytkowana w okresie halsztackim. Ogółem wyróżniono 158 szt. zabytków metalowych, z czego 125 szt. stanowią guzki. W toku analiz chemicznych zabytków skarbu ze Strobina można dojść do wniosku, że zawartość cyny u większości przedmiotów waha się w granicach 8–12% całości stopu. Świadczy to o wysokim poziomie ich wykonania oraz o dużej wytrzymałości. Wyjątek stanowią tu tylko zawieszki w kształcie koła z wpisanym krzyżem, w których domieszka tego pierwiastka wynosi 2,2%. Również dodatki stopowe w przypadku niektórych okazów są takie same. Może to świadczyć, że niektóre zabytki odlano z jednego wytopu i wytworzono w tym samym czasie. Natomiast pozostałe przedmioty mające nieco odmienny skład chemiczny od pozostałych, mogły powstać w innym ośrodku produkcyjnym, lub zostały odlane w tej samej pracowni, ale w innym czasie. Niekiedy w ozdobach wykonanych z brązu cynowego zamiast większej zawartości cyny stosuje się dodatki ołowiu, srebra, antymonu czy arsenu, które wpływają na jakość stopu.

Sposób, w jaki zostały omawiane przedmioty zdeponowane może sugerować, że właściciel zakopał je w pośpiechu i raczej nie mógł to być dar wotywny. W skład skarbu wchodziły przedmioty przedstawiające dużą wartość materialną nie tylko pod względem surowca, ale techniki wykonania ozdób i narzędzi. Zawartość depozytu może świadczyć, iż właścicielem mógł być odlewnik lub kupiec, albo osoba łącząca obie te profesje. Wytwórca przedmiotów brązowych, jeżeli pracował na lokalny rynek wymiany, mógł być jednocześnie kupcem (Kaszewski 1987: 91).

Trudno powiedzieć, czym była podyktowana mała zawartość cyny w zabytkach wykonanych z brązów cynowych. Czy wykonawca nie posiadał dostatecznej wiedzy odnośnie metalurgii, czy też może celowo nie dodawał jej więcej z uwagi na oszczędność materiału. Pomijam przypadki, w których zawartość cyny była uwarunkowana funkcjonalnością i przeznaczeniem przedmiotu. Być może tak niska zawartość tego pierwiastka była podyktowana materiałem, z którego wykonywano przedmioty. Należy pamiętać, że proces wytapiania brązów cynowych był wtedy bardzo złożony. Metalurzy nie zawsze korzystali z uprzednio przygotowanych sztab brązowych, ale wykonywali także przedmioty odlane z tzw. złomu brązowego. Były to często fragmenty blaszek, grudek brązowych, odłamki poprodukcyjne, uszkodzone przedmioty lub po prostu takie, które wyszły z użycia. Szczegółowe analizy mogłyby niejednokrotnie to wyjaśnić.

Badania metaloznawcze niewątpliwie mają istotne znaczenie w archeologii. Nie tylko w przypadku epoki brązu, ale także epok późniejszych.

Ważne jest, aby archeolog podejmował współpracę z metaloznawcą w celu przeprowadzenia szczegółowych badań nad składem i strukturą zabytków metalowych. Coraz częściej archeolodzy sięgają do interdyscyplinarnych metod badawczych. Rozwój nauki i techniki powoduje, że analizy metaloznawcze stają się bardziej powszechne niż 50 lat temu. W przyszłości badania metaloznawcze mogłyby rzucić szersze światło nad ustaleniem pochodzenia danych grup zabytków oraz nad ich faktycznym przeznaczeniem.

mgr Damian Swat
Uniwersytet Łódzki
Wydział Filozoficzno-Historyczny
Instytut Archeologii
ul. Uniwersytecka 3
90-137 Łódź.

BIBLIOGRAFIA

- Bunsch A. (2005), *Metale nieżelazne i ich stopy*, [w:] *Metaloznawstwo wybrane zagadnienia*, red. J. Pacyna, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków.
- Cofta-Broniewska A., Hensel Z. (1996), *Metalurgia brązu pradziejowych społeczeństw Kujaw*, „Studia i Materiały do dziejów Kujaw”, t. 7, s. 9–158.
- Dobrzański L. (2008), *Metaloznawstwo opisowe stopów metali nieżelaznych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Kaszewski Z. (1987), *Skarb z V okresu epoki brązu w Strobiniu, gmina Konopnica, województwo sieradzkie*, „Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi”, seria archeologiczna, t. 34, s. 81–91.
- Łuszczkiewicz K., Pawłowska H., Tabor A. (2009), *Encyklopedyczny słownik techniczny – metalurgia – odlewnictwo – jakość*, Politechnika Krakowska, Kraków.
- Piaskowski J. (1957), *Metody metaloznawcze w badaniach zabytków archeologicznych*, „Sprawozdania Archeologiczne”, t. 3, s. 284–290.
- Wala A. (2004), *Mikroskopowe badania metalograficzne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.

SUMMARY

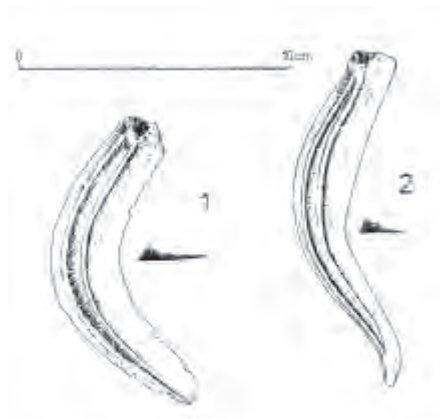
**THE TREASURE OF THE FIFTH PERIOD OF THE BRONZE AGE
IN STROBIN (COMMUNE KONOPNICA)
IN THE LIGHT OF METALLURGICAL STUDIES**

The article is to describe the metal monuments discovered in position No. 2 in Strobin (commune Konopnica) in the light of metallurgical studies. This treasure dates back to the V Bronze Age by A. Montelius (H B3 by P. Reinecke) and comes with a fortified settlement of the Lusatian culture

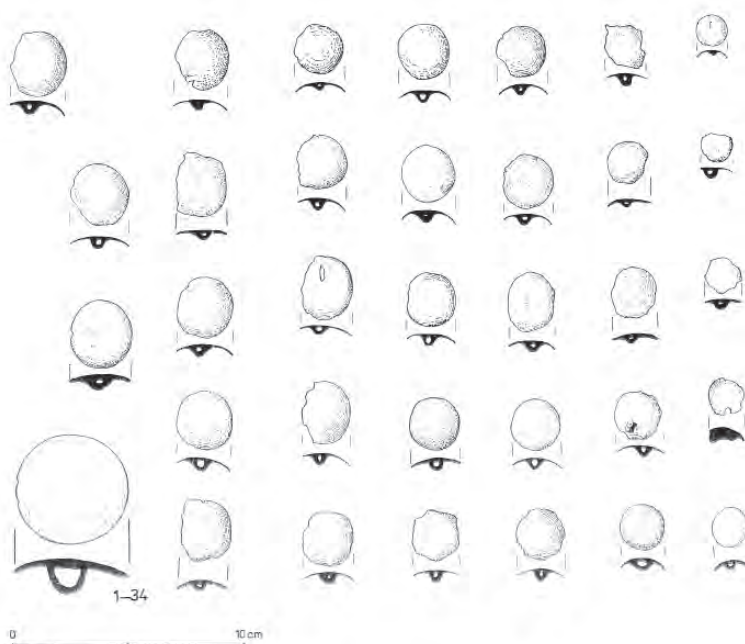
Article is divided into several parts. The first of these is explained differences and definitions related to metallurgical studies. In a further describes the main components of alloys made of tin bronzes. The main components of bronze alloy is tin and copper. It is also described how the amount of tin and copper affect the quality and mechanical properties of the alloy. There are also important alloying elements that reduce or increase the quality and strength of the alloy.

The next section describe the metallurgical test methods such as X-ray that allows for finding the defects in the metal. Another method which allows to determine the chemical composition of the alloy is spectral analysis.

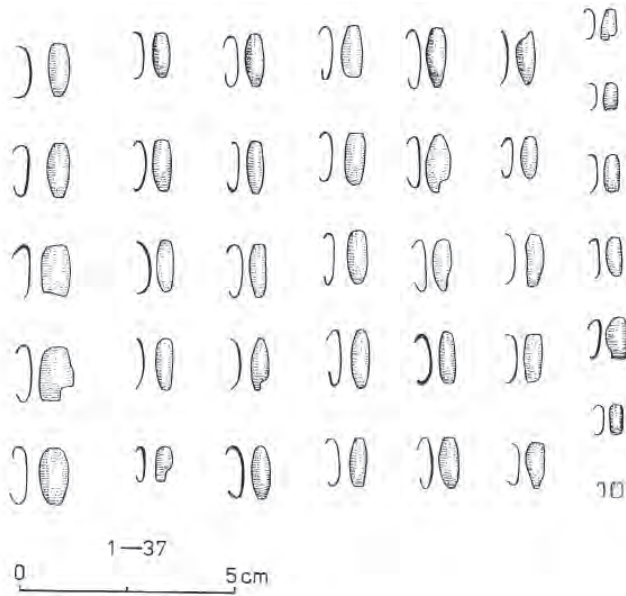
The next section describes the analysis of metallurgy treasure discovered in Strobin in 1982. It contained fragments of pottery and bronze objects, such as sickles, bracelets, nodules, necklaces, rings, pendants and one bead. The last part is presented the summary and conclusions.



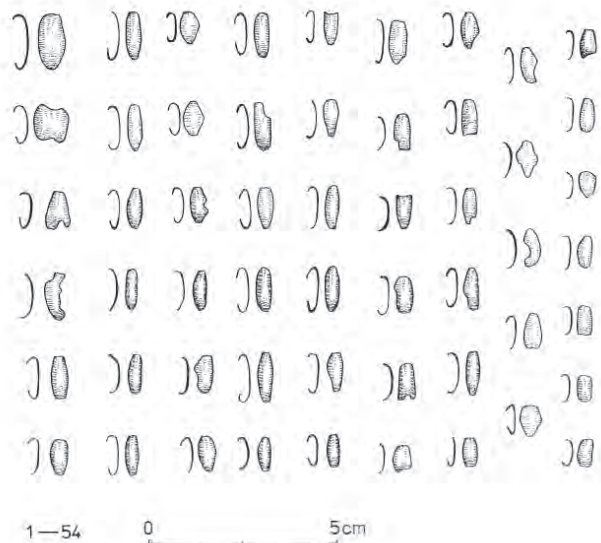
Ryc. 1. Sierpy. Strobin, gm. Konopnica, stan. 2
(Źródło: Kaszewski 1987, tabl. II, 11, 12)



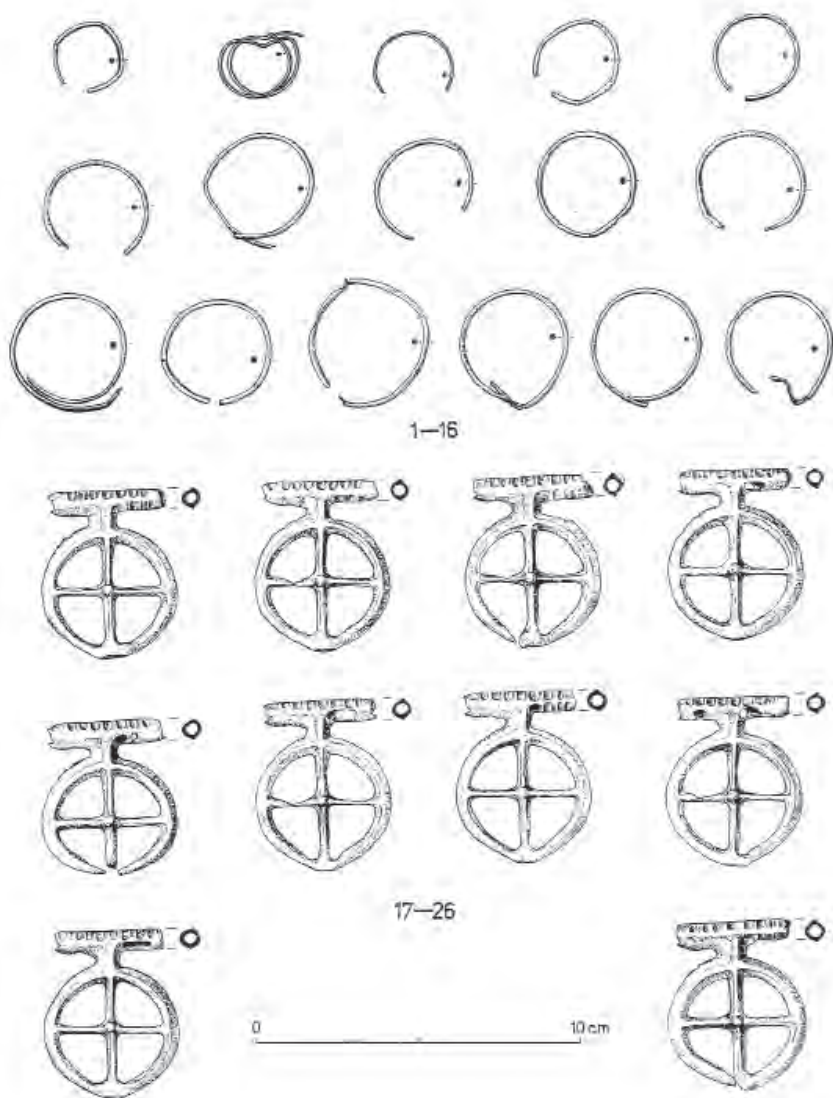
Ryc. 2. Guzki z uszkiem. Strobin, gm. Konopnica, stan. 2
(Źródło: Kaszewski 1987, tabl. IV)



Ryc. 3. Guzki z zaczepami. Strobin gm. Konopnica, stan. 2
(Źródło: Kaszewski 1987, tabl. V)

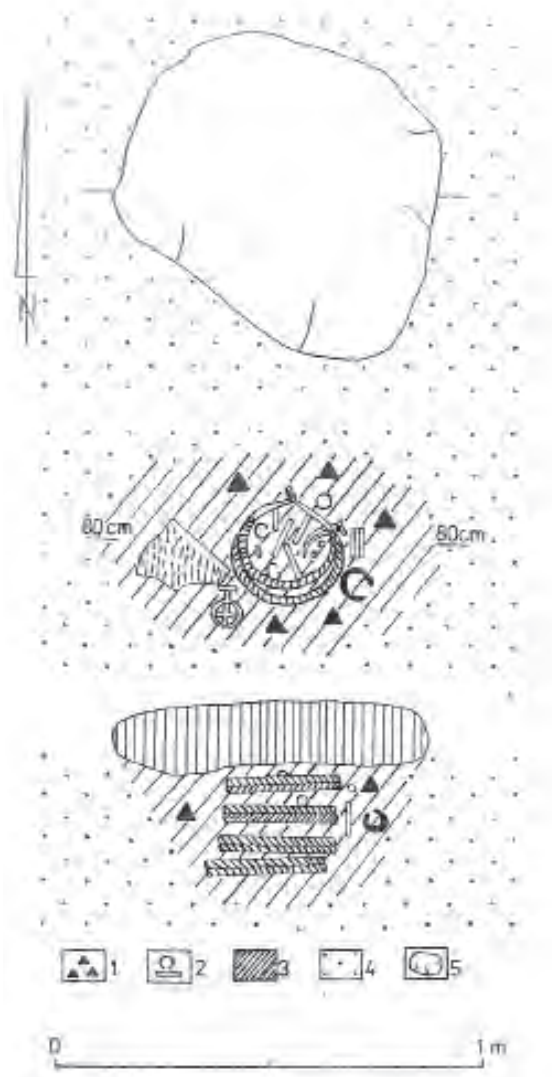
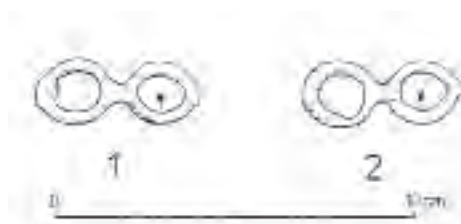


Ryc. 4. Guzki z zaczepami. Strobin, gm. Konopnica, stan. 2
(Źródło: Kaszewski 1987, tabl. VI)



Ryc. 5. Zawieszki: 1-16 spiralne, 17-26 w kształcie koła z wpisanym krzyżem. Strobina, gm. Konopnica, stan. 2
(Źródło: Kaszewski 1987, tabl. III)

Ryc. 6. Zawieszki binoklowate. Strobin,
gm. Konopnica
(Źródło: Kaszewski 1987, tabl. II)



Ryc. 7. Plan i przekrój jamy ze skarbem:
1 – fragmenty naczyń, 2 – ozdoby
z brązu, 3 – brunatna glina, 4 – żółty
piasek, 5 – gład. Strobin, gm. Konopnica
(Źródło: Kaszewski 1987, ryc. 2)