

Osada metalurgów w Szczepidle nad środkową Wartą. Z badań nad wytwórczością z brązu w II tys. BC¹

PRZEMYSŁAW MAKAROWICZ, ALDONA GARBACZ-KLEMPKA

Metallurgists' settlement In Szczepidło on the middle Warta. Some remarks
on bronze objects industry in the 2nd millennium BC

Wprowadzenie

W trakcie dziesięcioletnich badań terenowych (wykopaliskowych i nieinwazyjnych) na stan. 17 w Szczepidle, gm. Krzymów, woj. wielkopolskie, prowadzonych przez Instytut Prahistorii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, udokumentowano spektakularne relikty osadnictwa z epoki brązu. Analiza stylistyczna ceramiki naczyniowej oraz liczna seria dat ¹⁴C sugeruje, że wzmiankowana faza zasiedlenia, trwająca prawie 500 lat (1550/1500-1050 BC), jest związana z działalnością społeczności reprezentującej trzy jednostki kulturowe: trzciniecki krąg kulturowy (TKK), kulturę mogiłową (KMo) oraz wczesne stadium kultury łużyckiej (KŁ). Jak wykazały badania, mamy tu do czynienia z jednym, długotrwałym i nieprzerwanym procesem zasiedlenia stabilnej osady, o powierzchni około 3 ha, a zmiany „taksonomiczne” zachodziły ewolucyjnie i są efektem działalności kolejnych generacji tej samej ludności.

Jednym z najbardziej interesujących poznawczo zjawisk, zachodzących w trakcie funkcjonowania osady, było przyswojenie przez jej mieszkańców metalurgii brązu i rozwinięcie – na znaczną skalę – produkcji wyrobów z tego stopu. Na podstawie analizy porównawczej stylistyki ceramiki naczyniowej i wyrobów metalowych, a także oceny sekwencji dat radiowęglowych, etap rozwoju osady wiążący się z powstaniem pracowni metalurgicznej można określić ramowo na okres 1350-1150 BC i łączyć z działalnością społeczności z późnej fazy TKK o cechach KMo i wczesnej KŁ.

Zasadniczym celem prezentowanego artykułu jest przedstawienie niektórych aspektów wytwórczości metalurgicznej mieszkańców wzmiankowanej osady. Obejmują one analizę przestrzenną dystrybucji śladów wytwórczości metalurgicznej, charakterystykę archeometryczną i analizę metaloznawczą wyrobów metalowych oraz innych produktów procesu odlewniczego, a także próbę rekonstrukcji organizacji produkcji. Całość poprzedza omówienie lokalizacji stanowiska na tle środowiska geograficznego i ogólna charakterystyka efektów badań terenowych.

I. Stanowisko i jego otoczenie środowiskowe

Stanowisko 17 w Szczepidle (AZP 57-41/11) znajduje się we wschodnim odcinku Doliny Konińskiej (Ryc. 1 – Kondracki 1994: 107n), będącej fragmentem Pradoliny Warty Środkowej (Bartkowski 1970; 1978: 13). Dolina rzeki w charakteryzowanym rejonie jest – w porównaniu z innymi jej fragmentami – stosunkowo wąska: osiąga szerokość 1,5-2 km (Kozacki 1972: 28; Bartkowski 1978: 14). Wcina się ona w powierzchnię ograniczającą ją od północy i południa wysoczyzny morenowej na głębokość do 20 m. Jej dno jest lekko nachylone w kierunku zachodnim. Dolina ma w tej strefie terasy: środkową (nadzalewową) i denną (zalewową), mniej wyraźnie zaznacza się natomiast poziom terasy wysokiej. Na terasie środkowej, wyniesionej ok. 4,5-10 m ponad koryto Warty (82-88 m n.p.m.), występują obszary zwydmione oraz pokryte płatami piasków eolicznych. Prócz pól wydmyowych charakterystycznym

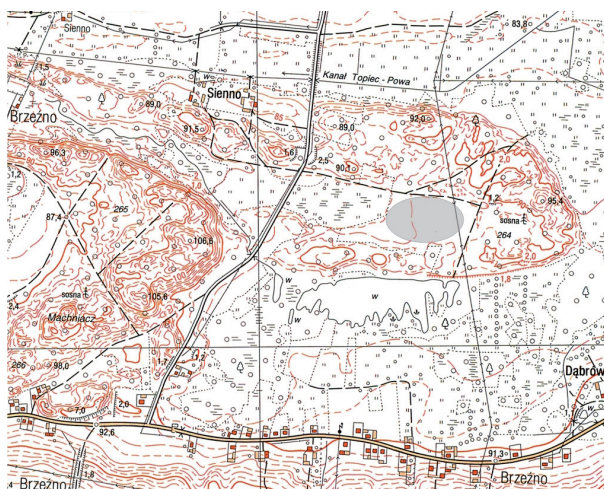
¹ Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2013, w ramach projektu badawczego N N109 054039.



Ryc. 1. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17.
Usytuowanie stanowiska

rysem tej powierzchni są zagłębienia deflacyjne, wypełnione torfami i utworami piaszczysto-madowymi (Trzeciakowski 1964: 358). Terasa zalewowa znajduje się na wysokości 1,5-3 m od poziomu lustra Warty (79,5-80,5 m n.p.m.). Występuje ona w sposób nieciągły po obu brzegach rzeki. Tworzą ją dwa poziomy: niższy, zbudowany z utworów piaszczysto-madowych i miejscami torfów, oraz wyższy (erozyjno-akumulacyjny) – zbudowany z utworów piaszczystych. Charakterystyczne są tu liczne starorzecza wypełnione wodą, zwłaszcza w okresach wiosennych i jesiennych przyborów, bądź też madami i torfem (Trzeciakowski 1964: 360n).

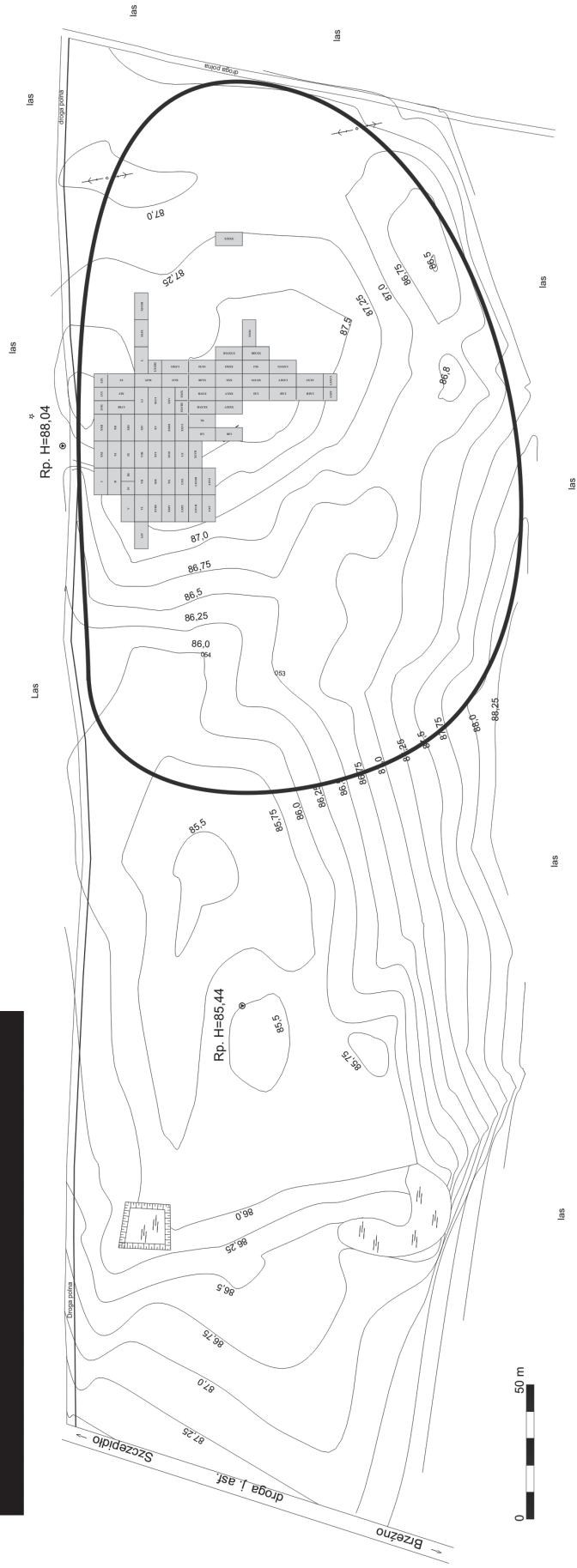
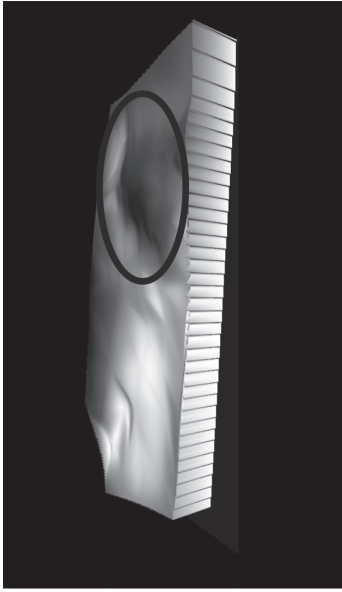
Dno doliny pokrywają współcześnie podmokłe łąki, wyżej położone płaty terenu zajęte są przez pola. Na rozwiewanych wydmach występujących na terasie nadzalewowej spotyka się lasy, w których dominuje sosna pochodząca z nasadzeń, mających na celu zatrzymanie procesów eolicznych. W obrębie rozległej wydmy parabolicznej, znajdującej się w rejonie położonym na zachód od stan. 17 w Szczepidle, odnotowano glebę kopalną przykrytą 1,5-metrową warstwą piasków eolicznych. Działalność wydmotwórcza w tym rejonie – i szerzej – w ramach równoleżnikowego odcinka Warty rozwinęła się szczególnie w późnym plejstocenie (Dryasie). W holocenie, a zwłaszcza w subboreal, doszło do powtórnej eskalacji procesów eolicznych, tym razem spowodowanej czynnikiem antropogenicznym, wiążącym się z osadnictwem społeczności kultury pucharów lejkowatych oraz ludności z epoki brązu (Tobolski 1966: 52n i 62; Kozarski, Tobolski 1968: 128; Makarowicz 1998).



Ryc. 2. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Położenie stanowiska w obrębie wydmy

Omawiane stanowisko znajduje się na terasie nadzalewowej Warty, w odległości około 1,8 km na południowy wschód od koryta rzeki, 400 m na południe od Kanału Topiec-Powa i 300 m na wschód od szosy Brzeźno – Szczepidło. Usytuowane jest na rozległej, zniszczonej wydmy parabolicznej (częściowo w niecce deflacyjnej) rozciągającej się na osi wschód – zachód na przestrzeni około 2 km, natomiast na osi północ – południe około 1 km (Ryc. 2). Powyższa forma geomorfologiczna, znacznie wyniesiona ponad dno doliny Warty, otoczona jest lasami oraz podmokłymi łąkami. W odległości 200 m na południe od stanowiska znajduje się zbiornik wodny o kilkuhektarowej powierzchni, natomiast od zachodu dochodzi ono do rozległego obniżenia, gdzie obecnie znajduje się niewielki staw. Charakterystyczny teren pokrywają głównie gleby „piaszczyste” (piaski eoliczne). W północnej części stanowiska, przy drodze polnej i lesie widnieją zachowane miejscami fragmenty wydmy. Wskutek działania wiatru morfologia terenu ciągle się zmienia. Jednak po nasadzeniu lasu na wzmiankowanej formie geomorfologicznej destrukcyjna działalność tego czynnika znacząco osłabła.

Napowierzchniowa dystrybucja źródeł ruchomych oraz wyniki badań wykopaliskowych i geomagnetycznych określają wielkość osady na trzy hektary, co stawia ją w rzędzie największych obiektów tego typu ze środkowej/późnej epoki brązu na Niziu Polskim. Wykopaliskowo rozpoznano 35,5 ara. Badaniem objęto głównie rejon największej koncentracji materiału ruchomego na powierzchni, tj. kulminację i stoki centralnej, wyniesionej części stanowiska (Ryc. 3).



Ryc. 3. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Zasięg stanowiska i usytuowanie wykopów

Rezultatem dziesięcioletniej kampanii wykopaliskowej oraz ponawianych corocznie – wskutek działalności czynników naturalnych i antropogenicznych – badań powierzchniowych było udokumentowanie bogatego i unikalnego zbioru źródeł archeologicznych, paleobotanicznych, paleozoologicznych i fizykochemicznych związanych ze środkową i późną epoką brązu, będących relikdami aktywności osadniczo-gospodarczej mieszkańców osady. Na stanowisku wykonano badania geomagnetyczne, w trakcie prospekcji terenowych używano też wykrywacza metalu, dzięki czemu rejestrowano nawet drobne fragmenty metalu (wytopy/zlewki – „kropelki”). W efekcie odnotowano 286 obiektów ziemnych, 20 856 fragmentów ceramiki, 792 wyroby krzemienne, 1442 wyroby kamienne (w tym narzędzia cyzelerskie), 140 przedmiotów z brązu, 175 kości zwierzęcych, 60 fragmentów polepy, 89 bryłek żuźla brązowego, fragmenty kilku tygielków glinianych i łyżki odlewniczej oraz ciężarka tkackiego (szerzej Makarowicz 2013).

II. Układ przestrzenny osady – strefy produkcji metalurgicznej

Obiekty nieruchome zarejestrowano na niemal całej zbadanej wykopaliskowo przestrzeni stanowiska. Na podstawie wyników prospekcji geomagnetycznej można założyć, że znajdują się one również w tych jego partiach, które nie zostały rozpoznane metodami inwazyjnymi. Najwięcej obiektów ziemnych występuje w części północno-zachodniej i południowej, mniej w centralnej i (zwłaszcza) wschodniej (Ryc. 4).

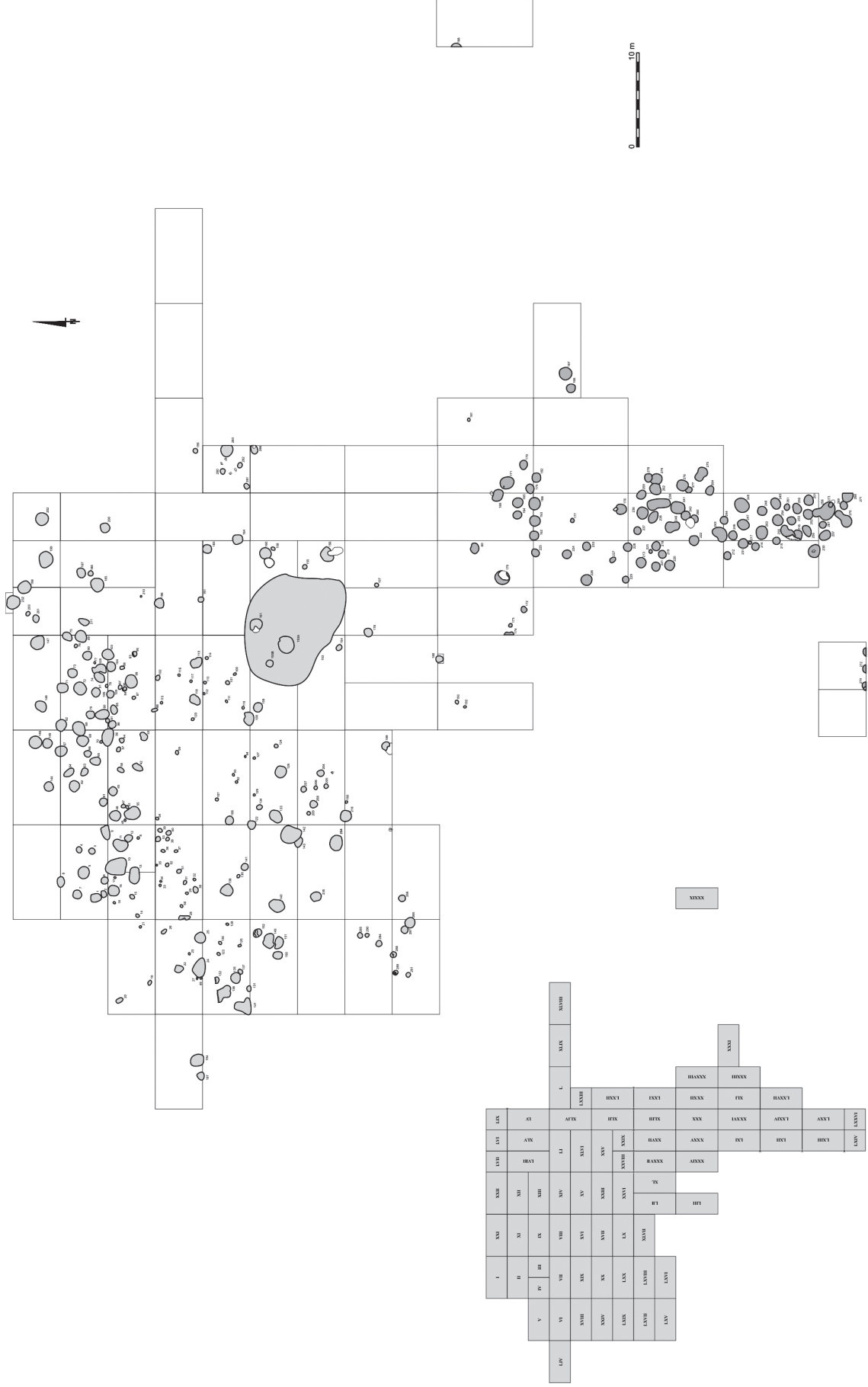
Na zbadanym wykopaliskowo terenie można zaobserwować co najmniej kilkanaście skupisk obiektów i ceramiki sygnalizujących obecność zagród, tj. domów z podwórzami, współtworzących większe strefy funkcjonalne (Grygiel 1986; Kadrow 1991; Górski 1993; Makarowicz 2010; 2013a) o zróżnicowanej powierzchni. Wnioskując ze stylistyki materiałów oraz chronologii absolutnej poszczególnych obiektów nieruchomych i stref osady, należy sądzić, że nie wszystkie zagrody reprezentowały jedną fazę budowlaną. Trzeba też pamiętać, że nie rozpoznano całej przestrzeni stanowiska, choć na pewno jego centralną, najważniejszą część. Badania geomagnetyczne sugerują obecność koncentracji obiektów również w innych jego strefach, zwłaszcza w części

wschodniej. Liczne źródła ruchome i długa seria dat radiowęglowych (ponad 30) może jednak poświadczать dużą intensywność osadnictwa na odsłoniętej wykopaliskowo powierzchni, zwłaszcza w okresie 1400-1150 BC.

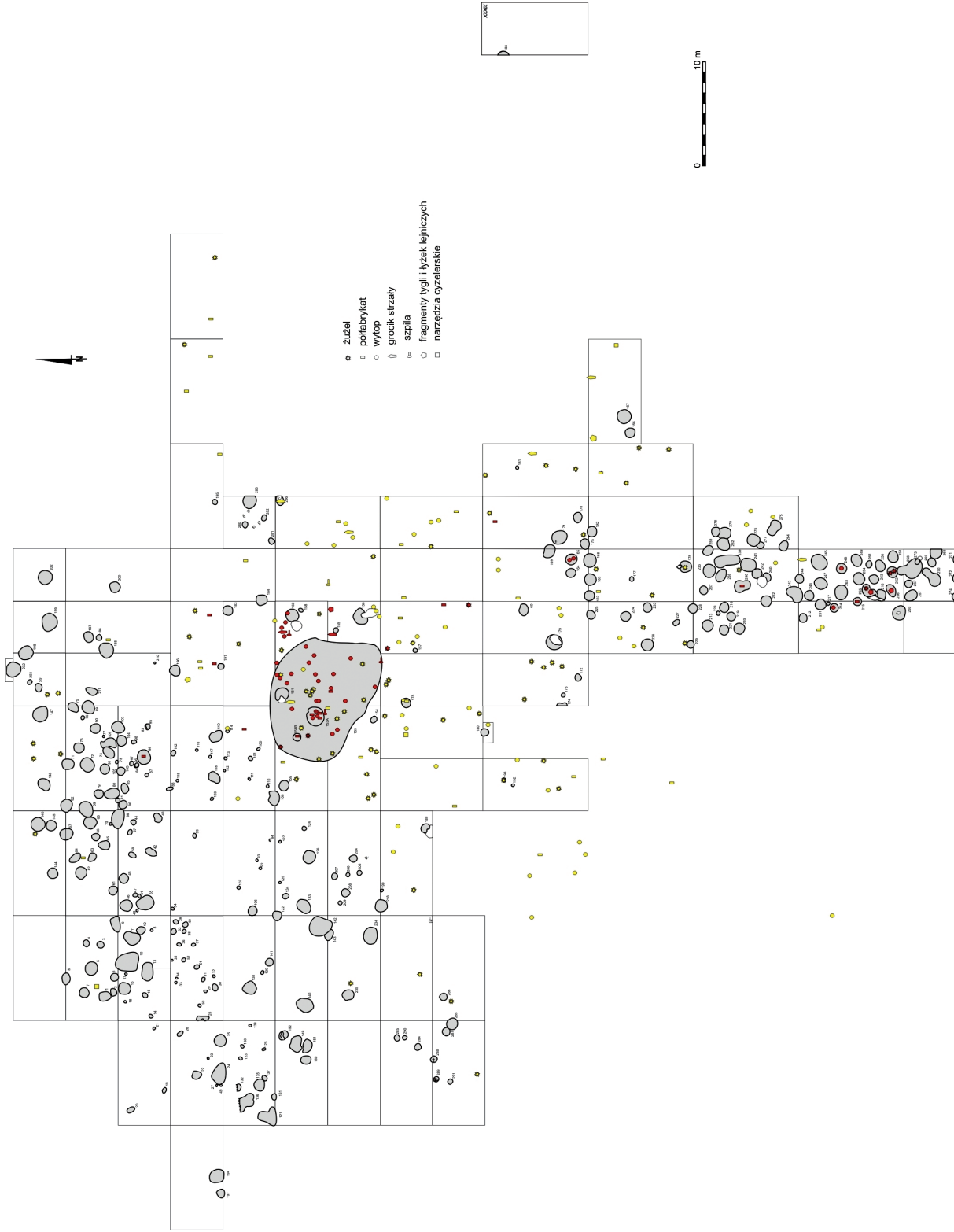
W grupie obiektów nieruchomych wyróżniono zabudowanie mieszkalno-gospodarcze, interpretowane jako warsztat metalurgiczny, 108 jam gospodarczych o bliżej niesprecyzowanym przeznaczeniu, 86 jam zasobowych o funkcji magazynowej (piwniczek), trzy paleniska, jedną jamę odpadkową oraz 86 dołków posłupowych. Oprócz ceramiki w niektórych obiektach udokumentowano kamienie, krzemienie, kości, polepę, przedmioty z brązu, żużel i węgle drzewne. Zarysy większości obiektów były bardzo dobrze widoczne na tle cienkiej warstwy podglebia pod humusem lub głębiej, na poziomie piaszczystego calca. Ich wypełniska były najczęściej jednowarstwowe (140, tj. 49,3%) i wielowarstwowe (105, tj. 37,0%), rzadziej dwuwarstwowe (39, tj. 13,7%). Miały barwę szarą, brunatną lub czarną, w przypadku obiektów warstwowanych zawierały komponenty próchnicy o różnym stopniu zbielicowania i próchnicy niezbielicowanej oraz drobne węgle drzewne.

Ślady działalności metalurgicznej zarejestrowano głównie w centralnej i południowej części zbadanego – wykopaliskowo i za pomocą wykrywacza metalu – terenu (Ryc. 5). Wyroby te udokumentowano na różnej głębokości: występowały one zarówno w humusie, jak i w warstwach znajdujących się poniżej, a także w obiektach nieruchomych. Pod próchnicą współczesną odnotowano je zwłaszcza w obiekcie 153 (w tym 153A i 153B) – 37 egzemplarzy – oraz jego otoczeniu, a także w obiektach: 99, 160, 165, 192, 193, 215, 240, 248, 252, 255, 256 i 286.

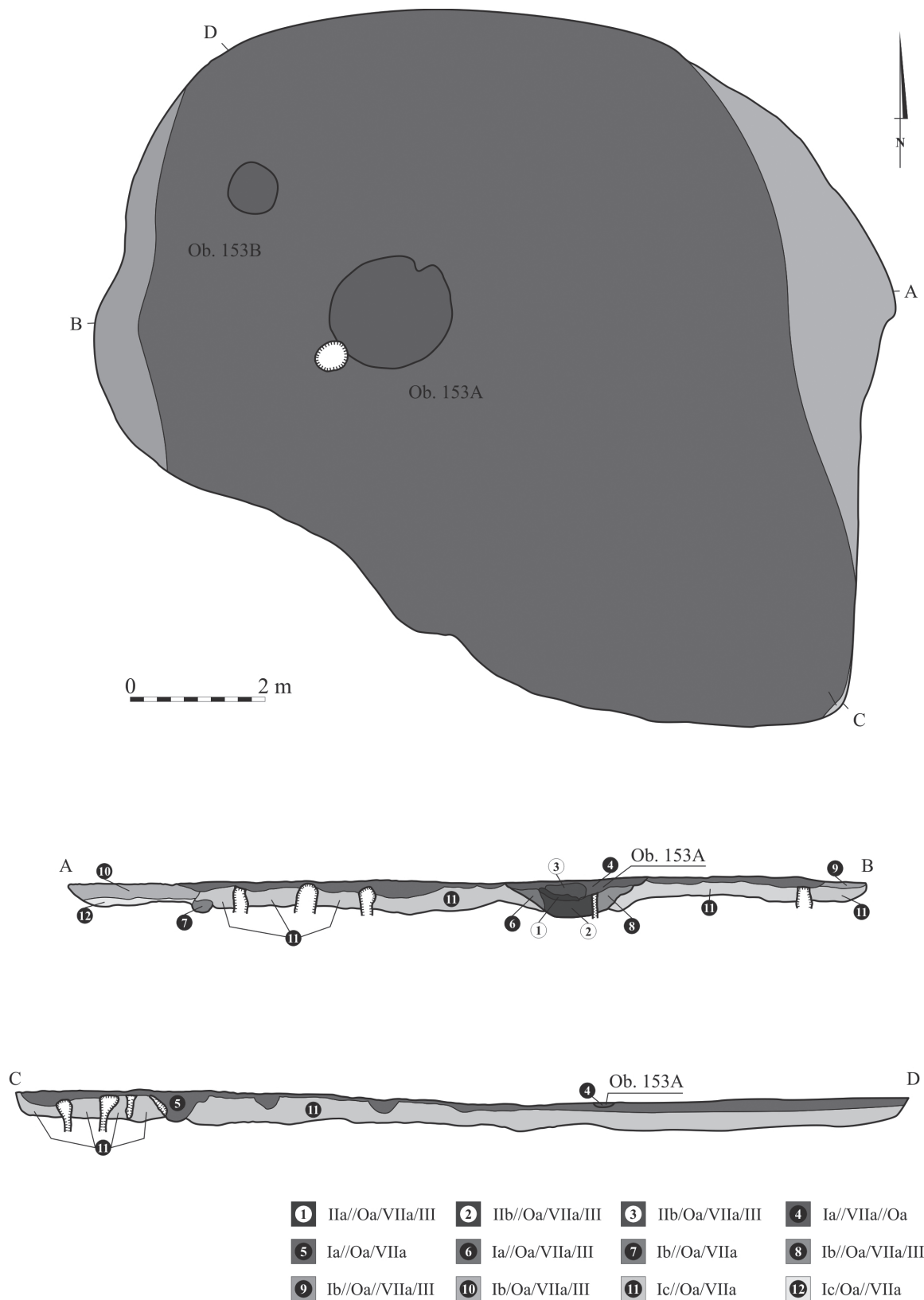
Analiza rozkładu przestrzennego wszystkich przedmiotów z brązu ujawniła ich główne (pierwotne) skupisko w obiekcie 153, który uznano za warsztat metalurgiczny (Ryc. 5). Wyroby występujące wokół niego, również w znacznym oddaleniu, znalazły się tam wtórnie wskutek przemieszczenia spowodowanego głęboką orką i bronowaniem. Wydaje się też, że zdeponowanie omawianych przedmiotów w pozostałych, wymienionych wcześniej obiektach, zwłaszcza w południowej części zbadanej wykopaliskowo przestrzeni stanowiska, może się wiązać z ich bezpośrednim lub pośrednim wykorzystaniem w procesie wytopu.



Ryc. 4. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Rozkład przestrzenny obiektów nieruchomych.



Ryc. 5. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Dystrybucja śladów działalności metalurgicznej



Ryc. 6. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Plan i profil obiektu 153 (warsztatu metalurgicznego). Legenda: Ia – ciemnoszara, słabo zbielicowana próchnica; Ib – szara, zbielicowana próchnica; Ic – jasnoszara, silnie zbielicowana próchnica; IIa – intensywnie czarna, niezbielicowana próchnica; IIb – intensywnie brunatna, niezbielicowana próchnica; III – współczynnik przemieszania, jeśli na początku opisu – warstwa intensywniej przemieszana, na końcu – warstwa sperturbowana w mniejszym stopniu; VIIa – warstwa spalenizny z rozdrobnionymi węglami drzewnymi; VIIb – warstwa spalenizny z większymi węglami drzewnymi; Oa – piasek; Ob – żwir; Oc – glina; ~ – orsztyń; a/b – przewaga składnika wymienionego w pierwszej kolejności; a//b – duża przewaga składnika wymienionego w pierwszej kolejności; a-b – równowaga wymienionych składników

Zasadnicza część produkcyjna osady, w której odkryto unikalny w skali środkowoeuropejskiej obiekt (153) z licznymi pozostałościami procesu odlewniczego, znajdowała się na wzniesieniu w centralnej części zbadanego wykopaliskowo terenu i zapewne również w centrum osady (Ryc. 4 i 5). Zaobserwowano tu największe i najbardziej intensywne skupisko ceramiki oraz koncentrację wyrobów z brązu, a także kamienie, żużel i nieliczne fragmenty polepy. W tej strefie osady nie zarejestrowano wyraźnych śladów konstrukcyjnych po budynkach. Udokumentowano w niej jedynie dwie piwniczki, usytuowane w odległości 3-4 m na południe i zachód od warsztatu metalurgicznego.

Charakteryzowany obiekt centralny był domem z zagłębioną podłogą, jednak bez relikwów po słupach. Z tego względu trudno określić rodzaj konstrukcji oraz technikę jej wykonania. Obiekt miał kształt nieregularnego wieloboku, zorientowanego na osi NW – SE. Jego długość wynosiła 13,2 m, szerokość 10,3 m, a maksymalna głębokość 1,04 m. Wielowarstwowe, nieckowate wypełnisko o nierównym dnie tworzyły komponenty próchnicy o różnym stopniu zbielicowania i niezbielicowanej, przemieszanej z żółtym, drobnoziarnistym piaskiem. Na różnej głębokości widoczne były ślady spalenizny i skupiska węgla drzewnych. W północno-zachodniej części charakteryzowanej konstrukcji odnotowano trzy inne obiekty powiązane z nią funkcjonalnie (153A, 153B i 161), zawierające ceramikę naczyniową oraz (153A) wytopy metalowe (Ryc. 6).

Podstawą kwalifikacji omawianego obiektu jako konstrukcji mieszkalno-produkcyjnej może być wspomniane rozległe skupisko ceramiki (ponad 6000 fragmentów z kilkuset naczyń), sygnalizujące długotrwałość użytkowania tego terenu. Liczne ślady spalenizny, rozdrobnionych węgla drzewnych, przepalonych fragmentów naczyń oraz asortyment (uszkodzonych) wyrobów z brązu, wytopów, wlewów, żużli, fragmentów tygli i łyżek, bryłek metalu, a także przepalonych kamieni, świadczą o intensywnej i zapewne permanentnej, trwającej przez dłuższy czas, produkcji brązowniczej. Znaczną koncentrację materiału ruchomego zaobserwowano również wokół charakteryzowanego obiektu, zwłaszcza na zachód i wschód od niego. Dystrybucja śladów metalurgii sugeruje obecność wejścia do warsztatu od strony wschodniej (Ryc. 4). Możliwe, że pracownia

odlewnicza była „otwarta” lub półotwarta – miała niskie ścianki, które umożliwiały samoczynne odprowadzanie szkodliwych par i gazów.

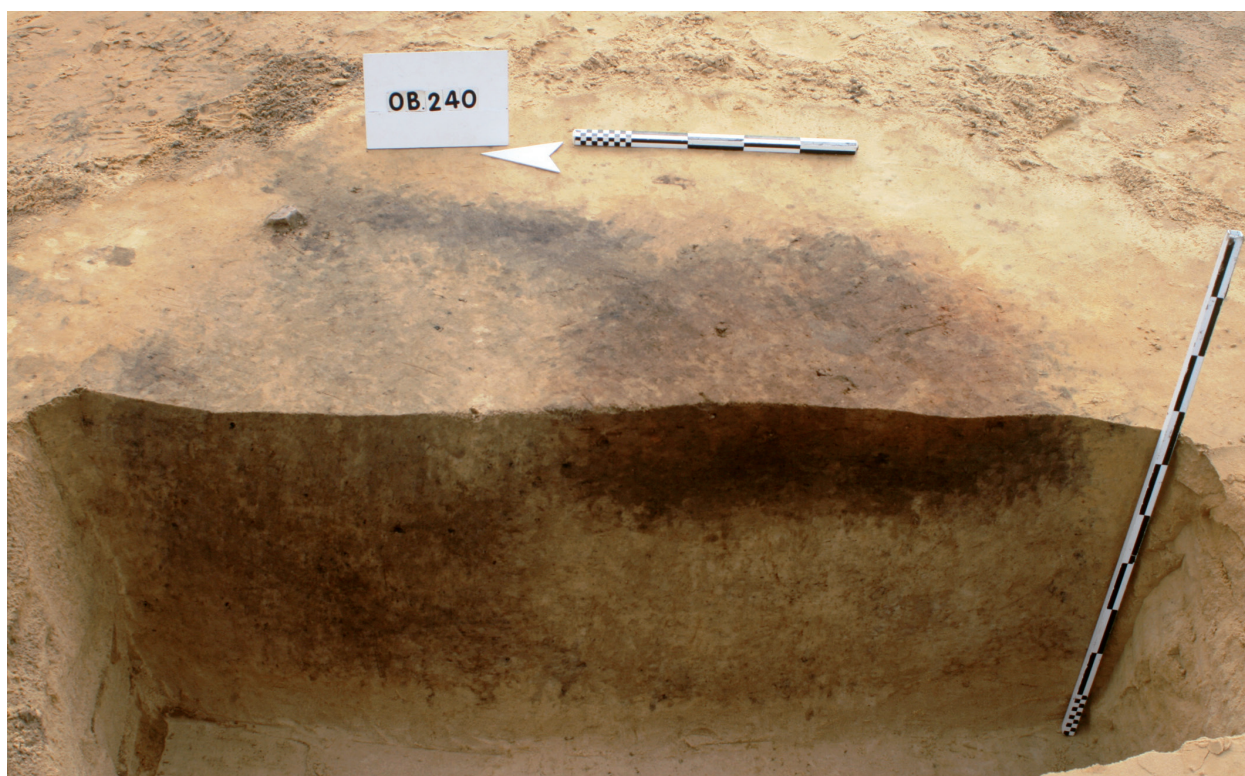
Planigrafia zabytków kamiennych w ramach omawianego obiektu ujawniła interesującą prawidłowość rozmieszczenia przedmiotów kamiennych, występujących głównie na głębokości 40-60 cm od spągu humusu. Wyraźnie czytelne są ich skupiska występujące razem z fragmentami metalu wyłącznie w części południowej obiektu (na głębokości 40-50 cm) oraz w części centralnej (na głębokości 60 cm) razem z polepą. Ślady przepalenia widoczne na zabytkach kamiennych oraz większy fragment wstępnie obrobionej bryły kamiennej wskazują najprawdopodobniej na pozostałości warsztatu cyzelterskiego.

Poza strefą centralną mniejsza koncentracja relikwów wytwórczości metalurgicznej znajdowała się w południowej części zbadanego wykopaliskowo terenu (Ryc. 5). Fragmenty wytopów i przedmiotów z brązu zarejestrowano w obiektach 214, 215, 248, 252, 255 i 256, znajdujących się obok siebie, oraz w obiekcie 240, odnotowanym nieco na północ od nich (Ryc. 7). O możliwości wykorzystania wymienionych obiektów w procesie produkcji wyrobów metalowych mogą świadczyć ich ciemne (intensywnie brunatne lub czarne) wypełniska, ślady spalenizny i węgle drzewne. Płytko pod stropem humusu udokumentowano tu również nieliczne bryłki żużla. Między warsztatem metalurgicznym (ob. 153) a wzmiankowanym skupiskiem obiektów, głównie w warstwie ornej, występowały liczne wytopy, fragmenty przedmiotów i szlaka. Ich planigrafia jest jednak efektem częstych przemieszczeń powierzchniowych warstw gleby (wtórnej dystrybucji).

Trzeba zaznaczyć, że na omawianym stanowisku nie odkryto relikwów pieców metalurgicznych ani form odlewniczych, natomiast z badań powierzchniowych w okolicy pochodzą gliniane fragmenty dyszy do miechów kowalskich (Makarowicz 1998).

III. Archeometryczna charakterystyka produktów procesu odlewniczego i narzędzi cyzelterskich

Na omawianym stanowisku udokumentowano 140 przedmiotów z brązu, w tym wyroby ukończone, półprodukty, wytopy („łezki/kropelki”), pozostałości po procesie produkcyjnym (wlewy), a także bryłki surowca. Zarejestrowano również liczną serię żużli (89 egzemplarzy) oraz kilka narzędzi cyzelter-



Ryc. 7. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Widok na obiekt 240 od strony zachodniej

skich. W tej części pracy szerzej omówiono wyroby gotowe, półprodukty i narzędzia cyzelerskie, pozostałe kategorie dokładniej scharakteryzowano w kolejnym rozdziale.

III.1. Wyroby ukończone

Wśród gotowych wyrobów, w większości wypadków jednak uszkodzonych lub nieudanych, często też skorodowanych, wyróżniono szpile i grociki strzał. Ponadto wydzielono półprodukt/półfabrykaty bransolet, fragmenty drutu, nożyka, blaszki i nieokreślonej funkcjonalnie ozdoby.

III.1.1. Grociki strzał (Ryc. 8)

Zestaw grocików liczył osiem uszkodzonych (w trakcie produkcji?) egzemplarzy, w tym jeden zniszczony w stopniu uniemożliwiającym rekonstrukcję. Występowały one w obiekcie 153 (jeden okaz) i w jego pobliżu (1-2 m na wschód od jego granic), w wykopie LXXII i LXXIII (w warstwie i obiekcie 286), w ramach dużej koncentracji ceramiki znajdującej się w przestrzeni pozbawionej obiektów (w wykopach XXV i XXIX), około 10-15 m na wschód od warsztatu odlewniczego (w rejonie, w którym zapewne występowały domy o kon-

strukcji niepozostawiającej śladów ziemnych?), a także w południowo-wschodniej (w wykopie XXXI i XXXVIII) i południowej (LXXV) części rozpoznanej wykopaliskowo partii stanowiska.

Charakteryzowane przedmioty są niewielkimi okazami z tulejką i liściem zbliżonym kształtem do trójkąta lub rombu (por. Gedl 1975: 57n). Jeden z nich, o wymiarach (długość × szerokość × grubość/średnica tulejki): 3,8 × 1,5 × 0,6 cm, ma wyodrębnione skrzydełka i uszkodzony (skręcony i nadłamany) „czubek” i ślady szlifowania (Ryc. 8: 4). Pięć egzemplarzy, w różnym stopniu uszkodzonych, reprezentuje typy o niewyodrębnionych skrzydełkach. Jeden z nich, o wymiarach: 3,0 × 1,2 × 0,7 cm, cechuje się ostrzem zbliżonym do trójkąta (Ryc. 8: 2), pozostałe są podobne do siebie pod względem morfologii. Charakteryzują się romboidalnymi ostrzami, mają uszkodzone mechanicznie ostrza lub tulejki oraz widoczne niekiedy ślady szlifowania. Ich wymiary wynoszą odpowiednio: 2,7 × 1,2 × 0,6 cm (Ryc. 8: 1); 3,3 × 1,3 × 0,8 cm (Ryc. 8: 3); 3,0 × 1,3 × 0,6 cm (Ryc. 8: 5); 3,3 × 1,3 × 0,7 cm (Ryc. 8: 6). Ostatni, najmniejszy okaz (wymiar: 1,6 × 0,7 × 0,4 cm) jest odpadem produkcyjnym. Zachowana część jego ostrza ma kształt zbliżony do zaokrąglonego trójkąta.



Ryc. 8. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Grociki z brązu

III.1.2. Szpile (Ryc. 9)

W omawianym zbiorze przedmiotów zarejestrowano trzy szpile oraz kilka fragmentów drutu, które mogły służyć jako półprodukty do wyrobu szpil lub też były odpadami („zaniechami”) poprodukcyjnymi. Trzy ukończone egzemplarze reprezentują odmienne typy: szpilę szablasto wygiętą z trąbkowatą główką i uszkiem, szpilę igłową oraz egzemplarz z końcem rozklepanym i zwiniętym w uszko (Gedl 1975: 28-33).

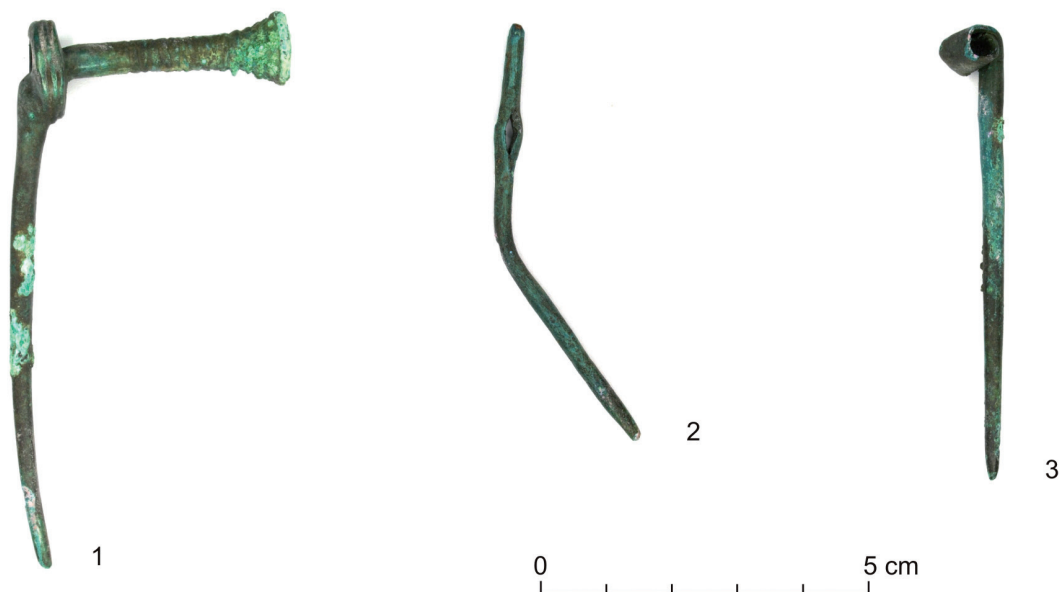
Dwa pierwsze typy zarejestrowano w obiekcie 153, trzeci – na wschód od warsztatu odlewniczego. Szablasto wygięta szpila z główką trąbkowatą i uszkiem (Ryc. 9: 1), udokumentowana w centralnej części wzmiankowanego obiektu, ma ułamaną dolną część nóżki. Jej długość wynosi 8,5 cm, długość główki – 4 cm, największa średnica nóżki zwężającej się ku dołowi – 0,4 cm. Kolistе uszko, zdobione dwoma dookólnymi motywami rytmii, umieszczone jest na spojeniu nóżki z główką, ornamentowaną podobnie 15 dookólnymi motywami. Szpila igłowa (Ryc. 9: 2; Gedl 1983: 201-203; Kłosińska 1997: 57; Lasak 2001: 91), odnotowana w południowej partii warsztatu metalurgicznego, o długości 6,5 cm, ma również odłamaną końcówkę nóżki. Romboidalny otwór, o wymiarach 0,8 × 0,3 cm, znajduje się w od-

ległości około 1 cm od górnego końca. Omawiany okaz jest wygięty, mniej więcej w połowie wysokości, pod kątem około 40°. Szpila jest najgrubsza w części środkowej nóżki (3 mm). Ostatni z ukończonych egzemplarzy, reprezentujący typ ze sklepaną i zwiniętą w uszko główką, ma długość 7,2 cm i grubość nóżki około 0,4 cm (Ryc. 9: 3). Zarejestrowano go w „warstwie”, około 7 m na wschód od wschodniej granicy wspomnianego obiektu, w ramach znacznej koncentracji materiałów ceramicznych.

Fragmenty drutu o różnej długości (od kilku do kilkunastu cm) o kolistym bądź kwadratowym przekroju udokumentowano głównie w centralnej partii zbadanej części stanowiska. Jeden z nich jest zdobiony poprzecznymi nacięciami, końce innych są zastrzone, co uwiarygadnia ich kwalifikację funkcjonalną.

III.1.3. Półprodukty/półfabrykaty/odpady poprodukcyjne (Ryc. 10)

Pozostałe, fragmentarycznie zachowane przedmioty, będące de facto złomem, są półproduktami/półfabrykatami lub odpadami produkcyjnymi różnych wyrobów z kategorii ozdób (bransolet, szpili, zawieszek, etc.), broni (grotów?) i narzędzi (brzytwy lub nożyka). Zarejestrowano je głównie w obiekcie



Ryc. 9. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Szpile z brązu



Ryc. 10. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Półwytwory z br

153 oraz w jego otoczeniu, a także – mniej licznie – w południowej części rozpoznanego terenu.

W tej kategorii wytworów na uwagę zasługują fragmenty bransolet wykonane z grubszego drutu lub ze skręconej blachy. Oba wymienione przedmioty są prawdopodobnie odpadami o niewielkich rozmiarach. Pierwszy fragment, o długości 3,2 cm (z widoczną lekką krzywizną), wykonano z drutu o przekroju półokrągłym i grubości 0,9 × 0,5 cm. Jest on zdobiony trzema grupami nacięć na stronie wierzchniej. Drugi ułamek, o długości 2,4 cm i grubości 1,5 × 1,3 cm, powstał ze skręconego kawałka brązowej blachy o grubości 2-3 mm, zdobionego trzema nacięciami (Ryc. 10: 1).

Inne przedmioty z omawianej grupy to fragment nożyka lub brzytwy o wymiarach 2,8 × 1,8 × 0,2 cm

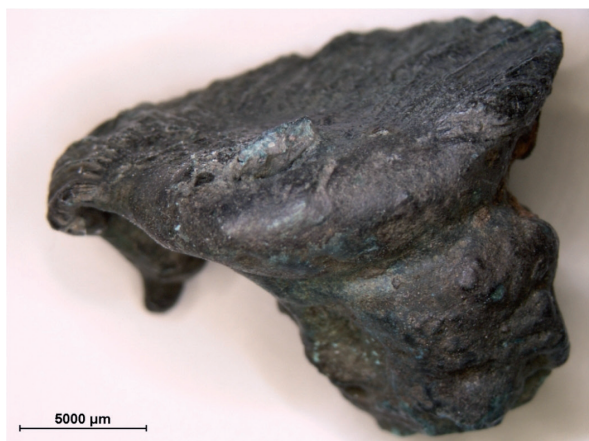
(Ryc. 10: 2), płaski fragment blachy o grubości 1,5 mm, długości 5 cm i szerokości 2 cm, być może forma wyjściowa dla diademu czy też drobne części ozdób (?; Ryc. 10: 3).

III.1.4. Wlewy (Ryc. 11)

W analizowanym materiale udokumentowano fragmenty wlewów, będących pozostałościami technologicznymi procesu odlewania wyrobów z brązu. Zarejestrowano kilka takich przedmiotów o charakterystycznych, lejkowatych kształtach (np. ryc. 11: 1, 2).

III.1.6. Wytopy (Ryc. 12)

Najliczniejszą kategorią przedmiotów metalowych ze Szczepidła są niewielkie wytopy brązu (zlewki, kropelki: 1-4 mm „średnicy”, i bryłki) oraz większe (do



Ryc. 11. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Wlew z brązu

2

kilku cm), będące ubocznymi pozostałościami po procesie metalurgicznym. Na zbadanym terenie, głównie w obiekcie 153 oraz w jego otoczeniu, zarejestrowano ponad 80 egzemplarzy o różnej wielkości i kształcie.

III.1.7. Żużel (Ryc. 13)

W analizowanym zestawie źródeł odnotowano 82 bryłki szlaki brązowej. Miały one różną wielkość, najczęściej były mocno „zeszklione”. Rzadko rejestrowano je poniżej humusu, najliczniej występowały w próchnicy współczesnej, co zapewne było związane z ich niewielką wagą i podatnością na przemieszczenia wskutek orki.

III.1.8. Tygłe i łyżki

W różnych strefach stanowiska, głównie w warsztacie, jego otoczeniu i w obiektach znajdujących się w południowej części zbadanego terenu, zarejestrowano fragmenty tygielków i łyżek odlewniczych. Ślady przepalenia, okopcenia i widoczne – niekiedy makroskopowo – kropelki metalu świadczą, że były one używane (por. uwagi w kolejnym rozdziale). Odnotowano niewielkie fragmenty co najmniej kilku tygli; tylko w jednym przypadku zrekonstruowano niemal cały pojemnik. Odkryto również ułamki co najmniej dwóch łyżek.

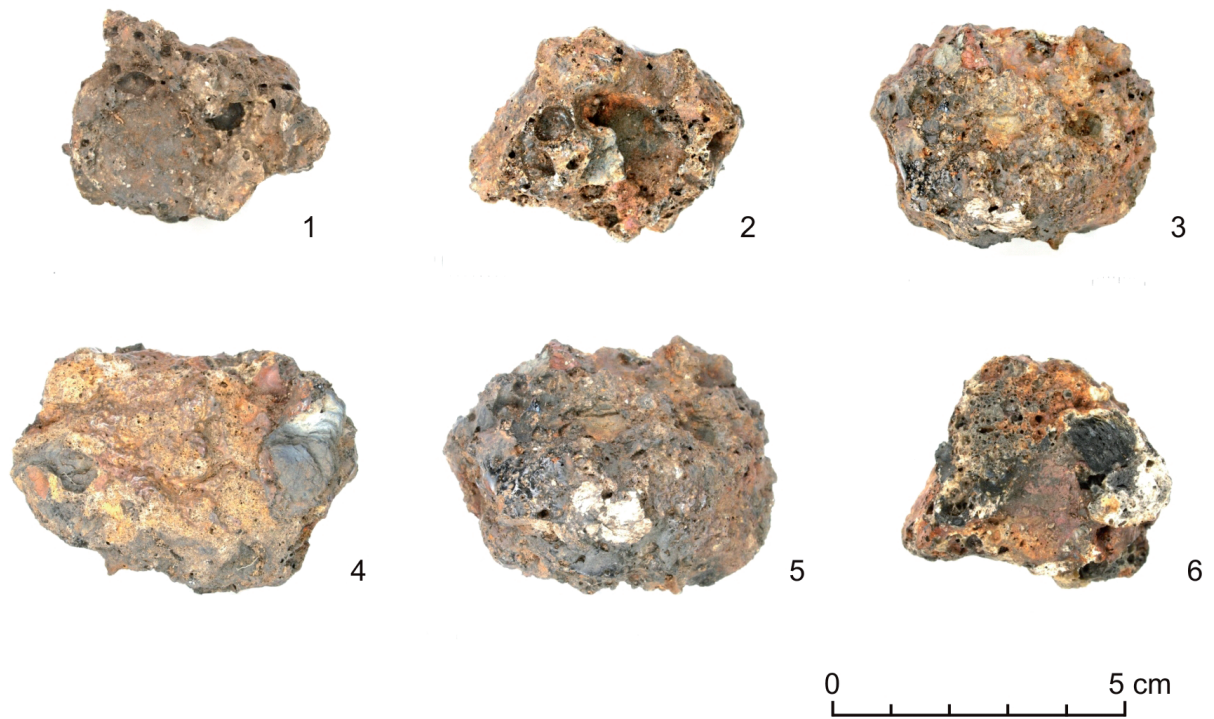
III.1.9. Narzędzia cyzelerskie (Ryc. 14)

W północnej części stanowiska, poza obiektami ziemnymi (efekt orki?), udokumentowano narzędzia cyzelerskie, związane z końcowym etapem obróbki metalu. Były to kamienie do gładzenia, młotki/kowadełka, a także „osełki”. Na szczególną uwagę zasługują dwa młotki/kowadełka. Pierwszy z nich, wy-

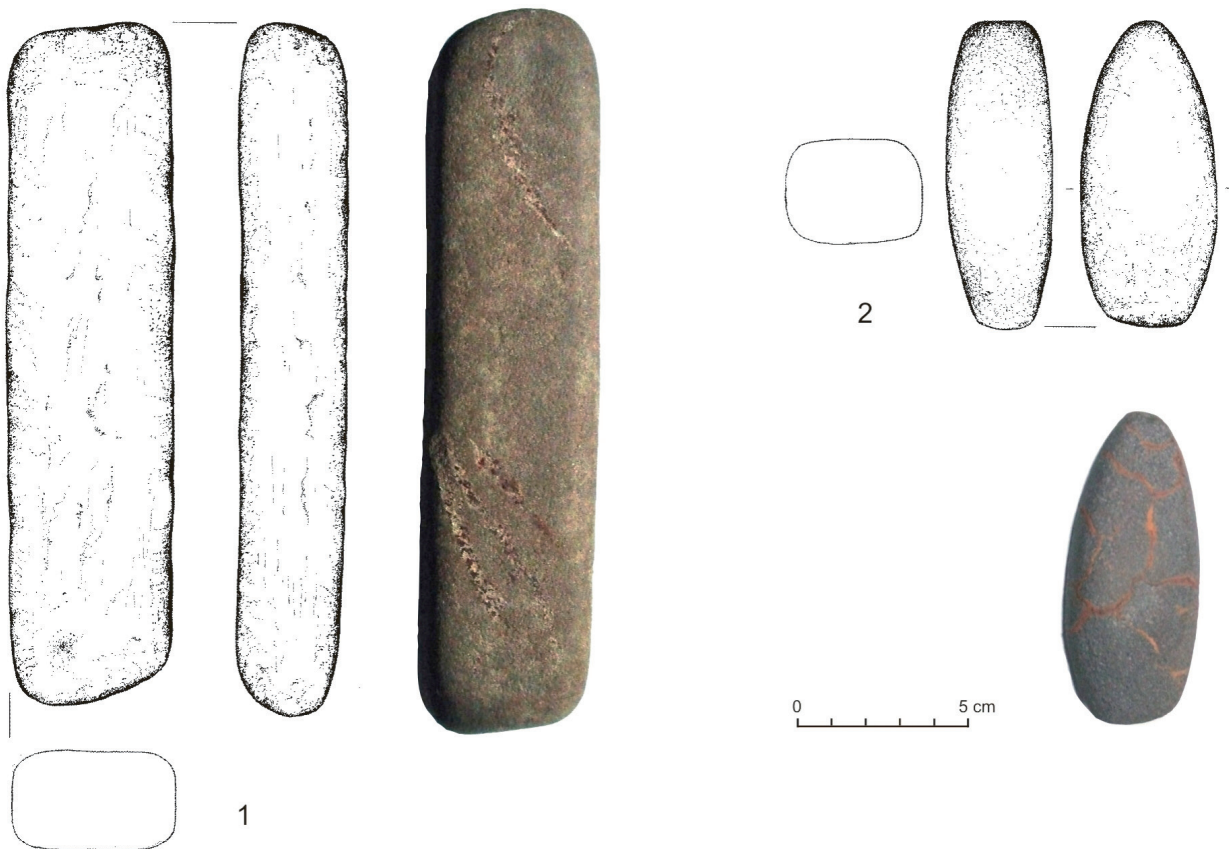


Ryc. 12. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Wytop brązowy

konany z piaskowca, ma naturalne kształty (wymiar: $21 \times 5 \times 2,9$ cm); został uformowany podczas transportu lodowcowego (Ryc. 14: 1). Jest czworościenny w planie, prostokątny w przekroju poprzecznym, ma jedną powierzchnię pracującą. Drugi z egzemplarzy, wykonany z diabazu, został wstępnie obrobiony poprzez zeszlifowanie boków. Powstał w ten sposób kształt trapezowaty, przypominający półprodukt toporka, o wymiarach $10,8 \times 4,8 \times 3,7$ cm (Ryc. 14: 2). Ślady użytkowania, które powstały w centralnej części jedynej powierzchni pracującej, są zbieżne z tymi obserwowanymi na drugim egzemplarzu z piaskowca. Obserwacja pod mikroskopem metalograficznym w świetle odbitym ujawniła wyraźne zmiażdżenia w centralnej części powierzchni narzędzia, powstałe na skutek silniejszych uderzeń. Intensywniejsze ślady występujące na egzemplarzu wykonanym z diabazu sugerują mocniejsze uderzenia (Szydłowski 2013).



Ryc. 13. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Wybór fragmentów żużli



Ryc. 14. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Narzędzia cyzelerskie

IV. Badania metaloznawcze

W ramach badań zbioru metali ze Szczepidła wykonano analizy laboratoryjne 51 artefaktów, będących pozostałościami pracowni metalurgicznej. Podzielono je na dwa zespoły: gotowych wyrobów oraz fragmentów pozwalających na odtworzenie charakteru procesu metalurgicznego. W drugim zespole wyróżniono trzy odmienne grupy zabytków: (1) odpadów produkcyjnych i surowców, (2) tygli i ceramiki oraz (3) żużli.

Obiekty charakteryzowano pod względem budowy, struktury i składu chemicznego. Wykonano metalograficzne badania makro- i mikroskopowe w zakresie mikroskopii optycznej i skaningowej, badania składu chemicznego metodą fluorescencyjną rentgenowską (XRF), analizy w mikroobszarze SEM metodą spektrometryczną oraz analizę fazową metodą dyfrakcji rentgenowskiej. W niniejszym opracowaniu przedstawiono tylko niektóre wyniki badań wspomnianymi metodami (szerzej – por. Garbacz-Klempka 2013).

IV.1. Grupy wyrobów

Analizowane wyroby zakwalifikowano do czterech zbiorów: (1) odpadów produkcyjnych i surowców, (2) tygli i ceramiki, (3) żużli oraz (4) gotowych wyrobów. Poniżej przedstawiono ich charakterystykę strukturalną i skład chemiczny.

IV.1.1. Odpady produkcyjne i surowce

W grupie tej wyróżniono wyroby o charakterze wytopów (numery): 519, 576, 14 061, 14 046, 506, 514, oraz odmienny od pozostałych, ale zakwalifikowany także do tej grupy, artefakt o numerze 1474. Wymienione próbki poddano obserwacjom makroskopowym, badaniom składu chemicznego (XRF), a w wybranych przypadkach także analizie składu i struktury w mikroobszarze (SEM-EDS). Dominującym składnikiem chemicznym we wszystkich badanych przypadkach była miedź, której głównym komponentem stopowym była cyna. Odnotowano także ołów jako drugi, dodany intencjonalnie, składnik. W tabeli 1 oraz na wykresie (Ryc. 15) zestawiono średnie wartości badanych tworzyw, określanych roboczo jako wytopy brązowe. Są one jednocześnie surowcem i produktem w odlewniczym topieniu brązu.

Badane tworzywo należy do grupy stopów określanych jako brązy cynowe. Współczesne normy nie

ujmują zakresu dawnych składów materiałów, w których zawartość składników stopowych jest bardzo zmienna i sięga wartości perytektycznych, mieszczących się w zakresie około 13-25% oraz odpadów z produkcji własnej w postaci układów wlewowych i uszkodzonych odlewów własnych (tzw. złomu własnego). W tej sytuacji kontrola składu chemicznego w pracowni odlewniczej była trudna i mogła opierać się jedynie na obserwacji warunków procesu (np. stopnia parowania, koloru lustra metalu), kontroli własności tworzywa w trakcie topienia (np. ciekłości, lepkości), jak i po odlaniu (lejności, obrabialności), wreszcie na walorach estetycznych, takich jak kolor i połysk, a także odporność na korozję (tworzenie się powłoki tlenkowej). Ze względu na reakcje chemiczne ciekłego metalu z atmosferą (parowanie cyny, utlenianie składników stopu, tj. miedzi, cyny i innych składników określane wartością zgaru w warunkach pieca otwartego płomieniowego na ok. 2%), zachodzące w trakcie procesu topienia, konieczne było zapewne okresowe uzupełnianie składu chemicznego o czyste składniki lub złom zawierający odpowiednią ilość składnika stopowego.

Miedź jest metalem miękkim i kowalnym, stąd dla poprawy jego własności stosowano dodatki stopowe, które zwiększały twardość i wytrzymałość wyrobu. Głównym składnikiem stopowym była cyna. Dodatek ołowiu z kolei poprawiał lejność i obrabialność stopu. Zawartość innych pierwiastków metalicznych i niemetalicznych jest związana z pochodzeniem materiału i może być wykorzystana pośrednio do próby jego ustalenia. Siarczki miedzi (Cu_2S) występujące w tworzywie wskazują, że miedź wytapiano z rud pochodzenia siarczkowego.

Dodatek cyny do miedzi zwiększa twardość stopu do zawartości około 20% tego pierwszego metalu, punkt graniczny zmiany właściwości znajduje się przy 24,5% cyny w miedzi, powyżej którego stop traci właściwości użytkowe ze względu na utratę plastyczności i dużą kruchość materiału. Temperatura topienia brązu wynosi maksymalnie 1060°C (przy 6% Sn), natomiast przy zawartości 20% cyny tylko ok. 880°C. W celu otrzymania stopów miedzi i cyny w piecu otwartym płomieniowym powinno się uzyskać (przeciętnie) temperaturę ok. 900°C. W pojedynczych przypadkach zawartość cyny jest większa, ale stop cyny z miedzią o takich proporcjach można uznać za rodzaj produktu wstępny, tzw. zaprawy.

Tabela 1. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan 17. Wyniki badań składu chemicznego otrzymane metodą spektroskopii fluorescencji rentgenowskiej (XRF). Zawartość pierwiastków metalicznych (wt.%) dla próbek, oznaczonych jako wytopy brązowe o nr 519, 576, 658, 14061, 14046, 506, 514

		Wytopy brązowe							
Symbol	Pierwiastek	519	576	658	14061	14046	506	514	Średnia
		Stężenie (wt. %)							
Fe	żelazo	2,16	3,72	0,54	0,33	0,20	1,43	0,12	1,22
Co	kobalt	0,05	0,07	0,12	0,10	0,08	0,14	0,10	0,10
Ni	nikiel	0,30	0,35	0,31	0,61	0,30	1,80	0,30	0,57
Cu	miedź	68,16	42,81	69,86	79,22	70,88	77,04	58,98	66,71
Zn	cynk	0,13	0,21	0,15	0,14	0,11	0,14	0,13	0,15
As	arsen	0,74	0,60	0,76	0,21	1,08	1,71	1,34	0,92
Ag	srebro	0,09	0,10	0,12	0,02	0,22	0,12	0,20	0,13
Sn	cyna	25,29	49,87	25,84	18,90	25,94	15,33	36,38	28,22
Sb	antymon	0,42	0,39	0,66	0,06	0,44	1,09	0,36	0,49
Au	złoto	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Pb	ołów	2,46	1,40	1,16	0,13	0,53	1,07	1,59	1,19
Bi	bizmut	0,03	0,05	0,05	0,02	0,05	0,03	0,14	0,05

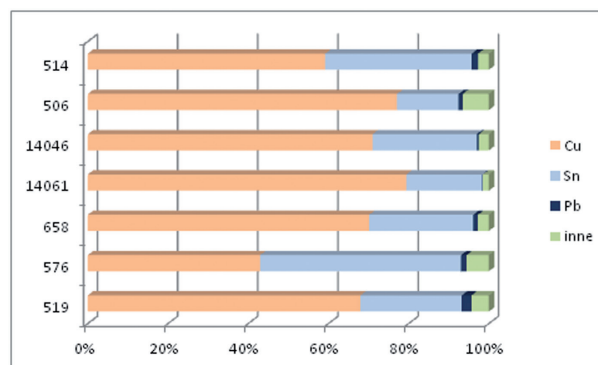
Przy zawartości $\pm 50\%$ cyny temperatura topienia wynosi ok. 700°C .

IV.1.2. Tygły

W zespole zabytków wydzielono grupę fragmentów naczyń ceramicznych, wiązanych z procesami technologicznymi odlewnictwa brązu. Określono je jako tygły o sygnaturach: 657, 504, 656, 659, 659, 662. Dla wybranych elementów ceramiki wykonano szereg obserwacji i badań z wykorzystaniem mikroskopii optycznej, konfokalnej i skaningowej, defektoskopii oraz metod analiz spektroskopii fluorescencji rentgenowskiej w makroobszarze (XRF) i mikroobszarze (SEM-EDS).

Uzyskane wyniki dowodzą kontaktu ceramiki z ciekłym metalem. Spowodował on wniknięcie metalu w porowatość ścianek tygli, co jest zobrazowane na zdjęciach mikroskopowych. Ścianki tygielków są „nasycone metalem”, czyli charakteryzują się podwyższonym stężeniem pierwiastków metalicznych w ceramice, a w niektórych przypadkach uformowaniem się w porowatościach kropli ciekłego stopu, spowodowane dyfundowaniem jego składników.

Jednym z bardziej interesujących przypadków jest tygiel nr 657. Na zdjęciach z kamery spektrometru widoczne są wybrane miejsca, w których dokonano pomiarów składu chemicznego (Ryc. 16).

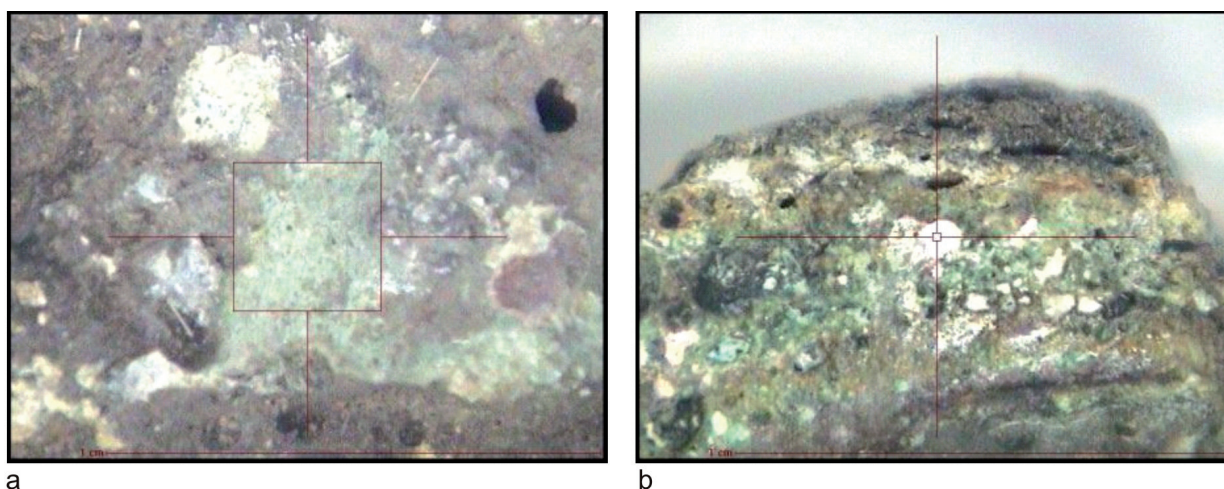


Ryc. 15. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan 17. Wykres zawartości pierwiastków metalicznych występujących w próbkach, oznaczonych jako wytopy brązowe o nr 514, 506, 14046, 14061, 658, 519. Wskazano średnie zawartości miedzi, cyny i ołowiu oraz sumy domieszek pozostałych składników opisanych jako inne

Wyraźne są różnice w składzie pomiędzy powierzchnią tygla a jego przełomem, gdzie widoczne są krople stopu (Tabela 2).

Przełomy ścianek tygli badano przy zastosowaniu mikroskopu konfokalnego, pozwalającego na uzyskanie obrazu przestrzennego 3D lub obrazu kolorowego z rozróżnieniem różnicy poziomów topografii badanego zabytku. Widoczne są znaczne różnice poziomów w miejscu, gdzie spodziewano się obecności zakrzepłej kropli stopu (Ryc. 17).

Badana ceramika jest związana z procesami topienia i odlewania, realizowanego w pracowni produkcji wyrobów z brązu. Tygły wykonano z gliny ze



Ryc. 16. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Obraz z kamery spektrometru z zaznaczonymi mikroobszarami pomiarowymi: powierzchnia tygla (a), przełom tygla (b). Powiększenie 5x

Tabela. 2. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan 17. Wyniki badań składu chemicznego dla próbki nr 657 (Sz06) otrzymane metodą spektroskopii fluorescencji rentgenowskiej (XRF). Zawartość pierwiastków metalicznych (wt.%). Kolejne analizy i obliczone wartości średnie na przełomie tygla

Nr 657 tygiel					
		657_01z	657_02z	657_03z	Średnia
Symbol	Pierwiastek	Stężenie (wt. %)			
Fe	żelazo	0,75	1,40	1,26	1,13
Co	kobalt	0,08	0,12	0,11	0,10
Ni	nikiel	0,37	0,52	0,51	0,47
Cu	miedź	80,80	71,79	72,99	75,19
Zn	cynk	0,21	0,32	0,27	0,27
As	arsen	0,25	0,15	0,18	0,19
Ag	srebro	0,05	0,03	0,03	0,04
Sn	cyna	15,95	23,28	22,72	20,65
Sb	antymon	0,32	0,32	0,29	0,31
Au	złoto	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	ołów	0,99	1,62	1,21	1,27
Bi	bismut	0,00	0,00	0,02	0,01

znaczną zawartością piasku, co umożliwiło odprowadzenie wilgoci i wymianę ciepła oraz wpływało na wymaganą ogniotrwałość ceramiki. W wyniku badań stwierdzono w ściankach tygli pozostałości miedzi i cyny (średnio dwukrotnie większa zawartość cyny w ściankach tygla ma związek z gęstością). Wewnętrzna warstwa tygla pod wpływem kontaktu z ciekłym metalem otrzymała strukturę kompozytu, co widać na zdjęciu rentgenowskim (Ryc. 18).

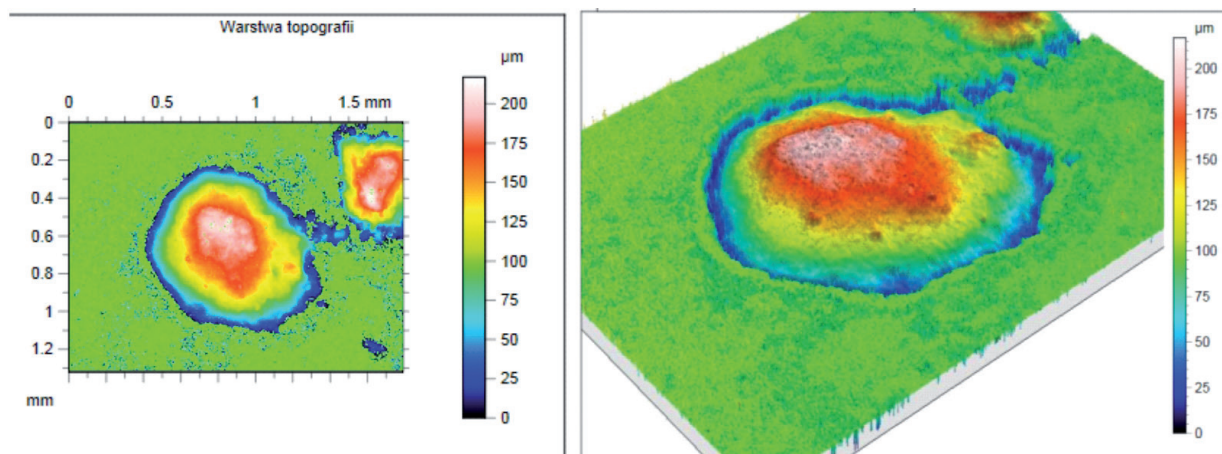
W tyglach znaleziono także krople stopu, którego skład chemiczny jest zbliżony do badanych wcześniej wytopów brązowych. Wykonano głównie

badania jakościowe, określające rodzaj i proporcje składników metalicznych. Wskazano też śladowe ilości metali szlachetnych, co wymagałoby dalszego badania pod kątem topienia innych stopów.

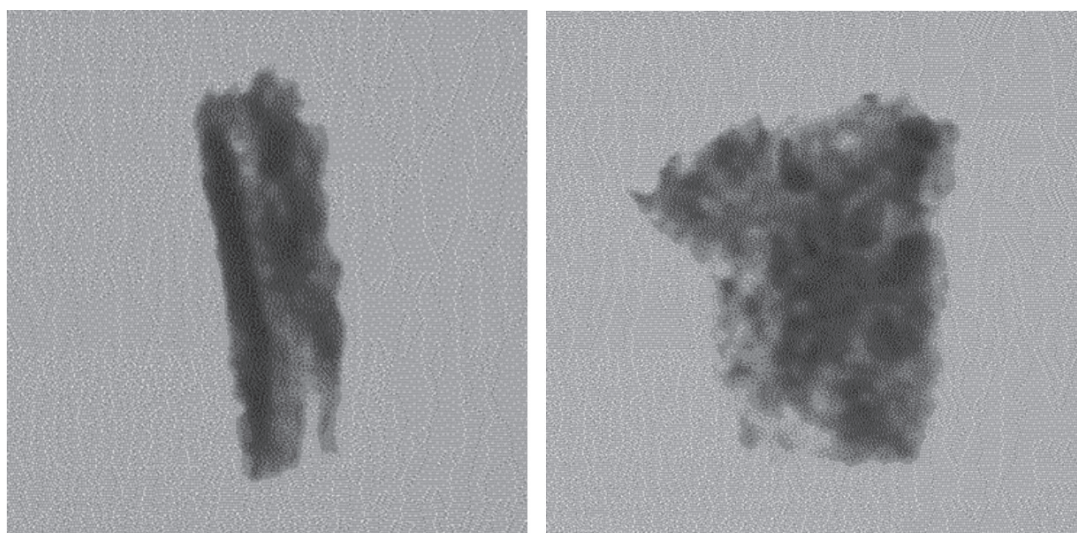
IV.1.3. Żuźle

Dla kilku fragmentów żuźli wykonano zdjęcia makro- i mikroskopowe, zdjęcia defektoskopowe oraz badania składu chemicznego, które w tych przypadkach mają charakter jakościowy.

Badane fragmenty szlaki w większości zawierały śladowe ilości pierwiastków metalicznych, poza



Ryc. 17. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Topografia i przestrzenny obraz fragmentu przełomu ścianki tygła nr 657. Widoczna kropla stopu zakrzepła w ściance tygła



Ryc. 18. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan. 17. Wynik badania metodą defektoskopii rentgenowskiej fragmentu ścianki tygła nr 657. Widoczne są ciemne obszary ceramiki przesyconej metalem

nielicznymi przypadkami (nr 14 044), w których zaobserwowano niewielkie ilości miedzi. Nieobecność lub nieznaczna obecność pierwiastków metalicznych wskazują też zdjęcia wykonane przy udziale defektoskopu rentgenowskiego.

Żuźle należy uznać za pozostałość typowego procesu topienia brązu. Zebrano je z powierzchni lustra metalu wraz z zanieczyszczeniami niemetalicznymi obecnymi w kąpeli metalowej. Zawierają one nieznaczne ilości metali, gromadzą też zanieczyszczenia niemetaliczne oraz fazy tlenkowe, przy minimalnym udziale składników stopu. Do dalszych badań wymagana jest zaplanowana analiza mikrostruktury w mikroobszarach.

IV.1.4. Wyroby

W zbiorze zabytków metalowych większość stanowią produkty wadliwe bądź z powodu nieudanej serii odlewów, bądź uszkodzone mechanicznie. Z tego względu stanowią one zapewne surowiec przeznaczony do przetopienia. Są wśród nich grociki z wyraźnymi wadami odlewniczymi (najczęstsze to tzw. niedolewy) czy też uszkodzone w wyniku użytkowania, pręty i szpile uszkodzone mechanicznie, przełamane i zachowane fragmentarycznie. Wszystkie wykonano techniką odlewniczą, niektóre dodatkowo przerobiono plastycznie. Na destrukcjach widoczne są pozostałości zdobień sporządzonych techniką odlewniczą, a także sporządzone po

wykonaniu odlewu, oraz ślady obróbki powierzchniowej. Związek omawianych wyrobów z warsztatem metalurgicznym potwierdzają także fragmenty układów wlewowych, zwłaszcza wlewy w kształcie lejka, z wyraźnie widoczną płaszczyzną swobodnego krzepnięcia, charakterystyczną dla odlewów krzepnących w formie otwartej. Wyraźnie widoczne są linie i kierunki krzepnięcia stopu oraz tworząca się jama skurczowa (Ryc. 13).

Skład chemiczny wybranych zabytków zestawiono w tabeli zbiorczej (Tabela 3). Otrzymane wyniki wskazują na obecność miedzi (55,59-86,96%) i cyny (11,04-26,99%) w bardzo szerokich granicach. W stosunku do tzw. wytopów brązu istotny jest znaczny spadek zawartości ołowiu, całkowity jego brak lub niewielka jego ilość (w granicach 0,01-1,29%). W jednym przypadku (nr 578) stężenie ołowiu jest bardzo wysokie i wynosi 20,13%, co jest bliskie zawartości cyny w tej próbce. Należy podkreślić, że ostatni wynik dotyczy układu wlewowego, pochodzi więc z odlewu sporządzonego na miejscu w pracowni, a zachowanego jako złom obiegowy do ponownego wykorzystania. Wyroby gotowe wykazują niewielką, raczej przypadkową, frekwencję ołowiu. Znacznie więcej ołowiu występuje w grupie tzw. odpadów technologicznych. Można przypuszczać, że eksperymenty z modyfikacją stopów przez dodanie ołowiu wykonywano w pracowni przy wykorzystaniu złomu obcego, niezawierającego tego składnika. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że jednym z badanych w zbiorze zabytków ze Szczepidła był surowiec (lub wyrób, np. ciężarek) o nr. 551, sporządzony z czystego ołowiu. Inne pierwiastki w stopach nie mają tak dużego znaczenia technologicznego. W badanych wyrobach metalowych zaobserwowano podwyższoną zawartość niklu, arsenu, antymonu, a w niektórych przypadkach także srebra.

Frekwencja składnika stopowego związana jest prawdopodobnie z funkcją przedmiotu. I tak, podwyższone zawartości cyny powinny zapewnić większą twardość, a niskie – większą plastyczność stopu. Przedmioty noszą ślady uszkodzeń mechanicznych (np. grot nr 605), co można wiązać z wysokim udziałem cyny, powodującym w rezultacie kruchość materiału.

Należy więc uznać, że badany materiał jest bardzo niejednorodny, co przejawia się w obrazach struktury i wartościach składu chemicznego. W związku z dużą niejednorodnością składu chemicznego trudno określić własności badanych stopów.

V. Ogólne uwagi o funkcjonowaniu pracowni odlewniczej w epoce brązu

W nomenklaturze technicznej wytop oznacza proces technologiczny, w którego wyniku uzyskuje się surowce czyste, półprodukty, żużle i inne. Do procesu hutniczego otrzymywania miedzi (czyli wytopu miedzi) konieczne było zastosowanie pieców szybowych (Harding 2000: 220-226).

Zagadnienie pochodzenia surowców określane jest głównie na podstawie pierwiastków śladowych, choć metoda ta nie daje jednoznacznych rezultatów, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z produktami wykonywanymi ze złomu brązowego różnego pochodzenia. Może być stosowana jedynie pośrednio lub pomocniczo (np. Pare 2000; Krause 2003; Dąbrowski, Hensel 2005). Aktualnie rozstrzygające wyniki mogą przynieść jedynie badania izotopowe i porównanie ze zidentyfikowanymi złożami rud miedzi (np. Niederschlag et al. 2003).

W procesach metalurgicznych stosowano rudy miedzi w celu otrzymania czystej miedzi lub mieszaninę rud miedzi i cyny w celu otrzymania brązu. W pierwszym przypadku surowce czyste łączono w procesie topienia metali. Stosowano paleniska otwarte, zapewne umocnione gliną i kamieniami, z dodatkowym nadmuchem powietrza przez gliniane dysze, co zapewniało wyższą temperaturę procesu, a zatem jego większą skuteczność. Zabieg ten powinien zapewnić temperaturę ok. 1000°C w palenisku, aby prawidłowo przeprowadzić proces topienia brązu (temperatura topienia brązu ok. 900°C). Palenisko mogło mieć także kształt zagłębionej jamy, obłożonej kamieniami i zabezpieczonej gliną, a gliniane dysze pozwalały uzyskać i utrzymać właściwą temperaturę. Możliwe było także stosowanie niskich otwartych piecyków glinianych lub kamiennych.

Stopiony brąz odlewano do form. Znane są różne ich rodzaje, z których najpopularniejsze są formy dzielone kamienne do produkcji seryjnej (formy wielorazowego użytku) i egzemplarze gliniane do produkcji jednostkowej (formy niszczone). W omawianej epoce rzadziej spotkane są także formy ceramiczne wielorazowe, a nawet metalowe (brązowe; Harding 2000: 220-226). Wyroby mniejsze, wykonywane z udziałem metody wytapianych modeli (traconego wosku), odlewano w całości. Większe przedmioty produkowano tą techniką w częściach i następnie łączono lub odlewano je w całości z udziałem glinianego rdzenia,

Tabela 3. Szczepidło, woj. wielkopolskie, stan 17. Zestawienie wyników badań składu chemicznego otrzymanych metodą spektroskopii fluorescencji rentgenowskiej (XRF) dla kolejnych wybranych zabytków metalowych w tabeli zbiorczej.

Wyroby metalowe											
		137	502	510	512	522	523-26	527	533	553	578
Symbol	Pierwiastek	Stężenie (wt.%)									
Fe	żelazo	0,06	0,01	0,03	0,03	0,03	0,55	0,31	0,00	0,42	0,03
Co	kobalt	0,06	0,09	0,07	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08	0,11
Ni	nikiel	0,18	0,52	0,35	0,35	0,35	0,62	0,28	0,46	0,36	0,35
Cu	miedź	82,20	69,72	75,96	75,96	75,96	70,49	76,25	86,96	78,60	55,59
Zn	cynk	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14	0,15	0,10
As	arsen	0,94	1,07	1,01	1,01	1,01	0,66	0,32	0,27	0,32	0,27
Se	selen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ag	srebro	0,89	0,13	0,51	0,51	0,51	0,08	0,06	0,06	0,04	0,04
Sn	cyna	14,40	26,99	20,69	20,69	20,69	26,02	21,96	11,04	18,19	22,92
Sb	antymon	0,94	0,33	0,64	0,64	0,64	0,43	0,20	0,23	0,20	0,17
Pb	ołów	0,00	0,59	0,29	0,29	0,29	0,56	0,28	0,59	1,29	20,13
Bi	bizmut	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,11

który wybijano, lub pozostawiano wewnątrz wyrobu. Metoda na wosk tracony, który wytapiano przed zalaniem formy, zapewniała znaczną gładkość i dokładność odtwarzania modelu, a także cienką ściankę odlewu. Problematiczna jest tu powtarzalność modeli woskowych, które jednak mogły być produkowane przez odlanie wosku do form kamiennych (problem sygnalizowany, lecz niedostatecznie jeszcze zbadany), a następnie dopiero wielowarstwowo oklejane gliną, suszone i w efekcie wypalane w temperaturze zapewniającej właściwą ogniotrwałość i trwałość formy przy kontakcie z ciekłym metalem. Metodą wytapianych modeli produkowano m.in. naszyjniki, bransolety i szpile (Goško 2011).

Wyroby większe, np. siekierki, brzytwy i noże, odlewano w formach kamiennych, często z rdzeniem. Istnieją jednak formy kamienne do odlewania niewielkich przedmiotów, jak pierścienie, groty strzał i inne. Przedmioty z omawianych form często wymagały większej pracochłonności przy czynnościach wykańczających, m.in. usuwania szwów odlewniczych, zaznaczających płaszczyznę podziału odlewu w miejscu styku dwóch połówek formy. Części formy łączono i podgrzewano przed zalaniem w celu usunięcia pozostałości wilgoci, która mogła spowodować zagazowanie metalu podczas zalewania. Egzemplarze kamienne po dłuższym czasie eksploatacji były mniej szczelne i wymagały większego nakładu pracy. Pra-

ce wykańczające, jak szlifowanie i polerowanie, prowadzono z udziałem kamiennych gładzików (np. kawałków piaskowca). W pracowniach epoki brązu używano też wielu innych narzędzi czelerskich, m.in. kamiennych podkładek, zapewniających bezpieczeństwo przy czynnościach topienia i odlewania i zapobiegających niekontrolowanemu rozlewaniu się metalu, a także młoteczków i kowadełek (np. Harding 2000: 226n). Zapewne często występowały poparzenia z powodu wysokiej temperatury par i gazów oraz kontaktu z ciekłym metalem. Z tego względu w warsztatach odlewniczych musiały też znajdować się narzędzia pomocnicze, np. kleszcze, widełki, m.in. z metalu i rogu (?), dla utrzymania tygla. W pracowniach z epoki brązu używano różnych łyżek odlewniczych i tygli; w niektórych przypadkach były one równocześnie pojemnikami do przenoszenia porcji stopu z większych tygli. Łyżki odlewnicze mogły także pełnić funkcje tygli lub służyć do zbierania żużla z powierzchni ciekłego stopu.

Tygły wykonywano z gliny z domieszką piasku i wypalano dla uzyskania ogniotrwałości i trwałości przy kontakcie z ciekłym metalem. Miały one zazwyczaj niewielkie rozmiary (10-20 ml), choć w niektórych wypadkach ich pojemność była kilka razy większa.

Przyczynkiem do określenia wielkości produkcji pracowni odlewniczej w Szczepidle mogą być badania przeprowadzone w Biskupinie (Piaskowski 1957),

gdzie wykazano, że pojedynczy warsztat w okresie rozwoju kultury łużyckiej mógł topić dziennie około 500 g stopu. Jednak przy wszystkich etapach procesu odlewniczego, który obejmował także przygotowanie form i materiałów wsadowych, przetapiano dziennie jedynie 300 g stopu. Wyjąwszy odpady, takie jak układy wlewowe i nieudane wyroby, dawało to jedynie 200 g gotowych wyrobów. Zważając, że pracownia działała wyłącznie w sezonach o średniej i podwyższonej temperaturze (w niskich temperaturach występowały zbyt duże straty ciepła przy topieniu oraz zbyt wysoka różnica temperatur między ciekłym stopem a otoczeniem skutkująca pękaniem ceramiki, form i tygli), czyli tylko pewną część roku, można przyjąć za J. Piaskowskim (1957) produkcję jednego warsztatu na około 30 kg brązu w gotowych udanych i wykonanych odlewach.

Wnioski

Analizowany materiał, w postaci surowców, fragmentów tygli i złomu brązowego, tj. układów wlewowych i destruktyw gotowych wyrobów oraz nielicznie występujących gotowych niezniszczonych, dobrze opracowanych wyrobów, a także zużli i narzędzi cyzelerskich, wskazuje niezbicie, że na stan. 17 w Szczepidle odkryto zaawansowaną pracownię odlewniczą z II tys. BC, unikalną w skali środkowoeuropejskiej. Wszystkie te elementy występujące razem świadczą o prowadzonych na miejscu procesach produkcyjnych. Z uwagi na ich częściowe zachowanie i brak urządzeń pracowni typu palenisko czy piec nie sposób określić dokładnie wielkości warsztatu ani wielkości produkcji. Można uznać jednakże, że w pracowni odlewniczej wytwarzano niewielkie, precyzyjnie wykonane przedmioty, m.in. ozdoby i groty.

Przedmioty odlewano z brązu cynowego i ołowiu, choć niektóre półwyroby wykazywały skład daleki od typowego. Na stanowisku nie znaleziono czystych surowców (miedzi i cyny) z wyjątkiem ołowiu, którego pochodzenie można uznać za miejscowe, tzn. śląsko-krakowskie, z bardzo wczesnie eksploatowanych złóż cynkowo-ołowiowych z udziałem srebra (Szydłowska 1982; Nieć 1997). Niektóre z badanych zabytków wykazują dużą zawartość ołowiu, co może wskazywać na intencjonalny dodatek tego pierwiastka, zmieniającego nieco właściwości technologiczne wyrobów, a więc na modyfikację stopów dokonywaną na miejscu w pracowni.

Znalezione fragmenty układów wlewowych, a konkretnie wlewy główne (mające postać lejka, odwzorowanego z formy), odłamane od gotowych wyrobów, świadczyć muszą o realizowanej na miejscu produkcji odlewniczej i bezpośrednio o składzie przygotowywanych odlewów. Wobec braku form kamiennych z badanej osady można przyjąć tezę o wykorzystywaniu w pracowni form glinianych. Poświadcza to charakterystyka gotowych wyrobów, które nie wykazują obecności szwów odlewniczych pochodzących zwykle z form dzielonych kamiennych (choć mogły one zostać wtórnie zeszlifowane w procesie obróbki wykańczającej). Szwów nie wykazują także wlewy niepodlegające obróbce z uwagi na ich odpadowy charakter.

Gotowe wyroby noszą ślady obróbki z zastosowaniem różnych technik. Na odlewach widoczne są efekty klepania, szlifowania i polerowania, mające na celu obróbkę technologiczną narzędziami cyzelerskimi prowadzącą do usunięcia wad i obróbkę estetyczną dla podniesienia walorów dekoracyjnych.

Nieznane są wielkości stosowanych w pracowni tygli, o czym świadczą też ich cienkie ścianki. Zgodnie z regułą, że wielkość tygli musiała odpowiadać wielkości gotowego odlewu wraz z układem wlewowym, można przyjąć w przybliżeniu rozmiary używanych w pracowni tygli o pojemności w zakresie 10-50 ml. Obecne w tyglach krople metalu wskazują na skład używanego w pracowni stopu. Z uwagi na fragmentaryczność egzemplarzy ze Szczepidla, można przyjąć, że miały one pojemność wnętrza formy jednego odlewu wraz z układem wlewowym, który stanowił zwykle 10-30% odlewu. W pracowni wykorzystywano co najmniej kilka tygli. Obok podstawowego wyposażenia warsztatu, czyli wymienionych łyżek i tygli, stosowano także różne narzędzia pomocnicze, np. naczynia w kształcie rynienek. Egzemplarz odkryty w Szczepidle nie wskazał jednak na użycie w pracowni odlewniczej, choć odnotowano go w obiekcie (jamie magazynowej), w której zarejestrowano też wytopy.

Z punktu widzenia rozwoju metalurgii i odlewnictwa w dorzeczu Wisły i Odry odkrycie pracowni w Szczepidle jest bardzo ważne i przynosi istotne informacje na temat produkcji technologicznej wyrobów brązowych. Mimo wielu znalezisk gotowych wyrobów w skarbach i grobach oraz form odlewniczych pozyskanych z wyposażenia tzw. grobów odlewców/kowali wciąż brak dostatecznych i w pełni

wyczerpujących wiadomości o organizacji i produkcji metalurgicznej w warsztacie z epoki brązu. Badania pozostałości pracowni odlewniczych mają doniosłe znaczenie, dostarczają ważnych materiałów źródłowych, zarówno w zakresie archeologii, jak i techniki produkcji oraz inżynierii materiałowej.

Bibliografia

- BARTKOWSKI
1970 *Wielkopolska i środkowe Nadodrze*. Warszawa.
1978 Środowisko przyrodnicze grodu wczesnośredniowiecznego w Łądzie nad Wartą Środkową. W: Błaszczyk (red.) *Gród wczesnośredniowieczny w Łądzie nad środkową Wartą*: 13-31. Poznań.
- DĄBROWSKI J., HENSEL Z.
2005 *Metallgießerei in der älteren Bronzezeit in Polen*. *Prähistorische Zeitschrift* 80(1): 5-48.
- GARBACZ-KLEMPKA A.
2013 Badania metaloznawcze przedmiotów z brązu z badań w Szczepidle, gm. Krzymów, woj. wielkopolskie, stan. 17. W: P. Makarowicz (red.), *Osada metalurgów kultury mogiłowej w Szczepidle nad środkową Wartą. Praca napisana w ramach projektu KBN/NCN nr NN109 054 033, realizowanego w latach 2010-2013, finansowanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego*. Maszynopis w Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Poznań.
- GEDL M.
1975 *Kultura przedłużycka*. Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.
1983 *Die Nadeln in Polen I (Frühe und ältere Bronzezeit)* (= *Prähistorische Bronzefunde* 13(7)). München.
- GOŠKO T.J.
2011 *Metaloobrobka u naseleennja pravoberežnoi lisostepo-voi Ukraini za dobi piznoi bronzi*. Kiev.
- GÓRSKI J.
1993 Osada kultury trzcinieckiej i lużyckiej w Nowej Hucie-Mogile, stanowisko 55. Analiza materiałów część I. *Materiały Archeologiczne Nowej Huty* 16: 55-102.
- GRYGIEL R.
1986 The household cluster as a fundamental unit of the Lengyel culture in the Polish Lowlands. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego* 31: 43-270.
- HARDING A. F.
2000 *European Societies in the Bronze Age*. Cambridge.
- KADROW S.
1991 *Iwanowice, stanowisko Babia Góra, cz. I. Rozwój przetrzenny osady z wczesnego okresu epoki brązu*. Kraków.
- KŁOSIŃSKA E.
1997 *Starszy okres epoki brązu w dorzeczu Warty*. Wrocław.
- KONDRACKI J.
1994 *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*. Warszawa.
- KOZACKI L.
1972 *Analiza i ocena środowiska geograficznego powiatu konińskiego dla potrzeb prognozowania jego zmian*. Poznań.
- KOZARSKI S., TOBOLSKI K.
1968. Holocenijskie przeobrażenia wydm śródlądowych w Wielkopolsce w świetle badań geomorfologicznych i palynologicznych. *Folia Quaternaria* 29: 127-134.
- KRAUSE R.
2003 *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen karpätenbecken und Ostsee* (= *Vorgeschichtliche Forschungen*, B. 24). Rahden/Westf.
- LASAK I.
2001 *Epoka brązu na pograniczu śląsko-wielkopolskim. Część II – zagadnienia gospodarcze*. Wrocław.
- MAKAROWICZ P.
1998 *Rola społeczności kultury iwieńskiej w genezie trzcinieckiego kręgu kulturowego (2000-1600 BC)*. Poznań.
2010 *Trzciniecki krąg kulturowy – wspólnota pogranicza Wschodu i Zachodu*. Poznań.
2013 *Osada metalurgów kultury mogiłowej w Szczepidle nad środkową Wartą. Praca napisana w ramach projektu KBN/NCN nr NN109 054 033, realizowanego w latach 2010-2013, finansowanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego*. Maszynopis w Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Poznań.
2013a *Osadnictwo społeczności trzcinieckiego kręgu kulturowego w dorzeczu środkowej Warty. Archeologiczne badania ratownicze na trasie autostrady A2* (= *Via Archaeologica Posnaniensis*, tom 7). Poznań.
- NIEĆ M.
1997 *Złoża rud miedzi i srebra*. W: J. Kicki, R. Ney (red.), *Surowce metaliczne Polski. Miedź, srebro*: 9-24. Kraków.
- NIEDERSCHLAG E., PERNICKA E., SEIFERT TH., BERTELHEIM M.
2003 The Determinations of Lead Isotope Ratios by Multiple Collector MCP-IS: a Case Study of Early Bronze Age Artefacts and their Possible Relations with Ore Deposits of the Erzgebirge. *Archeometry* 45(1): 61-100.
- PAŘE CH.
2000 *Bronze and the Bronze Age*. W: C.F.E. Pare (red.), *Metals Make The World Go Round. The Supply and Circulation of Metals in bronze Age Europe*: 1-38. Oxford.
- PIASKOWSKI J.
1957 *Technika odlewnictwa w grodzie kultury lużyckiej w Biskupinie*. Tarnów.
- SZYDŁOWSKA E.
1982 *Eksploracja i przetwórstwo metali kolorowych na Górnym Śląsku u schyłku epoki brązu i w początkach epoki żelaza*. W: Z. Bukowski (red.), *Pamiętnik Muzeum Miedzi*, t. 1: 131-145. Legnica.
- SZYDŁOWSKI M.
2013 *Analiza zabytków kamiennych (niekrzemienych) ze Szczepidła, gm. Krzymów, woj. wielkopolskie, stan. 17*. W: P. Makarowicz, *Osada metalurgów kultury mogiłowej w Szczepidle nad środkową Wartą. Praca napisana w ramach projektu KBN/NCN nr NN109 054 033, realizowanego w latach 2010-2013, finansowanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego*. Maszynopis w Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Poznań.
- TOBOLSKI K.
1966 Późnoglacialna i holocenijska historia roślinności na obszarze wydmowym w dolinie środkowej Prosnys. *Prace Komisji Biologicznej PTPN* 32(1): 3-68.
- TRZECIAKOWSKI J.
1964 Warunki geologiczne stanowisk neolitycznych w dolinie Warty na odcinku pod Koninem. *Archeologia Polski* 9(2): 351-367.

Metallurgists' settlement In Szczepidło on the middle Warta. Some remarks on bronze objects industry in the 2nd millennium BC

Summary

Ten years of field studies (excavations and non-invasive surveys) on site 17 in Szczepidło, gmina Krzymów, Wielkopolska voyvodship (Figs 1, 2) conducted by the Prehistory Institute, Adam Mickiewicz University, Poznań, have documented spectacular remains of Bronze Age human settlement.

One of the most fascinating phenomena legible throughout the functioning of the settlement was the adoption of bronze metallurgy and a substantial development of bronze objects production. Comparative analysis of pottery and bronze objects stylistics as well as carbon dating sequence estimates allow to place the start of the metallurgist workshop within the 1350-1150 BC framework and link it with the activities of a community from the late stage of the Trzciniec culture with Tumulus culture and Lusatian culture features. A presentation of some aspects of metallurgical production by the settlement's inhabitants is the primary aim of the present paper.

Traces of metallurgical activity were mainly recorded in the central and southern sections of the area explored by excavations and metal detectors (Figs 3-5). The products were registered at various depths – both in humus and in layers situated beneath, as well as in nonportable objects. They were mainly registered below the modern humus stratum in object 153 (including 153A and 153B) – 37 specimens – and its vicinity, and also in objects 99, 160, 165, 192, 193, 215, 240, 248, 252, 255, 256 and 286.

The analysis of the spatial distribution of all bronze objects disclosed their main (original) concentration in object 153 assumed to be a metallurgical workshop (Fig. 5). The central object described was a dwelling with a sunken floor but without remains of postholes (Fig. 6). For this reason it is hard to define the construction type and the technology of its construction. The object was formed as an irregular polygon oriented along the NW – SE axis; it was 13.2 m long, 10.3 m wide, with maximum depth of 1.04 m. The multilayered hollow-shaped fill-in with an uneven bottom was made up of components of the humus at varying degree of podzolisation and unpodzolised humus mixed with yellow fine-grain sand. Traces of burning and charcoal concentrations were traceable at different depths.

The basis for classifying the object as a dwelling-production construction was the above mentioned vast pottery fill-in (over six thousand fragments of several hundreds of vessels) attest-

ing a long-lasting exploitation of the area. Abundant traces of burning, broken up charcoals, burnt vessel fragments and an assortment of (damaged) bronze objects, smelting, runners, slag, crucibles, spoons, lumps of metal and burnt stones testify to an intensive and probably continuous bronze objects production over a longer period of time. A considerable concentration of portable material has been recorded around the described object, particularly west and east of it. Distribution of metallurgy traces suggests that the entrance to the workshop led in the easterly direction. (Fig. 4). It's plausible that the workshop was "openwork" or half open – it had low walls which allowed a spontaneous offtake of harmful gases and steam.

Outside the central zone a smaller concentration of the metallurgical production remains was found in the southern section of the excavated area (Fig. 5). Smelting fragments and bronze objects were registered in objects 214, 215, 248, 252, 255 and 256 lying next to one another and in object 240 situated slightly to the north (Fig. 7). The possibility of their being used in the metal objects production is supported by their dark coloured (deep dark brown or black) fill-ins, traces of burning and charcoals. Shallowly beneath the humus layer infrequent slag lumps have been recorded. Between the metallurgical workshop (object 153) and the concentration just mentioned there occurred numerous traces of smelting, fragments of objects and slag, mainly in the arable layer. Their planigraphy, however, is a consequence of frequent surface relocation of soil layers (secondary distribution).

Site 17 has yielded 140 bronze objects altogether: finished products, half-products, products of smelting ("tears/drops"), remains of the production process (runners) and raw material lumps. A large series of slag (80 specimens) and a few chiselling tools have been registered. The finished products, in most cases damaged or unsuccessful and often corroded, included pins and small arrowheads (Figs 8, 9).

The remaining objects, preserved only in pieces and de facto forming scrap metal, are half-products/semi-finished products or production waste left over from jewellery making (bracelets, pins, pendants, etc), weapons (arrowheads?) and tools (a razor or a small knife). These were mainly registered in object 153 and its vicinity as well as - in smaller quantities - in the southern section (Fig. 10) of the surveyed area.

Fragments of runners or technological remains of bronze objects casting have been registered in the analysed material. A few such objects with characteristic funnel-like shape have been recorded (Fig. 11).

The most numerous category of metal objects from Szczepidło are small bronze runners (drops 1 – 3-4 mm in "diameter" and lumps) and larger ones (up to several cm) which are the by-

products of the metallurgical process (Fig. 12). In the area examined, mainly in object 153 and its vicinity, over 80 specimens of various size and shape have been registered.

The body of sources contained 82 lumps of bronze slag. They varied in size and were in most cases much vitrified (Fig. 13). They rarely occurred below the humus and were most frequent in modern-day humus, which must have been due to their small weight and susceptibility to transfer during ploughing.

In various zones of the site, mainly in the workshop, in its vicinity and in objects situated in the southern section of the examined area fragments of small crucibles and casting spoons were registered (Figs 16-18). Traces of burning, smoking and visible - macroscopically at times - drops of metal signify to their use. Small fragments of at least several crucibles have been recorded; only in one case almost whole container has been reconstructed. Very small fragments of at least two spoons have been found as well.

The northern section of the site besides features (effect of ploughing?) chiselling tools connected with the finishing stage of metal processing have been recorded. They were polishing stones, hammers/small anvils and also "whetstones" (Fig. 14).

The examination of the metal collection from Szczepidło involved a laboratory analysis of 51 artefacts - leftovers of the metallurgical workshop. They were divided into two sets: finished products and fragments allowing a reconstruction of the metallurgical process. Three separate artefact groups were isolated within the second set: production waste and raw material, crucibles and pottery, and slag.

The objects were described in terms of their structure and chemical composition. The research included macro- and microscopic metallographic analyses (optical and scanning microscopy), chemical composition analyses by X-ray fluorescence methods, SEM microregion analyses by spectrometric method and a phase analysis by the X-ray diffraction method.

The material examined - raw material, fragments of crucibles and scrap bronze - ie runners, gating systems and destructs as well as the few finished and undestroyed, well prepared objects, slag and chiselling tools - shows irrefutably that at site 17 in Szczepidło an advanced foundry from the 2nd millennium BC has been discovered, an object unique in Central Europe. All the elements coming together testify to production processes there performed. Their only fragmentary preservation and absence of workshop equipment such as a furnace or hearth do not allow a more precise account of either the size of the workshop or of production. Still it can be assumed that the foundry produced small, carefully cast objects, among them ornaments and arrowheads.

The objects were cast in red and leaded bronze, though some of half-products revealed a very atypical composition (Fig 15, Tab. 1 and Tab. 3). The site yielded no pure raw material (copper and tin) except for lead whose source can be ascribed to its local (Śląsk - Kraków) provenience from zinc-lead deposits with silver admixture, which had been exploited very early on. Some examined objects reveal a high lead content which might indicate an intentional addition of the element changing slightly the technological properties of the products and thereby modifying the alloys made directly in the workshop.

The discovered gating systems, or more precisely main runners (funnel-shaped mapped from the mould) broken off the finished products must surely prove that the casting was done on the spot and directly confirm the composition of the casts made. In view of the absence of stone moulds at the site, it can be accepted that clay moulds had been used. This is corroborated by the characteristics of the finished products which carry no casting welding seams which usually came from divided stone moulds (although they might have been ground during the finishing process). Runners not submitted to processing do not show any seams either, due to their waste-like nature.

Finished products carry traces of processing by different techniques. Casts reveal effects of hammering, grinding and polishing aimed at technological processing with chiselling tools to remove defects and aesthetic processing to improve the decorative value of the objects.

Dimensions of the crucibles used in the workshop are unknown. Following the rule that crucible size corresponded with that of the finished cast together with the gating system, the capacity of the crucibles may have been approximately 10-15 ml. Drops of metal present in the crucibles indicate the composition of the alloy used in the workshop.

From the point of view of the development of metallurgy and casting in the Vistula and Odra basin the discovery of the Szczepidło workshop is a most important one and provides major information concerning technological production of bronze objects. Despite numerous finds of finished products in hoards and graves and of casting moulds recovered from the furnishings of the so-called casters/smiths there is still a shortage of comprehensive and exhaustive data about the organisation and production in a Bronze Age metallurgical workshop. The research of the remains of casting workshops are of major significance and provides important source materials for archaeology as well as for production technology and materials science.