

До історії стародавнього виробництва



Т.Ю. Гошко

МЕТАЛООБРОБКА НА КИЇВЩИНІ ЗА ДОБИ ПІЗНЬОЇ БРОНЗИ

У статті викладено результати металографічного та спектрального аналізу бронзових виробів із поселення пізньобронзової доби Малополовецьке-3 Фастівського району Київської області.

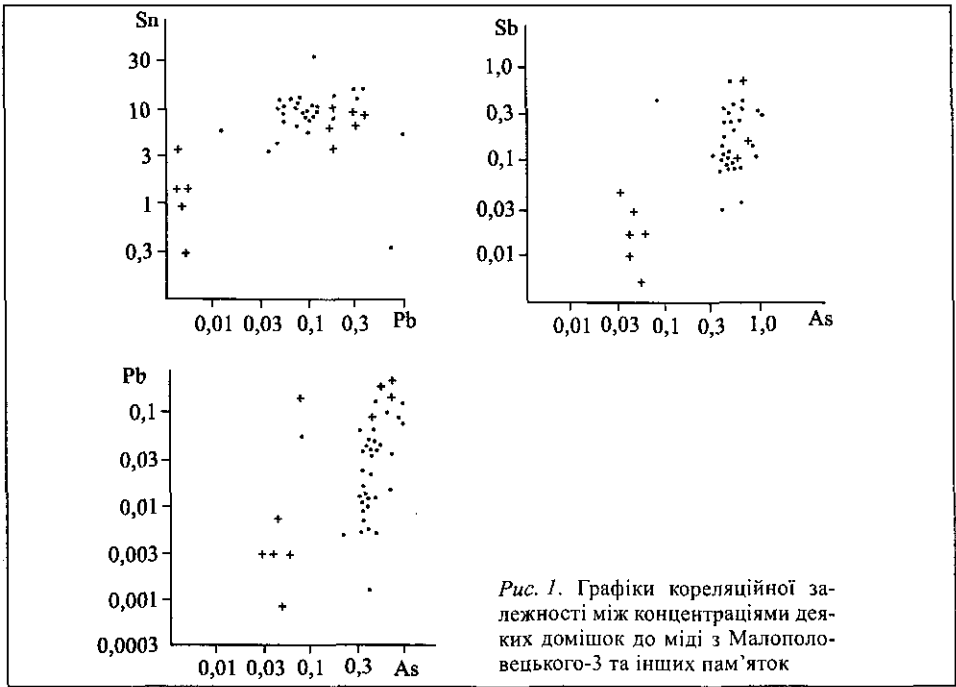
Під час дослідження могильника поблизу с. Малополовецьке у Фастівському районі Київської області було виявлено три поховальні комплекси з п'ятьма похованнями, до складу інвентарю яких входило 18 виробів із бронзи. В основному, це прикраси: гривна, браслети, шпильки. Зі знарядь праці — ніж¹. Частину виробів було передано до лабораторії фізико-хімічних методів дослідження ІА НАНУ для спектрального та металографічного вивчення. Дослідження малополовецького металу вказаними методами вводить до наукового обігу нові дані про стан техніки обробки кольорового металу у населення Лісостепового Правобережжя Дніпра в часи пізньої бронзи, що на цей час залишається недостатньо вивченим питанням.

У таблиці наведено відомості про хімічний склад металу досліджених предметів.

Спектральний аналіз надав можливість установити наявність двох видів сплавів на основі міді, що добре виділяються на кореляційних графіках: олово—свинець і сурма—арсен (рис. 1; 2). До першої групи можна віднести сплави, в яких високий вміст олова (від 2,8 до 10 %) поєднується з досить високим вмістом свинцю (від 0,17 до 0,6 %). Метал другої групи має той самий або знижений вміст олова (від 0,3 до 4,2 %), що поєднується зі зниженою концентрацією свинцю (від 0,002 до 0,008 %). Нижче наводимо результати металографічного дослідження 8 виробів.

Аналіз 72. Браслет із сегментоподібного у перерізі дроту в три витки. Шліф зроблено на пласкому боці зразка. До травління на шліфі спостерігається голубий евтектоїд $Cu_{31}Sn_8$, трохи видовжений у напрямку деформації. Металографічне дослідження виявило деформаційну дрібнозернисту структуру з великою кількістю двійників у зернах. При зміні різкості на мікроскопі стає видною структура, прийнята нами за залишкові дендрити, витягнуті в напрямку деформації металу² (рис. 4, 1). Але тепер, коли таке ж явище у вираженішому вигляді вдалося спостерігати на двох подібних браслетах з Нетішина, довелося переглянути його трактування як залишкової вилитої структури, а також пов'язаний з цим висновок про відливання для браслета заготовки, близької за довжиною до готового виробу. Натомість вважаємо за ймовірніше визнати появу подібної структури результатом сильної деформації заготовки за невисокої температури. Величина зерна — 0,015—0,025 мм. Мікротвердість металу — 171 кг/мм² (рис. 3, 1; 4, 2).

Аналіз 73. Браслет, аналогічний до попереднього, також на три витки. Шліф зроблено на поздовжньому перерізі дроту. На краях шліфа проступає корозія, що розповсюджується на межах зерен. Мікроскопічне дослідження виявило поліедричну структуру з ледь простежуваною текстурою деформації при зміні різкості на мікроскопі. Евтектоїд плавними ланцюжками витягнутий у напрямку деформації металу. На кінці дроту в деяких поліедрах простежуються лінії зсуву. Розміри зерна — 0,035—0,45 мм. Мікротвердість металу — 152 кг/мм² (рис. 3, 2; 4, 3; 5, 5).



Отже, вилиті заготовки для обох браслетів кувалися на жолобчастому ковадлі з високими ступенями обтиску — до 80 % і мали формувальний характер (відсутність дендритної ліквіації, велика кількість двійників). Кування проводилося по нагрітому металу — про це свідчить рівномірна поверхня виробів та плавна форма евтектоїда. Кінці дроту звужені холодним куванням з невисоким ступенем обтиску (ан. 73). Небезпечну кількість Рb (0,17; 0,6 %), що спричиняє червоноламкість металу, у цих випадках, найвірогідніше, нейтралізували інші мікродомішки. Наступною операцією з формування браслетів було навивання заготовки на болван потрібного діаметра. Отримана пружина додатково не стискалася.

Аналіз 101. Фрагмент браслета зі спіральними щітками з круглого дроту. Шліф зроблено на поздовжньому перерізі дроту. Усе поле шліфа вкрите сіткою чорних вкраплень. Невелика кількість дрібного евтектоїда ледь помітно видовжена в напрямку деформації металу. Після травління відкрилася рекристалізована структура з різнобарвленими зернами та великою кількістю двійників. Величина зерна — 0,045—0,065 мм. Мікротвердість металу — 116,8 кг/мм² (рис. 3, 3; 4, 5).

Браслет виготовлений з низькоолов'янистої бронзи із вмістом олова 1,7 %. За звичайних умов затвердіння литва, помітна під мікроскопом кількість евтектоїда з'являється при концентраціях олова 6—8 %. У нашому випадку його появу можна пояснити невеликою швидкістю охолодження литва — 2—4 °С/хв³. Порівняно рівномірний перетин дроту дає можливість говорити про застосування жо-

Таблиця спектральних аналізів

Номер аналізу	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni
72	Осн.	10	0,17	—	—	—	0,2	0,8	0,03	—
73	»	9,6	0,6	—	—	—	0,5	0,5	0,03	—
74	»	5,7	0,14	3,3	—	—	—	0,7	0,03	—
98	»	2,8	0,17	0,01	0,004	0,1	0,008	0,05	0,28	0,03
99	»	1,1	0,008	—	—	0,02	0,03	0,04	0,10	0,4
100	»	4,2	0,002	0,01	—	0,03	0,01	0,04	0,03	0,1
101	»	1,7	—	0,03	0,001	0,03	0,02	0,04	0,11	0,3
102	»	0,3	—	0,02	0,006	0,1	0,07	0,03	0,03	0,1

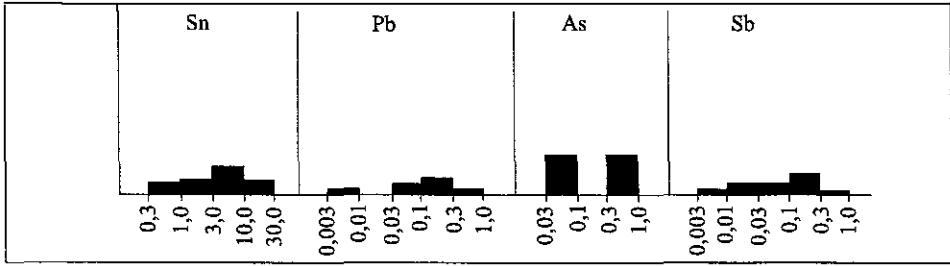


Рис. 2. Частотні гістограми концентрацій домішок до міді з Малополовецького-3

лобчастого ковадла з оправкою. Щільна стиснутість спіралі щитка досягнута навиванням дроту на конічну оправку та стисканням отриманої пружини молотком.

Аналіз 100. Фрагмент тригранного у перетині багатовиткового стрічкового браслета. Шліф зроблено на поздовжньому перетині виробу. До травління спостерігається невелика кількість евтектоїда $Cu_{31}Sn_8$, трохи видовженого в напрямку деформації металу. Тонкі тріщинки так само розташовані в напрямку деформації. Невелика кількість чорних крапель рівномірно розсіяна по всій площі шліфа. Корозія розповсюджується на межах зерен та ліній зсуву.

Після травління відкрилася рекристалізована структура зі значною кількістю двійників та лініями зсуву всередині зерен. Величина зерна — 0,035 мм. Мікротвердість металу — 164,4 кг/мм² (рис. 3, 4; 4, 4).

Браслет виготовлено з вилитої заготовки, що мала первинну дрібнозернисту структуру, холодним куванням з проміжковими відпалюваннями при температурі до 600 °С. Трикутного перерізу металевої стічки для браслета було досягнуто куванням на ковадлі аналогічного профілю з великим ступенем обтиску (60—80 %), що призвело до повного зникнення дендритної структури, помітної витягнутості евтектоїда та механічних тріщин.

Аналіз 99. Фрагмент гривни з прямокутного у перетині дроту з гачками на кінцях. Біля вцілілого гачка дріт набуває круглого перетину. Шліф зроблено на поздовжньому перетині дроту. До травління спостерігається невелика кількість евтектоїда $Cu_{31}Sn_8$, видовженого в напрямку деформації металу. Корозія розповсюджується на межах полієдрів і ліній зсуву. Помітні численні павутоподібні тріщинки.

Після травління відкрилася рекристалізована структура з великою кількістю двійників та лініями зсуву у великих зернах. Величина зерна — 0,09—0,12 мм. Мікротвердість металу — 188,6 кг/мм² (рис. 3, 5; 4, 6).

Так само, як і у браслета, метал гривни має низький вміст олова (1,1 %). Тому і в цьому разі наявність евтектоїда пояснюємо дуже повільним охолодженням заготовки.

Із цього можна зробити висновок, що заготовка гривни вилитася у нагрітій формі. З неї вільним куванням був виготовлений дріт, про що свідчить нерівномірність його перерізу та характер евтектоїда. Відсутність попередньої вилитої структури, середні розміри зерна та дрібні павутиноподібні тріщинки вказують на кування при температурі близько 600 °С зі ступенем обтиску до 100 %. Кування завершувалося по захолодому металу (лінії зсуву).

Дуже цікавою є технологія виготовлення шпильок.

Аналіз 74. Шпилька із пвяхоподібною голівкою та вушком під нею. Зразок вирізано з голівки виробу. Уся поверхня шліфа вкрита дрібними чорними крапленнями свинцю, краї шліфа зіпсовані корозією, що розповсюджується на межах полієдрів. Металографічне дослідження виявило крупнозернисту полієдричну структуру на тлі залишкової дендритної ліквіації. У багатьох полієдрах присутні численні лінії зсуву. Розміри зерна — 0,065—0,09 мм. Мікротвердість — 158 кг/мм² (рис. 3, 6; 5, 1).

Огляд шпильки разом із металографічним дослідженням призвів до наступних висновків. Заготовка виробу була відлита у двостулковій формі, адже на голівці, вушку та на самій голці залишилися ливарні шви. Від вушка донизу по голці добре простежується тріщина «червоноламкості», що пояснюється присутністю у металі значної кількості крихких включень свинцю (1,4—3 %). Метал тріснув, коли його нагріли, щоб перевернути верхню частину голки. Шпилька

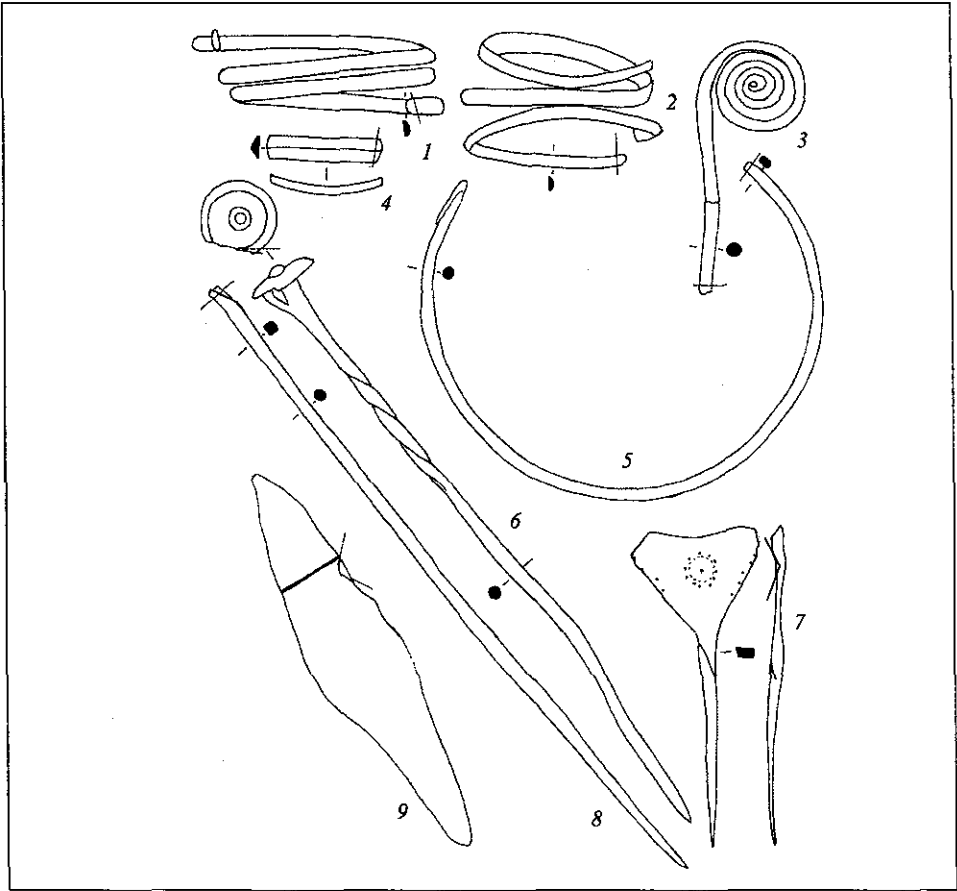


Рис. 3. Схеми розташування шліфів на досліджених виробах

відливалася з квадратної у перетині голки, а потім нижній її частині майстер надав круглу в перерізі форму, обпиливши її (паралельні горизонтальні борозенки). Полієдрична структура на голівці утворилася внаслідок нагрівання металу до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ та витримки впродовж невеликого проміжку часу при цій температурі (тобто неповний гомогенізаційний відпал). Ця операція була пов'язана з роботами над оформленням голки. Лінії зсуву свідчать про холодне проковування голівки, яке, проте, не призвело до деформації структури. Ступінь обтиску тут досягав 20% ⁴.

Аналіз 98. Шпилька з ромбічною голівкою та перекрученим у верхній частині стрижнем. Зразок вирізано з голівки виробу. Шліф зроблено на поздовжньому розрізі. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру з великою кількістю двійників у зернах. Подекуди зустрічаються лінії зсуву. Величина зерна — $0,025\text{--}0,045\text{ }\mu\text{m}$. Мікротвердість металу — 208 кг/мм^2 (рис. 3, 7; 5, 2).

На цьому зразку ми бачимо дрібні вкраплення свинцю, що рівномірно розсіяні на всьому полі шліфа. Такий вигляд свинець має при швидкому охолодженні. Отже, можна припустити використання теплопровідної форми для відливання заготовки. Вміст свинцю в металі становить $0,17\%$, тобто гаряче кування такого сплаву неминуче викликало б розтріскування, тому кування можна було проводити в холодному стані з проміжковими відпалюваннями при температурі не нижче $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, коли відбувається пом'якшення сплаву й формується рекристалізована структура.

Таким чином, кування на голівці мало формувальний характер і було спрямоване на надання їй ромбічної форми. Завершальне кування проводилося по охололому металу, що призвело до появи ліній зсуву. Пуансонний орнамент наносився методом

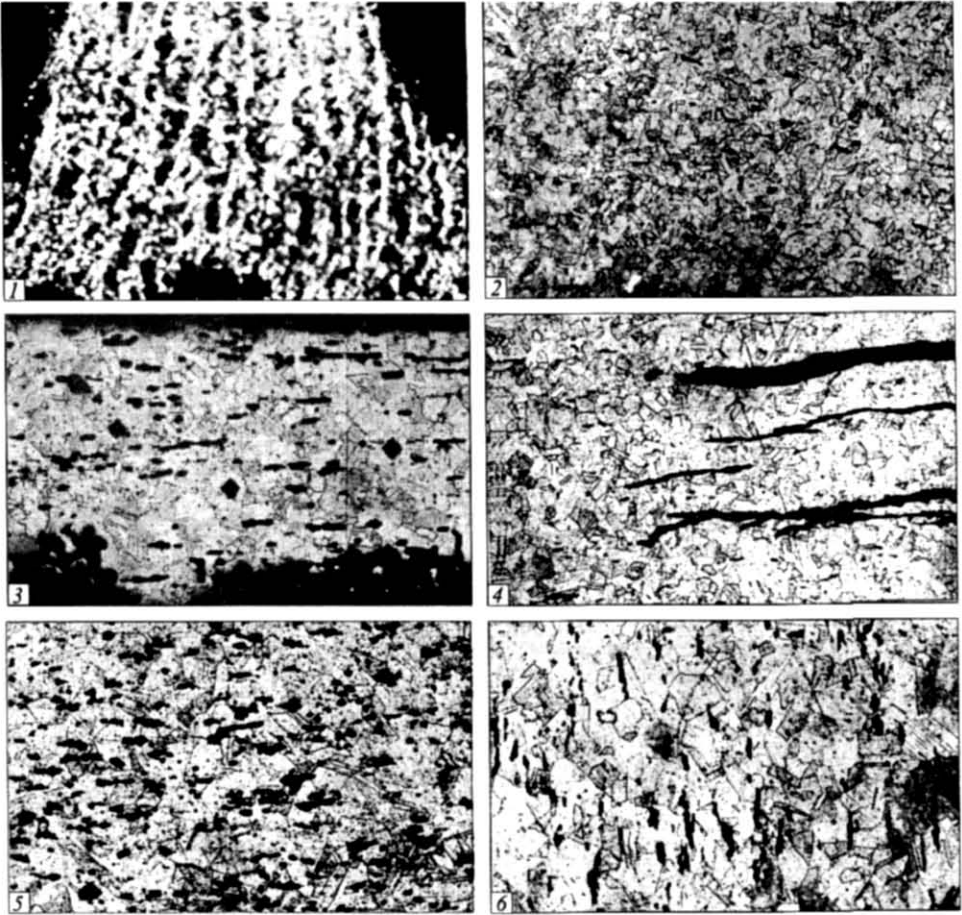


Рис. 4. Мікроструктури: 1 — Ан. 72, зб. 70; 2 — Ан. 72, зб. 120; 3 — Ан. 73, зб. 120; 4 — Ан. 100, зб. 200; 5 — Ан. 101, зб. 120; 6 — Ан. 99, зб. 120

штампування, причому заздалегідь не розмічався, адже спостерігається деяка асиметричність у розташуванні всіх його елементів. Ковальські роботи над стрижнем були спрямовані на перекручування його навколо власної осі та загострення.

Аналіз 102. Третя шпилька, від якої зберігся лише масивний стрижень, у середній частині чотиригранний, перекручений навколо власної осі, а нижче округлий, виготовлена з міді з помітними домішками Ca, Mg, Ti, Ni, Bi, As, Ag. Металографічне дослідження виявило рекристалізовану дрібнозернисту структуру зі значною кількістю двійників у зернах. На тлі поліедрів помітні численні лінії зсуву. Величина зерна — 0,045—0,065 мм. Мікротвердість металу — 162,4 кг/мм² (рис. 3, 8; 5, 3).

На жаль, неможливість дослідити структуру на вістрі та відсутність голівки шпильки дуже обмежують можливості реконструкції процесу її виготовлення. Найімовірніше, ковальські роботи були спрямовані на оформлення всього стрижня, а саме — витягування та надання йому квадратного перетину в центрі (двійники рекристалізації), перекручування без додаткового нагрівання (численні лінії зсуву в зернах) і загострення вістря.

Аналіз 81. Ніж. Шліф зроблено на поздовжньому розрізі лека. Евтектоїд витягнутий ледь помітними ланцюжками вздовж зразка. Все поле займає поліедрична структура з двійниками у зернах. Подекуди простежуються залишкові дендрити первинної вилитої структури. Мікротвердість металу — 110 кг/мм². Величина зерна — 0,025—0,035 мм (рис. 3, 9; 5, 4).

Попередньо вилиту заготовку ножа допрацьовано гарячим куванням зі ступенем обтиску до 40 %, яке було спрямоване на надання остаточної форми виробу та на загострення лека.

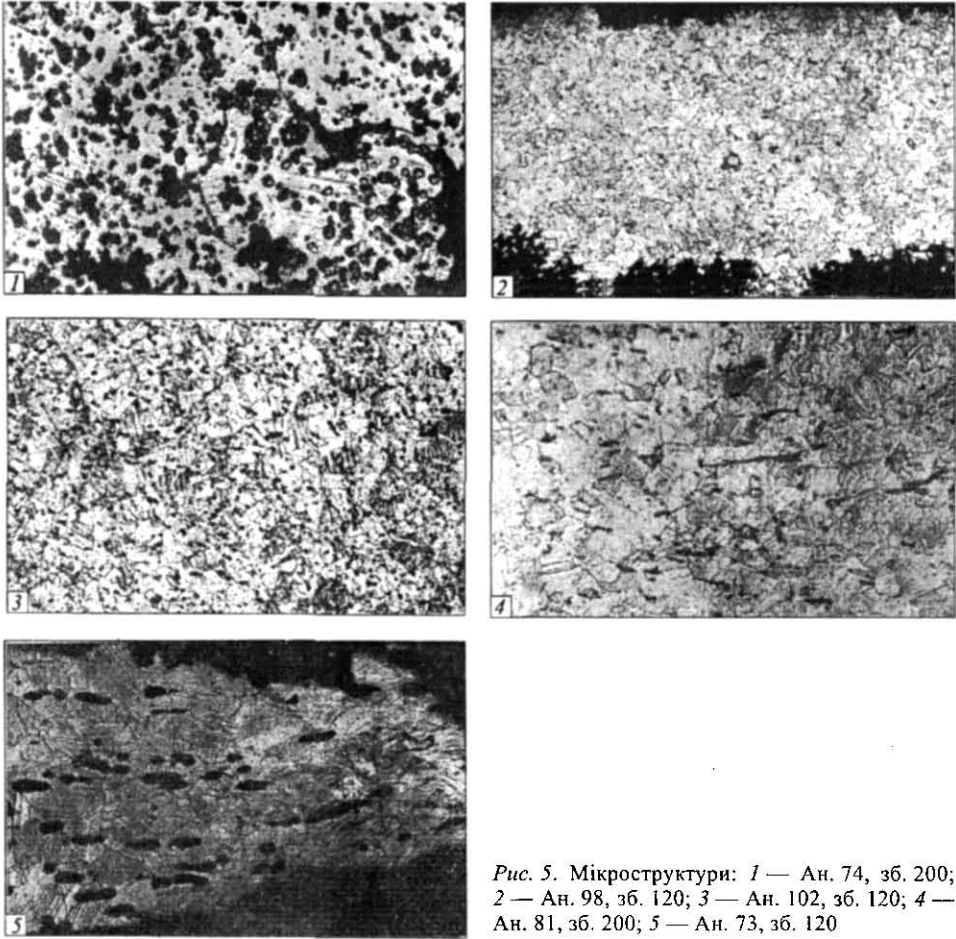


Рис. 5. Мікροструктури: 1 — Ан. 74, зб. 200; 2 — Ан. 98, зб. 120; 3 — Ан. 102, зб. 120; 4 — Ан. 81, зб. 200; 5 — Ан. 73, зб. 120

Підбиваючи підсумки металографічного дослідження бронзових виробів із Малополовецького могильника, слід зазначити, що всі без винятку вироби виготовлені з вилитих заготовок із наступним куванням з більшим або меншим ступенем деформації. Хімічний склад металу тут великої ролі не відігравав. Це призвело до появи механічних тріщин (ан. 99, 100) та тріщин «червоноламкості» (ан. 74).

Для кування дротяних прикрас використовувалися жолобчасті ковадла із сегментоподібним (ан. 72, 73, 101) та конусним (ан. 100) жолобами. В одному випадку було використано жолобчасте ковадло з обжимками (ан. 101). Ступінь деформації був високим — 60—80 % (ан. 72, 73), а у двох випадках сягав приблизно 90 %. Вільне кування було застосовано при виготовленні гривни (ан. 99).

Доробка кожної заготовки шпильок проводилася за власним алгоритмом. Так, цвяхоподібна (ан. 74) куванню майже не піддавалася. Тут основним завданням майстра було підправити шлямку, перекрутити навколо власної осі стрижень та прибрати грані на голці. Не врахувавши схильності металу до «червоноламкості», а може, і не знаючи цього, майстер отримав тріщину на голці, нагрівши метал перед перекручуванням стрижня. Тому, замість звичайної витяжки голки куванням, він надав їй потрібного вигляду чимось на кшталт напилка, можливо, абразивом.

Вилита заготовка другої шпильки (ан. 98) видозмінена повністю. Тут кування мало формувальний характер. Розплескана голівка зі штампованим орнаментом. Перекручений стрижень із відкованим вістряем. Слід відзначити, що в зазначеному випадку майстер зі знанням підійшов до хімічного складу металу та застосував холодне кування з відпалами.

Що стосується фрагмента третьої шпильки (ан. 99), то і він зазнавав формувального кування.

Для порівняння досліджуваного металу звернемося до вже відомих у літературі двох пам'яток, хронологічно близьких до малополовецьких, металеві вироби з яких досліджувалися методами металографічного та спектрального аналізу. Це перша група гордіївських курганів⁵ та скарби з Дратова і Рави Мазовецької в Польщі⁶. Лише спектральні аналізи маємо для шпильки та браслета з Войцехівки, двох шпильок з Гуляй-Города, уламка браслета з Дитиничів і браслета з Канівського району⁷.

На кореляційних діаграмах (рис. 1, 2) показано характер розсіювання концентрацій деяких елементів для 20 аналізів з Гордіївки та шести з інших указаних пам'яток. На діаграмах хрестиками позначено малополовецький метал. Можна бачити, як чітко лягають усі аналізи віділеної нами першої хімічної групи на поля розсіювання основних груп порівнюваного металу. На діаграмах відсутній метал з Дратова та Рави Мазовецької, тому що прикраси виготовлені з дуже чистої бронзи, до складу якої входять мідь та олово (від 4,20 до 11,74 %). У п'ятих випадках у сплаві присутні мікродомішки нікелю (від 0,13 до 0,26 %)⁸.

Для технологічного порівняння маємо два багатовиткові браслети з кургану 6 із Гордіївки⁹, два багатовиткові браслети з трикутним перетином дроту з Дратова та один із Рави Мазовецької¹⁰, вісім браслетів зі спіральними щитками з Дратова та два — з Рави Мазовецької¹¹.

Розглянемо малополовецькі та гордіївські спіральні браслети. Вони виконані з високооолов'янистої бронзи гарячим куванням на жолобчастих ковадлах за температури 600—700 °С. Це те, що є в них спільного. Відмінності полягають у тому, що малополовецькі браслети піддавалися великому ступеню обтиску — до 80 %. Кування заготовки гордіївських браслетів проводилося з обтискачем, від чого дріт має рівеньку поверхню, потім ще й підполіровану. Чеканий орнамент та щільне прилягання витків дроту на готових виробах — цього теж немає у малополовецьких браслетів.

Трикутні у перетині багатовиткові браслети з Малополовецького, Дратова та Рави Мазовецької за зовнішнім виглядом і технологічними схемами є дуже схожими. Вони кувалися в холодному стані з проміжковими нагріваннями металу до 600—700 °С. Ступінь обтиску досягав 60—80 % на подібних за формою ковадлах.

Щодо браслетів зі спіральними щитками, то і поверхневий огляд, і мікроскопічний аналіз свідчать про технологічні розбіжності. Не викликає сумніву різний кваліфікаційний рівень майстрів, які до того ж не пов'язані єдиними технічними традиціями у формуванні близьких за типом виробів.

На завершення нашого дослідження можемо зазначити, що відмінності у технологічних характеристиках порівнюваних виробів свідчать про відмінну культуру виробництва, що склалася на різних виробничих традиціях у різних груп населення. Адже, починаючи з різної вихідної сировини, і навіть тоді, коли простежується подібність її за хімічним складом, немає уніфікованих прийомів виготовлення групи подібних за формою виробів (це не стосується хіба що багатовиткових браслетів із трикутним перетином). Тобто можна говорити про зовнішню моду на прикраси, що існувала на великій території. І попит на них задовольнявся, найчастіше, місцевими майстрами.

¹ Кравченко Н.М., Шишкін Р.Г., Готун І.А., Максимов В.В., Лисенко С.Д. Розкопки біля села Малополовецьке // АДУ. — 1993; Лысенко С.Д. Результаты исследования могильника Малополовецкое-3 на Киевщине в 1993—1997 годах // «Trzciniec»-system kulturowy czy interkulturowy process. — Poznan, 1998.

² Гошко Т.Ю. Технологічне дослідження бронзових виробів із Малополовецького-3 // Сучасні проблеми археології. — К., 2002. — С. 64.

³ Литейные бронзы. — Л., 1973. — С. 15.

⁴ Равич И.Г. Эталоны микроструктур оловянной бронзы // Художественное наследие. — М., 1983. — Вып. 8 (38). — С. 139—140.

⁵ Гошко Т.Ю. Технология изготовления бронзовых изделий из Годиевки // Sofija S. Beresanskaja und Viktor I. Klotschko. Das Gräberfeld von Gordeevka. Archäologie in Eurasien. Rahden / Westf.: Leidorf. — 1998. — Band 5. — С. 65—67, ан. 12, 13; 16—18; 23, 24; 28, 29; 32; 45—48; 50; 58.

⁶ Gardawski A., Wesolowski K. Zagadnienia metalurgii kultury trzcinieckiej w swietle «skarbow» brązowych z Dratowa Pow. Puławy i Rawy Mazowieckiej // Materiały starożytnie. — Warszawa, 1956. — С. 59—103.

⁷ Березанская С.С. Средний период бронзового века в Северной Украине. — К., 1972. — С. 90, 91. — Табл. 1.

⁸ Gardawski A., Wesolowski K. Zagadnienia metalurgii... — С. 67.

⁹ Гошко Т.Ю. Технология изготовления бронзовых изделий... — С. 49, 50, ан. 12, 13; С. 70. — Рис. 3, 2, 3; 3, 3, 7.

¹⁰ Gardawski A., Wesoiowski K. Zagadnienia metalurgii... — Tabl. LII, 12, 13; Tabl. LII, 23.

¹¹ Gardawski A., Wesoiowski K. Zagadnienia metalurgii... — Tabl. XLII, 14, 15, 17, 18; Tabl. XLIII, 16, 19—21; Tabl. XLIV, 24.

Одержано 25.05.2003

Т.Ю. Гошко

МЕТАЛЛООБРАБОТКА НА КИЕВЩИНЕ В ПОЗДНЕБРОНЗОВОМ ВЕКЕ

В статье изложены результаты металлографического и спектрального анализов бронзовых изделий с поселения позднебронзового века Малополовецкое-3 Фастовского района Киевской области. Проведено сравнение химического состава и технологической характеристики металла из поселения Малополовецкое-3 с металлом из близких в хронологическом и культурном отношении памятников.

На основе проведенного исследования сделан вывод об отличиях в технологической характеристике изделий из разных памятников. Это обстоятельство может свидетельствовать о разнице в производственных традициях отдельных мастерских тшинецко-комаровского круга.

Т.Ю. Goshko

METAL-WORKING IN THE KYIV REGION IN THE LATE BRONZE AGE

The article presents the results of metallographic and spectral analyses of bronze items from the Late Bronze settlement of Malopolovetskoe-3 situated in the Phastiv Region of Kyiv Oblast. Chemical composition and manufacturing technology of metal from Malopolovets'ke-3 were compared with those of metal from the chronologically and culturally similar monuments.

On the basis of this research a conclusion was made regarding the technological differences among the finds from various monuments. This may serve as an evidence of different manufacturing traditions in the workshops of Tishnetsko-Komarovsky cultural community.

Д.П. Недопако, М.О. Горнікова

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧЕРНЯХІВСЬКИХ ЗАЛІЗНИХ ВИРОБІВ

У статті подано результати технологічних досліджень залізних виробів з черняхівських пам'яток біля м. Обухів Київської області, біля с. Велика Снітинка Фастівського району Київської області, біля с. Глеваха Київської області, а також з пам'яток у Вінницькій області. Описано методику реставрації і консервації археологічних знахідок із заліза.

На черняхівських поселеннях зазвичай знаходять велику кількість виробів із заліза, причому різноманітного призначення. Це сільськогосподарські знаряддя (коси, серпи, наральники, чересла), знаряддя господарського призначення (ножі, шила, ножиці, голки), інструменти (тесла, стамески, свердла, скобелі) та інші. Досить рідко знаходять зброю — мечі, наконечники списів та стріл, бойові сокири та ін. ¹

Найбільш широко в технологічному плані залізні вироби черняхівської культури дослідила Г.О. Вознесенська ². Вивчення технології виготовлення більш ніж 200 за-

© Д.П. НЕДОПАКО, М.О. ГОРНИКОВА, 2004