

Т. Ю. Гошко

ПРО ТЕХНОЛОГІЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ЯГОРЛИЦЬКОГО КАЗАНА

У статті детально описано технологічний процес виготовлення Ягорлицького казана. Аналіз складу металу вказав на походження його з родовищ Донбасу.

Ключові слова: технологія, металографічний та рентгенофлуоресцентний аналіз.

До теми клепанних казанів О.І. Тереножкін звертався неодноразово [Тереножкін, 1962; 1976]. Останньою стала робота, теж присвячена публікації казана, який ввійшов у науковий обіг під назвою Ягорлицький [Тереножкін, 1982, с. 218—223]. Казан знайдений випадково неподалік від с. Іванівка Голопристанського р-ну Херсонської обл. на східному березі Ягорлицької затоки Чорного моря. На сьогодні зберігається у Наукових фондах Інституту археології НАН України (кол. № 886). О.І. Тереножкін вважав, що Ягорлицький казан, на відміну від інших клепанних казанів, зібраний із трьох відлитих частин [Тереножкін, 1982, с. 219]. Проведене візуальне обстеження лише частково підтвердило це твердження і стало причиною більш детального вивчення технології його виготовлення.

Корпус казана зібраний із двох частин: верхнього кільця із ручками кільцеподібної форми з круглим отвором та придонної частини (рис. 1). Він має прямі потовщені вінця; невисоку пряму шийку, яка переходить у низькі слабо виражені плічки через уступ; округлий у верхній частині корпус, різко звужується до дна. Піддон казана усічено-конічної форми. Параметри такі, мм: загальна висота казана з деталями — 507; висота корпусу — 385; висота шийки — 30; висота першого кільця — 198;

висота придонної частини — 187; висота ручок — 62; отвори ручок — 42; діаметр вінців — 527; діаметр у місці найбільшого розширення корпусу — 530; висота піддона — 60; верхній діаметр піддона — 133; нижній діаметр піддона — 274; товщина металу на ручках — 12; товщина вінців — 13; товщина металу на шийці — 6; товщина стінки верхнього кільця — 2,5—3; товщина металу дна $\approx 1,5$, на стінках — 2,5; товщина металу на піддоні — 4; діаметр голівки заклепки на піддоні — 11. Загальна кількість заклепок — 41 шт.; кількість заклепок на піддоні — 5 шт. Заклепки зроблені з рубаного квадратного в розрізі прута — 5×5 мм; товщина стрижня заклепки на піддоні — 7 мм. Маса казана — 14 кг.

Проведене дослідження виявило, що казан виготовлений із використанням змішаної технології — литтям та куванням. До такого висновку привело докладне візуальне вивчення поверхонь усіх трьох частин посудини та їх металографічний аналіз.

Заготовка верхнього кільця разом із ручками відлита за моделлю, що втрачається. Сліди роботи з моделлю лишилися на двох масивних кільцеподібних ручках. Окремо вирізані з плитки воску ручки були припаяні до вінців моделі кільця. Хоча сліди пайки на моделі старанно прибрані, та незначні нерівності і вм'ятини з внутрішнього боку все ж лишилися (рис. 2, 1, 2). Діаметр вінців був заданий при створенні моделі й при подальшій ковальській обробці не змінювався. Поверхня вінців прокована. Свідченням тому є результати металографічного дослідження зразка, вирізаного з вінців (ан. 347). На тлі деформованої куванням вилитої дендритної мікроструктури були виявлені частково рекристалізовані поліедричні зерна зі



Рис. 1. Ягорлицький казан

значною кількістю двійників та незначна кількість евтектоїду, що в деяких місцях помітно витягнутий ланцюжками. Величина зерен — 0,035—0,045 мм. Мікротвердість — 108,76 кг/мм² (див. далі: рис. 9, 1, 2).

Основи технології лиття бронзового казана з Ягорлика подібні до технології відливання казанів скіфського часу, детально описаної С.В. Демиденком [Демиденко, 2008, с. 32—34].

Різниця полягає лише в меншій складності. Отже, верхнє кільце ягорлицького казана було відлите одночасно разом із ручками. Спочатку встановлювалася плоска підставка, яка була потрібною для формування вінця казана. По обидва протилежні боки підставки лишали отвори для зручного приєднання моделей ручок. Потім на неї поміщався ливарний стрижень у вигляді кільця положенням вінцями донизу.

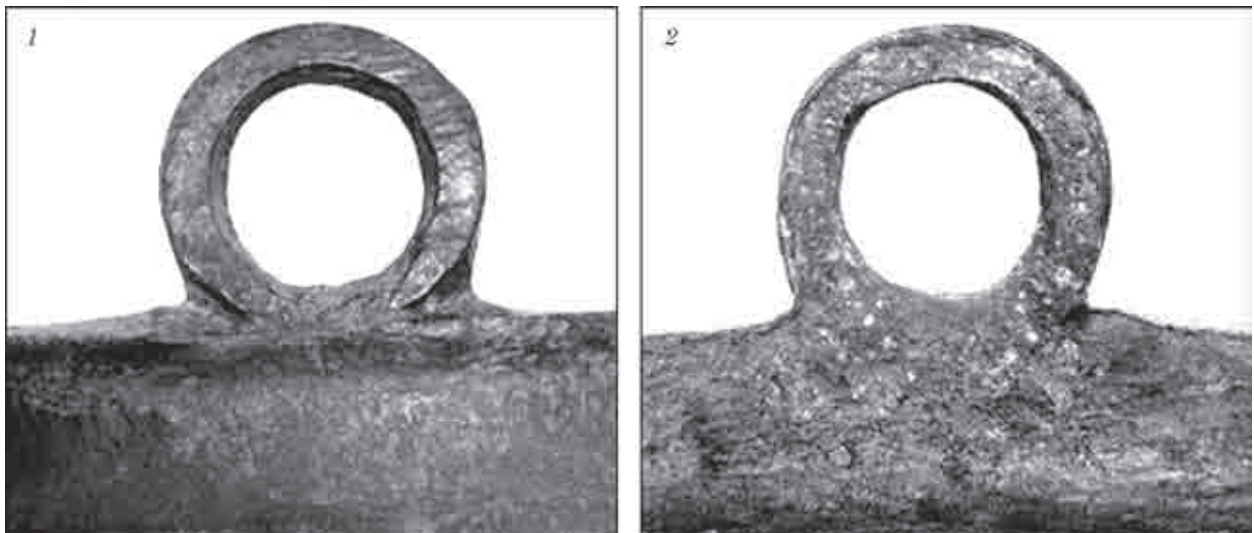


Рис. 2. Ручка Ягорлицького казана: 1 — вигляд ззовні; 2 — вигляд ізсередини

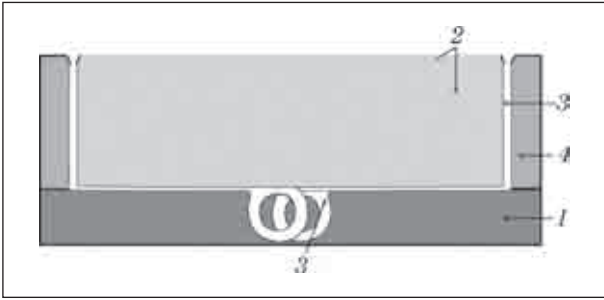


Рис. 3. Схема ливарної форми верхнього кільця із ручками: 1 — підставка; 2 — ливарний стрижень; 3 — воскова модель кільця; 4 — стінки форми



Рис. 4. Сліди кування на внутрішній поверхні

Про це свідчать горизонтальні вінця на литві. Далі на стрижень наносився потрібний шар модельної суміші, а знизу прикріплювалися моделі ручок. Насамкінець уся конструкція замазувалася глиною. Як і в якому місці розташовувалися ливникові канали сказати неможливо, бо відлите кільце було заготовкою для подальшого кування. Схема ливарної форми показана на рис. 3.

Шийка казана, що закінчується плавним уступом, формувалася куванням, яке провадилося ззовні. Техніка кування добре реконструюється за слідами, що лишилися на поверхні. На самому уступі помітні горизонтальні сліди від ковальського інструменту, що наче його підкреслюють. Ділянка нижче уступу піддана формувальній ковальській доробці зсередини. Вся внутрішня поверхня вкрита горизонтальними слідами від двох ковальських інструментів (рис. 4). На зовнішній поверхні результат кування простежується у вигляді горизонтальних опуклих смуг (рис. 5). Отже, кування було направлено на збільшення діаметру кільця.

Верхнє кільце вставлене в придонну частину, що виготовлена в інакший спосіб. Заготовкою



Рис. 5. Сліди кування на зовнішній поверхні

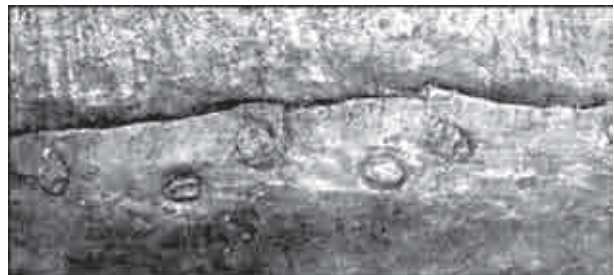


Рис. 6. Сліди вирізання шматочків металу в місцях утворення гофрів

для неї, ймовірно, була плаский зливоч, який потім кувався на ковадлі з виїмкою. За слідами, що залишилися на металі, можна реконструювати послідовність кування різними інструментами. Груба розгонка металу провадилася молотками з широким бійком на підкладному ковадлі з виїмкою. Такі пристосування й досі широко використовуються мідниками. З огляду на те, що внутрішня поверхня на деталі —

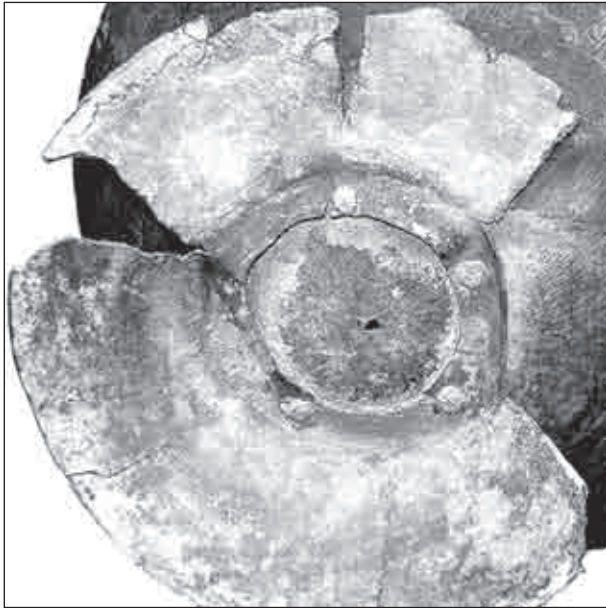


Рис. 7. Місце з'єднання піддону з дном казана

від дна до середини висоти — не має помітних слідів кування, можна припустити, що молоток був дерев'яний. Проведені експериментальні роботи показали, що дерев'яний інструмент не залишає чітких слідів на мідній блясі.

При дифовці в результаті ударів молотка відбувається місцеве сплюскування металу, тобто зменшується його товщина, але збільшується площа. Тому, якщо взяти пласку заготовку й на ковадлі обробляти її центральну частину, то заготовка почне вигинатися, набуваючи форму напівсфери. При глибокому витягуванні по краях заготовки утворюються складки (гофри), які необхідно розпрямити. На Ягорлицькому казані майстер, замість того, щоб їх розпрямляти, по краях придонної частини висік не-

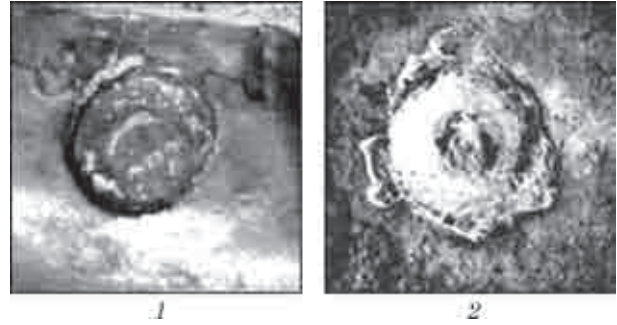


Рис. 8. Заклепка на піддоні: 1 — замикальна шайба; 2 — закладна голівка

величкі трикутні шматочки металу, які потім стягнув проковуванням (рис. 6).

Складові казана з'єднані в нероз'ємну конструкцію за допомогою заклепок. Ширина заклепувального шва на Ягорлицькому казані неоднакова й коливається від 21 до 33 мм.

Для металографічного дослідження вирізано зразок на верхньому зрізі придонної частини, що припадає на шов (ан. 346). Спостерігається плавно витягнутий ланцюжками евтектоїд. Мікроструктура — рекристалізовані поліедричні зерна зі значною кількістю двійників на тлі залишкової дендритної ліквіації. Величина зерен — 0,035—0,045 мм. Мікротвердість — 110,76 кг/мм² (див. далі: рис. 9, 3). Отже, придонна частина викувана з відливої заготовки зі ступенем обтискування близько 60 %. Без сумніву, кування провадилося із проміжними відпалюваннями при температурах до 600 °С.

Піддон цього казана відрізняється від усіх відомих на сьогодні. Він вилитий за восковою моделлю й має форму усіченого конуса з кутом нахилу стінок 45°. Сліди обробки моделі спостерігаються на поверхні піддона. У місці

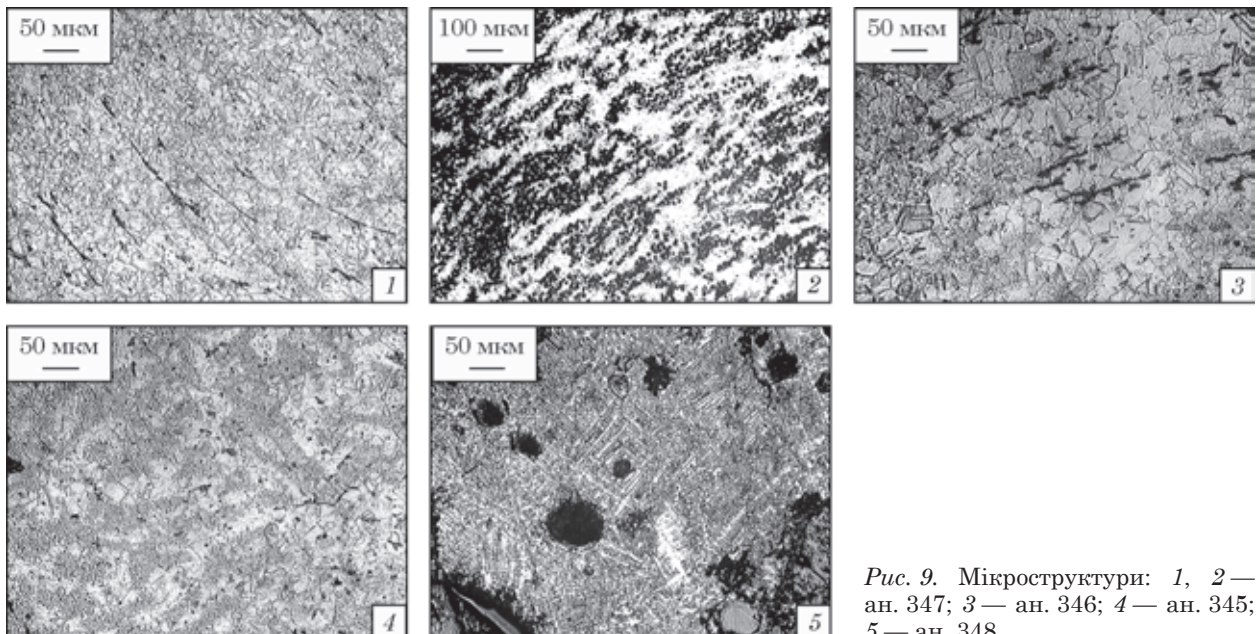


Рис. 9. Мікроструктури: 1, 2 — ан. 347; 3 — ан. 346; 4 — ан. 345; 5 — ан. 348

Таблиця 1. Таблиця спектральних аналізів металу казанів

Пам'ятка	№ ан.	Cu	Sn	Pb	Zn	Bi	Ag	Sb	As	Fe	Ni	Co
Дикий Сад	1201	осн.	0,511	0,226	0	0,012	0,138	0,181	1,457	0,14	0	0
Кам'янка	1204	»	7,922	0,133	0	0	0,032	0,339	0,132	0,007	0,452	0,046
Там само	1205	»	6,0	0,102	0	0	0	0,809	0,442	0,004	0	0
»	1206	»	7,059	0,196	0	0	0,034	0,257	0,226	0	0,725	0,039
»	1206a	»	7,054	0,187	0	0	0,032	0,246	0,189	0,004	0,801	0
»	1388	»	1,857	0,387	0	0,008	0,093	0,168	1,831	0,036	0,03	0
»	804	»	1,638	0,227	0	0	0,054	0,059	0,681	0	0,089	0,019
Лубни, скарб	1388	»	1,857	0,387	0	0,008	0,093	0,168	1,831	0,036	0,03	0
Приватна колекція	804a	»	10,49	0,415	0	0	0,103	0,064	0,681	0,014	0,071	0,007
Те саме	805	»	0,035	0,023	0	0,003	0,069	0,028	1,5	0	0,09	0,016
»	806	»	2,075	0,219	0	0	0,069	0,088	0,729	0,009	0,083	0,008
»	807	»	0,085	0,473	0	0	0,047	0,039	0,906	0,022	0,084	0,013
»	808	»	0,99	0,14	0,086	0	0,036	0,079	0,343	0,225	0,075	0,011
МОКМ	1202	»	2,423	0,226	0	0	0,054	0,071	0,836	0,03	0,09	0
Там само	1203	»	0,43	0,101	0	0	0,071	0,048	1,269	0,018	0,412	0
Новопавлівка	256	»	6,775	0,088	0,228	0	0,026	0,093	0,397	0	0,085	0
Покровка	255	»	7,328	0,237	0	0	0,015	0,129	0,424	0,073	0,073	0
Ягорлик	666	»	3,97	0,137	0	0	0,045	0,117	0,347	0,11	0,111	0
Там само	667	»	4,851	0,172	0	0	0,053	0,183	0,594	0,073	0,128	0
»	668	»	3,384	0,108	1,148	0	0,072	0,081	0,322	0,081	0,156	0
»	668a	»	6,517	0,111	0	0	0,044	0,214	0,451	0,02	0,089	0,01

Скорочення: Осн. — основа. Приватна кол. — приватна колекція А.В. Козименка; МОКМ — Миколаївський обласний краєзнавчий музей.

Таблиця 2. Результати ізотопного аналізу Ягорлицького казана, заклепка

Pb^{206}/Pb^{204}	Pb^{207}/Pb^{204}	Pb^{208}/Pb^{204}	Pb^{207}/Pb^{206}	Pb^{208}/Pb^{206}
18,388	15,666	38,528	0,85188	2,09520

з'єднання з дном казана піддон по периметру загнутий усередину й розклепаний (рис. 7).

Зразок для металографічного аналізу вирізаний у центрі піддона (ан. 345). На шліфі спостерігається невелика кількість евтектоїду та частково рекристалізовані поліедричні зерна на тлі залишкової дендритної структури. Величина зерен — 0,035—0,045 мм. Мікротвердість — 100,5 кг/мм² (див. далі: рис. 9, 4). Форма евтектоїда в поєднанні з мікроструктурою вказує на те, що заміна вилитої структури відбувалася внаслідок нагрівання піддона для розклепування в місці приєднання його до придонної частини. До дна казана піддон прикріплений п'ятьма заклепками, що зсередини казана мають напівкруглі й трохи сплячені по центру голівки. Навколо заклепок є ривчак, що утворився від підкладного інструменту (рис. 8, 1). Цікаво, що вибір форми заклепки залежить від призначення заклепкового шва. На швах, що потребують великої міцності й щільності, застосовують заклепки з напівкруглою голівкою. Якраз такі й застосовані при

з'єднанні корпусу з піддоном. На додаток заклепкове з'єднання зміцнене ще й замикаючими шайбами, які особливо важливі тоді, коли є загроза для заклепок бути вирваними (рис. 8, 2), а цей казан великого об'єму та має відлитий важкий піддон.

Клепання провадилося без нагрівання заклепок. На такий висновок наптовхнуло дослідження мікроструктури на голівці заклепки (ан. 348). По всій поверхні шліфа спостерігаються великі пори та глобули окису міді. Мікроструктура вилита. Дендрити мають довгі осі з короткими гілками (рис. 9, 5).

Проведений спектральний аналіз в лабораторії ІА НАН України показав, що складові казана викувані із олов'янистої бронзи (табл. 1). Результати ізотопного (Pb-isotope) аналізу заклепки з піддону (табл. 2), проведеного в Стокгольмі (Swedish Museum of Natural History, Stockholm), вказують на ймовірне походження металу з міднорудної провінції Донбасу (детальніше неможливо через малий порівняльний матеріал).

Завжди хочеться отримати якнайбільше інформації від аналітичних даних: з'ясувати звідки походить метал та кому належить авторство у виробництві клепанних казанів. У лабораторії Інституту археології НАН України були проаналізовані ще декілька казанів, що походять із Дикого Саду, Кам'янки та казана невідомого походження (Миколаївський обласний

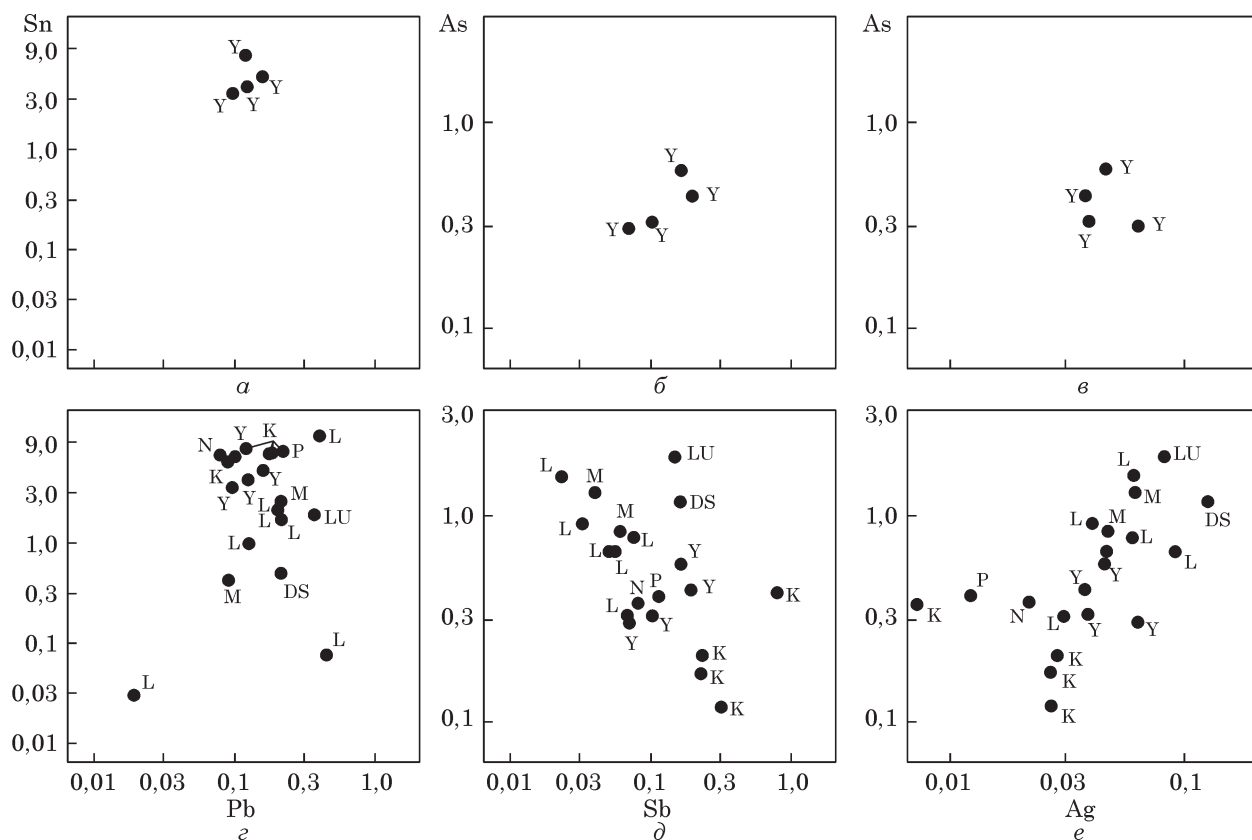


Рис. 10. Кореляційні графіки домішок до міді: а-в — Ягорлицький казан; г-е — Ягорлицький казан та інші казани. Умовні позначення: DS — Дикий Сад; К — Кам'янка; Lu — Лубенський; L — приватна колекція А.В. Козименка; М — Миколаївський обласний краєзнавчий музей; N — Новопавлівка; P — Покровка; Y — Ягорлицький

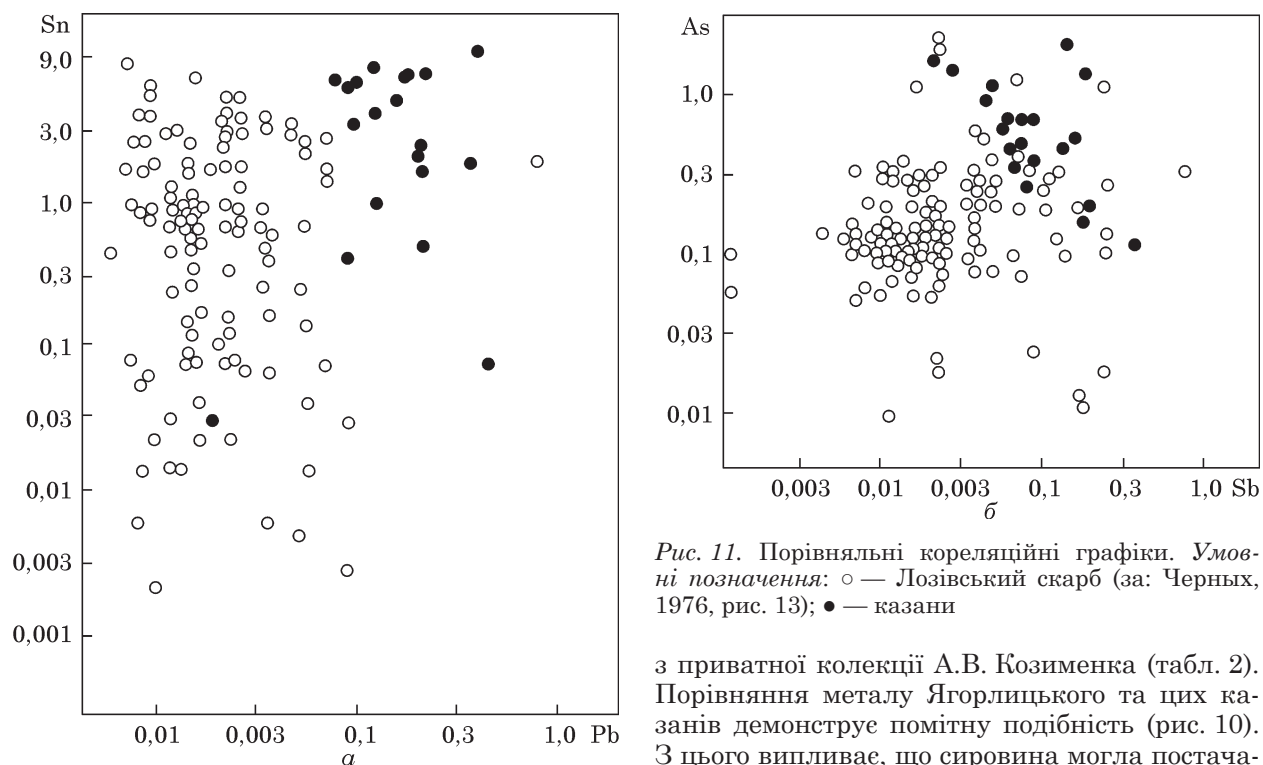


Рис. 11. Порівняльні кореляційні графіки. Умовні позначення: ○ — Лозівський скарб (за: Черных, 1976, рис. 13); ● — казани

краєзнавчий музей), Лубенського скарбу (колекція ПЛАТАР), Новопавлівки та Покровки (Кропивницький краєзнавчий музей) і казана

з приватної колекції А.В. Козименка (табл. 2). Порівняння металу Ягорлицького та цих казанів демонструє помітну подібність (рис. 10). З цього випливає, що сировина могла постачатися у майстерні якщо не одного родовища, то з декількох близьких літологічно подібних.

При геохімічному дослідженні залишків бронзолivarного виробництва та металевих

виробів із міді й бронзи з Суботівського городища XII—IX вв. до н. е., В.Й. Манічев довів, що рудною сировиною для виробництва слугувала самородна мідь і мідисті піщаники, які належать до одного генетичного типу родовища міді з міднорудної провінції Донбасу. Для формації мідистих піщаників Донбасу є типовими свинець, цинк, арсен, залізо, які в залежності від рудної спеціалізації мають відмінний вміст цих елементів [Демченко, Клочко, Манічев, 2000]. В цьому дослідженні була проаналізована геологічна література та проведено порівняння суботівського металу з виділеною Є.М. Черних групою Лб [Черних, 1976, с. 40—43].

Пряме порівняння металу наших казанів із аналізами Є.М. Черних методично неправильне через ряд причин. Московська лабораторія проводила кількісні емісійні спектральні аналізи. Аналізи Київської лабораторії виконані за допомогою рентгенофлуоресцентного метода спектроскопії на спектрометрі СЕР-01 (модифікація ElvaX Light). А, отже, це означає, що існує відмінність у методиці, чутливості апаратури, способах обробки отриманих результатів, внутрішньо-лабораторній відтворюваності окремих хімічних елементів та ін. Та, якщо все ж взяти на себе сміливість і порівняти за декотрими елементами казани з Лобойківським скарбом, за яким і виділена група Лб, то побачимо помітну близькість між ними (рис. 11).

Таким чином, припускаємо, що метал для ягорлицького та інших названих казанів міг походити з родовищ Донбасу.

Демченко Л.В., Клочко В.И., Манічев В.И. Геохимические исследования остатков бронзолитейного производства с Суботовского городища XII—IX вв. до н. э. // Археометрия та охорона історико-культурної спадщини. — 2000. — Вип. 4. — С. 29—47.

Тереножкін А.И. Киммерийцы. — К., 1976. — 223 с.

Тереножкін А.И. Ягорлицький котел // СА — 1982. — № 2. — С. 218—223.

Черних Е.Н. Древняя металлообработка на Юго-Западе СССР. — М., 1976. — 302 с.

Тереножкін А.И. Der Bronzekessel der Odessar Museum // Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien. — 1962. — XCII. — S. 272—277.

Т.Ю. Гошко

О ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯГОРЛИЦЬКОГО КОТЛА

Ягорлицький котел известен как единственный составленный из трех литых деталей: верхнего кольца с ручками, придонной части и поддона. Проведенное детальное исследование его поверхности, ручек и поддона, а также металлографический анализ, привели к заключению, что котел изготовлен с использованием смешанной технологии — литьем с формирующей кузнечной доработкой деталей корпуса. Поддон расклепан только в верхней части для удобства присоединения к корпусу. Рентгенофлуоресцентный и изотопный анализы дали возможность предположить связь металла котла с міднорудными месторождениями Донбасса.

Ключевые слова: технология, металлографический и рентгенофлуоресцентный анализ.

Т.Ю. Гошко

TECHNOLOGY MANUFACTURING YAGORLITSKI CAULDRON

Yagorlytski cauldron known as the only one composed of three molded parts: the upper part with handles, and the bottom part with the hollow pallet. The study of the cauldron surface, its handles and pallet, metallographic analysis of its parts, led to the conclusion that it is made by casting and forging. Molded parts are further forged. Riveted pallet is only in at the top for ease of attachment to the body. Conducted X-ray fluorescence and isotopic analyzes of Yagorlytski metal. We have the ability to assume the connection of the cauldron metal with the copper ore deposits of Donbas.

Keywords: technology, metallographic and X-ray fluorescence analysis.

Одержано 17.01.2017