

УДК 902.2:739

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЮВЕЛИРНОГО ПРОИЗВОДСТВА X – XVIII ВВ. (ПО МАТЕРИАЛАМ ОТДЕЛЬНЫХ НАХОДОК ИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ)

*канд. ист. наук, доц. И.В. МАГАЛИНСКИЙ; канд. техн. наук, доц. О.П. ШТЕМПЕЛЬ
(Полоцкий государственный университет)*

Представлены результаты изучения структуры металла и внешних технологических признаков изделий из цветных металлов X – XVIII вв., происходящих из отдельных археологических памятников на территории Северной и Центральной Беларуси. Установлено, что первоначальные заготовки всех изученных образцов были получены с помощью литья, а их последующая финальная доводка была связана с деформирующими приемами обработки давлением и отжигом. В ходе исследования выявлено, что изученные образцы возможно соотнести с тремя технологическими схемами: 1) литьё (2 образца); 2) литьё и косметическая холодная ковка (6 образцов); 3) литьё и формирующая горячая ковка (1 образец).

Ключевые слова: археометаллургия, металлография, археология Беларуси, ювелирное производство, материальная культура.

Введение. В настоящее время одной из важнейших задач, стоящих сегодня перед белорусской археологической наукой, является всестороннее изучение археологических артефактов, полученных в ходе многолетних исследований на разных категориях памятников. Не отрицая значения традиционных подходов к изучению археологических находок (планиграфический, типологический, стратиграфический и др.), важно отметить, что на современном этапе развития науки большое значение имеет комплексное изучение материалов с использованием методов естественных наук, что позволит уточнить датировки, охарактеризовать распределение различных типов артефактов, выявить экономические и культурные связи разных регионов в древности, проследить эволюцию техники и др. [1, с. 119].

Особенное значение для анализа уровня развития древнего ремесла и материальной культуры имеют изделия из цветных металлов, изготовление которых требовало от ремесленника знания наиболее передовых технологических приемов, свойств металлических сплавов, особенностей поведения металлов под воздействием высоких температур, наличия художественного вкуса и многого другого.

В современной археологической науке для изучения специфики производственной деятельности по обработке цветных металлов принято использовать комплексный подход, который включает изучение микроструктуры металла (металлография), химического состава изделий, а также внешних следов производственных операций (трассология) [1–4]. Подобный подход позволяет не только реконструировать технологию изготовления определенных артефактов, но также проследить взаимозависимость между химическими свойствами сплавов и их внутренним строением, выявить типичные технологические схемы, характерные для изготовления различных категорий изделий, что позволит создать целостную картину развития ювелирного производства в древности.

В белорусской историографии вопроса применения естественнонаучной методологии для изучения древних ремесел выделяется несколько этапов:

1) 60-е – первая половина 70-х гг. XX в. – период нарастающего интереса к методологии естествознания, появление первых работ, в которых представлены результаты анализа химического состава и структурных исследований отдельных находок;

2) конец 70-х – 80-х гг. XX в. – характеризуется появлением обобщающих работ по структурному изучению изделий из черных металлов;

3) 2000-е – 10-е гг. – возвращение исследователей к изучению химического состава изделий из цветных металлов, появление публикаций по результатам анализов большой серии артефактов из отдельных памятников [5, с. 102].

Таким образом, изучение структуры изделий из цветных металлов, а также внешних следов производственных операций в отечественной археологической науке не выступало объектом специальных исследований.

Целью настоящей статьи является рассмотрение возможностей применения металлографического метода для анализа изделий из цветных металлов в контексте изучения эволюции технологии древнего ювелирного ремесла.

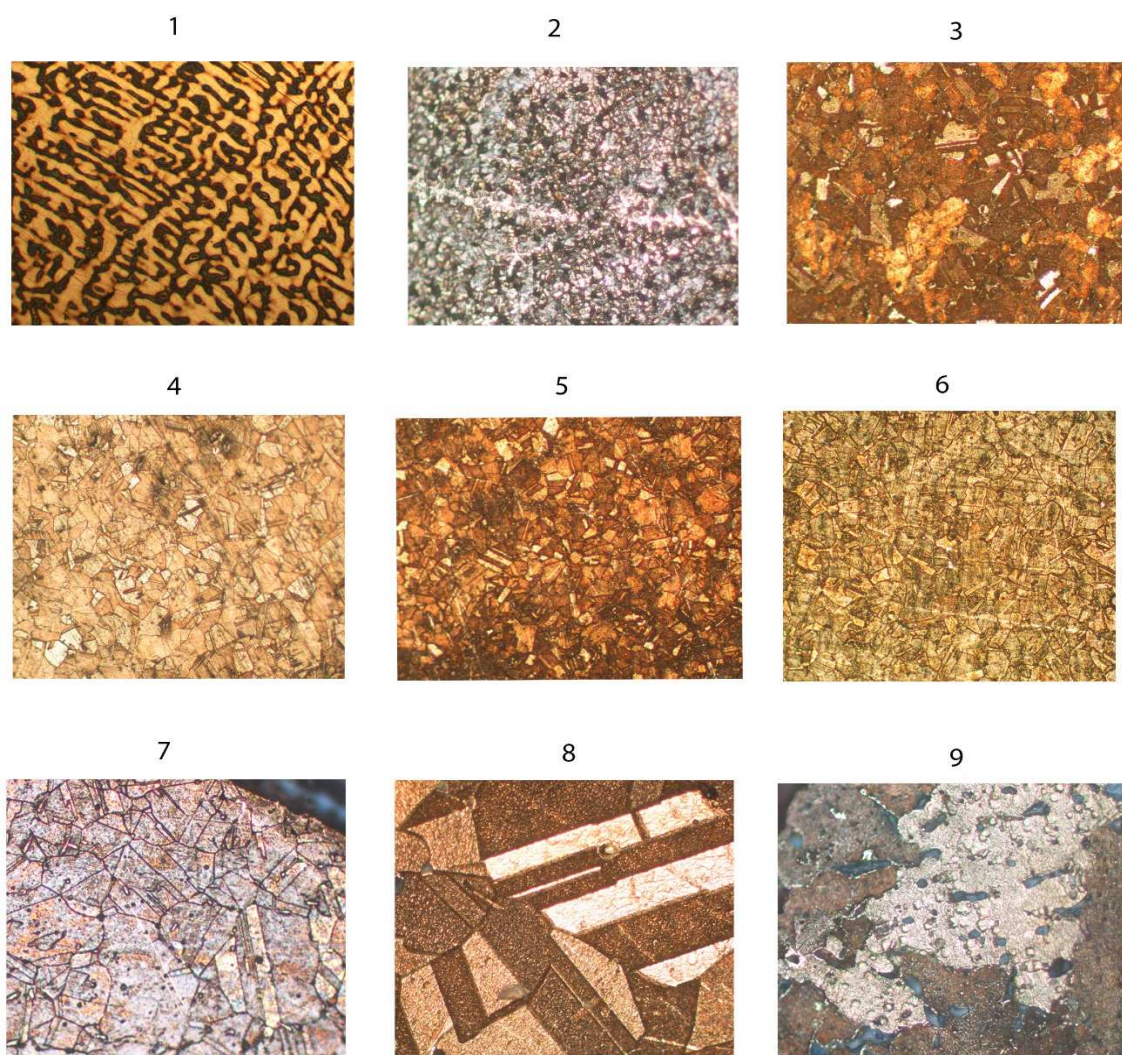
Основная часть. Для комплексного изучения образцов в представленной работе приводятся результаты не только исследования структуры металла, но также его химического состава и данных, полученных в результате поверхностного изучения.

Исследование химического состава изделий проводилось по методу оптико-эмиссионного спектрального анализа в контрольно-испытательной лаборатории Полоцкого государственного университета под руководством заведующего лабораторией С.Ф. Денисенка на портативном искровом оптическом эмиссионном спектрометре SPECTROPORT производства компании «Spectro Analytical Instruments GmbH» (Германия).

Изготовление шлифов осуществлялось авторами статьи на металлографическом комплексе французской компании PRESI, который включает отрезной станок MECATOME T201A и шлифовально-полировальную машину MECAPOL P262. Шлифы заливались в полимерную смолу, которая быстро засыхает и не воздействует на структуру металла. В качестве травителей использованы раствор хромпика в серной кислоте ($\text{Ca}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$), аммиачный раствор хлорной меди ($\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$), а также солянокислый раствор хлорного железа ($\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$). Для изучения структуры образцов делались поперечные спилы концов изделий. Наблюдение проводилось при помощи металлографического микроскопа NICON MODEL EPIPHOT 200 при увеличении $\times 100$ и $\times 200$. Измерение микротвёрдости по Викерсу осуществлялось на микротвёрдомере американской компании BUEHLER MODEL No 1105D с нагрузкой в 100 г при давлении в 15 с.

Исследование внешних признаков технологических операций, использовавшихся при изготовлении отдельных изделий, проводилось с использованием цифрового микроскопа LIVENHUK DTX 500 LCD 500x, а также лупы со сменными линзами с увеличением $\times 2,5$, $\times 6$ и $\times 16$ LIVENHUK ML11.

Для проведения исследований было отобрано 9 образцов (Рисунок), происходящих из материалов археологических раскопок на территории отдельных памятников Северной и Центральной Беларуси: Лучно – 1 (XII – XIII вв., исследования М.В. Климова); Полоцк – 2 (XI – XII вв., исследования А.Л. Коца); Бирули – 5 (X в., исследования А.В. Войтеховича); Ивесь – 1 (XVI – XVIII вв., исследования В.В. Черевко)¹.



1 – язычок фибулы (увеличение $\times 100$); 2 – проволочный браслет (увеличение $\times 200$); 3 – фибула (увеличение $\times 100$); 4 – перстень (увеличение $\times 100$); 5 – проволока (увеличение $\times 100$); 6 – браслет пластинчатый (увеличение $\times 100$); 7 – спираль венчика (увеличение $\times 100$); 8 – шейная гривна (увеличение $\times 100$); 9 – браслет (увеличение $\times 200$).

Рисунок. – Структура металла исследованных образцов

¹ Авторы выражают признательность указанным исследователям за предоставленные для изучения предметы.

Первый образец представлен фрагментом пластинчатого браслета, происходящего из материалов исследований на археологическом комплексе Лучно-1. Изделие фрагментированное, пластинчатое, скрученное в несколько раз, с чеканным рельефным геометрическим орнаментом. На поверхности отсутствуют выразительные следы технологических операций, использованных для изготовления предмета, что связано с сильной коррозией. Предмет изготовлен из многокомпонентной латуни с достаточно высоким содержанием цинка (9,6%) в сплаве. В металле браслета обнаружены также примеси олова и свинца (Sn – 1,93%, Pb – 14,3%). До травления на поверхности микрошлифа зафиксированы мелкие неметаллические включения. После травления солянокислым раствором хлорного железа ($\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$) обнаружена мелкозернистая структура (среднее значение размера зерна – 0,067 мкм). Наблюдаются также следы двойников, возникших вследствие деформирования зерен (см. Рисунок, 6). Среднее значение микротвёрдости – 85,9 HV. Можно сделать вывод, что образец был обработан давлением с последующим отжигом.

Фрагмент подковообразной спиралеконечной фибулы происходит из материалов археологических исследований на территории Заполотского посада Полоцка. Изделие имеет вид выгнутого прутка треугольного сечения с одним закрученным в спираль концом. Предмет сильно корродирован, что не позволяет определить технологию его изготовления по внешним признакам. Фибула изготовлена из свинцовой латуни с содержанием цинка (8,83%) и свинца (5,4%). До травления на микрошлифе фиксировалось большое количество мелких разносторонне ориентированных равномерно распределенных включений вытянутой формы. В результате травления шлифа $\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$ были обнаружены полиэдрические со скругленными краями зерна (средние размеры – 0,055 мкм) с малым количеством двойников (см. Рисунок, 3). Среднее значение микротвёрдости 89,6 HV. Таким образом, фиксируются следы обработки давлением с последующим отжигом. Возможно, что эта процедура повторялась несколько раз, на что указывает равномерное распределение дефектов на нетравленном шлифе.

Из раскопок Заполотского посада Полоцка исследовался также язычок фибулы, который представляет собой фрагментированное изделие в виде выгнутого заостренного с одного конца стержня округлого сечения. Предмет сильно корродирован, отсутствуют следы технологических операций. Язычок изготовлен из свинцовой латуни с низким содержанием цинка и свинца (Zn – 3,28%; Pb – 1,57%). При изучении нетравленного микрошлифа обнаружено небольшое количество дефектов, присутствуют также растрескивания на существенную глубину у поверхности. В середине шлифа наблюдались остатки усадочных раковин. После травления образца аммиачным раствором хлорной меди ($\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$) проявилась явно выраженная дендритная структура, характерная для литых изделий из сплавов на основе меди (см. Рисунок, 1). Дендриты характеризуются разнонаправленностью пространственного расположения, отсутствуют явно выраженные следы пластической деформации. В тоже время, микротвёрдость (89,2 HV) указывает на незначительную степень деформирования после отливки.

Следующая группа изделий происходит из материалов археологических исследований на селищах Бирули I, II. Целый проволочный браслет имеет вид выгнутого по форме руки круглого в сечении металлического стержня с чеканным геометрическим орнаментом. Предмет изготовлен из многокомпонентного латунного сплава с высоким содержанием свинца (27,26%), включающим также цинк (8,27%) и олово (3,47%). На нетравленном шлифе фиксируется незначительное количество мелких, равномерно распределенных неметаллических включений, в приповерхностном слое наблюдается повышенное количество оксидов. В результате травления $\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$ обнаружена очень мелкая дендритная структура, характерная для быстро остывающего из жидкого состояния металла (см. Рисунок, 2). При этом не фиксируются следы пластической деформации. Среднее значение микротвёрдости – 84,2 HV.

В качестве образца был отобран также дротовый перстень. Изделие имеет вид округлого в сечении стержня с заходящими, сужающимися концами. Предмет сильно корродирован, нет выразительных следов технологических операций. Перстень изготовлен из оловянной латуни с достаточно высоким содержанием цинка (16,16%) и олова (7,61%). При изучении нетравленного микрошлифа обнаружено незначительное количество мелких дефектов, в центре шлифа выявлена большая усадочная раковина, а также оксидный слой на поверхности. После травления солянокислым раствором хлорного железа обнаружена полиэдрическая структура с незначительным количеством зерен со сглаженными границами (см. Рисунок, 4). Фиксируются также следы двойникования. Размер зерен – 0,05 мкм. Среднее значение микротвёрдости – 100,6 HV. Наличие усадочной раковины свидетельствует о том, что исходная заготовка получена литьём. Отсутствие выраженных следов дендритной структуры, а также мелкий размер зерен свидетельствуют о пластическом деформировании с небольшой степенью обжатия и последующем отжиге.

Еще один образец из Бирулей представлен фрагментом браслета. Предмет имеет вид сужающейся выгнутой пластины с рельефным окончанием. Явных дефектов и следов технологических операций при поверхностном осмотре не обнаружено. Браслет изготовлен из свинцовой латуни со значительным содержанием цинка (9,19%) и свинца (24,0%). На нетравленном микрошлифе фиксируются усадочные раковины, много разноразмерных, но равномерно распределенных дефектов (предположительно, литья). Обнаружен дефект – глубоко проникающая по трещине эвтектическая смесь Cu-CuO характерного красноватого

цвета. После травления $\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$ обнаружилась крупнозернистая структура (см. Рисунок, 9). Среднее значение микротвёрдости 88,7 HV. Вероятно, изделие было получено литьем, затем подвергалось отжигу.

Интерес представляет фрагмент спирали головного венчика, изделия в виде закрученного, треугольного в сечении, стержня. При визуальном осмотре явных технологических дефектов не обнаружено. Предмет изготовлен из многокомпонентной латуни с высоким содержанием цинка (12,97%), а также включением свинца (4,34%) и олова (1,50%). На нетравленном микрошлифе выявлены мелкие неметаллические включения, по поверхности наблюдаются толстые слои окислов и коррозионное растрескивание на небольшой глубине. После травления $\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$ обнаружилась полиэдрическая структура, при этом зерна имеют характер разнотерности, в некоторых зернах присутствуют двойники (см. Рисунок, 7). Среднее значение микротвёрдости 51,3 HV. Таким образом, характер микроструктуры образца свидетельствует о том, что он подвергался воздействию высоких температур длительное время (отжиг), в результате чего произошла перекристаллизация и начался рост отдельных зерен за счет других.

Фрагмент шейной гривны из Бирулей происходит из кургана с трупосожжением. Изделие представляет собой два перевитых между собой стержня, изготовлено из многокомпонентной латуни с содержанием свинца (24,5%), цинка (9,16%), а также низкой концентрацией олова (1,64%). На нетравленном микрошлифе обнаружены крупные и многочисленные неметаллические включения, по поверхности располагались значительные слои эвтектики Cu-CuO . После травления раствором хромпика в серной кислоте ($\text{Ca}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$) обнаружилась крупнозернистая структура (средний размер зерна – около 0,34 мм) (см. Рисунок, 8). Среднее значение микротвёрдости 82,6 HV. Подобная структура характерна для отожженного, а потом слегка деформированного металла.

Еще один образец происходит из материалов археологических исследований могильника Ивесь. Предмет представляет собой фрагмент проволоки круглого сечения, на которой во время визуального наблюдения зафиксированы продольные желобки. Химический состав металла проволоки не изучался. До травления на микрошлифе обнаружено много мелких, почти равномерно распределенных неметаллических включений (дефектов). После травления $\text{FeCl}_3 + \text{NH}_3$ выявлена мелкозернистая структура (размер зерен 0,06 мм) (см. Рисунок, 5). Зерна имеют полиэдрическую форму с существенным количеством двойников. Наблюдается также большое количество голубоватых включений, равномерно распределённых между зёрнами (0,013 мм). Среднее значение микротвёрдости – 106,3 HV. Структура металла указывает, что предмет несколько раз подвергался пластическому деформированию и отжигу, при этом в последний раз он был слегка наклепан.

Заключение. В ходе исследования структуры металла образцов, происходящих из отдельных археологических памятников на территории Северной и Центральной Беларуси, стало возможным выявить наиболее распространённые технологические приёмы, использовавшиеся для их производства. Было установлено, что изученные предметы возможно соотнести с тремя технологическими схемами: 1) литьё (2 образца); 2) литьё и косметическая холодная ковка (6 образцов); 3) литьё и формирующая горячая ковка (1 образец).

Первоначальные заготовки всех образцов были получены с помощью литья, а последующая доводка была связана с деформирующими приемами обработки давлением и отжигом. Изделия, полученные по первой технологической схеме, представлены образцами с читаемой дендритной структурой (см. Рисунок, 1–2). В этом контексте выделяется дровотый орнаментированный браслет с мелкодендритной структурой, указывающей на очень быстрое остывание заготовки в форме (см. Рисунок, 2). Наибольшее количество исследованных образцов возможно соотнести со второй технологической схемой, которая указывает на косметическую доработку в холодном состоянии исходной литой заготовки с неоднократными отжигами, на отдельных предметах фиксируются также следы наклёпа (см. Рисунок, 3–8). Следует отметить, что побывавшие в огне образцы (часть предметов происходит из погребений по обряду трупосожжения) отличаются существенно более крупным размером зёрен (см. Рисунок, 8). К третьей технологической схеме, вероятно, следует отнести один образец, представленный фрагментом браслета. В данном случае исходная литая заготовка была существенно деформирована в горячем состоянии, на что указывают вытянутые в продольном направлении включения свинца (см. Рисунок, 9).

Таким образом, дальнейшая работа по исследованию структуры металла изделий ювелирного ремесла с территории Северной и Центральной Беларуси даст возможность проследить эволюцию древней технологии, выявить отличительные признаки местной цветной металлообработки, а также проследить возможные культурные контакты с другими регионами в древности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магалинский, И.В. Применение данных лазерного спектрального анализа химического состава цветных металлов при изучении ювелирного ремесла Полоцка X–XVII вв. / И.В. Магалинский, С.Н. Райков // Доклады НАН Беларуси. – Т. 58. – № 2. – Минск : Беларуская навука, 2014. – С. 119–122.
2. Ениосова, Н.В. Технология производства ювелиров Гнёздова в X – начале XI вв. по данным трасологии и металлографии / Н.В. Ениосова // Stratum plus: Archaeology and Cultural Anthropology. – 2017. – № 5. – С. 205 – 237.

3. Зайцева, И.Е. Ювелирное дело «Земли вятичей» во второй половине XI – XIII в. / И.Е. Зайцева, Т.Г. Сарачева. – М.: Индрик, 2011. – 404 с.
4. Асташова, Н.И. Химико-технологическое изучение древнерусских рельефных энколпионов из археологического собрания Государственного Исторического музея / Н.И. Асташова, Т.Г. Сарачева // Славяно-русское ювелирное дело и его истоки : Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Г.Ф. Корзухиной Санкт-Петербург, 10–16 апр. 2006 г. – СПб., 2010. – С. 317–329.
5. Магалінскі, І.У. Выкарыстанне метадаў прыродазнаўчых навук для вывучэння прадукцыі сярэднявечных метала-апрацоўчых рамёстваў на тэрыторыі Беларусі (гістарыяграфічны нарыс) / І.У. Магалінскі // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. А, Гуманитарные науки. – 2018. – № 9 – С. 98-103.

Поступила 12.05.2020

THE USE OF METALLOGRAPHY FOR STUDYING THE TECHNOLOGY OF JEWELLERY PRODUCTION IN THE 10th-18th CENTURIES (BASED ON MATERIALS OF SEPARATE FINDINGS FROM ARCHAEOLOGICAL SITES OF NORTHERN AND CENTRAL BELARUS)

I. MAHALINSKI, O. CHTEMPEL

The results of studying the metal structure and external technological features of non-ferrous metal products of the 10th-18th centuries originating from archaeological sites on the territory of Northern and Central Belarus are presented. It was found that the initial blanks of all the studied samples were obtained using casting, and their subsequent final refinement was connected with deforming methods of pressure and annealing treatment. The research revealed that the studied samples can be correlated with three technological schemes: 1. casting (2 samples); 2. casting and cosmetic cold forging (6 samples); 3. casting and forming hot forging (1 sample).

Keywords: *archaeometallurgy, metallography, archaeology of Belarus, jewellery production, material culture.*