

МЕТОДИКА ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЦВЕТНОГО МЕТАЛЛА^[1]

А. Д. Дегтярева

Полная реконструкция технологических процессов металлопроизводства возможна только при комплексном изучении изделий, которое должно учитывать результаты визуального поверхностного исследования металлических предметов, наряду с данными химического и металлографического анализа. Осмотр медных и бронзовых орудий и украшений с использованием бинокулярных микроскопов позволяет получать важные сведения о характере отливки и кузнечной доработки. Принципы поверхностного изучения металлических вещей были изложены Б. А. Рыбаковым в исследовании, посвященном ремеслу Древней Руси. Рассматривая ювелирное производство города и деревни, ученый разработал методическую базу использования морфологического метода для характеристики развития технологии древнерусского ювелирного дела [Рыбаков, 1948. С. 157–158]. Н. В. Рындина, исследуя технологию производства новгородских ювелиров, приемов металлообработки энеолита и ранней бронзы, изложила методические принципы визуального изучения поверхности изделий, отлитых в жестких и пластичных формах, по восковой модели [Рындина, 1963. С. 201–203; 1971. С. 18–30; 1998. С. 13–15]. Ею были приведены данные серии экспериментов в процессе использования металлических орудий при работе на жестких и мягких материалах с исследованием особенностей расположения следов сработанности, довольно подробно охарактеризованы наиболее часто встречающиеся дефекты литья, связанные с усадкой, короблением отливок, характера расположения утяжин. Позднее основные принципы поверхностного изучения неоднократно конкретизировались в приложении к средневековому металлу [Мурашова, 1989; Сарачева, 1994, 1996, 1999; Енисова, Сарачева, 1997].

Визуальное исследование поверхности металлических изделий позволяет наметить в общих чертах схему технологии изготовления и уточнить в ряде случаев функциональное назначение орудий. При осмотре поверхности предметов особое внимание обращается на литейные особенности — остатки швов, заусенцев, наличие выщерблин, литейных пор, усадочных раковин, орнамент и т. д. Литейные швы, как правило, фиксируются на боковых гранях изделий, иногда внутри отверстий ажурного орнамента украшений. Эти признаки литых изделий позволяют определить характер литейных форм, поскольку литейные швы фиксируют линии разъема створок. В древности использовали несколько разновидностей литья: в жесткие — каменные, металлические, деревянные и пластичные — глиняные, земляные формы. В эпоху энеолита мастера западного ареала Балкано-Карпатской металлургической провинции получали отливки в графитовых литейных формах, что было засвидетельствовано результатами металлографического анализа гумельницких и варненских медных орудий [Рындина, Равич, 1996. С. 121]. Литье производилось в открытые, односторонние с плоской крышкой, двусторонние неполностью закрытые, двусторонние закрытые симметричные и асимметричные формы, трехсторонние, четырехсторонние, а также по восковой модели с сохранением формы и с потерей изложницы (рис. 1); [Черных и др., 2000. Рис.; Халиков и др., 1966. Рис. 3; Труды..., 1950. Табл. XXXVIII; Гришин, 1971. Табл. 12, 10; Рындина, 1963. Рис. 9, 1, 11, 1; Рыбаков, 1948. Рис. 23]. Е. Н. Черных была прослежена на материалах раннего и среднего бронзового века эволюция форм для отливки топоров, при этом были выделены семь основных типов двустворчатых форм [Chernykh, 1992. P. 57–61, fig. 18]. Формы 1 и 2 типов — полностью открытые со стороны брюшка или спинки топора, являются древнейшими, характеризующими преимущественно технологию раннего бронзового века (рис. 2). Формы 3 и 4 типов с так называемыми щелевидными литниками со стороны брюшка или спинки топоров использовались литейщиками конца раннего бронзового века и ранней фазы среднего бронзового века. Матрицы 5–7 типов были полностью закрытыми, жидкий металл поступал в них через литниковые каналы со стороны спинки, проушной части или обуха орудия. Последние три типа характеризовали технологию среднего бронзового века и продолжали использоваться в течение всего позднего бронзового века.

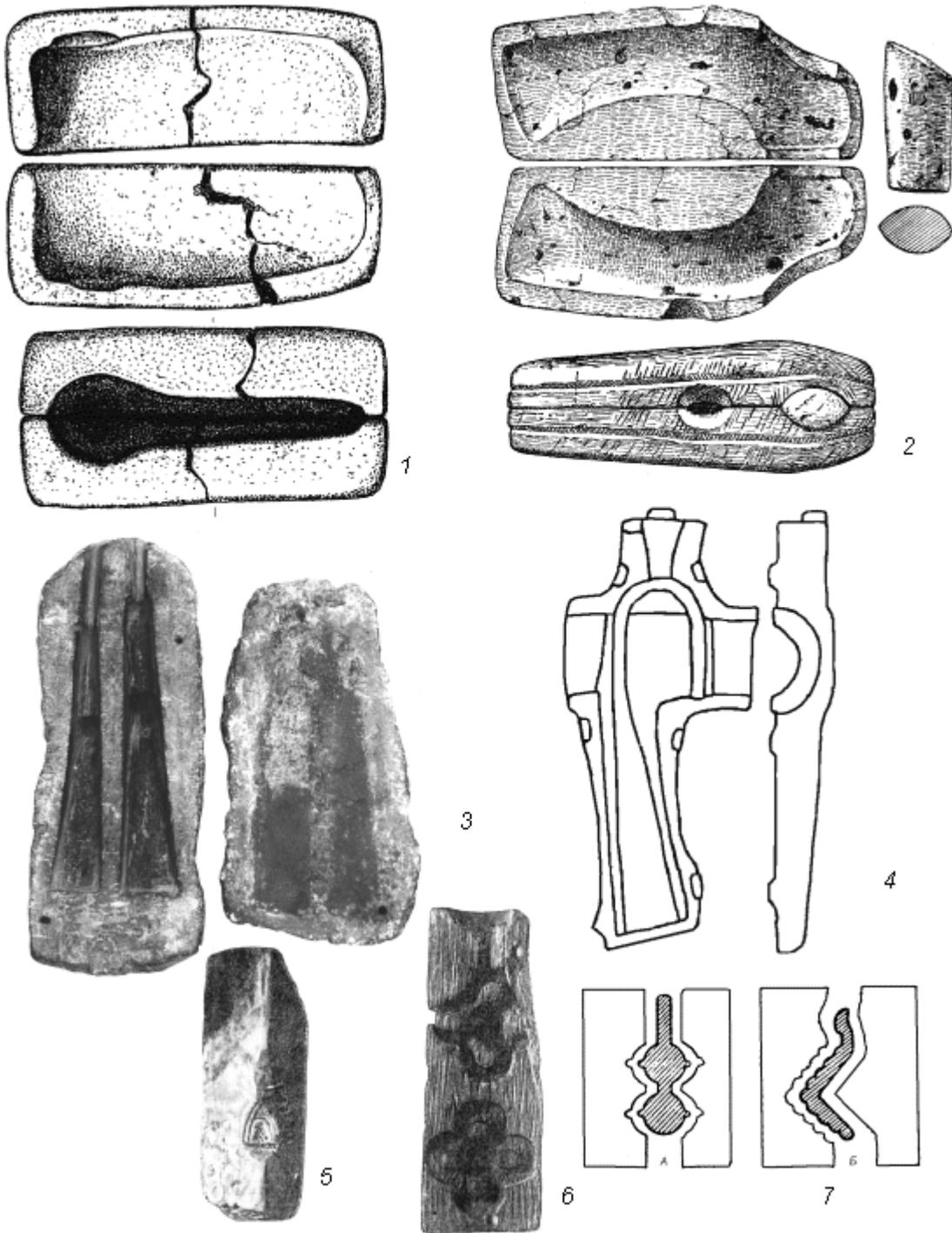


Рис. 1. Литейные формы:

- 1 — двусторонняя открытая со стороны брюшка глинисто-песчаниковая форма для литья топоров (погр. у с. Першино); 2 — закрытая горизонтальная глиняная форма для литья топоров (Пепкинский курган); 3 — вертикальная, односторонняя с плоской крышкой каменная форма для литья тесел с уступами (сл. находка, с. Александровское); 4 — створка вертикальной бронзовой формы для литья топоров с гребнем (сл. находка, МАЭС ТГУ); 5 — створка трехсоставной каменной формы для литья украшений «навыплеск» (Новгород); 6 — створка деревянной формы для литья украшений (Новгород); 7 — двусторонние каменные формы, А — симметричная для литья подвесок, Б — асимметричная для литья подвесок с имитацией зерн

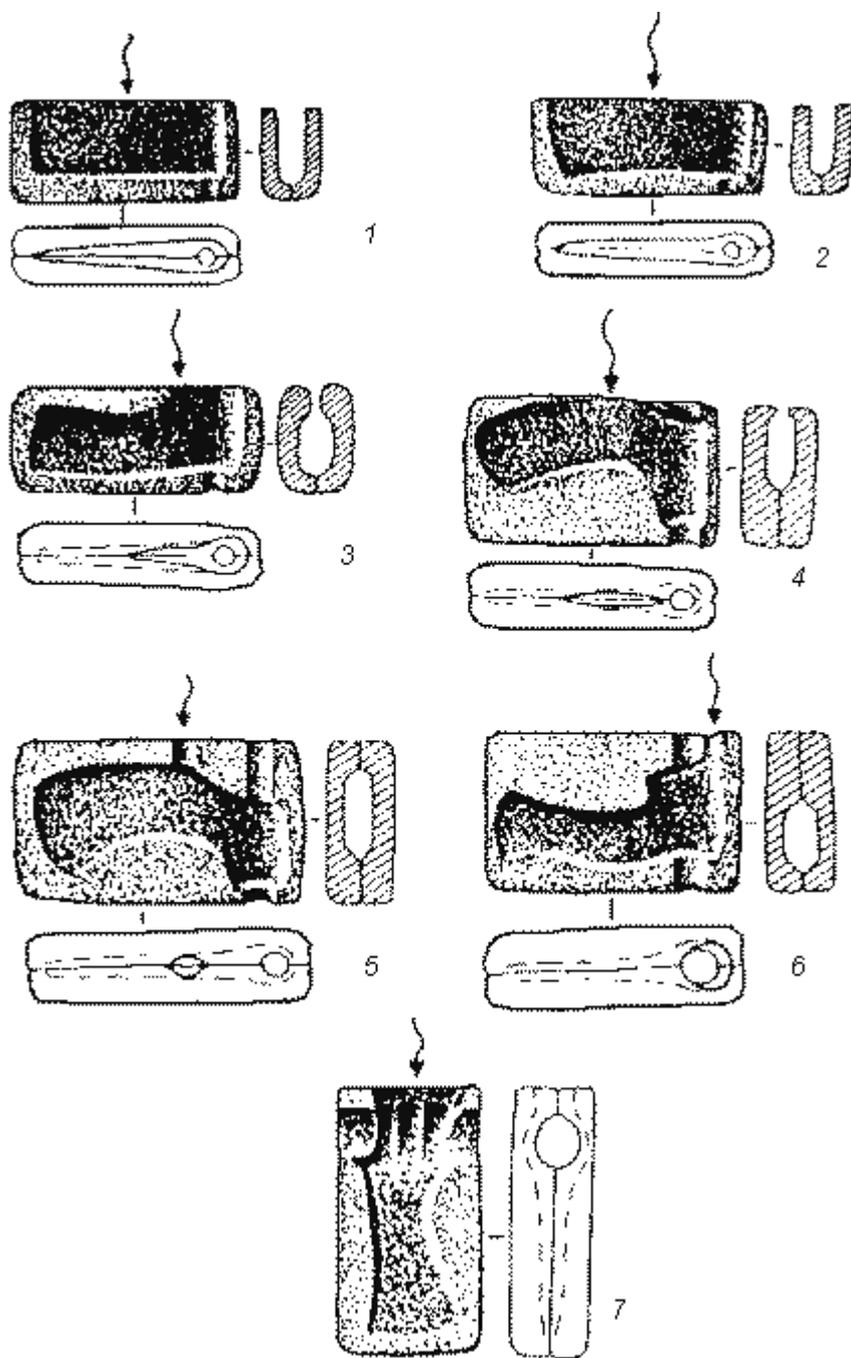


Рис. 2. Типы форм для литья топоров:

- 1 — полностью открытая форма со стороны брюшка топора;
- 2 — полностью открытая форма со стороны спинки топора;
- 3 — частично открытая форма со стороны брюшка топора с щелевидным литником;
- 4 — частично открытая форма со стороны спинки топора с щелевидным литником;
- 5 — полностью закрытая форма с литником со стороны спинки;
- 6 — полностью закрытая форма с литником, совмещенным с нижней частью обушного отверстия;
- 7 — полностью закрытая форма с литником со стороны обуха

При литье в закрытые формы обе части связывали, жидкий металл заливали через литник. В случае неплотного прилегания сторон друг к другу металл проникал в щели, образуя при застывании так называемые заусенцы, которые, как правило, удалялись при дальнейшей кузнечной доработке орудия. Наиболее часто в эпоху бронзы и раннего железного века использовали литье в двусторонние формы со вставными вкладышами. В основном это были симметричные створки с совершенно идентичными негативами орудий, литейный шов фиксировался вдоль всего контура изделия (см. рис. 1, 1, 2, 4, 7А). В эпоху средневековья для изготовления конусообразных в разрезе украшений на второй створке, в отличие от первой, с негативом изделия, делали позитив с выпуклыми очертаниями будущего предмета, применяя, таким образом, асимметричные формы (см. рис. 7Б); [Рыбаков, 1948. С. 148]. Для точного совмещения обеих створок служили специальные штифты, которые вставлялись в углубления на матрицах. Средневековые литейщики для этих целей применяли стерженьки из свинца. Начиная с эпохи бронзы и вплоть до средневековья широко использовали трех- и четырехстворчатые формы. В трехстворчатых формах изготавливали бляшки, трехсторонние наконечники стрел. Трех-, четырехсоставные каменные формы

из слоя XIII в древнем Новгороде служили для литья «навыплеск», с целью получения полых бусин и подвесок. При этом кристаллизация металла происходила в зоне соприкосновения расплава и холодных стенок формы, излишки металла выплескивались наружу через нижний канал в форме. Каждая створка в плане представляла 90°- или 120°-ный сегмент круга (см. рис. 1, 5); [Рындина, 1963. Рис. 9, 1, 5].

Некоторые сведения о характере литья можно получить и при изучении расположения концентрированных усадочных раковин, которые являются следствием объемной усадки металла при затвердевании и уменьшении линейных размеров отливки. Объемная усадка медных предметов достигает 2,1 % и проявляется в разных формах — в виде равномерного уменьшения размеров, с образованием впадин, раковин, трещин, в виде появления полостей во внутренних частях изделий [Липницкий, Морозов, 1976. С. 335–336]. В чистой меди, кристаллизирующейся в узком температурном интервале, образуются в основном сосредоточенные усадочные раковины, располагающиеся в верхней, позднее застывающей части [Сучков, 1967. С. 8; Смирягин, 1956. С. 38]. Оловянные бронзы из-за большого температурного интервала затвердевания дают не концентрированную усадочную раковину, как в меди, а рассеянную усадочную пористость, распределенную по всему сечению отливки [Смирягин, 1956. С. 255]. Но и в этом случае скопление литейных пор фиксирует верхнюю часть отливки, кристаллизация которой происходила в последнюю очередь, т. е. вблизи литникового канала. Каверны на поверхности металла обычно вызываются газами, содержащимися в парах воды, попадающей со стенок формы или из атмосферы [Rovira, 2003. P. 17]. Некоторые дефекты в цепи технологической цепочки — неправильный выбор формовочных смесей с малой податливостью формы, неравномерный прогрев створок или же ранняя выбивка отливки являются причиной усадочного коробления корпуса орудий с искажением конфигурации отливок, их деформированием вдоль продольной оси. Коробление металла происходит под действием внутренних напряжений, вызванных неравномерной усадкой [Рындина, 1998. С. 13–14; Липницкий, Морозов, 1976. С. 335–337]. Оно часто сопровождается появлением холодных литейных трещин с прямолинейными краями при неравномерном охлаждении и упругих напряжениях. Другой вид литейного брака обусловлен наличием горячих усадочных трещин с рваными краями, возникающих при высоких температурах в результате большой скорости охлаждения в непрогретых холодных формах [Дегтярева и др., 2001. С. 38].

Литье в открытые односторонние формы практиковалось со времен энеолита и до средневековья включительно. Этот технологический прием фиксировался на самой форме отсутствием литникового канала, через который расплавленный металл поступал в изложницу; на готовом металлическом изделии — наличием концентрированной усадочной раковины, неровной поверхностью (рис. 3, 1) [Рындина, Дегтярева, 1980. С. 161–162]. При осмотре изделий довольно часто удается установить материал, из которого были изготовлены матрицы. Зачастую в качестве сырья для получения форм использовали глину, камень, металл, дерево. По характеру литого орнамента на орудиях труда — четкости линий и наличию рельефных бороздок — можно сделать заключение о том, что отливки получены в каменных литейных формах (рис. 3, 2, 3) [Генинг и др., 1992. Рис. 185, 3, 4]. По данным Н. В. Рындиной, на изделиях, отлитых в жестких формах, прослеживается плавный переход от фона к рельефу ложно-филигранных нитей, причем зачастую поперечные полоски заходят на фон изделия, поскольку рука резчика иногда срывалась при нанесении орнамента [Рындина, 1963. С. 201–202]. Идеально ровные очертания, чистая поверхность металла орудий синташтинской культуры привели к выводу об использовании преимущественно каменных литейных форм, что подтвердилось заключениями специалистов об употреблении форм из тальковых пород, обладающих высокой огнеупорностью (рис. 3, 4) [Генинг и др., 1992. Рис. 184, 6; Дегтярева, Кузьминых, 2003. С. 305].

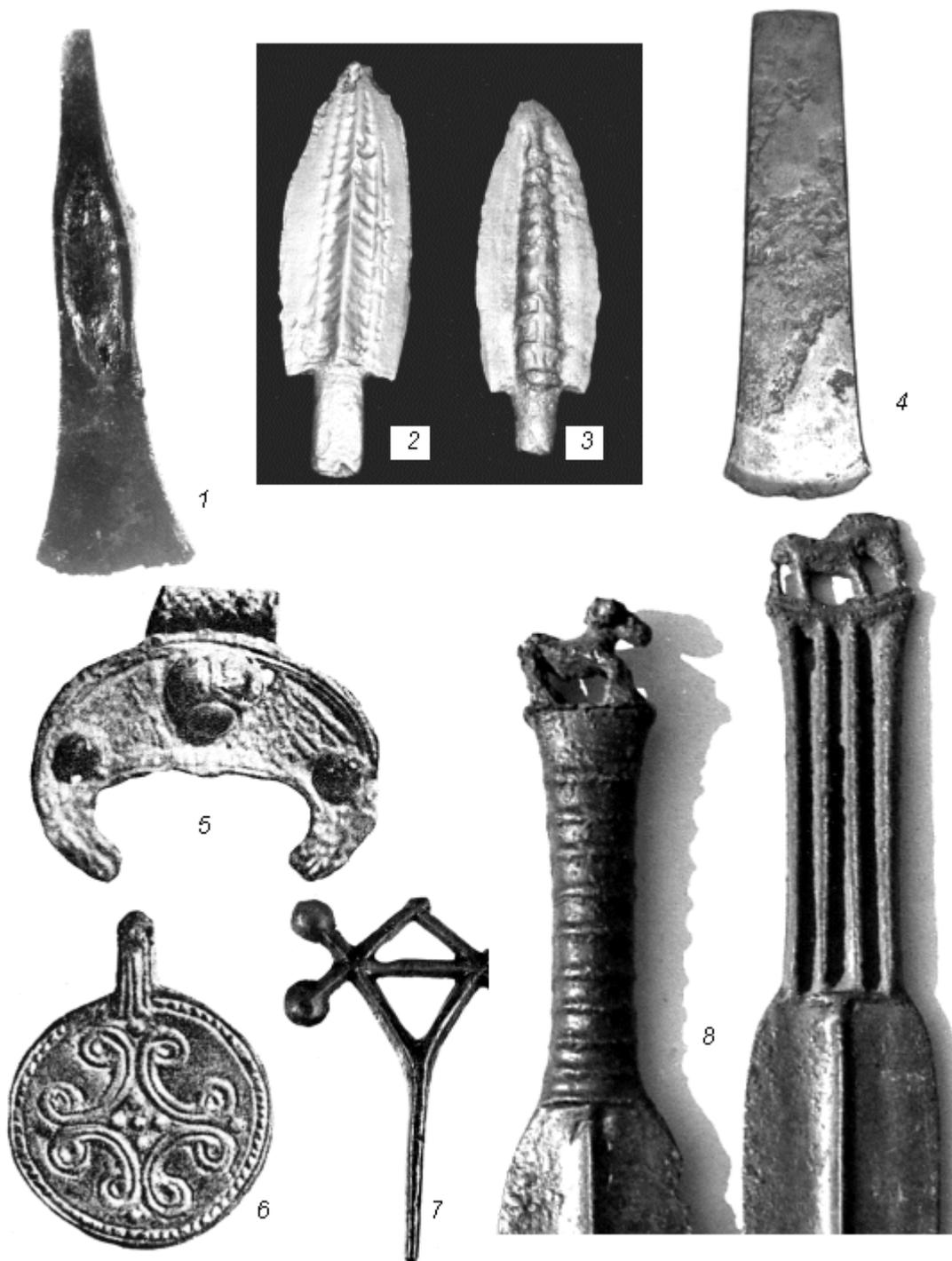


Рис. 3. Металлические изделия с характерными следами литья:
 1 — усадочная раковина на тесле (Шамшинский клад);
 2, 3 — наконечники стрел с литым орнаментом (Синташтинский 2 мог.);
 4 — тесло (Синташтинский 2 мог.); 5 — средневековая лунница,
 отлитая по оттиску в глине; 6 — средневековая подвеска, отлитая по восковой модели;
 7 — булавка, отлитая по восковой модели; 8 — навершия кинжалов,
 долитые к рукоятям по утрачиваемым восковым моделям (Каракольский 2 клад)

На использование глиняной формы указывает неровная, бугристая поверхность металлических изделий с характерными затеками от следов пригара металла к створкам [Рындина, 1998. С. 14–15; Дегтярева и др., 2001. С. 38–45]. Подобные затеки имеют губчатый вид, состоят из глины, песка, пропитанных металлом. Довольно часто средневековые деревенские литейщики использовали готовые городские металлические украшения как штампы для получения негативов на глиняных литейных формах, при этом такие литые вещи получались грубыми, с псевдозернью, псевдосканью, и не передавали всего изящества филигранного рисунка (рис. 3, 5) [Рыбаков, 1948. 25, 1].

В древней Руси литье украшений осуществляли и в деревянные формы. Деревянная створка формы для литья бляшек была найдена в Новгороде в слое XIII в. Экспериментальное литье в подобных формах показало, что форма выдерживала многократную заливку металла. Незначительное обугливание удалось предотвратить нанесением на ее стенки порошка мела или растительного масла (см. рис. 1, 6) [Рындина, 1963. С. 220, рис. 11, 1].

Древним литейщикам для получения украшений со сложным сечением, объемных фигурок, цепочек приходилось прибегать к изготовлению специальных моделей, с которых впоследствии получали однократную утрачиваемую или же многократно используемую глиняную форму. Подобные модели изготавливались из воска. Литые по восковой модели фиксируются на готовых металлических предметах следами заглаживания на пластичном материале, характерными бороздками от работы инструментами наряду с четкостью деталей, наплывами в месте соединения фрагментов украшений. Тонкий орнамент на изделии кажется вырезанным резцом по металлу с тщательной проработкой мелких деталей (рис. 3, 6–8) [Рындина, 1963. С. 202–203; Сарачева, 1994. С. 144; Рыбаков, 1948. Рис. 27; Рындина, Дегтярева, 1980. С. 168; Винник, Кузьмина, 1981. Рис.]. Восковые модели также получали с помощью оттиска на готовой матрице. Отличительной особенностью таких украшений были негативные отпечатки рельефа на обратной стороне изделий [Мурашова, 1989. С. 86]. Тонкий слой воска накладывался на выпуклую или углубленную матрицу, продавливался и сверху дорабатывался резцом. Процесс изготовления украшений по восковой модели был реконструирован Б. А. Рыбаковым следующим образом. На гладкую плитку наносится слой воска, на котором намечается контур будущего изделия, далее укладываются и соединяются между собой орнаментальные фрагменты, поверхность покрывается рельефным узором. Для этого использовались костяные стилосы, имеющие один конец в виде лопаточки, а другой заостренный [Рыбаков, 1948. С. 152–154]. Готовая восковая модель заливалась жидкой глиной, обволакивающей все тончайшие углубления формы, после сушки слегка обжигалась, воск вытапливался при этом через литниковое отверстие. Как правило, после получения отливки для извлечения готового изделия мастер должен был разломать форму.

Кованые изделия имеют менее выраженные визуальные признаки, поэтому выводы о технологии изготовления в подобных случаях могут быть сделаны только при использовании данных микроструктурного анализа. На поверхности металла часто видны следы прошивки отверстий, рубки, нанесения чеканного орнамента. Так, при визуальном осмотре бус Карбунского клада на боковой поверхности украшений различимы следы первоначальной обрезки исходной полосы-заготовки, хорошо видно место сварки, а также завершающего выравнивания ее краев (рис. 4, 1) [Рындина, 1971. С. 65–66, рис. 12].

Нередко наблюдаются следы инструментов, оставленные на поверхности вещи при ее обработке, чаще всего молоточков с прямоугольно-овальными бойками. На севере Древней Руси часто применялась чеканка с использованием специальных пуансонов, которые давали отпечатки в виде маленьких окружностей, вдавленного миниатюрного треугольника с тремя полушарными выпуклостями внутри (узор в виде «волчьего зуба»), исследователями выявлено около 15 видов пуансонов и несколько способов выполнения чеканки. Употреблялся также орнамент в виде углубленных пунктирных линий с повтором каждого типа прямоугольника через 24 элемента, что свидетельствует о его нанесении зубчатым железным колесиком, нарезанным на 24 зуба.

В древнерусском ремесле особое значение имело производство проволоки, изготавливавшейся в основном тремя способами — волочением, ковкой на наковальне с желобком, свободной ковкой. При осмотре кованой проволоки обращают на себя внимание ее неровное сечение, различный диаметр на участках, иногда видны следы молоточков. Следы волочения фиксируются равномерным сечением изделия на всем его протяжении, наличием продольных параллельных рисок от отверстий калибров. Подобная тянутая проволока изготавливалась с помощью так называемого «волочила» — железной доски с рядом просверленных отверстий различного диаметра. Каждое соседнее отверстие имело меньший диаметр, чем предыдущее. Металлический стержень, предварительно заостренный, совывали в самое крупное отверстие и, захватив клещами, проволакивали через глазок, затем через меньший калибр и так до тех пор, пока проволока не приобретала необходимый диаметр [Рыбаков, 1948. С. 161–162]. Ковка проволоки на наковальне с желобком происходила следующим образом: в желобок полукруглого сечения вкладывался прут металл, перекрывался сверху аналогичным штампом. Штамповка прутка, сопровождаемая его протаскиванием, придавала изделию ровное округлое сечение [Рындина, 1963. С. 212].

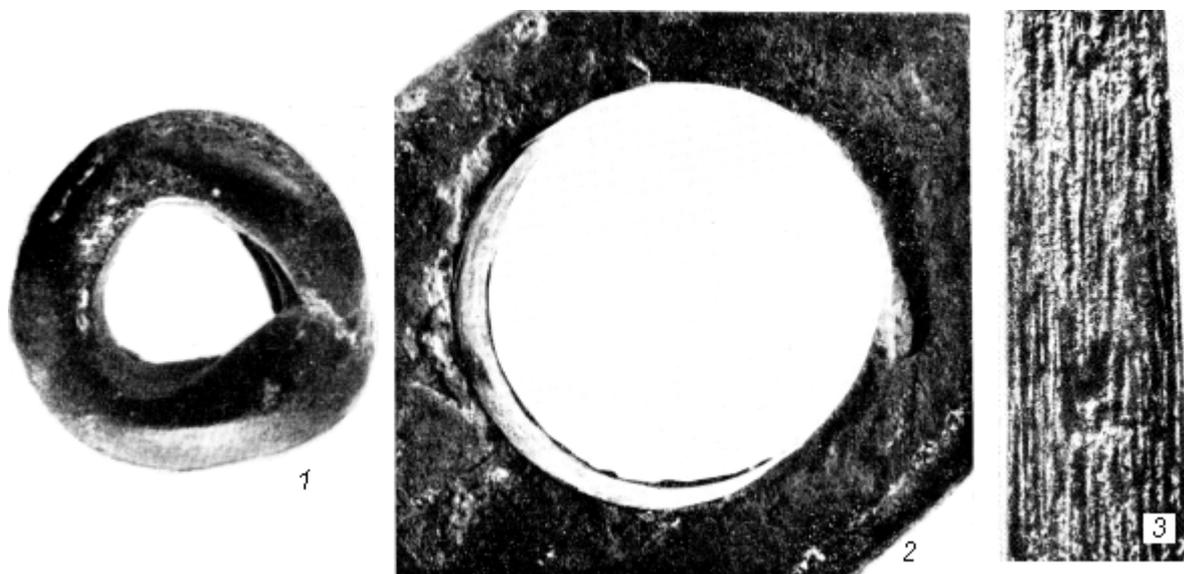


Рис. 4. Металлические изделия со следами кузнечнойковки и сработанности:
1 — бусина с участком сварки (Карбунский клад); 2 — проушина топора (Карбунский клад);
3 — рабочее окончание пробойника (пос. Новые Русешты)

При пробивке отверстий в массивных орудиях вокруг проушины топоров наблюдаются характерные трубчатые выступы — рельефные валики. Эксперименты с горячей пробивкой отверстий в медных брусках толщиной 2 см подтвердили выводы, сделанные на основе визуальных наблюдений орудий труда из Карбунского клада (рис. 4, 2) [Рындина, 1971. Табл. 10, 2. С. 58–60]. К числу кузнечных дефектов, наблюдаемых визуально, относятся сварочные трещины, следы красноломкости и хладноломкости металла. Трещины красноломкости образуются в металле из-за присутствия хрупких включений свинца, висмута при горячей деформации и часто в виде сеточки видны на поверхности изделий.

В исследовании важным моментом является и определение степени влияния на исходные первичные структуры металла вторичных следов сработанности, сильного ударного воздействия, высокотемпературных нагревов, многократной переделки орудий. Данные показали четкую зависимость между следами изнашивания орудий, приемами их использования и теми изменениями в структуре металла, которые влекло за собой это употребление. Установлено, что при ударной работе по металлу и камню следы работы резко выражены, при этом в микроструктуре металла происходят заметные изменения. Так, при рубке медных листов зубилом на рабочем окончании орудия образуются глубокие вертикальные следы, а в микроструктуре появляются раздробленные кристаллы с преимущественной ориентацией вдоль направления действующей силы. При прошивке медных листов пробойником на его окончании появляются глубокие продольные риски, в микроструктуре — полосы деформации (рис. 4, 3) [Рындина, 1971. С. 29–30, рис. 10].

Любопытные выводы были получены английскими исследователями Дж. Нортовером и С. Бриджфордом при изучении комплекса оружия позднего бронзового века XII–XI вв. до н. э., найденного близ Уотерден в Норфолке в 50–90-е гг., включающего мечи, наконечники копий из свинцовой и оловянной бронзы (201 экз., в том числе и фрагменты оружия). Коллекция оружия была подвергнута визуальному изучению с целью выявления характеристики технологии и определения характера повреждений. Практически все мечи были сломаны на относительно крупные части, а наконечники копий в той или иной степени повреждены, хотя некоторые небольшие изделия уцелели. Исследователи исходили из того, что оружие могло получить значительные повреждения как в процессе военных действий, так и в результате намеренного уничтожения изделий перед ритуальным захоронением боевого инвентаря. Данные экспериментов показали, что удар бронзового клинка по какому-либо органическому материалу — кости или древесине — на металле не оставлял следов либо повреждения были еле различимы [Northover, Bridgford, 2002. P. 1–8]. В то же время удар клинка о клинок во время боя оставляет на металле характерные видимые следы, вид которых зависит как от угла удара, так и от степени твердости противостоящего оружия. Таким образом, фрагменты клинков мечей с неизменной лезвийной кромкой были квалифицированы как неповрежденные в бою. Следы незначительных повреждений и повреждения, свидетельствующие о том, что лезвийная часть клинка испытала пробный удар (следы в пределах 2 мм от лезвийной кромки, длиной не более 5 мм), являются типичными образцами ударного типа. Значительные и очень сильные повреждения со следами полного разрушения лезвийной части говорят о намеренном уничтожении оружия в результате ударов тяжелым топором или камнем. Большинство фрагментов мечей попали в категорию изделий, преднамеренно уничтоженных. Исследователи сделали вывод о том, что военное сражение предшествовало окончательной ломке, уничтожению и захоронению боевого оружия. Кроме того, металлографический анализ выявил признаки высокотемпературных нагревов, свидетельствующих о ритуальном сожжении боевого инвентаря и его захоронении, предпринятом скорее всего противником.

Большое значение имеет уточнение функционального назначения орудий труда по следам сработанности на рабочих окончаниях. Идентификация орудий осуществляется на основе методики, предложенной С. А. Семеновым для каменных изделий, а также экспериментальных данных, полученных Н. В. Рындиной в процессе использования металлических изделий при работе по дереву, металлу, камню [Семенов, 1957. С. 22–30; Рындина, 1971. С. 29–30]. Следы работы на орудиях труда, по данным Н. В. Рындиной, в целом правильно отражают кинематику различных видов трудовой деятельности. Исследовав особенности их расположения, можно получить представление об условиях использования орудия. При ударной работе по твердым и жестким материалам — металлу, камню — следы бывают резко выражены и видны невооруженным глазом. Так, при пробивке металлических листов медным пробойником появляются продольные, глубокие риски вдоль рабочего окончания. На шильях следы прокалывания остаются в виде продольных рисок, которые пересекаются поперечными круговыми линиями, идущими вдоль острия. Прокалывание шилом сопровождается не только давлением сверху, но и вращательными движениями из стороны в сторону. При использовании зубила при рубке металлических полос на его рабочей части на обеих гранях образуются глубокие параллельные следы. Таким образом, появление четких следов работы на поверхности орудий труда, а также заметные микроскопические изменения в структуре орудий происходят при сильном ударном воздействии, связанном с обработкой металла, камня, раздроблением горных пород. При этом очень часто изменяется сама форма рабочего окончания орудий. Ряд орудий многократно дорабатывался после поломки или затупления рабочих окончаний, что неизбежно сказывалось на изменении структурных показателей.

Экспериментальные данные Н. В. Рындиной не показали заметного изменения поверхности орудий при работе по дереву, кости, коже в процессе строгания, пиления, прокалывания, сверления, т. е. приемов, имеющих характер трения и скольжения [Рындина, 1971. С. 24–30]. Линейные следы от работы с мягкими материалами видны чаще всего только при наблюдениях в бинокулярные микроскопы.

При изучении древних микроструктур необходимо также учесть возможность вторичного

высокотемпературного воздействия археологических предметов. В связи с этим нужно рассмотреть условия нахождения изделий, т.е. подтвердить или исключить вероятность попадания предмета в огонь пожара, погребального или ритуального костра. В случае нагрева его микроструктура изменяется с образованием рекристаллизованных зерен, при высокотемпературном воздействии до 900 °С происходит увеличение размера кристаллов, сопровождающееся оплавлением их границ; следы оплавления металла иногда видны и на самой поверхности изделий.

Таким образом, поверхностный осмотр позволяет в большинстве случаев наметить схему изготовления металлического предмета. Однако обоснованные технологические выводы могут быть получены в результате сочетания морфологического исследования с данными металлографического анализа. При этом важно правильно определить место среза для изготовления, учитывая функциональное назначение предмета, а также вероятность искажения первичных микроструктур. Полноценная информация обычно считывается со структур на поперечных или продольных срезах, взятых с рабочих окончаний орудий. Для сопоставления данных необходимо изготавливать шлифы и на обушной части изделий. На украшениях для шлифов делают продольные или поперечные срезы, учитывая вероятность обнаружения возможных швов. При изучении микроструктур уникальных изделий в целях сохранения внешнего вида обычно прибегают только к поверхностной подполировке на ограниченных участках.

Литература

- Винник Д. Ф., Кузьмина Е. Е. Второй Каракольский клад Киргизии // КСИА. 1980. Вып. 167. С. 48–53.
- Генинг В. Ф., Зданович Г. Б., Генинг В. В. Синташта. Археологические памятники арийских племен Урало-Казахстанских степей. Челябинск: Южно-Урал. кн. изд-во, 1992. 408 с.
- Гришин Ю. С. Металлические изделия Сибири эпохи энеолита и бронзы // САИ. Вып. В3–12. М.: Наука, 1971. 87 с.
- Дегтярева А. Д., Кузьминых С. В. Результаты аналитического исследования металла могильника Кривое Озеро // Н. Б. Виноградов. Могильник бронзового века Кривое Озеро в Южном Зауралье. Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 2003. 362 с. Приложение 1. С. 285–309
- Дегтярева А. Д., Кузьминых С. В., Орловская Л. Б. Металлопроизводство петровских племен (по материалам поселения Кулевчи III) // ВИАЭ. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2001. Вып. 3. С. 23–54.
- Енисосова Н. В., Сарачева Т. Г. Средневековое ювелирное ремесло Европы: Основные аспекты в истории изучения // Древности Евразии. М., 1997. С. 286–309.
- Липницкий А. М., Морозов И. В. Справочник рабочего-литейщика. Л.: Машиностроение, 1976. 344 с.
- Мурашова В. В. Технология изготовления поясных накладок из Гнездова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 8. История. 1989. № 2. С. 85–94.
- Рыбаков Б. А. Ремесло Древней Руси. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 792 с.
- Рындина Н. В. Технология производства новгородских ювелиров X–XV вв. // МИА. 1963. № 117. С. 200–247.
- Рындина Н. В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Восточной Европы. М.: Изд-во МГУ, 1971. 144 с., 32 ил.
- Рындина Н. В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Юго-Восточной Европы. М.: Эдиториал УРСС, 1998. 288 с.
- Рындина Н. В., Дегтярева А. Д., Рузанов В. Д. Результаты химико-технологического исследования находок из Шамшинского клада // СА. 1980. № 4. С. 154–172.
- Рындина Н. В., Равич И. Г. Металлография и изучение древнейшего металлообрабатывающего производства (эпоха энеолита) // Археология. 1996. № 3. С. 116–123.
- Сарачева Т. Г. К вопросу о технике изготовления решетчатых перстней // Историко-культурное наследие. Памятники археологии Центральной России: Охранное изучение и музеефикация. (Материалы науч. конф.). Рязань, 1994. С. 143–146.
- Сарачева Т. Г. Техника изготовления семилопастных височных колец // Тезисы докладов отчетной сессии ГИМ по итогам полевых археологических исследований и новых поступлений в 1991–1995 гг. М., 1996. С. 71–74.
- Сарачева Т. Г. Инструменты для нанесения декора на вятчские украшения // Тр. ГИМ. М., 1999. Вып. 3. С. 74–81.
- Семенов С. А. Первобытная техника // МИА. 1957. № 54. 240 с.
- Смирязин А. П. Промышленные цветные металлы и сплавы. М.: Металлургиздат, 1956. 559 с.
- Сучков Д. И. Медь и ее сплавы. М.: Металлургия, 1967. 248 с.
- Труды Семиреченской археологической экспедиции. «Чуйская долина» // МИА. 1950. № 14. 159 с.
- Халиков А. Х., Лебединская Г. В., Герасимова М. М. Пепкинский курган (абашевский человек). Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1966. 72 с., 11 ил.
- Черных Е. Н., Кузьминых С. В., Лебедева Е. Ю., Луньков В. Ю. Исследование курганного могильника у с. Першин // Археологические памятники Оренбуржья. Оренбург: Оренбургская губерния, 2000. Вып. 4. С. 63–84.
- Chernykh E. N. Ancient metallurgy in the USSR. Cambridge: University press, 1992. 335 P.
- Northover J. P., Bridgford S. D. Understanding a Bronze Age weapon hoard // Producing of the 7th Conference on Non-destructive Testing and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage. 2–6 June 2002. Antwerpen, 2002. P. 1–8.
- Rovira S. Las primeras etapas metalúrgicas en la península Ibérica. III. Estudios metalográficos. Depósito Legal: M-39.545-2003. 208 p.

Тюмень, ИПОС СО РАН

The article describes essential principles concerning visual surface investigation of ancient metal using binocular microscopes. Reconstruction of manufacturing methods in metal industry is possible only by the articles' integrated investigation. Such investigation, side by side with the data of chemical and metallographic analysis, shall account for results of surface survey of metal articles. This allows to obtain important data as to character of casting and finishing with regard to identification of material, type of casting moulds, as well as casting methods: into stiff moulds (stone, metal, wooden), or plastic ones (loam, sand). Casting was performed both into open univalve moulds with a flat lid, and into partially closed bivalve moulds, closed bivalve symmetric and asymmetric moulds, three-valved and four-valved ones. Besides, they used lost-wax-process preserving a mould, and losing an ingot

mould, as well as hollow casting with liquid metal poured from inside a mould. Forged articles have less distinct visual characteristics. Thus, any conclusions on the manufacturing technology could be made only through correlating the data with microstructural analysis. Among visually detected blacksmith defects, one could mention welding cracks, as well as traces of metal red- and cold-shortness. An important thing is to determine the influence produced by the secondary traces of wear on the primary metal structures, as well as availability of strong load impact, high-temperature heating, and continuous tools' remake. The obtained data showed clear correlation between the traces of tools' wear, methods of their use, and changes in the metal structure caused by that use. At the same time, justified technological conclusions could be drawn only through correlating the morphological investigation with the data of metallographic analysis.

[1] Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 04-06-80065).